

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Технологія виготовлення деталі «Технологія виготовлення деталі "Піввісь"
Назва теми

ADR S80NA08" з використанням верстатів з ЧПК

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13 механічна інженерія
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 прикладна механіка
Шифр і назва спеціальності
Назва

Освітня програма «технології машинобудування»
Назва

Шифр ДП.ПМ.ФІТА.24.18.ПЗ

Виконав студент 3 курсу група ПМТс-21-2
Шифр Підпис Назар САВЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник канд. техн. наук, доцент
Науковий ступінь, звання Підпис Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент
Підпис Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри технології машинобудування
Назва Підпис Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

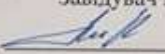
Дата «22» 06 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування
Рівень вищої освіти перший (бакалавр)
Галузь знань 13 механічна інженерія Шифр і назва _____
Спеціальність 131 прикладна механіка Шифр і назва _____
Освітня програма «технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМ

 Віталій ТКАЧУК

1.05 .2024

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

Савчуку Назарію Сергійовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Технологія виготовлення деталі "Піввісь ADR S80NA08" з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Бись Сергій Степанович, к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 15 лютого 2024 р. № 18

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 10 червня 2023

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) креслення деталі піввісь ADR S80NA08 та технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску тис.

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

Вступ

1. Загальний розділ
2. Технологічний розділ
3. Конструкторський розділ
4. Охорона праці

5 Перелік графічного матеріалу: креслення деталі із 3D моделлю (1 лист A2); графотехнологія (1 лист A1); креслення карти наладки (1 лист A2); креслення верстатного пристрою (1 лист A1); креслення контрольного калібру (1 лист A2)

6 Консультанти розділів дипломного проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7 Дата видачі завдання 6.03.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ	20.03.2023	
2 Технологічний розділ	20.04.2023	
3 Конструкторський розділ	20.05.2023	
4 Охорона праці	10.06.2023	

Студент


Підпис

Назар САВЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проєкту (роботи)


Підпис

Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ ТМК

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатами звіту/звітів подібності щодо роботи, продукованими програмно-технічним засобом (ами) перевірки текстів на плагіат:

Назва кваліфікаційної роботи Терминологія висловлювання думки на АBR

Автор Савчук Катерина Сергіївна

Освітня програма _____

Спеціальність: 121 Прикладна лінгвістика

Науковий керівник: Біла Сергій

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження: Позитиву в роботі не виявлено
Роботу допускати до захисту

Дата _____

Завідувач кафедри Білодід Тетяна
 ПІСЬМЕ ІМ'Я, ПРІЗВИЩО

Гарант освітньої програми Володимир Мельник
 ПІСЬМЕ ІМ'Я, ПРІЗВИЩО

Керівник кваліфікаційної роботи Сергій Біла
 ПІСЬМЕ ІМ'Я, ПРІЗВИЩО

Завідувачу кафедри

Т.М.
Покорний В.П.
здобувача вищої освіти (студента
ПІБ, факультет, «курс», «група»)
Собчук Н.

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та/або Anti-Plagiarism) і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

20.06.24

дата

[Підпис]

підпис

РЕЦЕНЗІЯ
на дипломний проєкт бакалавра

студента Назарія САВЧУКА

на тему: Технологія виготовлення деталі "Піввісь ADR S80NA08" з використанням верстатів з ЧПК

У дипломному проєкті Назарія САВЧУКА виконано вдосконалення технологічного процесу механічного оброблення деталі «Піввісь ADR S80NA08»

У загальному розділі обґрунтовано тип виробництва та форму організації робіт, виконано аналіз технологічності конструкції деталі за якісними та кількісними показниками.

У технологічному розділі спроектовано заготовку, розраховані припуски та режими різання, спроектовані операції механічної обробки, виконано технічне нормування операцій.

Розроблені технологічні операції для верстатів з ЧПК HAAS ST-10Y, DMG MORI DMC635V, з використанням у створенні програм керування CAM – пакету ESPRIT.

У конструкторському розділі спроектовано верстатний пристрій для оброблення отворів на вертикально фрезерувальному верстаті з ЧПК DMG MORI DMC635V та контрольно-вимірювальний інструмент – скоба.

Загальний висновок та оцінка

Для виконання токарної операції було обрано дороговартісний верстат HAAS ST-10Y, хоча оброблення можна було виконати без додаткової осі, а лише обрати верстат із револьверною головкою, яка має привід інструменту.

Однак дане зауваження носить рекомендаційний характер та не впливає на високу оцінку роботи.

Дипломний проєкт виконано відповідно до завдання на високому інженерному рівні, що заслуговує «відмінної» оцінки

Рецензент _____



Олег БАБАК

« 19 » червня 2024 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Савчук Назарій Сергійович на захист дипломного проєкту (роботи)

(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі "Піввісь ADR S80NA08" з використанням верстатів з ЧПК

Дипломний проєкт (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагіат додаються.

Декан факультету



ВІКТОР ОЛЕКСАНДРЕНКО
(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Савчук Н. С. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2021 по 2024 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 38,46 %, добре 53,85 %, задовільно 7,69 %.

шкалою ЄКТС: А 28,57 %, В 26,79 %, С 28,57 %, D 10,71 %, E 15,36 %.

Методист факультету

[Signature]
(підпис)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Савчук Назарій Сергійович виконав згідно з темою дипломного проєкту роботу на тему: Технологія виготовлення деталі "Піввісь ADR S80NA08" з використанням верстатів з ЧПК. Робота виконана згідно з умовами завдання та вимогами до оформлення.

Оцінка дипломного проєкту (роботи) добре

Керівник дипломного проєкту

[Signature]
(підпис)

Бисць С. С.
(ім'я, прізвище)

14.06 2024 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Савчук Н. С. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

технології

нашгородської
(підпис)

[Signature] Віталій Франчук
(підпис, ім'я, прізвище)

14.06 2024 р.

Реферат

Дипломного проєкту на тему:

Технологія виготовлення деталі "Піввісь ADR S80NA08" з використанням верстатів з ЧПК

Здобувач: Савчук Назарій Керівник: к.т.н., доцент Сергій БИСЬ

Дипломний проєкт присвячений удосконаленню технологічному процесу виготовлення корпусу із застосуванням верстатів з ЧПК, а саме фрезерно-розточувальних оброблюючих центрів фірми HAAS США (Швейцарія).

Проаналізувавши існуючий технологічний процес та запропоновано новий технологічний процес виготовлення піввісі із застосуванням верстатів з ЧПК.

Для виконання технологічного процесу виготовлення піввісі застосоване відповідне обладнання та різальний інструмент, опрацьовані розрахунки припусків, режимів різання та норм часу на виконання операцій оброблення.

Опрацьовані розрахунки верстаних пристроїв для фрезерування та свердлування, з визначенням сили затиску, розрахунком елементу пристрою на міцність, та точність і приведено опис його роботи. Опрацьовані розрахунки контрольного інструменту на точність і приведено опис його роботи.

У розділі охорони праці проаналізовано умови праці на предмет безпеки.

Автор:

Савчук Н.

/Підпис/

ЗМІСТ

Вступ	6
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	
1.1 Завдання	7
1.2 Опис конструкції, технічних умов та службового призначення деталі	8
1.3 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	8
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	15
2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки	
2.2 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі	
2.2.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність;	
2.2.2 Вибір технологічних баз;	
2.2.3 Проектування маршруту оброблення поверхонь деталі;	
2.2.4 Вибір технологічного обладнання	
2.2.5 вибір металорізального інструменту	
2.3 Розроблення технологічних операцій	
2.4 Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні.	
2.5 Розрахунок режимів різання	
2.6 Технічне нормування операцій	
2.7 Розроблення керуючої програми для верстата з ЧПК	
2.8 Оформлення технологічної документації	
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	
3.1 Проектування робочого пристосування або вибір із каталогів провідних виробників та аналіз на міцність і жорсткість	
Якщо пристрій проектується, то необхідно виконати та відобразити у записці:	
3.1.1 Розроблення схеми базування	
3.1.2 Визначення похибки базування та закріплення.	
3.1.3 Визначення необхідної сили затиску.	
3.1.4 Вибір приводу	

ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
Розроб.		Савчук Н.С.		
Перев.		Бись С.С.		
Н. контр.		Бись С.С.		
Затв.		Гкачук В.П.		
Технологія виготовлення деталі піввісь ADR S80NA08 з використанням верстатів з ЧПК				
		Літера	Аркуш	Аркушів
		Н	5	
ХНУ гр. ПМТс-21-2				

3.1.5 Опис конструкції і принцип роботи пристосування

4 ОХОРОНА ПРАЦІ (Безпека роботи на ділянці при реалізації технологічного процесу)

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

					ДП.ПІМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		10

Вступ

Метою даного дипломного проєкту є розробка технологічного процесу виготовлення деталі піввісь ADR S80NA08 та створення конкурентоспроможного проєкту із застосуванням сучасного, високопродуктивного обладнання.

Об'єктом дослідження є технологічний процес виготовлення деталі вал. Для якого розроблено маршрут техпроцесу, при якому забезпечена задана конструктором точність та скорочені основні норми часу.

В якості предмета дослідження прийняті розрахунки осьових та діаметральних розмірів з побудовою розмірних схем, розрахунки режимів різання, вибір технологічного оснащення, техніко-економічні показники проєкту та аналіз небезпечних та шкідливих факторів у проєктованому середовищі.

Для вирішення поставлених завдань використовують універсальне, сучасне обладнання. Спроектовано пристосування верстата, що не потребує переналагодження.

Результат проведеної роботи можуть застосовуватись у дрібносерійному виробництві з гнучкою верстатною системою, а наведені у проєкті розрахунки зможуть забезпечити задану точність та оптимальні режими різання.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

(стиснення). Деякі вали не підтримують деталі, що обертаються, і працюють тільки на кручення (карданні вали автомобілів, валки прокатних верстатів та ін.).

Ця деталь має ступінчасту форму. Виходячи з даних має бути виконана зі сталі 40X. Сталь 40X відноситься до конструкційних сталей. Часто використовується виготовлення осей, валів, штоків, втулок.

Сталь 40X характеризується наступними позитивними властивостями:

- Достатньо висока корозійна стійкість, яка досягається при включенні до складу хрому.

- високі показники міцності. Твердість вимірюється у різних показниках, часто застосовується HRC та HB. Показник твердості відповідає значенню 217 МПа.

При виборі відповідного матеріалу приділяється увага і питомій вазі. Щільність сталі 40X становить 7820 кг/м³.

