

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерії транспорту та архітектури  
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Технологія виготовлення деталі "Вал 24610-3-00" 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.24.14.ПЗ

Виконав студент 3 курсу група ПМТс-21-2  
Шифр

  
Підпис

Сергій МУЛЯР  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник канд. техн. наук, доцент  
Науковий ступінь, звання

  
Підпис

Володимир МИЛЬКО  
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 «24» 06 2024


Хмельницький 20 24

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**

Муляру Сергій Анатолійович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Технологія виготовлення деталі "Вал 24610-3-00" з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Милько Володимир Володимирович, 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 Вал 24610-3-00 та технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску 4.5 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 А2); графотехнологія (1 лист А1); креслення карти наладки (1 лист А2); креслення верстатного пристрою (1 лист А1); креслення контрольного калібру (1 лист А2)



РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ Технол. механікобуд.

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

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

Назва кваліфікаційної роботи Техн. висвітлення "Вал 24610-5-00"

Автор Мунер С.А.

Освітня програма Технол. механікобуд.

Спеціальність: приладозна механіка

Науковий керівник: Меслово В.В.

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:

15.06.24

Дата 26.06.24

Завідувач кафедри

А.К.  
Підпис

Титарук С.А.  
Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми

Меслово В.В.  
Підпис

Меслово В.В.  
Ім'я, прізвище

Керівник кваліфікаційної роботи

Меслово В.В.  
Підпис

Меслово В.В.  
Ім'я, прізвище

Завідувачу кафедри

здобувача вищої освіти (студента  
ПІБ, факультет, «курс», «група»)

Мурз С.Ф. - Прикладна механіка  
ІІ-курс, група ПМЧс-21-1

### 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.

20.06.2024

дата

  
підпис

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Муляр Сергій Анатолійович на захист дипломного проєкту (роботи)  
(прізвище, ім'я, по батькові)  
за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі "Вал 24610-3-00" з використанням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету

(підпис)

**ВІКТОР  
ОЛЕКСАНДРЕНКО**

(ім'я, прізвище)

### ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Муляр С. А. 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 17,95 %, добре 53,85 %, задовільно 28,21 %.  
шкалою ЄКТС: А 14,29 %, В 14,29 %, С 42,86 %, D 17,86 %, Е, 10,71 %.

Методист факультету

(підпис)

(ім'я, прізвище)

### ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент

Муляр Сергій Анатолійович  
виповняє завдання, які виконували на  
дипломному проєкту/роботі. Кваліфікаційна  
робота виконана згідно стандартів.

Оцінка дипломного проєкту (роботи) добре

Керівник дипломного проєкту

(підпис)

(ім'я, прізвище)

" \* " \_\_\_\_\_

2024 р.

### ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

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

Завідувач кафедри

технології машинобудування.

(назва)

Івк В.Ткачук

(підпис, ім'я, прізвище)

" 24 " 06

2024 р.

**РЕЦЕНЗІЯ**

на дипломну роботу Сергія МУЛЯРА  
Тема роботи: Технологія виготовлення деталі "Вал 24610-3-00" з використанням верстатів з ЧПК

Тема дипломного проекту, та його зміст відповідають обраній спеціальності. Дипломний проект має необхідні розділи відповідно до завдання.

У дипломному проекті здобувач проаналізував конструкцію обраної деталі, її технологічність та визначив тип виробництва.

Обрав (економічно обґрунтувавши) метод отримання заготовки - поковка, в подальшому був розроблений технологічний процес механічного оброблення шестерні з використанням сучасного м/р устаткування з ЧПК фірми HAAS. Згідно виданого завдання розраховані припуски на оброблення, визначені режими різання, норми штучного часу. Всі прийняті рішення технологічного розділу підкріплені відповідними розрахунками і виконані на високому рівні.

У конструкторському розділі розроблено верстатний пристрій для фрезерної операції та контрольний інструмент калібр-скобу.

Графічна частина виконана у відповідності з вимогами ЕСКД та ДСТУ, розділи розрахунково-пояснювальної записки оформлені з виконанням основних вимог високому рівні.

Все це свідчить про досить високий рівень дипломника як сформованого молодого спеціаліста.

Вагомих недоліків у дипломному проекті не виявлено.

Дипломний проект виконано згідно із завданням, у повному обсязі на достатньому технічному рівні заслуговує оцінки «добре».

Рецензент: О.В. Духа, асп.ч.проф. зав.каф. ТАМ

« 24 » « 06 » 2024 р.

## Реферат

Дипломного проєкту на тему:

Технологія виготовлення деталі "Вал 24610-3-00" з використанням верстатів з ЧПК

Здобувач: Сергій Муляр

Керівник: к.т.н., доцент Милько Володимир Володимирович

Застосування прогресивних високопродуктивних методів обробки, що забезпечують високу точність та якість поверхонь деталей машини, методів зміцнення робочих поверхонь, що підвищують ресурс роботи деталі та машини в цілому, ефективне використання автоматичних та поточкових ліній, верстатів з ЧПУ – все це спрямоване на вирішення головних завдань: підвищення ефективності виробництва та якості продукції.

У ході виконання дипломного проєкту вирішується низка завдань:

1. Аналіз технологічності деталі вал.
2. Визначення типу виробництва валу.
3. Вибір способу отримання швидкохідного валу та його економічне обґрунтування.
4. Вибір загальних (єдиних) технологічних баз.
5. Розробка структури технологічних операцій.
6. Вибір технологічного устаткування.
7. Вибір технологічного оснащення (інструментальні системи).
8. Розрахунок режимів різання.

Автор:

Сергій МУЛЯР

/Підпис/

## ЗМІСТ

Вступ	7
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Завдання	9
1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі	10
1.3 Вибір типу виробництва	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	15
2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки	15
2.1.2 Визначення розмірів та відхилень, а також $K_{i,m}$ заготовки з прокату	16
2.1.3 Визначення розмірів та відхилень, а також $K_{i,m}$ заготовки, отриманої методом штампування	17
2.2. Проектування технологічного маршруту оброблення деталі	19
2.3 Вибір технологічного обладнання, пристосувань, різального та вимірювального інструменту	20
2.4 Проектування технологічних операцій та розрахунок режимів різання	23
2.5 Розрахунок норм часу	37
2.6 Розрахунок довідковим методом операційних припусків та розмірів на виготовлення шийки валу $\varnothing 50h6$	41
2.7 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК за допомогою САМ програми	43
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	48
3.1 Опис та принцип роботи пристосування	48
3.1.1 Визначення зусилля затискача	48
3.1.2 Визначення похибки базування	48
3.1.3 Розрахунок пристосування на точність	49
3.1.4 Розрахунок слабкої ланки	50
3.2 Проектування контрольного інструменту	50

<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ</b>				
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
Розроб.		Савчук Н.С.		
Перев.		Милько В.В.		
Н. контр.		Бись С.С.		
Затв.		Гкачук В.П.		
Технологія виготовлення деталі "Вал 24610-3-00" з використанням верстатів з ЧПК				
		Літера	Аркуш	Аркушів
		н	5	
<b>ХНУ гр. ПМТс-21-2</b>				

4 ОХОРОНА ПРАЦІ	53
4.1 Порядок проведення навчання працівників з охорони праці	53
ВИСНОВКИ	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	61

					ДП.ПІМ.ФІТА.24.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		10

## Вступ

Зростання промисловості та народного господарства, а також темпи переозброєння їх новою технікою значною мірою залежить від рівня розвитку машинобудування. Технічний прогрес у машинобудуванні характеризується вдосконаленням технології виготовлення машин, рівнем їх конструктивних рішень та надійності їх у подальшій експлуатації.

В даний час важливо - якісно, дешево, у задані терміни з мінімальними витратами живої та уречевленої праці виготовити машину, застосувавши сучасну високопродуктивну техніку, обладнання, інструмент, технологічне оснащення, засоби механізації та автоматизації виробництва.

Розробка технологічного процесу виготовлення машини не повинна зводитись до формального встановлення послідовності обробки поверхонь деталей, вибору обладнання та режимів. Вона вимагає творчого підходу для забезпечення узгодженості всіх етапів побудови машини та досягнення необхідної якості з найменшими витратами.

При проектуванні технологічних процесів виготовлення деталей машин необхідно враховувати основні напрямки у сучасній технології машинобудування:

Наближення заготовок за формою, розмірами та якістю поверхонь до готових деталей, що дає можливість скоротити витрату матеріалу, значно знизити трудомісткість обробки деталей на металорізальних верстатах, а також зменшити витрати на ріжучі інструменти, електроенергію та інше.

Підвищення продуктивності праці шляхом застосування: автоматичних ліній, автоматів, агрегатних верстатів, верстатів з ЧПУ, досконаліших методів обробки, нових марок матеріалів різальних інструментів.

Концентрація декількох операцій на одному верстаті для одночасної або послідовної обробки великою кількістю інструментів з високими режимами різання.

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		11

Застосування електрохімічних та електрофізичних способів розмірної обробки деталей.

Розвиток зміцнюючої технології, підвищення міцності та експлуатаційних властивостей деталей шляхом зміцнення поверхневого шару механічним, термічним, термомеханічним, хімікотермічним способами.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		12

# 1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Завдання

Розробити технологічний процес виготовлення деталі вал 24610-3-00. Річна програма випуску N = 4500 шт.

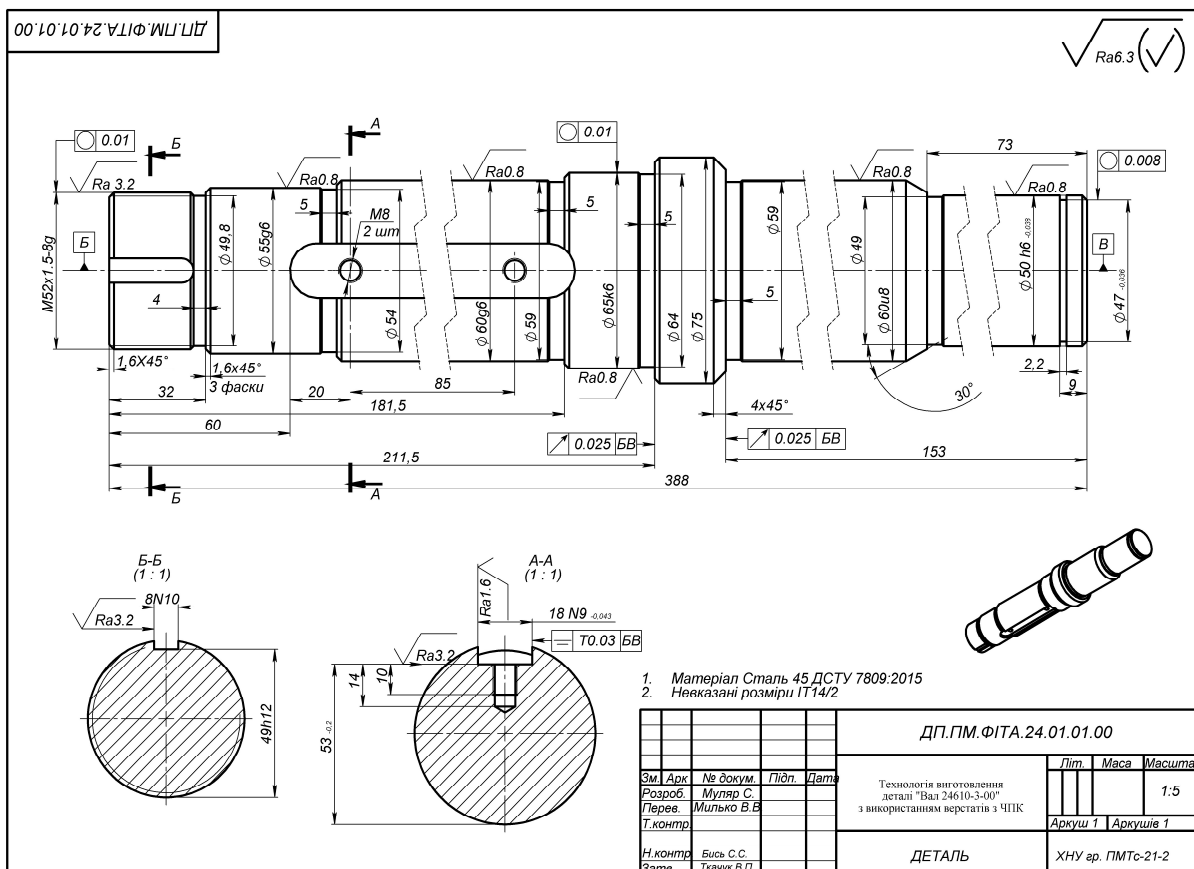


Рисунок 1.1 – Кресленник деталі Вал

Вал (див. робочий кресленник валу) є деталлю механізму нормальної точності. За конструкцією вал відноситься до ступінчастих.