Хімічний склад сталі 40X наведемо у таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 40X

C	0,36-0,44
Si	0,17-0,37
Mn	0,5-0,8
Ni	до 0,3
S	до 0,035
P	до 0,035
Cr	0,8-1,1
Cu	до 0,3
Fe	~ 97

1.3 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Тип виробництва за ДСТУ ГОСТ 3.1128:2014 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій, який знаходимо за формулою [1, с. 19]:

$$K_{з.о} = \frac{t_o}{t_{сер}} \quad (1.1)$$

де t_d – такт випуску деталей;

t_{cp} – середній штучний час операцій.

Такт випуску деталі визначаємо за такою формулою [1, з. 21]:

$$t_{\partial} = 60 \Phi_{\partial} / N \quad (1.2)$$

де Φ_{∂} – дійсний річний фонд часу роботи устаткування;

N – річний випуск деталей.

Річний фонд часу обладнання за двозмінного режиму складе:

$$F_p = 4015$$

Середній штучний час розраховується за формулою [1, с. 22]:

$$t_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{u.k.i.}}{n}, \quad (1.3)$$

де t_{cp} – штучний час i -ої основної операції;

n – число основних операцій у технологічному процесі.

При підрахунку середнього штучного часу слід виключити операції термообробки, промивання деталі, видалення задирок, маркування, а брати лише основні операції.

Штучний час операцій визначається за формулою [1, с. 147]:

$$t_{u.k.} = \varphi_k \cdot T_o, \quad (1.4)$$

де φ_k – коефіцієнт залежить від виду верстата;

T_o – основний технологічний час операції.

Як основні операції виберемо 7 операцій ($n=7$)

Коефіцієнт φ_k братимемо із додатку [1, с. 146] згідно з яким:

Заготовельна $\varphi_k = 1,5$ (1 операція)

Токарна $\varphi_k = 2,14$ (3 операції)

Фрезерна $\varphi_k = 1,75$ (1 операція)

Шліфувальна $\varphi_k = 2,1$ (2 операції)

Операція 0 (Відрізання заготовки)

$$T_{o0} = 0,00019D^2 = 0,00019 \cdot 65^2 = 0,8 \text{ хв}$$

$$t_{u0} = 1,5 \cdot 0,8 = 1,2 \text{ хв}$$

Токарна 1

$$T_{o1} = (0,037(D^2 - d^2) + 0,17Dl) \cdot 10^{-3} = (0,037(65^2 - 0^2) + 0,17 \cdot 63 \cdot 30) \cdot 10^{-3} = 0,47$$

$$t_{u1} = 2,14 \cdot 0,47 = 1 \text{ хв}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		14

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки

Головним при виборі заготовки є забезпечення заданої якості готової деталі за її мінімальної собівартості. Відповідно до механічних властивостей, а також типу виробництва, вибираємо прокат сталевий гарячекатаний круглий ДСТУ 4738:2007 звичайної точності.

При виборі методу виготовлення заготовки для деталі важливі такі фактори: її форма, маса, матеріал та обсяг випуску. Остаточне рішення приймається на основі техніко-економічних розрахунків.

У даному випадку розглядаються два варіанти одержання заготовки: відрізка з прокату згідно з ДСТУ 4738:2007 та поковка, отримана методом гарячого об'ємного штампування за ДСТУ EN 10222-3:2005.

Для оцінки ефективності використання матеріалу розраховується коефіцієнт використання матеріалу (КВМ), який представляє собою відношення маси деталі до маси витраченого матеріалу. При розрахунку КВМ також враховується коефіцієнт виходу придатного матеріалу в процесі виготовлення.

$$КВМ = \frac{m}{Q}, \quad (2.1)$$

де m – маса готової деталі, кг; Q – маса заготовки, кг.

Маса заготовки з прокату знаходиться як добуток об'єму циліндра на щільність матеріалу:

$$Q_{\text{прокату}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L \cdot \rho, \quad (2.2)$$

де d – діаметр заготовки, м; L – довжина заготовки, м.

$$Q_{\text{прокату}} = \frac{\pi \cdot 0,065^2}{4} \cdot 0,07 \cdot 7800 = 0,65 \text{ кг.}$$

Маса поковки визначається розрахунковим шляхом за ДСТУ EN 10222–3:2005:

$$Q_{\text{поковки}} = mK, \quad (2.3)$$

де $K = 1,5$ – орієнтовний коефіцієнт для деталей з отворами типу порожнистих валів, фланців, втулок та ін.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		16

$$Q_{\text{поковки}} = 0,35 \cdot 1,5 = 0,52 \text{ кг}$$

$$KBM_{\text{прокату}} = \frac{0,35}{0,65} = 0,54$$

$$KBM_{\text{поковки}} = \frac{0,52}{0,35} = 0,67$$

Порівнявши коефіцієнти, видно, що заготовка, отримана штампуванням, більше підходить для виробництва валу–шестерні, ніж пруток.

Однак враховуючи невелику партію випуску – 500 шт остаточно приймаємо прокат з конструкційної легованої сталі 40X. Ескіз заготовки представлений рисунку 1.2.

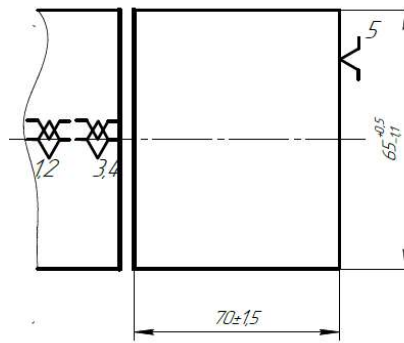


Рисунок 1.2 – Ескіз заготовки

2.2 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі

2.2.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність;

Деталь «піввісь» виготовлена з легованої сталі 40X з необхідною твердістю 38-40 одиниць HRC. Що вказує на необхідність термічної обробки загартуванням з подальшою відпуском. При термообробці є можливість спалити різьблення М3, М4.

Піввісь ADR S80NA08 має досить просту конструкцію ступінчастого циліндра, крім цього є конічна поверхня з кутом конуса $30 \pm 5'$. Виходячи з цього, забезпечується досить вільний доступ інструменту до всіх поверхонь, що обробляються.

А також деталь має досить точні розміри з допусками на розмір 0,02 мм та допуск радіального, торцевого биття вказує на необхідність внесення шліфувальної операції. Через це необхідно виконати канавки під вихід шліфувального круга. На

торці деталі розташовано 8 наскрізних отворів з різьбленням М4-6Н та 6 отворів глухих з різьбленням М3-6Н.

Інші оброблювані поверхні не складають труднощів з точки зору забезпечення точності і шорсткості. Деталь досить жорстка, що допускає її обробку в універсальному самоцентруючому трикулачковому патроні. Розташування кріпильних отворів різьбових отворів допускають багатоінструментальну обробку. У зв'язку з проведеним аналізом робимо висновок, що конструкція піввісі ADR S80NA08 досить технологічна.

2.2.2 Вибір технологічних баз;

Визначення технологічних баз є ключовим етапом у проектуванні процесу механічної обробки, оскільки воно прямо впливає на конструкцію самого процесу обробки заготовки. При цьому важливо дотримуватися основних принципів:

1. «Принцип суміщення баз»: бази мають бути розташовані так, щоб забезпечити стабільність і точність під час кожної наступної операції.

2. «Принцип постійності баз»: необхідно зберігати однаковий рівень баз протягом усього процесу обробки.

3. «Принцип єдності баз»: бази повинні бути обрані так, щоб надійно фіксувати заготовку під час усіх операцій обробки.

При визначенні баз необхідно враховувати їхню стійкість та надійність для правильної установки заготовок. На першій операції пропонується обробити поверхню, яка стане базою для подальших операцій - циліндричну поверхню та лівий торець.

Після обробки торців і центрових отворів першої операції створюються технологічні бази для подальшої обробки деталі. Тому наступна обробка відбувається з установкою в центральні отвори і на циліндричні поверхні шийок. При необхідності, для орієнтації заготовки в пристрої можна використовувати буртик шийки як додаткову базу.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		18

2.2.3 Проектування маршруту оброблення поверхонь деталі;

Технологічний процес у виробництві охоплює ряд дій, спрямованих на зміну та подальше визначення стану оброблюваного предмета. Він нерозривно пов'язаний зі змінами розмірів, форми та властивостей деталі під час обробки.

Вибір методу обробки поверхонь базується на габаритних розмірах деталі, вимогах до точності обробки та необхідній шорсткості поверхонь.

Одним із завдань проектування технологічного процесу механічної обробки є встановлення послідовності операцій, яка максимально використовує технологічні можливості верстатів, пристосувань та інструментів, з одночасним мінімізуванням матеріальних витрат.




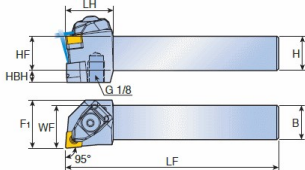

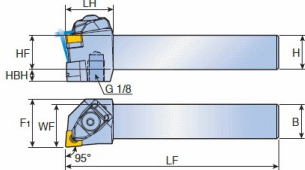
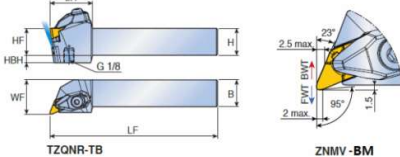
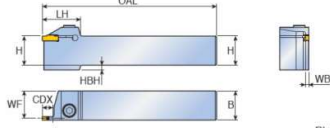
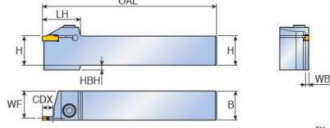
Таблиця 2.1 – Технологічний процес оброблення деталі «піввісь»

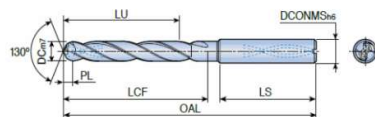

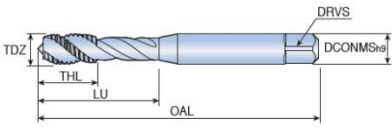

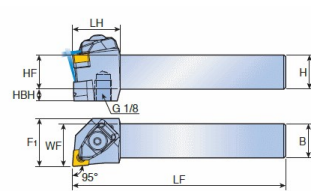
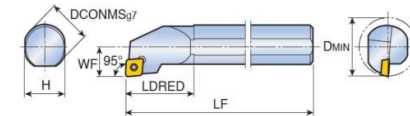
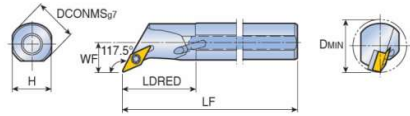
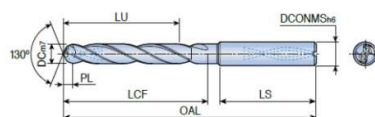
Номер операції	Найменування операції
005	Заготівельна
010	Токарна з ЧПК
015	Токарна з ЧПК
020	Токарно-фрезерна з ЧПК
025	Фрезерна з ЧПК
030	Термічна
035	Круглошліфувальна
040	Внутрішньошліфувальна

2.2.4 Вибір технологічного обладнання та металорізального інструменту

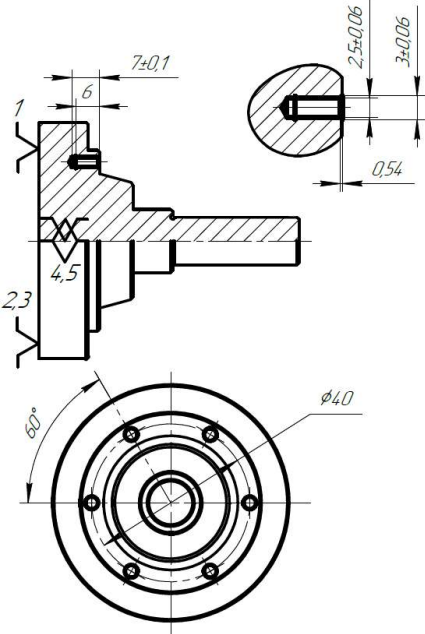
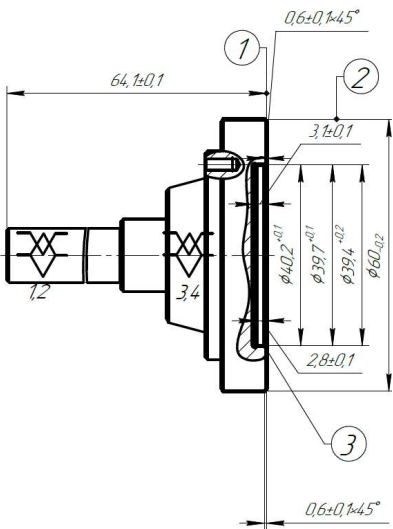
Відповідно до запропонованого маршруту технологічного процесу, будуть використовуватися верстати та інструменти з відповідними характеристиками, які визначені відповідно до технологічних можливостей.

Таблиця 2.2 – Технологічне обладнання та металорізальний інструмент

Номер операції	Технологічне обладнання	металорізальний інструмент
005	<p>Стрічковопилний верстат CORMAK BS 712 SW</p> 	<p>Стрічкова пила по металу Bahco 3854-Sandflex</p> 
010	<p>Токарний верстат з ЧПК DMG MORI NEF 400</p> 	<p>Різець TaeguTec TCLNL 2020 K0904-TB</p> 
015	<p>Токарно-фрезерувальний верстат з ЧПК HAAS ST-10Y</p> 	<p>Різець TaeguTec TCLNL 2020 K0904-TB</p>  <p>Різець TaeguTec TZQNL 2525 M1410-TB</p>  <p>Різець TaeguTec RGEL 2525-2T09</p>  <p>Свердло TaeguTec NHD 030-023-06 KI5</p> 

		 <p>Зенківка з покриттям (фреза для зняття фасок) $\varnothing 5 \times 90^\circ$</p>  <p>Мітчик TaeguTec TRH454C M3X0.5</p>  <ul style="list-style-type: none"> • For general purpose • Form C: 2-3 threads chamfer
020	<p>Токарно-фрезерний верстат з ЧПК HAAS ST-10Y</p> 	<p>Різець TaeguTec TCLNL 2020 K0904-TB</p>  <p>Різець розточний TaeguTec S12M SCLCR 09</p>  <p>Різець внутрішній канавковий TaeguTec A25T SVPNL 1304</p> 
025	<p>Фрезерний верстат з ЧПК DMG DMC635V</p>	<p>Свердло TaeguTec NHD 030-023-06 KI5</p>  <p>Зенківка з покриттям (фреза для зняття фасок) $\varnothing 5 \times 90^\circ$</p> <p>Мітчик TaeguTec TRH454C M3X0.5</p>

		
030	 Муфельная піч СНО-4.8.3/12,5	
035	Круглошліфувальний верстат MW500 	Шліфувальний диск Scherppach 40 мм 
040	Внутрішньошліфувальний верстат AZ BR-650 	Абразивний круг шліфувальний (електрокорунд білий) 25 А ПП 30X40X10 

	<p>19 витримуючи розміри $7\pm 0,1$мм, $\varnothing 2,5\pm 0,06$мм, 60°</p> <p>20 Зенкувати 6 отворів витримуючи розміри $0,25\pm 0,05$мм$\times 45^\circ$</p> <p>21 Нарізати різь в 6 отворах витримуючи розміри М3-6Н, $3\pm 0,06$мм</p>	
020	<p>1 Підрізати торець 1, витримуючи розмір $64,1\pm 0,1$ мм.</p> <p>2 Точити поверхню 2, витримуючи розмір $\varnothing 60_{-0,2}$</p> <p>3 Точити фаску витримуючи розмір $0,6\pm 0,06\times 45^\circ$</p> <p>4 Фрезерувати поверхню 3, витримуючи розміри $2,8\pm 0,06$, $\varnothing 39,4^{+0,16}$ мм</p> <p>5 Розточити уступ 3 витримуючи розміри $3,15\pm 0,1$ $\varnothing 39,7^{+0,1}$ мм</p> <p>6 Точити фаску витримуючи розміри $0,6\pm 0,1\times 45^\circ$</p> <p>7 Точити канавку витримуючи розміри $3,4\pm 0,1$мм, $\varnothing 40,2^{+0,1}$мм.</p>	

025	<p>Фрезерна з ЧПК</p> <p>1 Свєрдлувати 8 отворів витримуючи розміри $3,3\pm 0,12$мм, $\varnothing 50\pm 0,05$мм, 60°</p> <p>2 Зєнкувати 8 отворів витримуючи розміри $0,65\pm 0,05$мм$\times 45^\circ$</p> <p>3 Нарізати рїзь у 8 отворах витримуючи розміри М4-6Н, $4_{-0,03}$ мм</p>	
030	Тєрмічна	
035	<p>Круглошліфувальна</p> <p>Шліфувати конїчну поверхню витримуючи розмір 30°</p> <p>Шліфувати цилїндричну поверхню і тєрець витримуючи розміри $\varnothing 12^{+0,01}$, $32,01\pm 0,01$мм.</p>	
040	<p>Внутрішньошліфувальна</p> <p>Шліфувати тєрець витримуючи розмір $3^{+0,01}$</p> <p>Шліфувати цилїндричну поверхню витримуючи розміри $\varnothing 40^{+0,01}$, $2,8\pm 0,01$мм.</p>	

2.4 Розрахунок режимів рїзання

Заготївельна операція 005. Стрїчковопилний верстат CORMAK BS 712 SW

Вїдрїзати заготовку, витримавши розмір $70,645\pm 1,5$ мм.

Рїжучий їнструмент: Стрїчкова пїлка Bahco 3854-Sandflex

Швидкість різання $V_{ст} = 92$ м/хв

Подача: $S_M = 50$ мм/хв. Основний час обробки:

$$t_o = \frac{d}{S_M}, \quad (1.8)$$

$$t_o = \frac{65}{50} = 1,3 \text{ хв.}$$

Операція 010 Токарна з ЧПК, верстат DMG MORI NEF 400

Установ А перехід №1

Підрізування торця, витримуючи розмір $66,66 \pm 0,625$ мм Інструмент різець прохідний Різець TaeguTec TCLNL 2020 K0904-TB згідно з [4, с. 180] Глибина різання $t = 1,25$

Подача для глибини різання [4, с.364] $S = 1$

Розрахункова формула швидкості різання (1.9) [4, с. 363]

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v, \quad (1.9)$$

де T - стійкість інструменту, хв;

t – глибина різання, мм;

S – подача, мм/об;

C_v - постійний коефіцієнт;

m, x, y - показники ступеня;

K_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання.

Коефіцієнт K_v [4, с.358]:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PIV} \cdot K_{IV}, \quad (1.10)$$

де K_{MV} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу [4, с.358];

K_{PIV} – коефіцієнт, що відображає стан поверхні заготовки [4, с.361];

K_{IV} – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструмента [4, с.361].

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{N_v}, \quad (1.11)$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$K_{MV} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{610}\right)^1 = 1,2,$$

$$K_{MV} = 1,2; K_{IV} = 0,9; K_{IV} = 1.$$

$$K_V = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,08.$$

Стійкість інструменту [4, с.361].

$$T_{mc} = T \cdot K_{Tc}, \quad (1.12)$$

де $T=60$ хв стійкість інструменту, що ліметує;

$K_{Tc}=1$ – коефіцієнт зміни періоду стійкості при багатостоночному обслуговуванні.

$$C_V = 290; m = 0,20; x = 0,15; y = 0,35 \text{ – визначено [4, с.367].}$$

Виділимо швидкість різання:

$$V = \frac{290}{60^{0,20} \cdot 1,25^{0,15} \cdot 1,0^{0,35}} \cdot 1,08 = 183 \text{ м/хв}$$

Число обертів шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 183}{3,14 \cdot 65} = 896 \text{ об/хв}$$

З урахуванням вибору типу верстата приймаємо:

Розрахуємо головну силу різання [4, с.371]:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S_y \cdot V^n \cdot K_P \quad (1.13)$$

де C_P – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного та ріжучого матеріалу;

K_P – поправочний коефіцієнт

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (1.14)$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{610}{750}\right)^{0,75} = 0,85$$

$$K_{\phi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{rP} = 0,93$$

$$K_P = 0,85 \cdot 0,94 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,74$$

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

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S_y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 300 \cdot 1,25^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 141^{-0,15} \cdot 0,74 = 1300 \text{ Н}$$

Потужність різання [4, с.371]:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (1.15)$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		28

$$N = \frac{1300 \cdot 183}{1020 \cdot 60} = 2,7 \text{ кВт}$$

Хвилинна подача:

$$S_M = n \cdot S \quad (1.16)$$

$$S_M = 891 \cdot 1 = 896 \text{ мм/хв}$$

Основний час t_0 , хв [4, с.875]:

$$t_0 = \frac{(l+l_{ep}+l_{nep}+l_{nidv}) \cdot i}{S_M} \quad (1.17)$$

де l – розмір деталі цього переході, мм;

l_{ep} – величина врізання інструмента, мм;

l_{nidv} – величина підведення інструменту, мм.

l_{nep} – величина перебігу інструмента, мм;

i – кількість робочих ходів;

n – частота обертання шпинделя, об/хв;

S_M – подача, мм/хв.

$$t_0 = \frac{(l+l_{ep}+l_{nep}+l_{nidv}) \cdot i}{S_M} = \frac{(32,5+1,25+1+1) \cdot i}{896} = 0,039 \text{ хв}$$

Зведемо все до таблиці 1.7

Таблиця 1.7 – Режими різання для операції №1 (Токарна з ЧПК)

Номер	Найменування переходу	Глибина різання t , мм	Довжина різання l різ,	Подача S_0 , мм/об	Швидкість V , м/хв	Частота обертання,	Хвилинна подача	Основний час
1	Підрізування торця, витримуючи розмір $66,66 \pm 0,625$ мм	1,25	32,5	1	183	896	896	0,039
2	Точити, витримуючи розміри $10 \pm 0,1$, $60,8_{-0,2}$	2,1	10	0,7	82	430	430	0,065

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ

Арк.