Шийки валу Ø50h6 та Ø65k6 призначені для підшипників кочення. Шийка валу Ø60g6 має шпонковий паз, призначена для встановлення зубчастого колеса.

Шийка Ø60g6 під зубчасте колесо. Неточність форми цієї поверхні може бути витримана у межах допуску виготовлення.

Допуск круглості поверхні Ø65k6 повинен бути витриманий не більше ніж 0,01 мм. Допуск круглості поверхні Ø50h6 повинен бути витриманий не більше ніж 0,008 мм.

Допуск на ширину канавки шпонки повинен бути виконаний по 9 квалітету точності. Допуск симетричності бічних поверхонь шпонкового паза щодо загальної осі поверхонь повинен бути витриманий не більше 0,03 мм, а шорсткість цих поверхонь не більше  $\sqrt{Ra1.6}$ . Торцеве биття шийок валу Ø65k6 і Ø60u8 щодо бази має бути не більше 0,025 мм.

Допуск круглості середнього діаметра різьблення трохи більше 0,01 мм. Шорсткість різьблення  $\sqrt{Ra3.2}$ .

Точність виготовлення решти поверхонь, на які не дано граничні відхилення розмірів, повинна бути витримана за 14 кваліфікацією. Загальна шорсткість не більше  $\sqrt{Ra6.3}$ .

## 1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Мета аналізу технологічності конструкції валу – виявлення недоліків конструкції за відомостями, що містяться в кресленнях та технічних вимогах, а також можливе поліпшення технологічності валу, що розглядається.

Технологічний аналіз конструкції забезпечує поліпшення техніко-економічних показників технологічного процесу, що розробляється. Тому технологічний аналіз – одне із найважливіших етапів технологічної розробки.

Основні завдання, які вирішуються при аналізі технологічності конструкції оброблюваної деталі, зводяться до можливого зменшення трудомісткості та металоємності, можливості обробки деталі високопродуктивними методами. Таким чином, покращення технологічності конструкції дозволяє знизити собівартість виготовлення без шкоди для службового призначення.

Розглядаючи робоче креслення валу можна зробити висновок, що при такій конструкції валу можна обробити всі поверхні прохідними одностипними різцями за кілька установ, так як в середній частині валу розташовується шийка валу більшого

					ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		14

діаметра, а діаметральні розміри валу при наближенні до кінців зменшуються або прохідними різцями лівими та правими за один установ. На валу є закрита канавка шпонки, яку по конструкції не допускається замінити на відкриту, так вал є ступінчастим і порушується цілісність циліндричних поверхонь під підшипники кочення. Цю канавку можна отримати на фрезерному верстаті торцевою фрезою. На валу також є поперечні канавки для виходу інструменту при нарізанні різьблення, шліфуванні шийок валу, які можна обробити (отримати) відрізним або канавковим різцем.

Так як конструкція валу вимагає від технології отримання п'яти точних циліндричних поверхонь по 6 і 8 квалітету точності, то для забезпечення даної вимоги необхідно, щоб конструкція вала забезпечувала достатню жорсткість, яку приблизно можна визначити по відношенню до довжини вала до його діаметра і повинна становити не більше 10 ... 12:  $j = \frac{l}{d}$ , де  $l$  - довжина ділянки валу в мм, а  $d$  - діаметр ділянки валу. Отже  $j = \frac{32}{52} + \frac{43.5}{55} + \frac{106}{60} + \frac{30}{65} + \frac{23.5}{75} + \frac{80}{60} + \frac{73}{50} = 6.74$ , що говорить про достатність жорсткості валу для отримання необхідної точності обробки різанням у центрах.

Для виготовлення даного валу також можливе застосування вихідної заготовки прогресивного виду, яка за формою та розмірами близька до форми та розмірів готового валу.

Задана точність розмірів, форми та розташування поверхонь валу відповідають економічній точності верстатів. Відомо, що економічна точність круглошліфувальних верстатів – 6-8 квалітет точності, отже, зовнішні поверхні валу, доступні для шліфування, є технологічними, якщо їхня точність не перевищує 6-го квалітету. У нашому випадку точність 4-х поверхонь 6 квалітету та точність однієї поверхні 8 квалітету, а також поверхні доступні для шліфування на круглошліфувальному верстаті і є технологічними.

Даний вал технологічно обробляти в центрах, але для цього необхідно переробити креслення частини баз і розміру 144, який позначає координати розташування канавки розміром 2,2 мм без порушення геометрії і функціонального призначення валу.

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		15

Робимо висновок з перерахованих вище зауважень, що даний вал технологічний у виготовленні.

Матеріалом виготовлення даної деталі служить сталь 45 по ДСТУ 7809:2015. Це якісна конструкційна сталь, що зварюється погано, схильна до утворення гартових тріщин. Застосовується для виготовлення кронштейнів, втулок, стійок, слабонавантажених валів.

Сплав АМгб застосовується для зварених клепаних деталей і конструкцій, які середньонавантажуються, що вимагають високої корозійної стійкості. Це трубопроводи, ємності для рідин та інші деталі та вироби. Даний сплав має високу пластичність у відпаленому стані. У напівнагартваному стані він має середню пластичність, а в нагартваний стан низьку пластичність. При куванні необхідно поверхню заготовки охолоджувати до 4000-420° С, а потім кувати з малим обтисканням.

Хімічний склад стали представлений у таблиці 1, механічні властивості у таблиці 2, фізичні властивості у таблиці 3.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 45 (за ДСТУ 7809 та ТУ)

Склад елементів, %							
вуглець	марганець	кремній	хром	нікель	мідь	фосфор	сірка
0,42-0,50	0,5-0,8	0,17-0,37	0,25	0,25	0,255	0,035	0,04

Таблиця 1.2 – Механічні властивості

$\sigma_b$	$\sigma_{0,2}$	$\delta$	E	G	Коеф. Пуасона
кГ/мм <sup>2</sup>	кГ/мм <sup>2</sup>	%	кГ/мм <sup>2</sup>	кГ/мм <sup>2</sup>	-
610	360	16	20400	7800	0,3

Таблиця 1.3 – Фізичні властивості

Густина	Коеф. лін. розшир. T=-200...20	Коеф. Лін. Розшир. T=20 -400°C	Теплопровідність	Теплопровідність при 400°C	Питома теплоємність при 100°C	Питома теплоємність при 400°C	Електропровідність
г/см <sup>3</sup>	-	-	кал/см·сек·град	кал/см·сек·град	кал/г·град	кал/г·град	Ом·мм <sup>2</sup> /м
7,85	12,1	26,5	0,162	0,33	0,112	0,26	0,230

### 1.3 Вибір типу виробництва

Побудова технологічних процесів механічної обробки, вибір обладнання, пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів залежить від типу виробництва (масового, серійного, одиничного). Тому на початку проектування слід визначити тип виробництва. Це можна виконати тільки орієнтовно, так як для точного встановлення потрібно мати дані, які будуть виявлені дещо пізніше (після визначення завантаження обладнання).

Тип виробництва залежить від двох факторів: річної програми та маси деталей. Візьмемо річну програму випуску деталей N = 4500 шт. Так як деталі мають малу масу, то за табл.4 [1] визначаємо, що тип виробництва середньосерійний. Середньосерійному виробництву відповідає групова форма організації.

Таблиця 1.4 – Тип виробництва

Серійність виробництва	Програма випуску шт/год		
	Легкі	Середні	Важкі
Одиничне	до 100	до 10	до 5
Дрібносерійне	100-500	10-200	5-100
Середньосерійне	500-5000	200-500	100-300
Багатосерійне	5000-50000	500-5000	300-1000
Масове	>50000	>5000	>1000

Розрахуємо з навчальної літератури [2] число деталей партії.

Наближено кількість деталей у партії визначимо за формулою:

					ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		17

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{4500 \cdot 6}{254} = 106 \text{ шт.}$$

Потім визначимо розрахункову кількість змін на обробку всієї партії деталей:

$$c = \frac{T_{\text{шт-к}} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{35,373 \cdot 106}{476 \cdot 0,8} = 9,8 \approx 10 \text{ змін .}$$

Визначимо уточнене число деталей в партії:

$$n = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot c}{T_{\text{шт-к}}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 10}{35,373} \approx 107 \text{ шт.}$$

Характеристика заданого типу виробництва

Характеристика типу виробництва здійснюється за ДСТУ 2974-95, де тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення організацій КЗ.О, який показує відношення всіх різних технологічних операцій, що виконуються або підлягають виконанню підрозділом протягом місяця до робочих місць. Так як КЗ.О відображає періодичність обслуговування робітника всією необхідною інформацією, а також постачання робочого місця всіма необхідними речовими елементами виробництва, то КЗ.О оцінюється стосовно явочного числа робочих підрозділи з розрахунку на одну зміну

$$K_{3.O} = \frac{\sum P_O}{P_{Я}},$$

де  $\sum P_O$  – сумарна кількість різних операцій;  $P_{Я}$  – явна кількість робочих підрозділів, що виконують різні операції.

Відповідно до ДСТУ 2974-95 для великосерійного виробництва коефіцієнт закріплення організацій  $K_{3.O}$  лежить в межах  $1 \leq K_{3.O} \leq 10$ .

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		18

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки

Вибір методу отримання заготовки робимо без урахування економічного обґрунтування.

Вибрати заготовку – це встановити спосіб її отримання, визначити припуски на обробку поверхонь, розрахувати розміри та встановити допуски на неточність виготовлення.

При вирішенні цього питання необхідно прагнути до того, щоб форма та розміри заготовки максимально наближалися до форми та розмірів готової деталі, тобто маловідходної або безвідходної заготовки. Це збільшує економію металу, зменшує обсяг подальшої механічної обробки та пов'язану з ним витрату електроенергії, інструменту тощо, тобто забезпечує заощадження енерго- та матеріалоресурсів.

Найбільш поширеним методом одержання заготовки є переробка сортового матеріалу (прокату). Сталеві заготовки роблять із різних видів сортового матеріалу: кованого, гарячекатаного, каліброваного, підвищеної обробки поверхонь (сріблянка), різних профілів перерізу (круглого, квадратного, смугового та ін.).