29

Операція 015 Токарна з ЧПК

Таблиця 1.8 – Режими різання для операції 015 (Токарна з ЧПК)

Номер переходу	Найменування переходу	Глибина різання t , мм	Довжина різання l різ, мм	Подача S_0 , мм/об	Швидкість V , м/хв	Частота обертання, хв^{-1}	Хвилинна подача S_m , мм/ мин	Основний час t_0 , хв
1	Підрізання торця, витримуючи розмір $65,085 \pm 0,17$ мм	1,515	32,5	0,7	132	646	452	0,079
2	Точити поверхню, витримуючи розміри $46,7 \pm 0,1$ мм і $53,84 \pm 0,06$ мм	1,7	53,84	1	127	622	622	0,55
3	Точити поверхню, витримуючи розміри $50,5 \pm 0,1$ мм і $34,7_{-0,2}$	2	50,5	0,5	82	752	376	0,44
4	Точити, итримуючи розміри $41,84 \pm 0,1$ мм і $16,558_{-0,3}$	1,5	41,84	0,75	82	1576	1182	0,22
5	Точити кінчну поверхню, витримуючи розмір 30°	1,5	7,5	0,75	82	824	618	0,034
6	Точити поверхню, витримуючи розмір $31,685 \pm 0,1$ мм і $12,745_{-0,13}$	1,5	31,685	0,75	82	1576	1182	0,05
7	Підрізати торець, витримуючи розмір $64,565 \pm 0,1$ мм	0,52	6,372	0,75	93	2325	1743	0,004

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ

Арк.

30

8	Точити поверхню, витримуючи розмір 31,845 ±0,06мм і 12,232 _{-0,084}	0,5	31,845	0,3	117	3000	1500	0,022
	Точити поверхню, витримуючи розмір 42±0,06 мм і 15,958 _{-0,084}	0,6	11	0,3	117	2320	1395	0,027
0	Точити поверхню, витримуючи розмір 50,5±0,06 мм і 33,95 _{-0,1}	0,35	17	0,3	117	1097	384	0,05
1	Точити поверхню, витримуючи розмір 54±0,06 мм і 45,94 _{-0,12}	0,75	3,5	0,3	117	810	608	0,01
2	Точити конічну поверхню, витримуючи розмір 30°	0,25	7,5	0,3	117	1095	273	0,034
3	Точити фаску, витримуючи розмір 0,61±0,06мм ×45°	0,61	0,61	0,3	117	3000	931	0,003
4	Точити фаску, витримуючи розмір 0,655±0,06мм *45°	0,655	0,655	0,3	117	2300	698	0,003
5	Точити фаску, витримуючи розмір 0,72±0,06мм*45°	0,72	0,72	0,3	117	1164	349	0,003
6	Точити фаску, витримуючи розмір 0,5±0,06мм *45°	,5	,5	,3	17	10	43	,003

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ

Арк.

31

7	Точити фаску, витримуючи розмір 0,5±0,06мм *45°	,5	,5	,3	17	20	86	,003
8	Точити канавку, витримавши розміри, 32,35±0,06мм, 11-0.1	,5	,7	,3	17	400	680	,01
9	Свердлити 6 отворів, витримуючи розмір 7±0,06 мм, 2,5±0,06мм, 40±0,05 мм, 60°.	,25		,1	5,58	900	98,4	,34
0	Зенкувати 6 отворів витримуючи розмір 0,25±0,05*45°	,25	,25	,15	5	900	97	,03
1	Нарізати різьбу в МЗ-6Н 6 отворах, витримати розміри 6±0,06мм	,5		,5	,45	70	37	,34

Операція №3 Токарна з ЧПУ Установ Б перехід № 4

Фрезерувати заглиблення, витримуючи розмір 2,85±0,06мм, 39,456±0,08мм.

Інструмент фреза кінцева Ø10 мм, z=4 P6M5

Глибина різання t = 2,85 мм.

Подача: S=0,03 мм/ зуб. = 0,12 мм/об.

Визначимо швидкість різання за формулою (1.23) [4, с.406]:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \quad (1.23)$$

де В – параметр шару, що зрізається, мм;

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ			Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				32

и, р, у, х – показники ступеня у формулі швидкості [4, с.407].

$$V = \frac{47,6 \cdot 10^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 2,85^{0,5} \cdot 0,03^{0,5} \cdot 10^{0,1} \cdot 4^{0,1}} \cdot 1 = 76 \text{ м/хв}$$

Число обертів:

$$n = \frac{1000 \cdot 76}{3,14 \cdot 10} = 2400 \text{ об/хв}$$

Розрахуємо головну силу різання за формулою (1.24) [4, с.406]:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} K_{MP} \quad (1.24)$$

Відповідно до посібника [4, с.412].

$C_p=68,2$, $x=0,86$, $y=0,72$, $u=1$, $q=0,86$, $w=0$, $K_{MP}=0,3$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 2,85^{0,86} \cdot 0,03^{0,72} \cdot 10^{1,4}}{10^{0,86} \cdot 2400^0} \cdot 0,3 = 920 \text{ Н}$$

$C_p=68,2$, $x=0,86$, $y=0,72$, $u=1$, $q=0,86$, $w=0$, $K_{MP}=0,3$

Крутний момент за формулою (1.25) [4, с.411]:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{920 \cdot 10}{200} = 46 \text{ Нм} \quad (1.25)$$

Потужність різання за формулою (1.26) [4, с.411]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{920 \cdot 76}{1020 \cdot 60} = 1,1 \text{ кВт} \quad (1.26)$$

Таблиця 1.9 – Режими різання для операції №3 (Токарна з ЧПК)

Номер переходу	Найменування переходу	Глибина різання t , мм	Довжина різання l різ, мм	Подача S_0 , мм/об	Швидкість V , м/хв	Частота обертання, хв-1	Хвилинна подача S_m , мм/ хв	Основний час t_0 , хв
1	Підрізування торця, витримуючи розмір $64,155 \pm 0,06$ мм	0,41	32,07	0,5	117	646	323	0,1

2	Точити поверхню, витримуючи розміри 60-0.12 мм	0,4	10	0,5	117	622	311	0,02
	Точити фаску, витримуючи розмір 0,655±0,06мм *45°	0,6	0,5	0,5	117	752	376	0,01
	Фрезерувати поверхню, витримуючи розміри 2,85 ±0,06мм і 39,456 ^{+0,16}	2,85	-	0,12	76	2400	288	0,22
	Розточити заглиблення, витримуючи розмір 3,155 ±0,06мм і 39,77 ^{+0,1}	0,2	3	0,75	117	824	618	0,034
	Точити фаску, витримуючи розмір 0,655±0,06мм *45°	0,6	0,6	0,5	117	931	465	0,01
	Точити канавку, витримавши розміри, 3,455±0,06 мм, 40,2 ^{+0,1}	0,25	0,6	0,1	117	931	93,1	0,02

Операція №4 Фрезерна операція з ЧПУ (Вертикально-обробний центр VMC320)

Перехід №3

Нарізати різьблення у 8 отворах М4-6Н, витримуючи розмір 4±0,03 мм.

Інструмент мітчик М4, Р6М5.

Подача глибини різання S=0,7 мм/об.

Швидкість різання за формулою [4, с.432]:

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ			Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				34

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^{m \cdot S^y}} \cdot K_V \quad (1.27)$$

Коефіцієнт K_V [4, с.431]:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{CV},$$

$$K_{MV} = 0,9; K_{CV} = 1; K_{IV} = 1.$$

$$K_V = 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,9.$$

Стійкість інструменту $T=90$

$C_V = 64,8; m = 0,9; q = 1,2; y = 0,5$ – визначено згідно з посібником [4, с.431]

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^{m \cdot S^y}} \cdot K_V = \frac{41 \cdot 4^{1,2}}{90^{0,09 \cdot 0,7^{0,5}}} \cdot 0,9 = 4,05 \text{ м/хв}$$

Число оборотів шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 4,05}{3,14 \cdot 4} = 322 \text{ об/хв}$$

Крутний момент при нарізанні різьблення мітчиком за формулою (1.28) [4, с.432]:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p \quad (1.28)$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0025 \cdot 4^2 \cdot 0,7^{1,5} \cdot 1 = 0,23 \text{ Нм}$$

Потужність різання за формулою (1.28) [4, с.432]:

$$N = \frac{M_{кр}}{975} = \frac{0,23 \cdot 322}{975} = 0,07 \text{ кВт} \quad (1.29)$$

Таблиця 1.10 - Режими різання для операції №4 (Фрезерна)

Номер переходу	Найменування переходу	Глибина різання t , мм	Довжина різання l різ, мм	Подача S_0 , мм/об	Швидкість V , м/хв	Частота обертання, хв-1	Хвилинна подача S_m , мм/хв	Основний час t_0 , хв
1	Свердлити 8 отворів, витримуючи розмір $3,3 \pm 0,12$ мм, $50 \pm 0,05$ мм, 300.	1,15	10	0,05	32	3000	150	0,7

Зенкувати 8 отворів, витримуючи розмір 0,655±0,05	0,65	0,65	0,15	15	1984	297	0,03
Нарізати різьбу в М4-6Н 8 отворах, витримати розміри 4-0,03 мм.	-	10	0,7	4,05	322	225,4	0,65

Операція №6 Установ Б перехід № 2

Шліфувати циліндричну поверхню та торець, витримуючи розмір $12^{+0.01}$, $0,15 \pm 0,005$ мм.

Інструмент коло шліфувальний 300x12x127мм 25А \

Призначимо режими різання, виходячи з посібника [4, с.438]:

Швидкість кола: $V_k = 35$ м/с

Швидкість заготовки: $V_3 = 25$ м/хв.

Глибина різання: $t_{1,2,3} = 0,025$ мм, $t_{3,4} = 0,015$

Подача: $S = 3,6$ м / хв.

Потужність різання за формулою (1.30) [4, с.438]:

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q \cdot b^z \quad (1.30)$$

$$N = 0,14 \cdot 25^{0,8} \cdot 0,025^{0,8} \cdot 14^{0,5} \cdot 12^{0,2} = 0,54 \text{ кВт.}$$

Таблиця 1.11 – Режими різання для операції №6 (Шліфувальна)

Номер переходу	Найменування переходу	Глибина різання t, мм	Довжина різання l рез, мм	Швидкість круга, м/с	Хвилинна подача Sм, м/хв	Основний час t ₀ , хв
----------------	-----------------------	-----------------------	---------------------------	----------------------	--------------------------	----------------------------------

	Шліфувати конічну поверхню, витримуючи розмір 30^0 .	0,025	8	35	3,6	0,09
	Шліфувати циліндричну поверхню та торець, витримуючи розмір $12^{+0.01}$, $0,15 \pm 0,005$ мм	0,025	32	35	3,6	0,09

Таблиця 1.12 — Режими різання для операції №7 (Шліфувальна)

Номер переходу	Найменування переходу	Глибина різання t , мм	Довжина різання l різ, мм	Швидкість V , м/хв	Хвилинка подача S_m , мм/хв	Основний час t_0 , хв
1	Шліфувати торець витримуючи розмір $0,155 \pm 0,005$ мм	0,025	10	35	150	0,7
2	Шліфувати циліндричну поверхню, витримуючи розмір $40,005 - 0,01$, 3 мм	0,025	3	35	297	0,1

2.6 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК за допомогою САМ програми

Далі, у ході дипломної роботи була проведена розробка програми для фрезерної обробки корпусу на верстаті з ЧПК DMG DMC635V.

Основним інструментом для створення програми в G-M коді був використаний програмний продукт CAM Esprit. Першим кроком у механічній обробці шпинделя було виконано токарну обробку.

В ході дипломного проекту була розроблена 3D-модель піввісі за допомогою програмного забезпечення SolidWorks. Створена модель була імпортована у середовище CAM Esprit для подальшої її оброблення. (рис. 3.3)

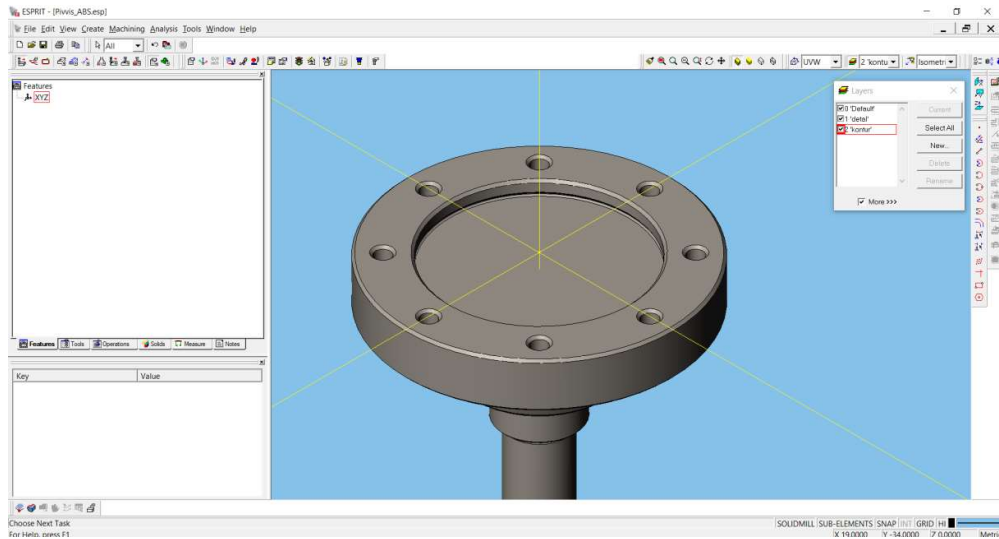


Рисунок 3.3 – 3D модель піввісі у середовищі Esprit

1. Створено заготовку

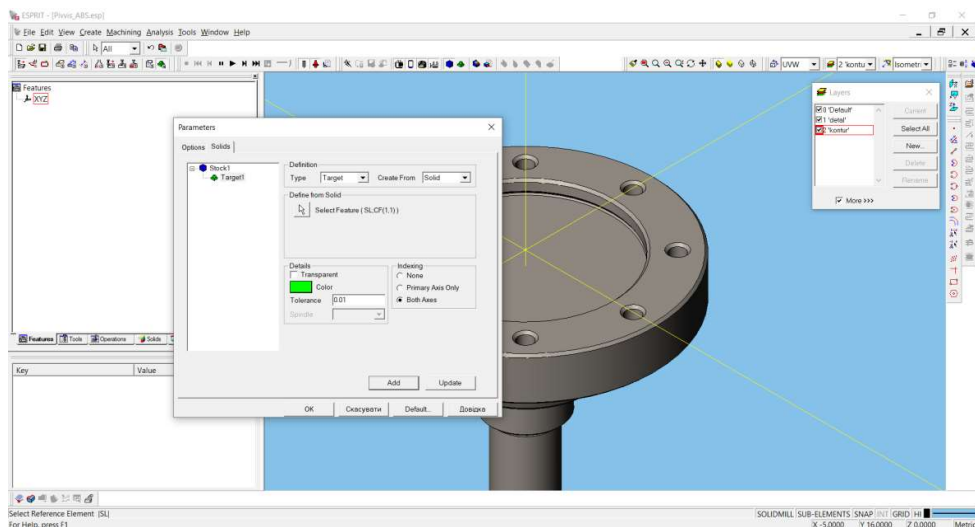


Рисунок 3.4 – Створення заготовки у CAM Esprit

2. Виконано розпізнання елементів деталі (отворів) які планується обробляти
3. Вибрано вид оброблення – «Roughing» (рис. 3.6).

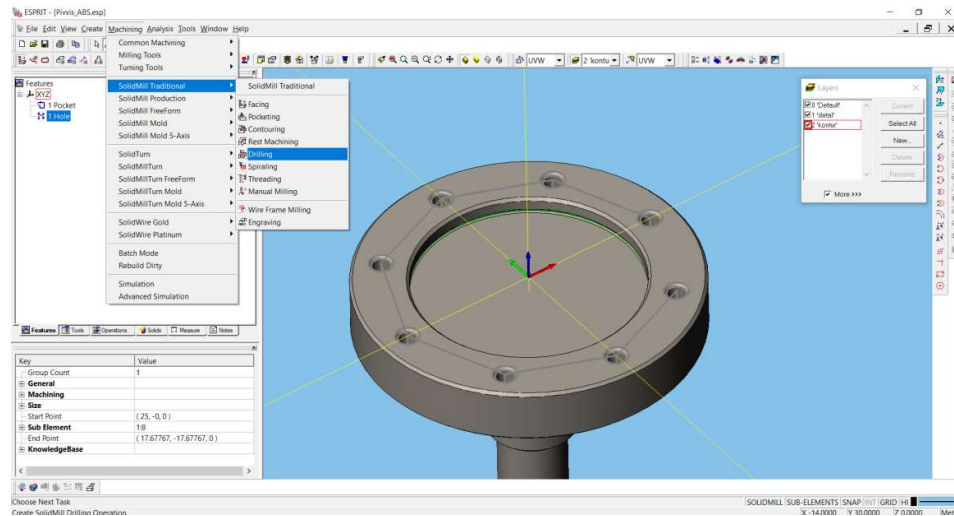


Рисунок 3.6 – Вибір виду оброблення

4. Вибрано металообробний інструмент та його параметри (рис. 3.7).

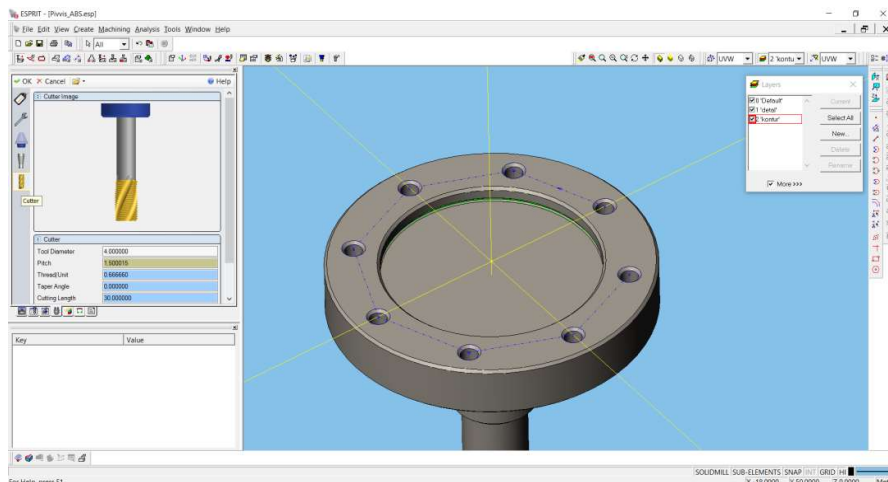


Рисунок 3.7 – Вибір ріжучого інструменту

5. Вибрано режими різання (рис 3.8).

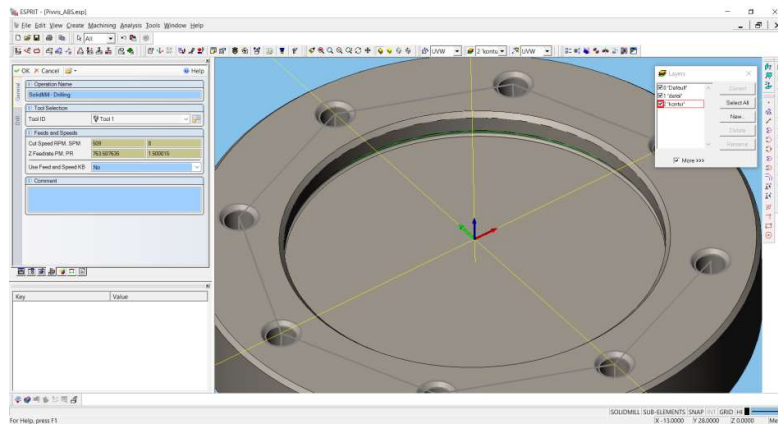


Рисунок 3.8 – Вибір режимів оброблення

6. Згенеровано траєкторію руху металорізального інструменту при обробленні корпусу (рис 3.9).