Залежно від типу виробництва та конструкції деталі заготовки із сортового матеріалу отримують різним шляхом:

1. Розрізання з наступною механічною обробкою на верстатах.
2. Розрізання з наступною пластичною деформацією (куванням, штампуванням)

для отримання точної заготовки.

При великосерійному виробництві штампування виробляють у дорогих закритих штампах, що забезпечують високу точність та продуктивність. Застосовують також редукування, ротаційне обтискання, прокатку, розкочування та ін.

Так як цей вал має невеликі перепади діаметрів сходів, вибираємо заготовку з круглого прокату.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		19

### 2.1.1 Визначення розмірів та відхилень, а також $K_{i,m}$ заготовки з прокату

Визначення розмірів.

Відповідно до рекомендованих припусків [1] (стор.) та таблиці 9 ч. 2, а також сортаментом гарячекатаної круглої сталі (ДСТУ 4738:2007) визначаємо діаметр заготовки з прокату: при максимальному діаметрі валу 75 мм рекомендується використовувати прокат  $\varnothing 80^{+0.5}_{-1.3}$  з позначенням відповідно до ДСТУ 4738:2007:

$$\text{Круг} \frac{80\text{-В ДСТУ 4738:2007}}{45 \text{ ДСТУ 7809:2015}}.$$

Довжину заготовки з прокату визначаємо додаванням до довжини готового валу припуску на підрізування торців 4 мм (заготовку отримуємо різанням прокату дисковою фрезою на фрезерному верстаті):

$L_{\text{заг}} = 388 + 4 = 392\text{мм}$  [1] (стр19), таблиця 10 ч. 2. з врахування відхилень [1] табл. 11 (стр.6):  $L_{\text{заг}} = 392 \pm 0.5\text{мм}$ .

За вище прийнятим даним креслимо заготовку з цими розмірами (рисунок 2.1).

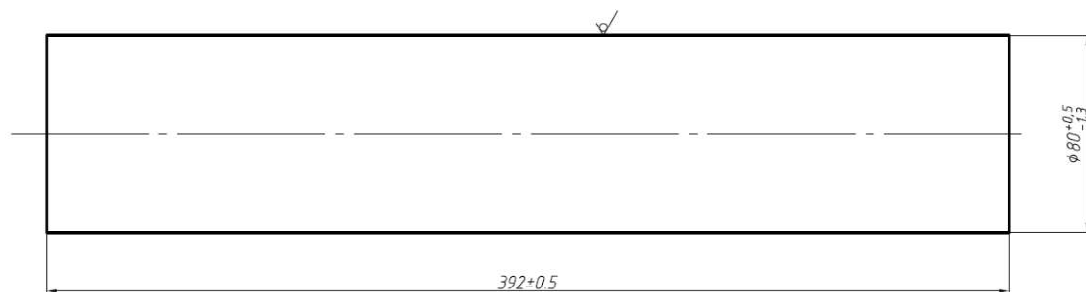


Рисунок 2.1 – Заготовка валу з прокату

Визначення маси заготовки

Масу заготовки визначимо за формулою:

$$M_{\text{заг}} = 0,000785d^2 \cdot l \cdot \gamma = 0,000785 \cdot (8.0)^2 \cdot 39,2 \cdot 7,85 = 15,46\text{кг}$$

Де  $d = 8.0$  см – діаметр заготовки;

$L=29,2$ см – довжина заготовки;

$\gamma = 7,85$  г/см<sup>3</sup> – густина сталі 45 ДСТУ 7809:2015.

Визначення маси готового валу

Для визначення маси готового валу скористаємося програмою твердотілого моделювання SolidWorks:

Маса готового валу (деталі)  $M_{\text{вала}} = 7,8\text{кг}$ .

Визначення коефіцієнта використання матеріалу

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу заготовки з прокату за формулою:

$$K_{\text{и.м}} = \frac{M_{\text{вала}}}{M_{\text{загот}}} = \frac{7,8}{15,46} = 0,51.$$

Низький коефіцієнт використання матеріалу = 0,51 говорить про нерациональний метод отримання заготовки. Даний вид отримання заготовки може застосовуватися тільки в одиничному та дрібносерійному виробництві.

2.1.2 Визначення розмірів та відхилень, а також  $K_{\text{и.м}}$  заготовки, отриманої методом штампування

Визначення розмірів заготовки

Розрахунок розмірів заготовки, одержаної методом штампування. Методика роботи з ДСТУ EN 10130:2009 див. ч. 1 стор. 27. Припуск на механічну обробку штампування на бік визначається за ДСТУ EN 10130:2009. Для цього прикладу точність виготовлення штампування II класу точності. Маса штампування до 10 кг, група сталі M1 (табл. 1 ДСТУ EN 10130:2009). Ступінь складності штампування C2. Методику визначення ступеня складності див. у додатку 2 ДСТУ EN 10130:2009.

Таким чином згідно з таблицею 10 ДСТУ EN 10130:2009 припуски на бік становитимуть:

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		21

Для розміру 388 – 5 мм ( $\sqrt{Ra6.3}$ ),

Для розмірів 181.5, 211.5, 153 – 3 мм ( $\sqrt{Ra2.5}$ ),

Для розміру 32 – 2,2 мм ( $\sqrt{Ra6.3}$ ),

Для розмірів  $\varnothing 65k6$ ,  $\varnothing 75$ , 75.5 – 2,5 мм ( $\sqrt{Ra0.8}$ ),

Для розмірів M52,  $\varnothing 50h6$ ,  $\varnothing 55g6$ ,  $\varnothing 60g6$  – 2,2 мм ( $\sqrt{Ra0.8}$ ),

Відповідно до ДСТУ EN 10130:2009 розміри штампування становитимуть:

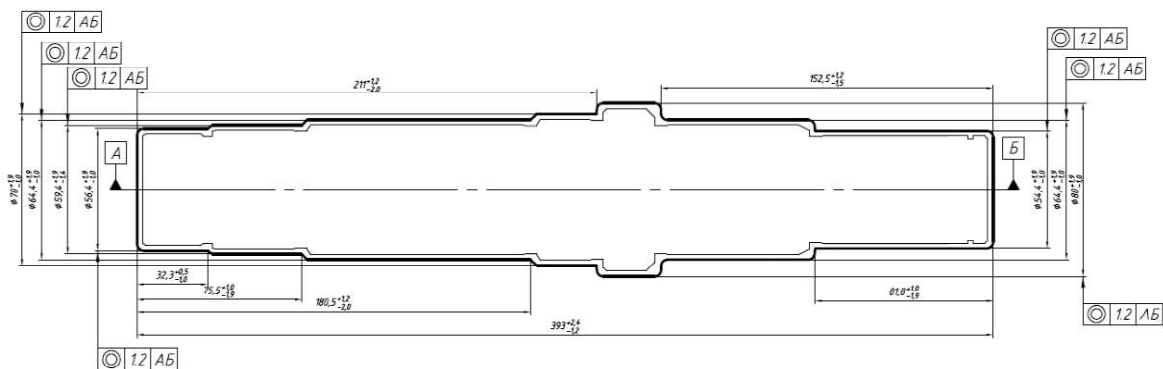
$388 + 5 = 393$  мм,  $181,5 - 3 = 178,5$  мм,  $211,5 - 3 = 208,5$  мм,  $153 - 3 = 150$  мм,  $32 - 2,2 = 29,8$  мм,  $\varnothing 65 + 2 \times 2,5 = 70$  мм,  $\varnothing 75 + 2 \times 2,5 = 80$  мм,  $75,5 - 2,5 = 73$  мм,  $52 + 2 \times 2,2 = 56,4$  мм,  $\varnothing 50 + 2 \times 2,2 = 54,4$  мм,  $\varnothing 55 + 2 \times 2,2 = 59,4$  мм,  $\varnothing 60 + 2 \times 2,2 = 64,4$  мм.

Допуски (відхилення) на розміри штампування

Відхилення (допуски) вибираємо для II класу точності таблиць 7 і 8 додатка 2 ДСТУ EN 10130:2009. Отже, розміри та відхилення елементів заготовки становитимуть:

$393^{+2,4}_{-1,2}$ ,  $178,5^{+1,2}_{-1,5}$ ,  $208,5^{+1,2}_{-2,0}$ ,  $150^{+1,2}_{-1,5}$ ,  $29,8^{+0,5}_{-1,0}$ ,  $\varnothing 70^{+1,9}_{-1,0}$ ,  $\varnothing 80^{+1,9}_{-1,0}$ ,  $73^{+1}_{-1,9}$ ,  $\varnothing 56,4^{+1,9}_{-1,0}$ ,  $\varnothing 54,4^{+1,9}_{-1,0}$ ,  $\varnothing 59,4^{+1,9}_{-1,0}$ ,  $\varnothing 64,4^{+1,9}_{-1,0}$

На підставі отриманих розмірів виконуємо ескіз заготовки із зазначенням розмірів, припусків, відхилень та основних вимог до неї (рис. 2.2).



1. Сталь 45 ДСТУ 7809:2015.
2. Точність виготовлення II класу.
3. Невказані радіуси заокруглень 3 мм.
4. Штампувальні нахили  $7^\circ$ .
5. Інші технічні вимоги за ДСТУ EN 10130:2009.

Рисунок 2.2 - Заготовка валу – штампування

Визначення маси заготовки – штампування

Для визначення маси готового валу скористаємося програмою твердотільного моделювання SolidWorks:

Маса заготовки – штампування:  $M_{\text{вала}} = 9,6 \text{ кг}$ .

Визначення коефіцієнта використання матеріалу. Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу заготовки, отриманої методом штампування за формулою:

$$K_{\text{В.М}} = \frac{M_{\text{вала}}}{M_{\text{загот}}} = \frac{7,8}{9,6} = 0,81.$$

Високий коефіцієнт використання матеріалу = 0,81 говорить про раціональний метод отримання заготовки, що також підтверджує технологічність конструкції деталі.

## 2.2 Проєктування технологічного маршруту оброблення деталі

### *Попередній маршрут технологічного процесу*

005 Заготівельна (ОН-208)

010 Термічна: для зняття внутрішніх напружень після кування

015 Фрезерно-центрувальна (МР-71М)

020 Токарна чорнова з ЧПК (мод. 16К20Ф3)

025 Токарна чистова з ЧПК (мод. 16К20Ф3)

030 Вертикально-фрезерна з ЧПК (WF-2SA)

035 Слюсарна (притуплення гострих кромки)

040 Термічна

045 Промивна

050 Слюсарна (Верстак, видалення окалини після термічної операції)

055 Калібрувальна (калібрування різьблення М52 після термічної операції)

060 Кругло-шліфувальна (ЗМ153)

065 Промивна

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		23

070 Контроль ВТК

075 Маркування

080 Консервація

***Скорегований Технологічний маршрут виготовлення деталі***

005 Заготівельна (Стрічковопилний верстат STILER G5027)

010 Термічна: для зняття внутрішніх напружень після кування

015 Токарна з ЧПК (HSAAS ST-15)

020 Токарна з ЧПК (HSAAS ST-15)

025 Вертикально-фрезерна з ЧПК (HSAAS VF-3)

030 Слюсарна (притуплення гострих кромок)

035 Термічна

040 Промивна

045 Слюсарна (Верстак, видалення окалини після термічної операції)

050 Калібрувальна (калібрування різьблення M52 після термічної операції)

055 Кругло-шліфувальна (Круглошліфувальний верстат Bernardo URS 500 N)

060 Промивна

065 Контроль ВТК

070 Маркування

075 Консервація

2.3 Вибір технологічного обладнання, пристосувань, різального та вимірювального інструменту

Заготівельна операція 005

Стрічкопилний відрізний верстат STILER G5027. Ножовочне полотно, подвійний механічний затискач, штангенциркуль ШЦ-1, кувальний прес ГKM із спеціальним штампом.