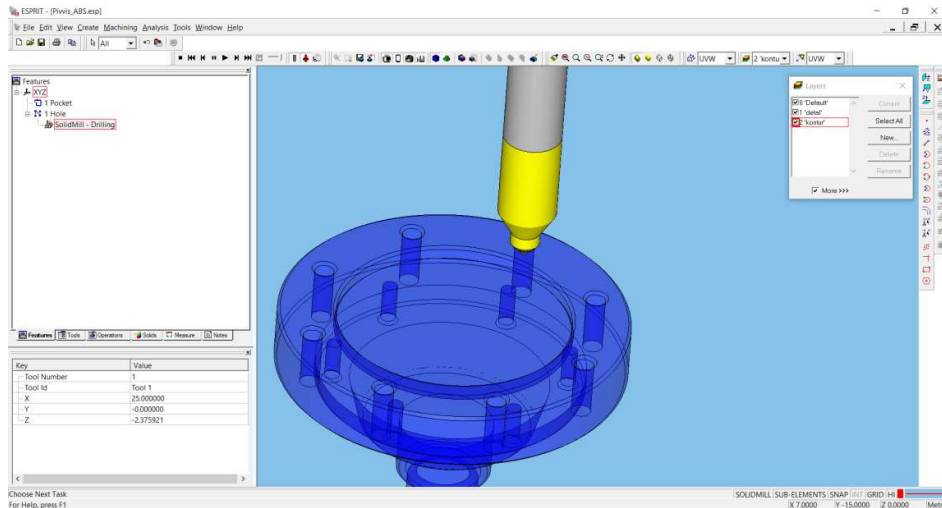


Рисунок 3.9 – Траєкторія руху металорізального інструменту при обробленні кришки

7. Виконано автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодї для оброблення на токарному верстатї з ЧПК DMG DMC635V за допомогою постпроцесора (рис 3.10).

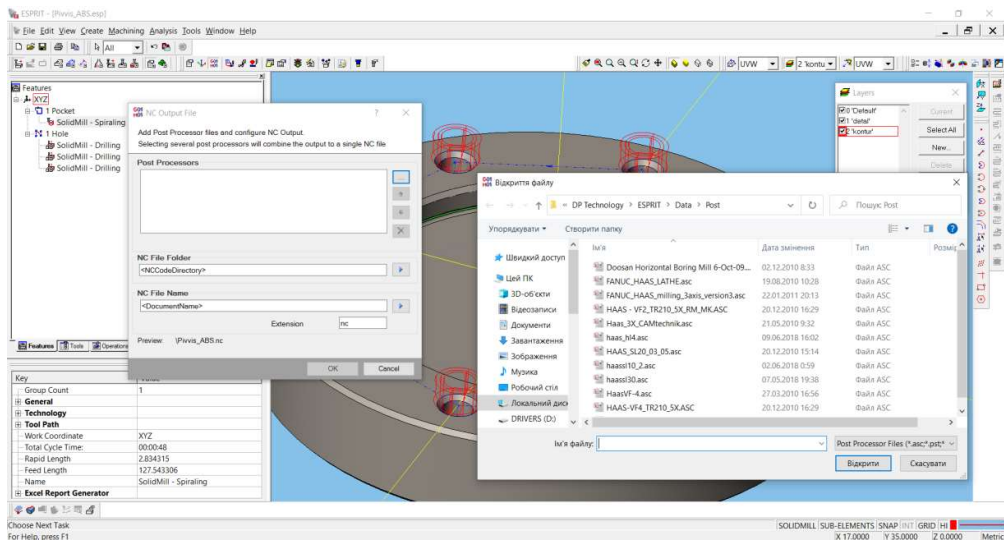


Рисунок 3.10 – Автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодi

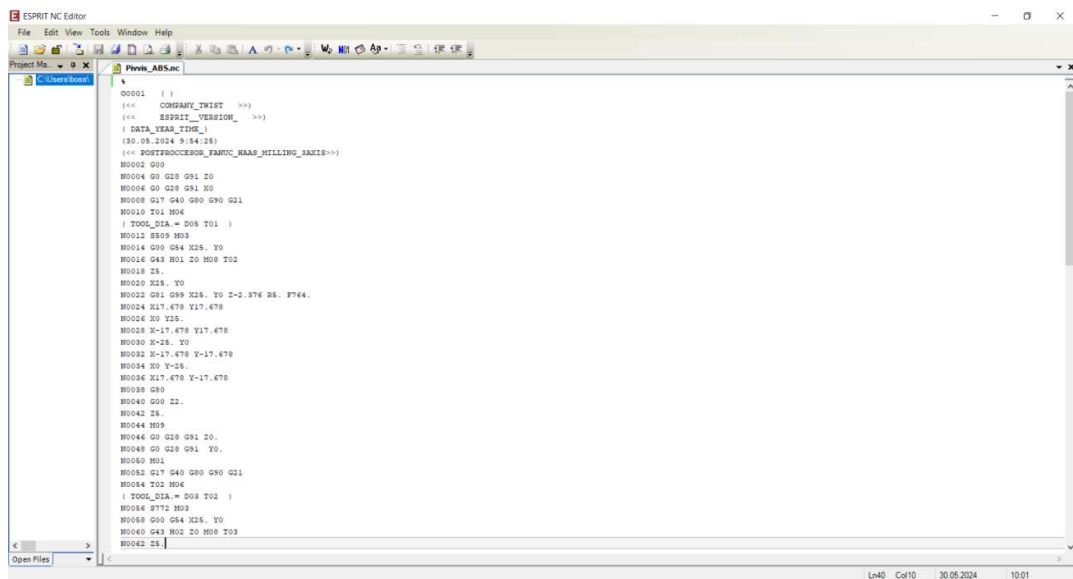


Рисунок 3.11 – Скрін програми оброблення корпусу на токарному верстатi з ЧПК DMG DMC635V.

Програма оброблення деталi шкiв наведена у додатку В.

3 Конструкторська частина

3.1 Опис конструкції пристосування

Пристрої розроблені для четвертої операції на фрезерному верстаті (DMG DMC635V). До неї входить свердління, зенкерування та нарізування різьблення М4. У лещатах 5 (ДСТУ 16518-96) виконаних з однією призматичною губкою, закріплюється оправка 4 рисунок 2.1. Вона виконана з двома напрямними, на яких базується деталь 3. Для затискання заготовки використовується скоба 1, яка за допомогою гвинта 2 підтискає заготовку до оправлення. Після виконання операції викручуємо гвинт і знімаємо заготовку. Для наступної заготовки налаштування верстата вже не потрібне.

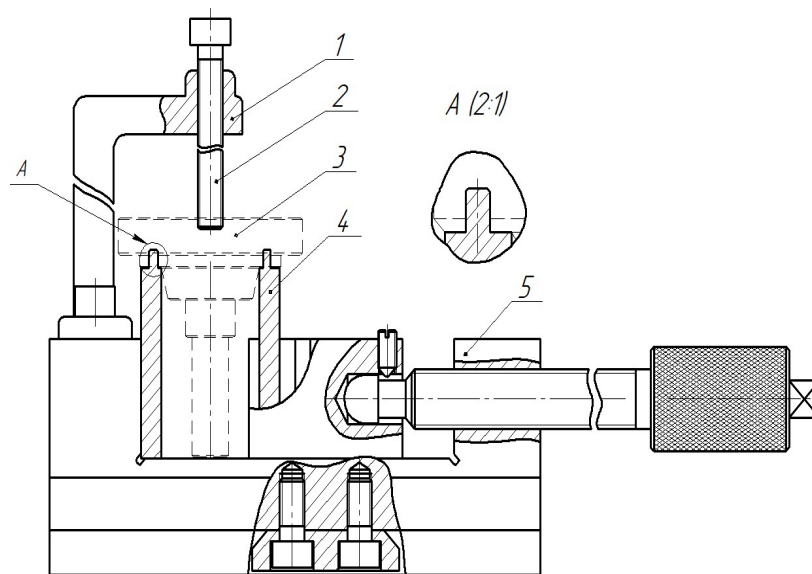


Рисунок 2.1 – Універсально-збірний пристрій

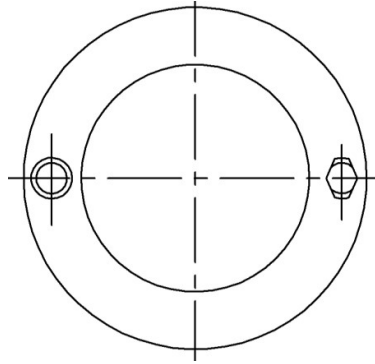


Рисунок 2.2 – Оправка (вид зверху)

2.2 Розрахунок зусилля закріплення

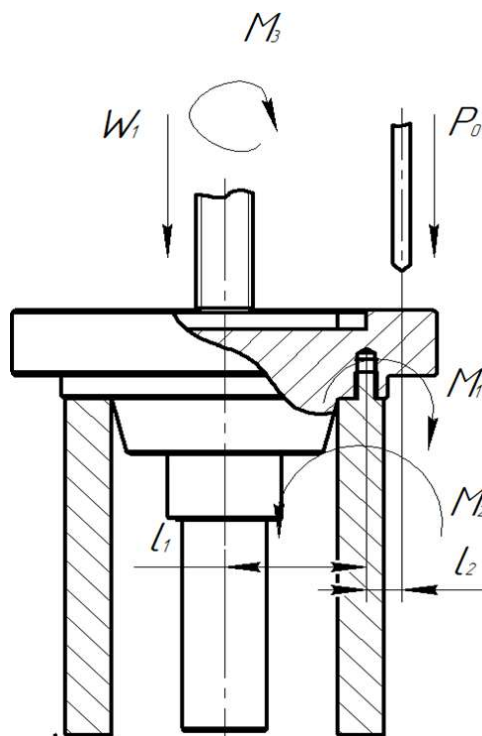


Рисунок 2.3 – Схема розрахунку сил закріплення

Виходячи з цієї схеми бачимо, що крутний момент буде впливати деталь і намагатися її повернути, але йому не дадуть зрушити заготовку напрямні, що знаходяться на оправці. Перекидальний момент 1 дорівнюватиме моменту 2. Умова

рівноваги в даному випадку виражається рівнянням (без урахування сил тертя).