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		24



Рисунок 2.3 - Стрічковопилний верстат для різання металу STILER G5027

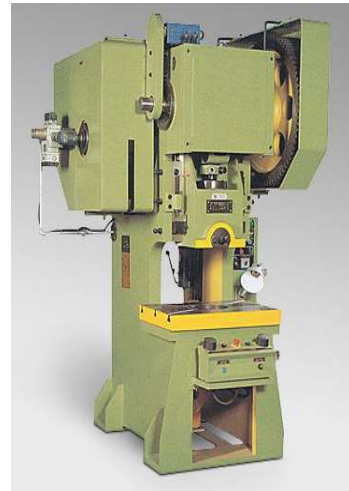


Рисунок 2.4 - Кувальний прес ГКМ

Токарні операції з ЧПК (015,020)

Верстат горизонтально-токарний з ЧПК HAAS ST-15



Рисунок 2.5 - Верстат горизонтально-токарний HAAS ST-15

Ріжучий та вимірювальний інструмент: Різець контурний упорний Sandvik COROMANT DCLNR 2020K 09, Свердло центрувальне P6M5 Ø6,3 ДСТУ ISO 494:2018; TaeguTec C4-TCLNL 27050-0904-TB, TaeguTec TCLNL 2020 K0904-TB, штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ДСТУ 166:2009, Мікрометр гладкий МК-200 175-200 мм ДСТУ EN ISO 13385-1:2018.

Вертикально-фрезерна операція з ЧПК (025)

Вертикальний обробний центр HAAS VF-3



Рисунок 2.6 - Вертикальний обробний центр HAAS VF-3

Ріжучий та вимірювальний інструмент: Фреза Ø18 мм Sandvik COROMANT R390-018A16L-11L, Свердло Ø6 мм TaeguTec MTECB-ISO HFM 2100 TT1040, Мітчим M8 TRH452B M8X1.25, Фреза шпонкова Ø8 мм DIN327 HSS Keyway Cutter End Mills.

Кругло-шліфувальна (055)

Круглошліфувальний верстат Bernardo URS 500 N



Рисунок 2.7 - Круглошліфувальний верстат Bernardo URS 500 N (05-1370)

Ріжучий та вимірювальний інструмент: Круг шліфувальний прямиий з виточкою ПП на керамічній зв'язці ( $D = 400$  мм,  $B = 40$  мм), калібр скоба 50h7.

Торцева фреза  $\varnothing 70$ мм, центрувальне свердло за ДСТУ ISO 866:2018, штангенциркуль ШЦ-1.

## 2.4 Проектування технологічних операцій та розрахунок режимів різання

Операція токарна з ЧПК, верстат HAAS ST-15 (точіння правого торця начорно, свердлування центрального отвору)

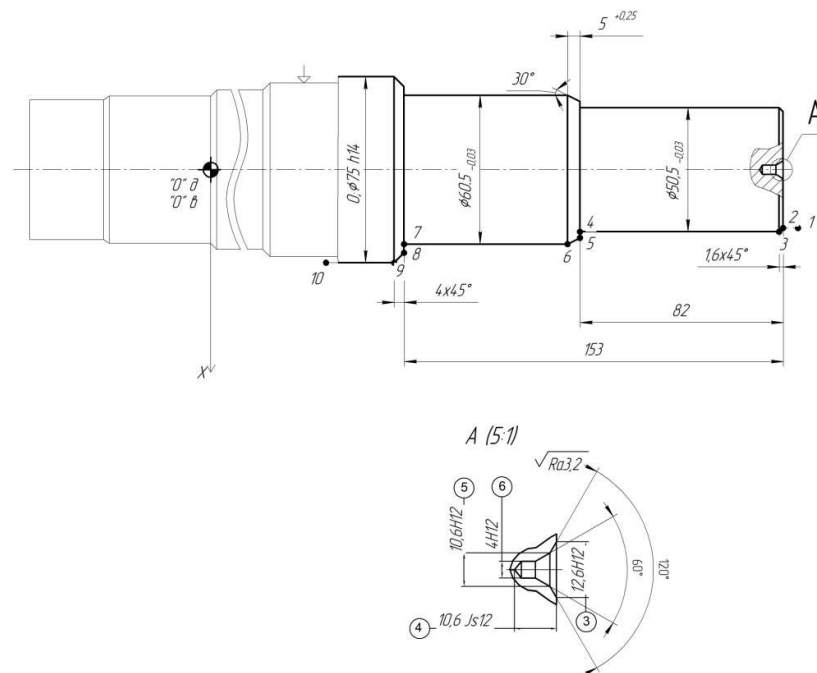


Рисунок 2.8 – Технологічна схема операції 015 (установ А)

Приспособлення: передній повідковий центр, задній центр, що обертається.

Ріжучий та міряльний інструмент: токарний прохідний різець Sandvik COROMANT DCLNR 2020K 09, токарний підрізний різець TaeguTec C4-TCLNL 27050-0904-TB, свердло центрувальне P6M5  $\varnothing 6,3$  ДСТУ ISO 494:2018, відрізний різець, різець фасонний, штангенциркуль ШЦ-1 ДСТУ 166:2009, фаскові шаблони, мікрометр МК-200 50-75 мм ДСТУ EN ISO 13385-1:2018.

На токарній операції розрахунок режимів різання здійснюється на 2-х переходах:

Установка перехід 1 обробка поверхні Ø75h14.

Швидкість різання визначається за такою формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{m \cdot t^x \cdot S^y}} \cdot K_v, \quad (2.1)$$

де  $T=60$  хв – середнє значення періоду стійкості різця;

$t=2,5$  мм – глибина різання при чорновому точінні;

$S=0,5$  мм/об – подача при точінні [4. табл. 11].

З таблиці 17 [4 стор. 36] знаходимо значення коефіцієнта  $C_v$  та показників степені:  $C_v=350$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,35$ ;  $m=0,20$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{nv}, \quad (2.2)$$

де  $K_{mv}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує якість матеріалу, що обробляється;  $K_{uv} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструменту [4 табл. 6];  $K_{nv} = 0,9$  – коефіцієнт, що відображає стан поверхні заготовки [4 табл. 5].

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v}, \quad (2.3)$$

де  $K_r=1,1$  – коефіцієнт, що характеризує групу сталі з оброблюваності [4 табл. 2];  $n_v = 1,0$  – показник степені [4 табл. 2];

$\sigma_B=610$  МПа – тимчасовий опір матеріалу сталі 45 ДСТУ 7809:2015.

$$K_{mv} = 1,1 \cdot \left(\frac{750}{610}\right)^1 = 1,35$$

$$K_v = 1,35 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 1,22$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,83 = 209 \text{ м/хв}$$

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		28

Визначення частоти обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 209}{3,14 \cdot 75} = 887,5 \text{ об/хв}$$

де  $D=75$  мм – діаметр оброблюваної поверхні.

Округлюємо розрахункову частоту обертання шпинделя до меншого числа та отримуємо фактичну:  $n_{\phi}=800$  об/хв.

Визначення фактичної швидкості різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 75 \cdot 800}{1000} = 188,4 \text{ м/хв}$$

Розрахуємо зусилля різання при чорновому точінні  $\varnothing 75$ :

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot V_{\phi}^n \cdot K_p, \quad (2.4)$$

де з таблиці 22 [4] визначаємо коефіцієнт  $C_p$  та показники ступеня:  $C_p=300$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = -0,15$ ;

$t=2,5$  мм – глибина різання;

$S=0,5$  мм/об – подача при точінні;

$V_{\phi} = 188,4$  м/хв – фактична швидкість різання.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p}, \quad (2.5)$$

З таблиці 23 [4] визначимо:  $K_{\varphi p}=0,89$  – коефіцієнт, що враховує вплив головного кута у плані при  $\varphi=90^\circ$ ;  $K_{\gamma p}=1,1$  – коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута при  $\gamma=0^\circ$ ;  $K_{\lambda p}=1,0$  – коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу головного леза  $\lambda=0^\circ$ ;  $K_{mp}$  – коефіцієнт на оброблюваний матеріал

					ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		29

$$K_{\text{mp}} = \left(\frac{\sigma_s}{750}\right)^n = \left(\frac{610}{750}\right)^{0.75} = 0,86,$$

де  $n=0,75$  – показник степені.

$$K_p = 0,86 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 0,77$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,5 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 188,4^{-0,15} \cdot 0,86 = 1748 \text{ Н}$$

Визначення ефективної потужності:

$$N_э = \frac{P_z \cdot V_\phi}{60 \cdot 1020} = \frac{1748 \cdot 188,4}{60 \cdot 1020} = 5,4 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{пр}} = \frac{N_э}{\eta} = \frac{5,4}{0,85} = 6,35 < N_{\text{дв}} = 11 \text{ кВт}$$

Потужності верстата вистачає виконання цієї операції.

*Установ А перехід 2 обробка поверхні Ø60,5<sub>-0,03</sub>.*

Чорнове точіння:

Швидкість різання визначається за такою формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{m \cdot t^x \cdot S^y}} \cdot K_v, \quad (26)$$

де  $T=60$  хв – середнє значення періоду стійкості різця;

$t=1,5$  мм – глибина різання при чорновому точінні;

$S=0,5$  мм/об – подача при точенні [4. табл. 11].

З таблиці 17 [4 стор. 36] знаходимо значення коефіцієнта  $C_v$  та показників ступенів:  $C_v=350$ ;  $x = 0,15$ ;  $y=0,35$ ;  $m=0,20$ .

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{nv}, \quad (2.7)$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		30

де  $K_{mv}$  поправочний коефіцієнт, що враховує якість матеріалу, що обробляється;  $K_{uv} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструменту [4 табл. 6];  $K_{nv} = 0,9$  – коефіцієнт, що відображає стан поверхні заготовки [4 табл. 5].

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v}, \quad (2.8)$$

де  $K_r = 1,1$  – коефіцієнт, що характеризує групу сталі з оброблюваності [4 табл. 2];  $n_v = 1,0$  – показник степені [4 табл. 2];

$\sigma_B = 610$  МПа – тимчасове опір матеріалу сталі 45 ДСТУ 7809:2015.

$$K_{mv} = 1,1 \cdot \left(\frac{750}{610}\right)^1 = 1,35$$

$$K_v = 1,35 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 1,22$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,22 = 226 \text{ м/хв}$$

Визначення частоти обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 226}{3,14 \cdot 61,4} = 1172 \text{ об/хв}$$

де  $D = 61,4$  мм – діаметр оброблюваної поверхні при чорновому точінні.

Округлюємо розрахункову частоту обертання шпинделя до найближчого меншого та отримуємо фактичну:  $n_\phi = 1200$  об/хв.

Визначення фактичної швидкості різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 61,4 \cdot 1200}{1000} = 231,4 \text{ м/хв}$$

Чистове точіння:

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} \cdot t^{x_t} \cdot S^{y_t}} \cdot K_v, \quad (2.9)$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		31

де  $T = 60$  хв – середнє значення періоду стійкості різця;

$t = 0,45$  мм – глибина різання при чистовому;

$S = 0,25$  мм/об – подача при чистовому точінні [4 табл. 14].

З таблиці 17 [4] знаходимо значення коефіцієнта  $C_v$  та показників ступенів:  
 $C_v = 420$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,20$ ;  $m = 0,20$ .

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,45^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 1,22 = 336 \text{ м/хв}$$

Визначення частоти обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 336}{3,14 \cdot 60,5} = 1769 \text{ об/хв}$$

Округлюємо розрахункову частоту обертання шпинделя до найближчого меншого та отримуємо фактичну:  $n_f = 1600$  об/хв.

Визначення фактичної швидкості різання:

$$V_f = \frac{\pi \cdot D \cdot n_f}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60,5 \cdot 1600}{1000} = 304 \text{ м/хв}$$

Розраховувати зусилля різання немає необхідності, оскільки воно буде меншим при обробці меншого діаметра та глибині різання.

Установ А перехід 3 обробка поверхні  $\text{Ø}50,5_{-0,03}$ .

Чорнове точіння:

Швидкість різання визначається за такою формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.10)$$

де  $T = 60$  хв – середнє значення періоду стійкості різця;

$t = 1,5$  мм – глибина різання при чорновому точінні;

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		32

$S=0,5$  мм/об – подача при точенні [4. табл. 11].

З таблиці 17 [4 стор. 36] знаходимо значення коефіцієнта  $C_v$  та показників ступенів:  $C_v=350$ ;  $x = 0,15$ ;  $y=0,35$ ;  $m=0,20$ .

$$K_v=K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{nv}, \quad (2.11)$$

де  $K_{mv}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує якість матеріалу, що обробляється;  $K_{uv} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструменту [4 табл. 6];  $K_{nv} = 0,9$  – коефіцієнт, що відображає стан поверхні заготовлі [4 табл. 5].

$$K_{mv}=K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v}, \quad (2.12)$$

де  $K_r=1,1$  – коефіцієнт, що характеризує групу сталі з оброблюваності [4 табл. 2];  $n_v = 1,0$  – показник ступеня [4 табл. 2];  $\sigma_B=610$  МПа – тимчасове опір матеріалу сталі 45 ДСТУ 7809:2015.

$$K_{mv} = 1.1 \cdot \left(\frac{750}{610}\right)^1 = 1.35$$

$$K_v = 1,35 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 1,22$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,22 = 226 \text{ м/хв}$$

Визначення частоти обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 226}{3,14 \cdot 51,4} = 1425 \text{ об/хв}$$

де  $D=51,4$  мм – діаметр оброблюваної поверхні при чорновому точінні.

Округлюємо розрахункову частоту обертання шпинделя до найближчого меншого та отримуємо фактичну:  $n_f=1200$  об/хв.

Визначення фактичної швидкості різання:

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		33

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 51,4 \cdot 1200}{1000} = 194 \text{ м/хв}$$

Чистове точіння:

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.13)$$

де  $T = 60$  хв – середнє значення періоду стійкості різця;

$t = 0,45$  мм – глибина різання при чистовому;

$S = 0,25$  мм/об – подача при чистовому точінні [4 табл. 14].

З таблиці 17 [4] знаходимо значення коефіцієнта  $C_v$  та показників ступенів:  
 $C_v = 420$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,20$ ;  $m = 0,20$ .

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,45^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 1,22 = 336 \text{ м/хв}$$

Визначення частоти обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 336}{3,14 \cdot 5,5} = 2119 \text{ об/хв}$$

Округлюємо розрахункову частоту обертання шпинделя до найближчого меншого та отримуємо фактичну:  $n_{\phi} = 2000$  об/хв.

Визначення фактичної швидкості різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 50,5 \cdot 2000}{1000} = 317 \text{ м/хв}$$

Розраховувати зусилля різання немає необхідності, так як воно буде менше при обробці меншого діаметра і глибини різання, а отже, буде менша потужність різання.

*Розрахунок режимів різання при центруванні отвору  $\varnothing 6,3$  ДСТУ ISO 494:2018.*

					ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		34

Визначення швидкості різання при свердлінні визначається за такою формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.14)$$

де  $T = 25$  хв - середнє значення періоду стійкості свердла;

$S = 0,28$  мм/об – подача при свердлінні;

$K_{ls} = 0,9$ ,  $K_{os} = 0,5$  – поправочні коефіцієнти, що враховують конкретні умови обробки

$D = 6,3$  мм – діаметр свердла;

Визначаємо значення коефіцієнта  $C_v$  та показників ступеня

$$C_v = 9.8; q = 0.40; y = 0.30; m = 0.20$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv}, \quad (2.15)$$

де  $K_{mv}$  – коефіцієнт на оброблюваний матеріал;

$K_{uv} = 1,0$  – коефіцієнт на інструментальний матеріал;

$K_{lv} = 0,85$  – коефіцієнт, що враховує глибину.

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v}, \quad (2.16)$$

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

$\sigma_B = 610$  МПа – тимчасове опір матеріалу сталі 45 ДСТУ 7809:2015.

$n_v = 0,9$  – показник степені.

$$K_{mv} = 0.85 \cdot \left(\frac{750}{610}\right)^{0.9} = 1;$$

$$K_v = 1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1$$

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		35

$$V = \frac{9,8 \cdot 6,3^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,28^{0,3}} \cdot 1 = 15,75 \text{ м/хв}$$

Визначення частоти обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 15,75}{3,14 \cdot 3,15} = 1592 \text{ об/хв.}$$

Вибираємо фактичну частоту обертання верстатом найближчу меншу:

$n_{\phi} = 1600 \text{ об/хв.}$

Визначення фактичної швидкості різання при свердлінні:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6,3 \cdot 1600}{1000} = 31,65 \text{ м/хв}$$

Установ Б:

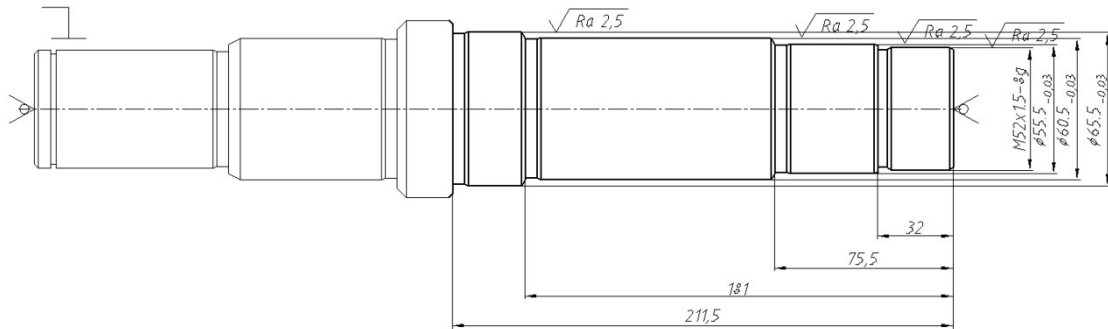


Рисунок 2.9 – Технологічна схема операції 015 (установ Б)

Перехід 1 Точити поверхню М52 під нарізування різьблення.

Перехід 2 Точити поверхню  $\varnothing 55,5_{-0,03}$  попередньо.

Перехід 3 точити поверхню  $\varnothing 60,5_{-0,03}$  попередньо.

Перехід 4 точити поверхню  $\varnothing 65,5_{-0,03}$  попередньо.

Перехід 5 нарізати різьблення М52х1,5-8g.

Перехід 6 Точити поверхню  $\varnothing 55,5_{-0,03}$  остаточно.

Перехід 7 точити поверхню  $\varnothing 60,5_{-0,03}$  остаточно.

Перехід 8 точити поверхню  $\varnothing 65,5_{-0,03}$  остаточно.

Перехід 9 точити канавки.

Перехід 10 точити фаски.

Розрахунок режимів різання даного установа проводити необов'язково, оскільки діаметри шийок валів майже однакові як установа А, отже режими різання можна прийняти такі ж як аналогічних переходів при установі А.

Вертикально-фрезерна з ЧПУ (НААС VF-3) ( операція 025)

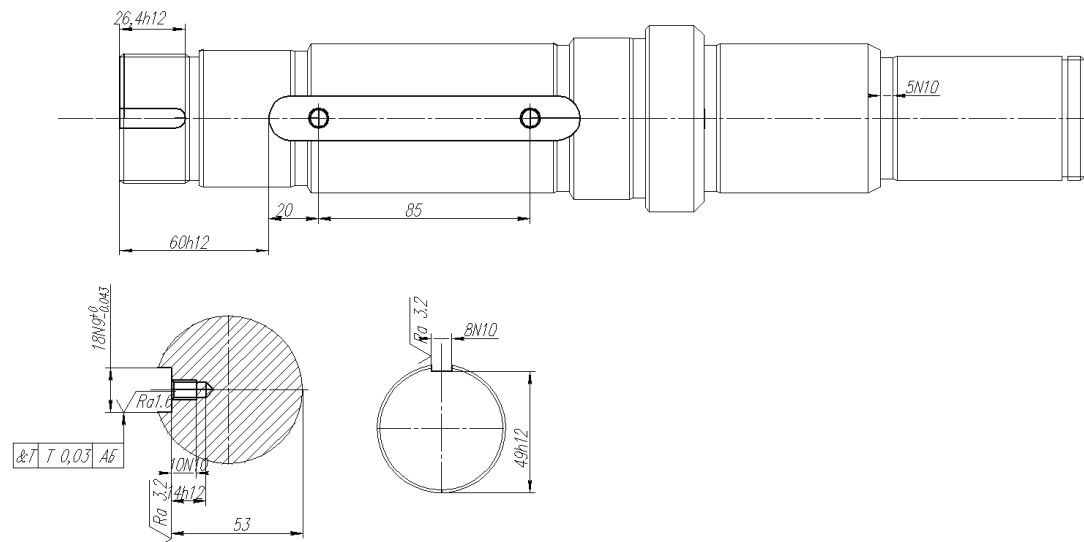


Рисунок 2.10 – Технологічна схема операції 025

Верстат НААС VF-3– потужність приводу головного руху 10 кВт, потужність приводу подач 5 кВт.

Розрахунок режимів різання при фрезеруванні паза шпонки 18N9

Подача при фрезеруванні шпоночного паза визначається за таблицею 38 [3стор. 154] (горизонтальна подача 0010 мм, поперечна подача 0028 мм).

Визначення швидкості різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_y} \cdot K_v, \quad (2.17)$$

де  $T=80$  хв – середнє значення періоду стійкості фрез;

$t=7$  мм – глибина різання при чорновому фрезеруванні;

$S = 0,028$  мм/об – подача;

$D = 18$  мм – діаметр фрези.

Визначаємо коефіцієнт  $C_v$  та показники степені:

$C_v=12$ ;  $q=0,25$ ;  $x=0,3$ ;  $y=0,3$ ;  $u=0$ ;  $p=0$ ;  $m=0.26$ .

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (2.18)$$

де  $K_{nv}=1,0$  – коефіцієнт, що відбиває стан поверхні заготовки;  $K_{uv}=1,0$  – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструменту;  $K_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу.

$$K_{mv} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_v}, \quad (2.19)$$

де  $K_r = 1,0$  – коефіцієнт, що характеризує групу сталі з оброблюваності;  $\sigma_b=610$  МПа – тимчасове опір матеріалу сталі 45 ДСТУ 7809:2015,  $n_v=0,9$  – показник степеня.

$$K_{mv} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{610} \right)^{0,9} = 1,2;$$

$$K_v = 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,2$$

$$V = \frac{12 \cdot 18^{0,25}}{80^{0,26} \cdot 70^{0,3} \cdot 0,028^{0,3}} \cdot 1,2 = 15,55 \text{ м/хв}$$

Визначення частоти обертання фрези:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 15,5}{3,14 \cdot 18} = 274 \text{ об/хв.}$$

Частота обертання для верстата за технічними характеристиками (паспортними даними) регулюється плавно та безступінчасто:

Приймаємо фактичну частоту обертання фрези, що дорівнює  $n_{\phi}=274$  об/хв.