Розрахунок проводиться за методичкою [6 с. 129].

$$W_1 \cdot l_1 = k \cdot P_0 \cdot l_2 \quad (3.1)$$

$$W_1 = k \cdot P_0 \cdot l_2 / l_1$$

де W_1 – сила затиску протидіє перекиданню і створює момент M_1

l_1 – плече сили, що протидіє перекиданню

l_2 – плече сили, що перекидає

P_0 – сила обробки, що створює перекидальний момент M_2 k – коефіцієнт

запасу формула (2.2) [4, с.117]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \quad (3.2)$$

де K_0 – коефіцієнт гарантованого запасу ($K_3 = 1,5$)

K_1 – коефіцієнт збільшення сил різання в результаті затуплення запасу ($K_3 = 1,2$)

K_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил в результаті нерівностей поверхонь ($K_3 = 1$)

K_3 – коефіцієнт враховує збільшення сил в результаті при переваному різанні ($K_3 = 1$)

K_4 – коефіцієнт, що характеризує сталість сил закріплення ($K_4 = 1$)

K_5 – коефіцієнт, що враховує наявність моментів, які прагнуть повернути заготовку ($K_5 = 1$)

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,8$$

$$W_1 = k \cdot P_0 \cdot l_2 / l_1 = 1,8 \cdot 70 \cdot 5 \div 20 = 31,5 \text{H}$$

Далі визначимо момент, який потрібно розвинути на гвинті для забезпечення заданої затискної сили W_1 формула (2.3) [6 с. 132].

$$M = 0,2 \cdot d \cdot W_1 \quad (3.3)$$

2.3 Розрахунок на точність пристосування

Величина ε_{np} (похибка пристосування) забезпечується розробкою конструкції пристосування, і саме на неї слід орієнтуватись при виконанні точнісних розрахунків пристосування. Розрахунок виконаємо за формулою (2.4) [8, с.6]

$$\varepsilon_{np} = T - k_m \sqrt{(k_{m1} \cdot \varepsilon_0)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{B.n}^2 + \varepsilon_{3H}^2 + \varepsilon_{n.i.}^2 + (k_{m2} \cdot \omega_{m.c})^2} \quad (3.4)$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

де T – допуск виконуваного розміру;

k_m – коефіцієнт, що враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу ($k_m = 1$);

k_{m1} – коефіцієнт, що враховує зменшення граничного значення похибки базування під час роботи на налаштованих верстатах ($k_{m1} = 0,80$);

ε_6 – похибка базування заготовки;

ε_3 – похибка закріплення заготовки;

$\varepsilon_{в.п}$ – похибка установки пристосування на верстаті;

$\varepsilon_{зн}$ – похибка становища заготовки, що виникає внаслідок зносу установчих елементів;

$\varepsilon_{пi}$ – похибка від перекосу інструменту в елементах (установках);

k_{m2} – коефіцієнт, що враховує частку похибки обробки сумарної похибки, викликаними чинниками які залежать від пристосування ($k_{m2} = 0,6$);

$\omega_{m.c}$ – середня економічна точність обробки.

Похибка базування формула (2.5) [8, с.42].

$$\varepsilon_6 = S_{max} \cdot \cos a \quad (3.5)$$

де S_{max} – максимальний зазор посадки на циліндричний палець

$$S_{max} = ES - ei \quad (3.6)$$

Де ES – верхнє відхилення отвору;

ei – нижнє відхилення валу (пальця).

$$S_{max} = 0,065 - (-0,012) = 0,078 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_6 = 0,01 \cdot 0,707 = 0,05 \text{ мм.}$$

Похибка закріплення ε_3 дорівнює нулю, оскільки сила закріплення прикладена перпендикулярно до виконуваного розміру.

Визначимо похибку установки фактичну $\varepsilon_{у.п}$, яка дорівнює похибці базування 0,007 мм і додаткову $\varepsilon_{у.п}$ за формулою (2.7) [8,с.6].

$$\varepsilon_{у.д.} = \sqrt{T^2 - (k_{m2} \cdot \omega_{m.c})^2} \quad (3.7)$$

$$\varepsilon_{у.д.} = \sqrt{0,1^2 - (0,6 \cdot 0,06)^2} = 0,94 \text{ мм}$$

Для отримання необхідної точності умова дотримується, де додаткова похибка установки більша чи дорівнює похибки базування заготовки.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		45

Похибка установки пристрою на верстат може бути частково або усунена налаштуванням верстата.

Наближене зношування настановних елементів можна визначити за формулою (2.8) [8, с.24].

$$\varepsilon_3 = U_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \quad (3.8)$$

де U_0 – середній знос настановних елементів для сталі 40Х дорівнює 0,04;

k_1 – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки дорівнює 1;

k_2 – коефіцієнт, що враховує вплив устаткування дорівнює 1;

k_3 – коефіцієнт, що враховує умови обробки, дорівнює 1;

k_4 – коефіцієнт, що враховує кількість установок заготовки дорівнює 0,045.

$$\varepsilon_3 = 0,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,045 = 0,0018 \text{ мм}$$

Похибка від перекосу інструмента в елементах дорівнюватиме нулю. так як немає напрямних елементів.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = T - k_m \sqrt{(k_{m1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{в.п}}^2 + \varepsilon_{\text{з.н}}^2 + \varepsilon_{\text{п.і}}^2 + (k_{m2} \cdot \omega_{\text{м.с}})^2} = 0,1 - 1 \cdot \sqrt{0,04^2 + 0,0018^2 + (0,5 \cdot 0,06)^2} = 0,05 \text{ мм}$$

Отже, необхідні умови виконуються.

$$(T=0,1) \geq (\varepsilon_{\text{п.р.}}=0,05).$$

3.2. Розрахунок та проектування вимірювального інструменту для контролю діаметра 12к6 ($\begin{smallmatrix} +0,012 \\ +0,001 \end{smallmatrix}$).

Для виконання розрахунку калібра скоби для деталі з допуском 12к6, необхідно визначити граничні розміри та конструкцію калібра. Ось кроки для цього процесу:

1. Визначення номінальних розмірів та допусків

Для позначення 12к6:

- Номінальний розмір (D): 12 мм

- Поле допуску (к6): Згідно зі стандартом ISO 286, для валу з допуском к6 при номінальному розмірі 12 мм.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		46

2. Визначення граничних розмірів для 12к6

Для контролю розміру 12к6 розраховуємо калібр - скобу. Для цього використовуємо літературу [13].

Знаходимо граничні розміри валу за формулами:

$$\begin{aligned}l_{\max} &= d + es, \\l_{\min} &= d + ei.\end{aligned}\tag{3.9}$$

$$l_{\max} = 12 + 0,012 = 12,012 \text{ (мм)}.$$

$$l_{\min} = 12 + 0,001 = 12,001 \text{ (мм)}.$$

Для розмірів у діапазоні від 10 до 18 мм і 6-го квалітету необхідно знайти дані для визначення параметрів потрібних калібрів і контркалибрів:

- $Z_1 = 0,0025$ мм – зміщення середини поля допуску для виготовлення прохідного калібру для валу стосовно найбільшого граничного розміру деталі;

- $Y_1 = 0,002$ мм – допустиме відхилення розміру зношеного прохідного калібру для валу за межі поля допуску деталі;

- $H_1 = 0,003$ мм – допуск на виготовлення калібрів для валу;

- $H_p = 0,0012$ мм – допуск на виготовлення контрольного калібру для скоби.

Розміри калібру-скоби визначаємо таким чином:

1) мінімальний розмір прохідного нового калібру-скоби ПР обчислюємо за формулою:

$$PP_{\min} = l_{\max} - Z_1 - H_1 / 2.\tag{3.10}$$

$$PP_{\min} = 12,012 - 0,0025 - 0,003 / 2 = 12,009 \text{ (мм)}.$$

2) найменший розмір непрохідного калібру-скоби НЕ визначаємо за формулою:

$$HE_{\min} = l_{\min} - H_1 / 2.\tag{3.11}$$

$$HE_{\min} = l_{\min} - H_1 / 2 = 12,001 - 0,003 / 2 = 12,0005 \text{ (мм)}.$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		47

1) граничний розмір зношеної скоби – калібру ПР визначимо за формулою:

$$PP_{зн} = l_{\max} + Y_1. \quad (3.12)$$

$$PP_{зн} = l_{\max} + Y_1 = 25,015 + 0,002 = 12,017 \text{ (мм)}.$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		48

4 Охорона праці

4.1 Електробезпека

Аналіз нещасних випадків на виробництві показує, що хоча кількість травм, спричинених електричним струмом, невелика, лише близько 1%, частка нещасних випадків, викликаних електричним струмом, у загальній кількості смертельних випадків уже становить 20-40%, що робить її однією з провідних нещасних випадків у світі займає перше місце.

Більшість нещасних випадків від ураження електричним струмом, у тому числі зі смертельним наслідком, відбувається при експлуатації електрообладнання напругою до 1000 В. Це пояснюється тим, що електрообладнання широко використовується і відносно доступне майже кожному, хто працює на виробництві.

Випадки ураження електричним струмом при експлуатації електрообладнання з напругою вище 1000 В рідкісні, оскільки таке обладнання мало поширене і обслуговується висококваліфікованим персоналом.

Електробезпека - це сукупність технічних і організаційних заходів і засобів, які забезпечують захист працівників від шкідливої і небезпечної дії електричного струму, електромагнітних полів, електричної дуги і статичної електрики.

Протікання електрики через тіло людини супроводжується теплом, електролізом і біологічними ефектами.

Теплова дія електричного струму полягає в нагріванні тканин і випаровуванні води, призводить до опіків, нагрівання тканин та внутрішніх органів.

Електролітична дія електричного струму проявляється як розпад (електроліз) органічних речовин, у тому числі крові, внаслідок чого змінюються її фізико-хімічні та біохімічні властивості.

Біологічна дія електричного струму виражається в порушенні біологічних процесів, що відбуваються в організмі, пов'язаних з руйнуванням і збудженням тканин і неконтрольованим скороченням м'язів.

За наслідками (результатом) впливу дії електричного струму електротравми класифікують на:

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		49

- місцеве чи локальне ураження органів і тканин, наслідки яких не загрожують життю.

- загальне (ураження електричним струмом) – пошкодження життєво важливих органів і систем (дихання, серця тощо). Як наслідок – життя людей потрапляє під загрозою.

- змішане – поєднання загального та локального уражень.

Місцевими електротравмами є електричні опіки, електричні знаки, електрометалізація шкіри, механічні ушкодження та електроофтальмія.

Електричні опіки поділяються на такі види залежно від умов виникнення:

Контактні або опіки струмові – спричинені виключно впливом електричного струму, що проходить через людину; виникають в електроустановках (ЕУ) з напругою 1-3 кВ.

Дугові опіки виникають виключно електричною дугою; виникають в ЕУ з напругою 10 кВ і більше.

Змішані опіки викликані впливом як електричної дуги, так і струму, що протікає по цій дузі.

Електричні опіки дуже болючі і важко піддаються лікуванню, особливо опіки внутрішніх органів.