Визначення зусилля різання за такою формулою:

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		38

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot D^{n \cdot z}}{n_\phi^w} \cdot K_{mp}, \quad (2.20)$$

визначаємо коефіцієнт  $C_p$  та показники степеня:

$$C_p = 68,2; x = 0,86; y = 0,72; u = 1; q = 0,86; w = 1$$

$t = 7$  мм – глибина різання;

$S = 0,028$  мм/об – поздовжня подача;

$z = 6$  – кількість зубів фрези;

$D = 8$  мм – діаметр фрези;

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_6}{750} \right)^n = \left( \frac{610}{750} \right)^{0,3} = 0,94$$

де  $n = 0,3$  – показник степеня (табл. 9)

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 7^{0,86} \cdot 0,028^{0,72} \cdot 18^{1,0} \cdot 6}{270} \cdot 0,94 = 1110 \text{ Н}$$

Визначення ефективної потужності:

$$N_3 = \frac{P_z \cdot V_\phi}{60 \cdot 1020} = \frac{1110 \cdot 15,5}{60 \cdot 1020} = 0,28 \text{ кВт}$$

Визначення необхідної потужності двигуна:

$$N_{дв} = \frac{N_3}{\eta} = \frac{0,28}{0,85} = 0,34 \text{ кВт} < N_{дв} = 6,0 \text{ кВт}$$

Як видно потужності верстата вистачає для виконання цієї операції.

Розрахунок режимів різання для операції свердління отвору  $\text{Ø}6,7^{+0,18}$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		39

Режими різання розраховуємо за довідковою літературою [3].

Подачу визначаємо за табл. 25,  $s = 0,35$  мм/об.

Глибина різання  $t=0,5D=0,5 \times 6,7=3,35$  мм.

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV}, \quad (2.21)$$

Вибираємо з [2] всі коефіцієнти та знаходимо:

$$V = \frac{40,7 \cdot 6,7^{0,25}}{35^{0,125} \cdot 0,35^{0,4}} \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 63,9 \text{ м/хв}$$

Розрахуємо частоту обертання свердла за такою формулою:

$$n_p = 1000v/\pi D_{св} = 1000 \cdot 63,9/3,14 \cdot 6,7 = 2748 \text{ про/хв.}$$

Так як верстат має безступінчасте регулювання частоти обертання шпинделя, приймаємо частоту обертання шпинделя верстата рівної  $n=2748$  об/хв.

Крутний момент та осьову силу розраховуємо за формулами:

$$M_{кр} = 10C_M D^q S^y K_P; P_o = 10C_P D^q S^y K_P., \quad (2.22)$$

Вибираємо із табл. 32 всі коефіцієнти і знаходимо:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,005 \cdot 6,7^2 \cdot 0,35^{0,8} \cdot 1,8 = 3,66 \text{ Н} \cdot \text{м} < 104 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$P_o = 10 \cdot 9,8 \cdot 6,7^1 \cdot 0,35^{0,7} \cdot 1,8 = 820,6 \text{ Н} < 6000 \text{ Н}.$$

Отже, розрахунковий крутний момент не перевищує допустимий крутний момент на шпинделі верстата і розрахункова осьова сила не перевищує допустиме зусилля подачі верстата. Потім розрахуємо ефективну потужність різання за формулою:

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		40

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{3,66 \cdot 2748}{9750} = 1,03 \text{кВт} < 7 \text{кВт}.$$

Отже, розрахункова потужність різання не перевищує потужність приводу шпинделя верстата.

## 2.5 Розрахунок норм часу

Нормування операцій технологічного процесу складає кожен верстатну операцію методом технічного розрахунку за нормативами.

Технічна норма часу незалежно від типу верстата та методу обробки

$$T_{ш.к.} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} \text{ хв}, \quad (2.23)$$

де  $T_{ш.к.}$  – норма штучно-калькуляційного часу, хв;

$T_{шт}$  – норма штучного часу, хв;

$T_{пз}$  – норма підготовчо-заключного часу, хв;

$n$  – розмір партії деталей, прим.

Для серійного виробництва оптимальна кількість деталей у партії для одночасного запуску у виробництво

$$n = \frac{N \cdot f}{\Phi} \text{ шт}, \quad (2.24)$$

де  $N$  – річна програма випуску деталей, шт;

$f$  – число днів, яким необхідно мати запас деталей складі: для великих – 2...3 днів; для дрібних – 5...10 днів;

$\Phi$  – число робочих днів у році,  $\Phi = 253$  дні.

Норма штучного часу

$$T_{шт} = T_o + T_{дон} + T_{тех} + T_{орг} + T_{ни} \quad \text{хв},$$

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		41

(2.25)

де  $T_o$  – основний технологічний час, хв;

$T_{\text{доп}}$  – допоміжний час, хв;

$T_{\text{тех}}$  – час технічного обслуговування, хв;

$T_{\text{орг}}$  – час організаційного обслуговування робочого місця, хв;

$T_{\text{нп}}$  – час перерви, хв.

Основний час визначається розрахунком для кожного технологічного переходу залежно від режиму різання.

Допоміжний час встановлюється для кожного за технологічного переходу за нормативами.

Оперативний час операції

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_{\text{с}}, \quad (2.26)$$

Час технічного обслуговування можна брати до 6%, організаційного обслуговування – до 8%, часу перерви – до 2.5% від оперативного часу.

Для кожної операції визначається кількість верстатів:

$$M = \frac{T_{\text{ш.к.}}}{t_{\text{в}}}, \quad (2.27)$$

де  $t_{\text{в}}$  – такт випуску деталей, хв.

Розрахункова кількість верстатів округляється до найближчого цілого числа.

Визначимо норми часу щодо операцій технологічного процесу обробки валу маховика.

Фрезерно-центрувальна.

Основний технологічний час –  $T_o = 3,9$  хв.

Допоміжний час:

на встановлення та зняття деталі – 7,5 хв;

пов'язане з переходом: фрезерування торців валу – 0,16 хв;

					ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		42

свердління центрових отворів – 0,12 хв;  
на контрольні виміри – 0,13 хв;  
включити та вимкнути обертання шпинделя – 0,06 хв;  
встановити та зняти інструмент – 0,44 хв.

Допоміжний час на операцію:

$$T_g = 7,5 + 0,16 + 0,12 + 0,13 + 0,06 + 0,44 = 8,41 \text{ хв.}$$

Оперативний час операції

$$T_{оп} = 3,9 + 8,41 = 12,31 \text{ хв.}$$

Час технічного обслуговування –  $T_{тех} = 0,74$  хв;

Час організаційного обслуговування –  $T_{орг} = 1$  хв;

Час перерви –  $T_{пп} = 0,3$  хв.

Штучний час

$$T_{шт} = 3,9 + 8,41 + 0,74 + 1 + 0,3 = 14,35 \text{ хв.}$$

Токарна

Основний технологічний час –  $T_o = 15,6$  хв.

Допоміжний час:

на встановлення та зняття деталі – 2 хв;

пов'язане з переходом:

поздовжнє точіння різцем встановленим на розмір:

до  $\varnothing 100\text{мм}$  – 0,09 хв;

поздовжнім точінням різцем із взяттям пробних стружок по 8...9 квалітету:

до  $\varnothing 100\text{мм}$  – 0,5 хв;

проточування канавок з виміром довжини розташування розміру – 0,42 хв;

нарізання різьби різцем:

чорновий робочий хід – 1,17 хв;

чистовий робочий хід:

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		43

до Ø100мм – 2,72 хв;

Змінити частоту обертання шпинделя – 1,26 хв.

Змінити величину чи напрямок подачі – 0,9 хв.

Встановити та зняти інструмент:

різець прохідний, підрізний – 0,4 хв;

різець різьбовий, відрізний – 1,2 хв;

свердло, зенкер, розгортка – 0,4 хв.

Включити гайку ходового гвинта на початку та вимкнути після закінчення нарізування різьблення – 0,08 хв.

Допоміжний час на операцію – 22,3 хв.

Оперативний час операції

$$T_{оп} = 15,6 + 12,3 = 27,9\text{хв.}$$

Час технічного обслуговування –  $T_{тех} = 10,1$  хв;

Час організаційного обслуговування –  $T_{орг} = 13,5$  хв;

Час перерви –  $T_{пп} = 4,2$  хв.

Штучний час

$$T_{шт} = 15,6 + 12,3 + 10,1 + 13,5 + 4,2 = 55,7\text{хв.}$$

Фрезерна

Основний технологічний час –  $T_o = 9,54$  хв.

Допоміжний час:

на встановлення та зняття деталі – 2 хв;

пов'язане з переходом – 1 хв;

зміну числа обертів шпинделя – 0,36 хв;

зміну подачі – 0,32 ;

переміщення столу св. 500 до 1000мм – 0,13 хв;

переміщення шпиндельної головки – 0.17хв.

Оперативний час операції

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		44

$$T_{\text{оп}} = 9,54 + 3,98 = 13,55 \text{ хв.}$$

Час технічного обслуговування –  $T_{\text{тех}} = 4,3$  хв;

Час організаційного обслуговування –  $T_{\text{орг}} = 5,7$  хв;

Час перерви –  $T_{\text{пп}} = 1,8$  хв.

Штучний час

$$T_{\text{шт}} = 9,54 + 3,98 + 4,3 + 5,7 + 1,8 = 25,35 \text{ хв.}$$

Шліфувальна

Основний технологічний час –  $T_0 = 18,72$  хв.

Допоміжний час: на встановлення та зняття деталі –  $6,9$  хв.

Допоміжний час на операцію –  $6,9$  хв.

Оперативний час операції

$$T_{\text{оп}} = 18,72 + 6,9 = 25,62 \text{ хв.}$$

Час технічного обслуговування –  $T_{\text{тех}} = 4,4$  хв;

Час організаційного обслуговування –  $T_{\text{орг}} = 6,05$  хв;

Час перерви –  $T_{\text{пп}} = 1,9$  хв.

Штучний час

$$T_{\text{шт}} = 18,72 + 6,9 + 4,54 + 6,05 + 1,9 = 38,11 \text{ хв.}$$

2.6 Розрахунок довідковим методом операційних припусків та розмірів на виготовлення шийки валу  $\text{Ø}50\text{h}6$

Шліфування проводимо в центрах. Діаметр заготовки  $\text{Ø}54,4^{+1,9}_{-1,0}$ , довжина валу 388 мм. Квалітет точності одержуваної поверхні 6, шорсткість  $Ra=0.8$  мкм, сталь 45 ДСТУ 7809:2015.

Встановили послідовність обробки поверхні (див. маршрутно-операційні

					ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		45

карти):

- 1 Точіння чорнове,
- 2 Точіння чистове,
- 3 Кругле шліфування.

Визначаємо найменші значення припуску  $2Z_{i\min}$  та допуски на операційні розміри:

$$\text{Для заготовки: } 2Z_{0\min} = 54,4_{-1,0} - 50 = 3,4\text{мм,}$$

Де  $2Z_{0\min}$  – загальний сумарний припуск на задану поверхню, мм.

$$Z_{0\min} = \frac{3,4}{2} = 1,7\text{мм} – \text{загальний припуск на сторону.}$$

$$\text{Допуск на діаметр заготовки: } Td_{\text{заг}} = 1,9 + 1 = 2,9\text{мм.}$$

Для шліфування  $2Z_{3\min} = 0,5\text{мм}$ .  $Td_3 = 0,016\text{мм}$ . Для чистового точіння:  $2Z_{2\min} = 1,2\text{мм}$ ,  $Td_2 = 0,25\text{мм}$ . Для чорнового точіння:  $Td_1 = 0,4\text{мм}$ . Визначаємо розрахункові операційні розміри  $d_{pi}$ . Спочатку визначаємо найменший граничний розмір за кресленням (після кінцевої операції). Розмір попередньої операції отримують, додаючи до найменшого граничного розміру припуск на цю операцію. Шліфування:  $d_{p3} = 50 - 0,016 = 49,987\text{мм}$ . Чистове точіння:  $d_{p2} = 49,987 + 0,5 = 50,487\text{мм}$ . Чорнове точіння:  $d_{p1} = 50,487 + 1,2 = 51,687\text{мм}$ . Заготовка: а:  $d_{p\text{заг}} = 49,987 + 3,4 = 53,387\text{мм}$ .

Найменші граничні розміри  $d_{\min i}$  визначають, округляючи розрахункові розміри до того ж знака десяткового дробу, з яким надано допуск на розмір для кожної операції:

$$d_{\min 3} = 49,987\text{мм}, d_{\min 2} = 50,5\text{мм}, d_{\min 1} = 51,7\text{мм}, d_{\min \text{заг}} = 53,4\text{мм.}$$

Найбільші граничні розміри  $d_{\max i}$  визначаються шляхом збільшення допуску до округленого мінімального граничного розміру.

$$d_{\max 3} = 49,987 + 0,013 = 50\text{мм}, d_{\max 2} = 50,5 + 0,2 = 50,7\text{мм}, d_{\max 1} = 51,7 + 0,4 = 52,1\text{мм}, d_{\max \text{заг}} = 53,4 + 2,9 = 56,3\text{мм.}$$

Найменші припуски обчислюються як різниця між найменшими граничними розмірами на попередній операції та наступній.

$$2Z_{i\min} = d_{i-1\min} - d_{i\min}, \quad 2Z_{3\min} = 50,5 - 49,987 = 0,513\text{мм}, \quad 2Z_{2\min} = 51,7 -$$

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		46

$$50,5 = 1,2\text{мм}, 2Z_{1\text{min}} = 53,4 - 51,7 = 1,7\text{мм}.$$

Найбільші припуски визначаються як різниця між найбільшими граничними розмірами попередньої операції і наступної.

$$2Z_{i\text{max}} = d_{i-1\text{max}} - d_{i\text{max}}, \quad 2Z_{3\text{max}} = 50,7 - 30 = 0,7\text{мм}, \quad 2Z_{2\text{max}} = 52,1 - 50,7 = 1,4\text{мм}, \quad 2Z_{1\text{max}} = 56,3 - 52,1 = 4,2\text{мм}.$$

Для визначення найменших та найбільших загальних припусків  $2Z_{0\text{min}}$  та  $2Z_{0\text{max}}$  підсумовуються відповідні операційні припуски:

$$2Z_{0\text{min}} = 0,513 + 1,2 + 1,7 = 3,413\text{мм}, 2Z_{0\text{max}} = 0,7 + 1,4 + 4,2 = 6,3\text{мм}, \quad \text{а}$$

номінальний буде дорівнювати:  $2Z_{0\text{ном}} = 54,4 - 50 = 4,4\text{мм}.$

## 2.7 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК за допомогою САМ програми

Далі, у ході дипломного проекту, було виконано розроблення керуючої програми для токарного оброблення корпусу на верстаті з HAAS ST-15.

Програмна продуктом, який використовується для створення програми в G-M коді був програмний продукт САМ Esprit. На першому етапі при механічному обробленні шпинделя було виконано токарну обробку.

В ході дипломного проекту була розроблена 3D-модель валу за допомогою програмного зпродукту SolidWorks. Створена модель деталі була завантажена у САМ середовище для подальшого її оброблення. (рис. 2.11)

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		47

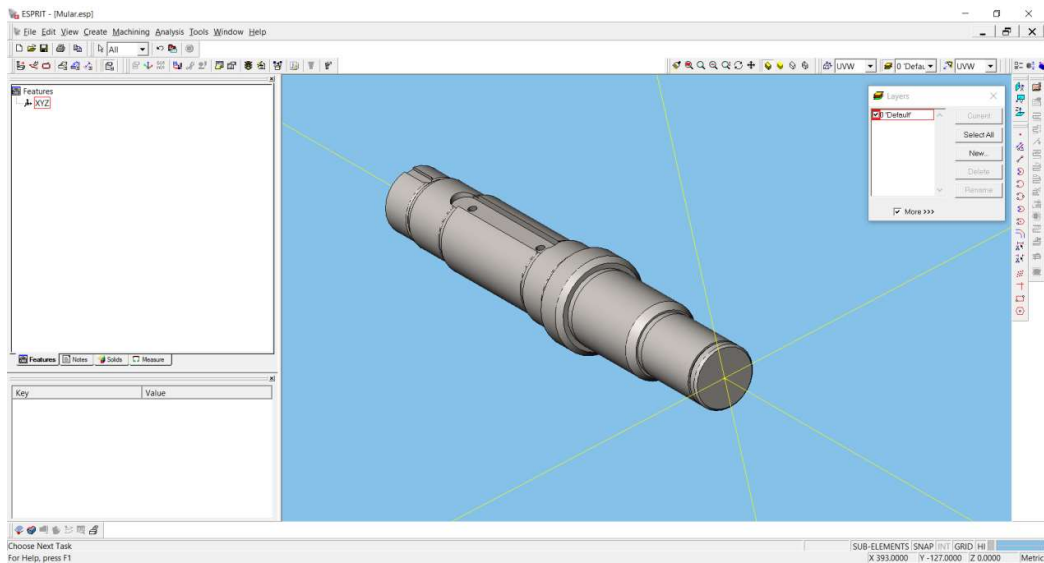


Рисунок 2.11 – 3D модель валу у САМ середовищі

## 1. Створено заготовку

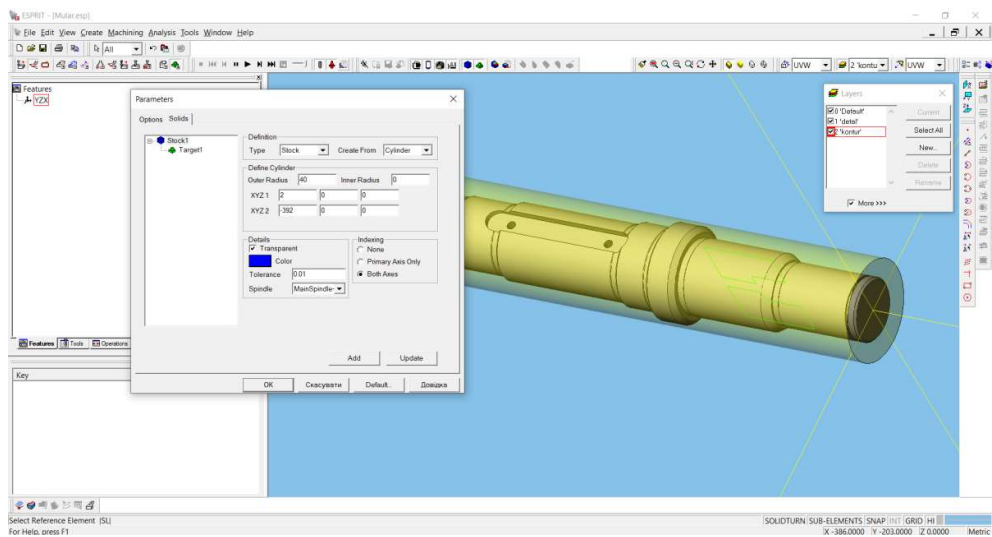


Рисунок 3.4 – Створення заготовки у САМ Esprit

2. Виконано розпізнання контуру деталі який планується обробляти
3. Вибрано вид оброблення – «Roughing» (рис. 3.6).

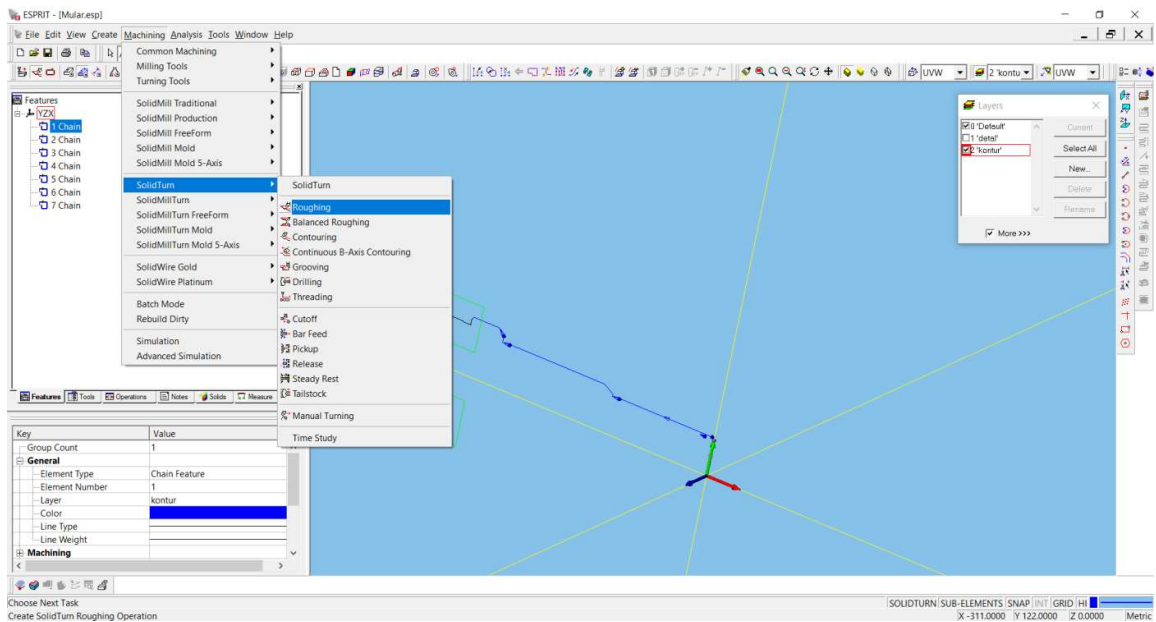


Рисунок 3.6 – Вибір виду оброблення

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

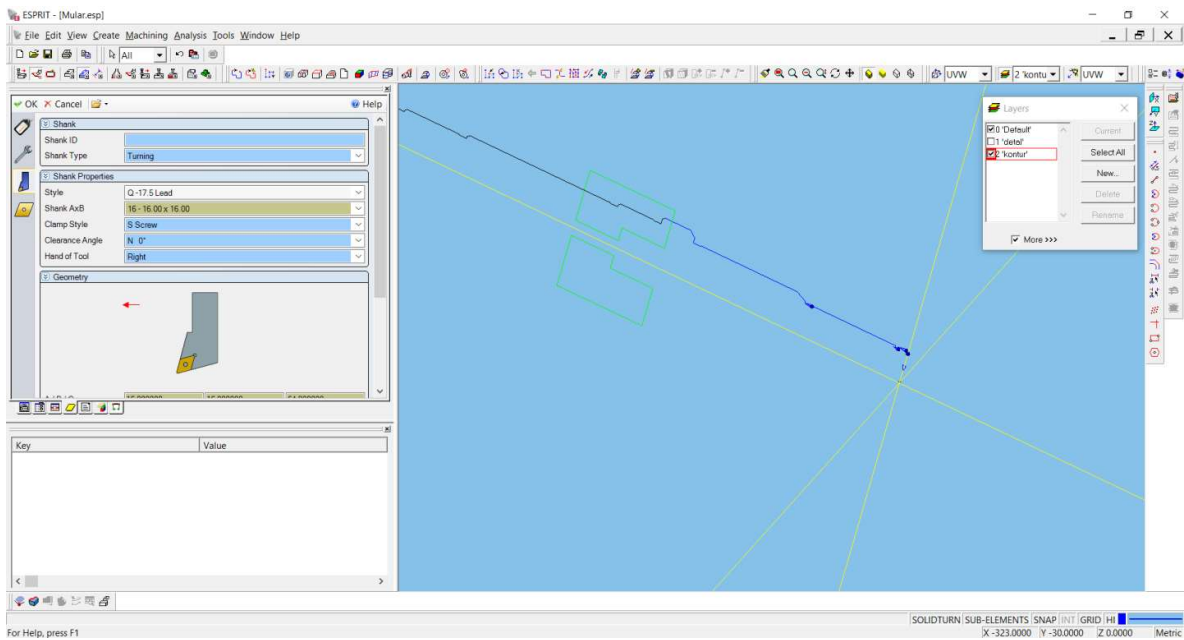


Рисунок 3.7 – Вибір ріжучого інструменту

5. Вибрано режими різання (рис 3.8).