Мітки струму або електричні знаки представляють собою припухлості на шкірі в місці контакту з електричним джерелом, часто мають округлу або овальну форму з ямочкою в центрі, іноді нагадують форму електродів чи блискавки. Їхній розмір може досягати 15 мм, колір жовтий або жовто-сірий. Вони безболісні і зникають з часом. Ці знаки є біохімічною реакцією організму на вплив електричного струму як подразника.

Металізація шкіри - це просочування поверхні шкіри частинками металу за рахунок випаровування або розпилення його під дією електричного струму. Поверхня ураженої шкіри є при цьому твердою і має такий же колір, як і солі металів на шкірі. Особливо небезпечною є електрометалізація органів зору.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		50

Механічні ушкодження, викликані сильними судомними скороченнями м'язів, проявляються у вигляді розривів шкіри, нервів і сухожилів та можуть призвести до ампутації кінцівки.

Тяжкість ураження електричним струмом визначається різними факторами.

При ураженні електричним струмом основним вражаючим фактором впливу є струм, що проходить через тіло людини. Від його величини (сили) цього струму залежить результат ураження. Розрізняють наступні пороги струму, а саме, мінімальне значення, що дає той чи інший результат:

– поріг чутливості характеризується мінімальною силою струму, яку людина отримує у вигляді ледь відчутних подразнень (для змінного струму це значення становить 0,7-1,5 мА, для постійного струму відповідно 5-7 мА);

– пороговий невідпускний струм характеризується мінімальною силою струму, що призводить до судомного скорочення м'язів, людина при цьому не може самостійно звільнитися від струмопровідних частин (для струму змінного це значення становить 10-15 мА, для постійного струму – 50-80 мА);

– пороговий фібриляційний струм характеризується мінімальною силою струму–, що викликає фібриляцію серця (для змінного струму становить значення 100 мА, для постійного струму – 300 мА).

Прикладена до тіла напруга впливає на тяжкість ушкодження лише в тій мірі, в якій визначає силу струму, що протікає через тіло.

Опір тіла людини – це складний комплекс тканин, електричні параметри яких змінюються в широкому діапазоні. Найбільшу провідність мають м'язи, кров і мозок. Найменшу – кістки, шкіра та жирова тканина. Опір тіла людини складається з двох послідовно з'єднаних складових: опору шкіри та опору внутрішніх органів.

Вид струму: постійний чи змінний. Вважається, що струм постійний, який проходить через тіло людини, порівняно зі змінним, викликає менш неприємні відчуття. Однак це справедливо лише для напруги значенням до 300 В. Зі збільшенням напруги зростає небезпека постійного струму, а в інтервалі напруг 400-600 В вона практично дорівнює небезпеці змінного струму з частотою 50 Гц. При

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		51

напругах понад 600 В небезпека постійного струму навіть перевищує небезпеку змінного струму.

Частота змінного струму. Найбільш небезпечними для людини є струми частотою від 20 до 200 Гц. Небезпека зменшується зі зменшенням або збільшенням частоти та повністю зникає на частотах вище 450 кГц. Найбільш небезпечними вважаються струми частотою від 50 до 60 Гц (промислові частоти).

Шлях проходження струму через тіло людини значною мірою впливає на тяжкість уражень. Особливо небезпечно, якщо струм проходить через життєво важливі органи і безпосередньо впливає на них. Якщо через ці органи не буде проходити струм, він впливатиме на них лише рефлекторно (через центральну нервову систему), і ймовірність пошкодження цих органів буде меншою.

Фактори навколишнього середовища. За правилами установки електрообладнання всі виробничі приміщення за небезпекою ураження людини електричним струмом підрозділяються на три категорії.

Приміщення з підвищеною небезпекою їм притаманна наявність однієї з наступних умов:

- висока відносна вологість повітря (вона перевищує 75% протягом довгого часу);
- висока температура (вона перевищує позначку 35°C протягом довгого часу);
- струмопровідний пил;
- підлога струмопровідна (залізобетонна, металева, земляна, цегляна);
- можливість одночасного дотику до металевих частин електрообладнання або металоконструкцій будівлі, з'єднаних з землею, та до частин електроустаткування металевих, які можуть опинитися під напругою.

Особливо небезпечні приміщення мають наявною одну із умов, що створюють особливу небезпеку:

- значно висока відносна вологість повітря (близько 100 %);
- наявність хімічно-активного середовища;

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		52

□ наявність одночасно двох чи більше умов, характерних для приміщень підвищеної небезпеки.

Приміщення без підвищеної небезпеки – в них відсутні умови, що створюють особливу або підвищену небезпеку.

Заходи електричного захисту гарантують, що при випадковому дотику до струмоведучих частин не відбудеться ураження струмом через ізоляцію або огорожі. До заходів захисту відносяться низька напруга, заземлення та занулення електричних систем, автоматичне відключення, засоби індивідуального захисту тощо.

До технічних способів та засобів захисту при нормальних режимах роботи електроустановок відносяться:

Ізоляція струмоведучих частин забезпечується покриттям їх діелектричним шаром для захисту людей від випадкового доторкання людей до струмоведучих частин електромережі.

Розрізняють ізоляцію функціональну, подвійну, додаткову та посилену ізоляцію. Робоча представляє собою ізоляцію струмоведучих частин електричної системи для забезпечення належної роботи та захисту від ураження електричним струмом. Додаткова ізоляція застосовується на додаток до робочої ізоляції для захисту людей від ураження електричним струмом у разі пошкодження саме робочої ізоляції. Ізоляція, що складається з робочої ізоляції та додаткової, називається подвійною ізоляцією. Посилена ізоляція – поліпшена робоча ізоляція.

Для запобігання доступу до неізольованих струмоведучих частин використовують ізолюючі пристрої, захисні огороження та неізольовані струмоведучі частини, що повинні розташовуватися на недоступній висоті або у важкодоступних місцях. Захисні огорожі можуть бути суцільними або виготовленими з дротяної сітки. В електроустановках напругою до 1000 В застосовують надпотужні огорожі (кожухи, кожухи, кришки тощо), а напругою до 1000 В і вище – огорожі з дротяної сітки. Захисні двері або двері повинні закриватися на замки або замки, обладнані запірними пристроями.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		53

Сигналізатор є засобом пасивного захисту, він не усуває ризик пошкодження, а лише сигналізує про його наявність. Така сигналізація включає світлову (лампочки, світлодіоди тощо) і звукову (зумери, дзвінки, сирени).

Низька напруга використовується для зниження ризику ураження електричним струмом. Низька напруга включає номінальну напругу, що не перевищує 42 В. При таких напругах струм, що протікає через тіло людини, дуже малий і вважається відносно безпечним. Однак абсолютна безпека не може бути гарантована, тому крім низької напруги використовуються інші способи та засоби захисту.

Дотримання заходів захисту та використання засобів захисту від ураження електричним струмом надасть високу ймовірність безпечної роботи персоналу, який обслуговує та експлуатує електрообладнання. Тільки комплекс заходів з охорони праці, а саме, проведення навчання, інструктажів, використання справного обладнання та засобів захисту, виконання санітарно-гігієнічних вимог відповідно до нормативних актів з охорони праці зробить роботу безпечною та зменшить рівень травматизму.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		54

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технологія машинобудування. Навчальний посібник / За ред. І. І. Юрчишина. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.

2. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з дисципліни «Технологічні основи машинобудування» (для студентів напрямку підготовки 6.050502 «Інженерна механіка»). / Укладачі: Бабенко М.О., Горячева Т.В. Красноармійськ, Видавництво Красноармійського індустріального інституту, 2009. 67 с.

3. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник / Юрчишин І.І. та ін. Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.

4. Якимов А.В., Царюк В.Н., Якимов В.А. и др. Технология машиностроения: Учебник для студ. машиностр. вузов. / Под редакцией Якимова А.В. Одесса: Астропринт, 2012. 784с., ил.

5. Гевко Б.М. Технологія обробки на верстатах з ЧПК: Навчальний посібник. [Текст] / Гевко Б.М., Матвійчук А.В. Тернопіль: ТДТУ, 2004. 131 с.

6. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. 386 с.

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

8. Родін П.Р. і др. Металорізальні інструменти. В 2-х ч. / П.Р. Родін, Ю.М. Бугай, Н.С. Равська, В.І. Солодкий. Київ, «Вища школа», 1993. Ч.1. 226 с., іл.

9. Данюк В. М., Абрамов В. М. Нормування праці. К.: ВІПОЛ, 1995. 465 с.

10. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПК. / В. А. Кирилович, П. П. Мельничук, В. А. Яновський ; під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.

11. Гордєєв А.І., Урбанюк Є.А., Безносів А.Є., Мігаль В.Г. Курсове та дипломне проектування для технології машинобудування та металорізальних

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		55

верстатів. Навчальний посібник, ХНУ, 2005, 300 с.

12. Гордєєв А. І. Урбанюк Є.А., Сілін Р.С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.

13. Сторож Б. Д., Карпик Р. Т., Гордєєв А. І. Точність верстатних пристроїв машинобудівного виробництва: Навчальний посібник / За ред. Р.Т. Карпика. Хмельницький: ХДУ, 2003. 222 с., іл.

14. Желєзна А.М., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. К.: Кондор, 2004. 796 с.

15. Контрольна робота з дисципліни "Проектування контрольно-вимірювальних пристроїв" Вінниця, 2015. 13 с.

16. П.А. Лінчевський та ін.. Обробка деталей на обробно-розточувальних верстатах / П.А. Лінчевський, Т.Г. Джугурян, О.А. Оргіян, за заг. ред.. П.А. Лінчевського. – К.: Техніка, 2000. – 300с. ISBN 966-575-048-8

17. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів. Афіша 2004. 248 с.

18. Катренко Л. А., Пістун І. П. Охорона праці в галузі освіти. Суми: Університетська книга, 2001. 345 с.

19. SANDVIK COROMAT [Електронний ресурс] // www.sandvik.coromant.com. 2021. Режим доступу до ресурсу: <https://www.sandvik.coromant.com/ruru/products/pages/technologies.aspx#inveio>.

20. <http://ecat.secotools.com/>

21. Охорона праці в галузі машинобудування : навчальний посібник / І. П. Пістун, Р. Є. Стець, І. О. Трунова. – Суми : Університетська книга, 2023. – 556 с. 26.

22. Охорона праці та цивільний захист : підручник / О.Г.Левченко, О.І.Полукаров, В.В. Зацірний, Ю.О. Полукаров, О.В.Землянська. – Київ : Каравела, 2021. – 472 с.

23. Основи охорони праці: навчальний посібник / Я.І. Бедрій, Р.М.Івах. – Київ : Кондор, 2018. – 464 с

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		56