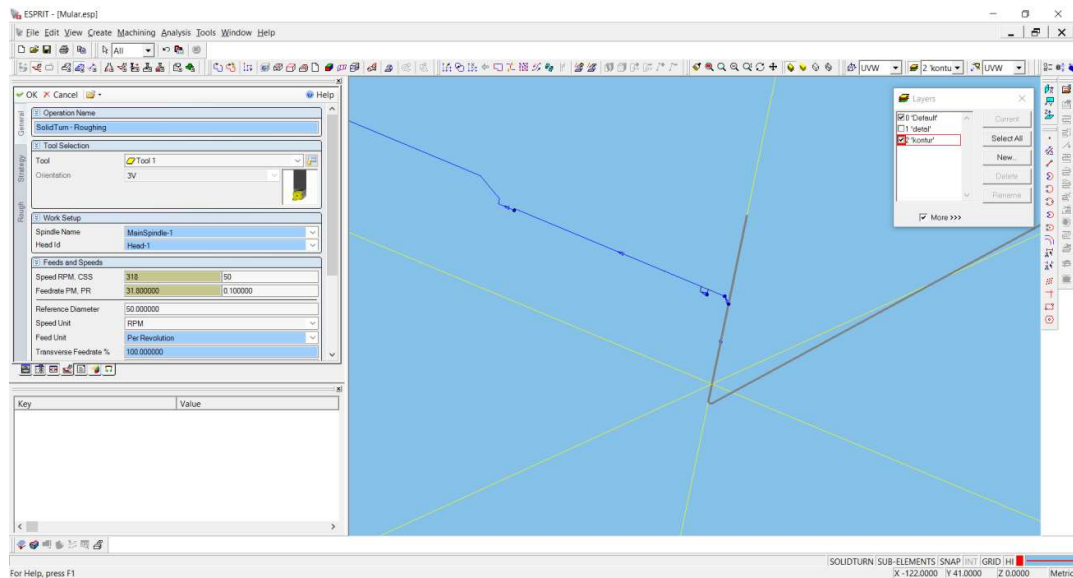


Рисунок 3.8 – Вибір режимів оброблення

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

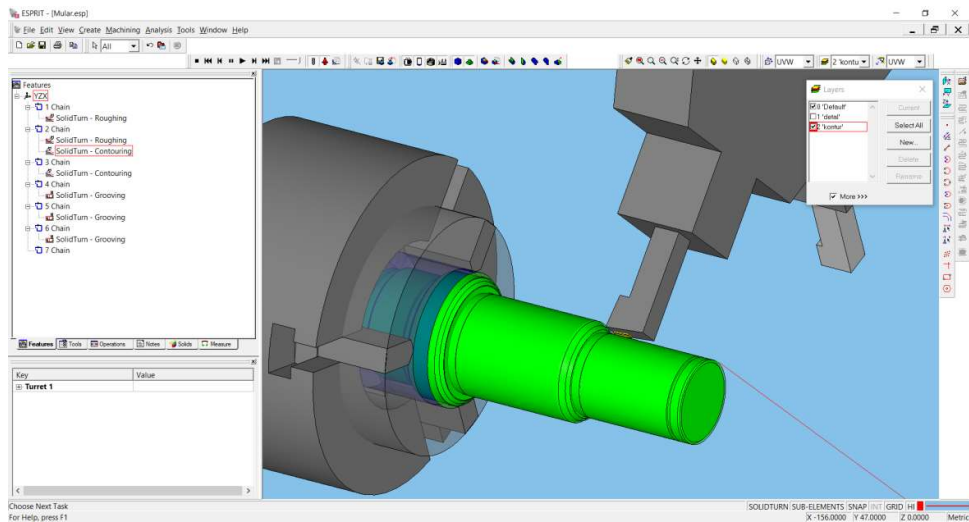


Рисунок 3.9 – Траєкторія руху металорізального інструменту при обробленні кришки

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).

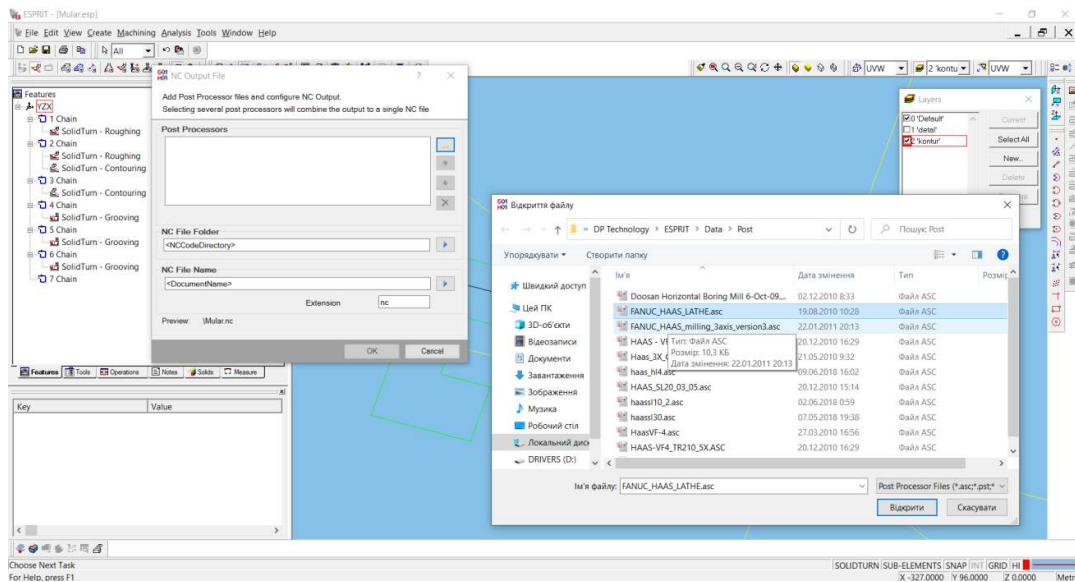


Рисунок 3.10 – Автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодї

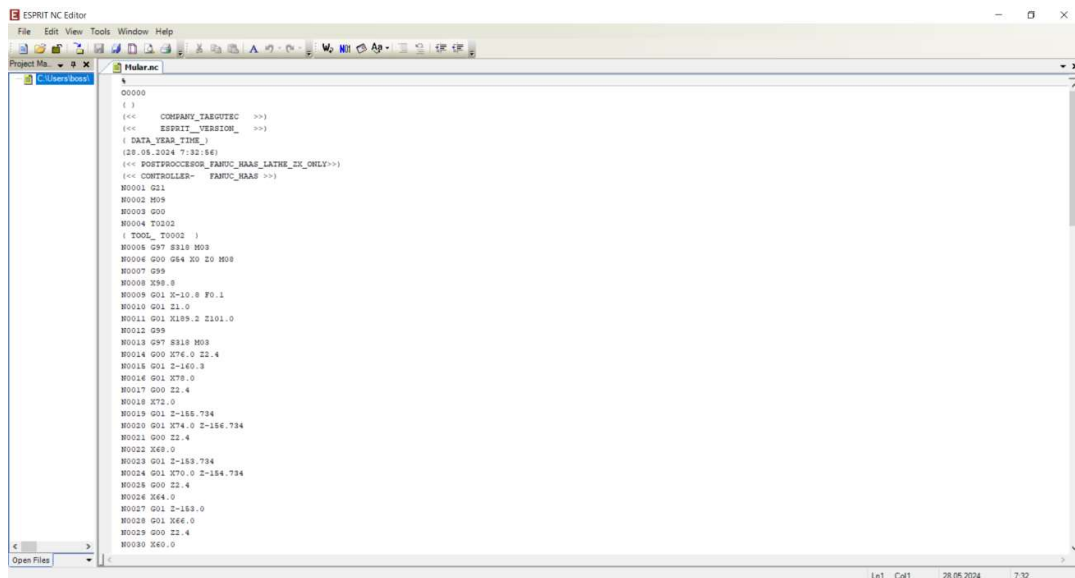


Рисунок 3.11 – Скрїн програми оброблення корпусу на токарному верстатї з ЧПК DMG DMC635V.

Программа оброблення деталї шків наведена у додатку В.

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Опис та принцип роботи пристосування

Пристосування призначене для закріплення деталей у процесі фрезерування паза шпонки 18 мм і 8 мм.

Пристосування кріпиться до столу верстата за допомогою двох гвинтів, вставляються в "Г" – подібні пази столу та пази установчої плити (1). На призму (6) встановлюється заготовка до опори (7), яка розташована на "Г" - подібній напрямній (9). "Г" – подібна напрямна (5) закріплена на установочній плиті (1) за допомогою гвинта(16) та сухаря (24). Заготівлю фіксують за допомогою притиску (2), який знаходиться на шпильці (3) у місці з пружиною (4). Необхідне зусилля затискання заготовки досягається за допомогою гідроциліндра.

#### 3.1.1 Визначення зусилля затискача

Так як при фрезеруванні торців використовуються дві фрези, обробка торців відбувається одночасно в напрямку розтискання пристосування, то зусилля затиску дорівнюватиме подвійному добутку сили різання при чорновому фрезеруванні:

$$P_{зус} = 2P_z = 2 \cdot 778 = 1556H$$

Так як свердління отворів центрування відбувається одночасно, то зусилля, яке прагне зрушити заготовку в осьовому напрямку компенсуються.

#### 3.1.2 Визначення похибки базування

Похибка базування виникає в результаті розбіжності конструкторських та настановних баз, в даному випадку вимірювальною базою є деталь, в якій і робиться упор деталі під час обробки. В даному випадку конструкторська та технологічна бази збігаються, тому похибки базування відсутня:

					ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		52

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{\delta}{2} \left( \frac{\delta}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right) = \frac{0,01}{2} \left( \frac{1}{0,5} - 1 \right) = 0,005 \text{ мм.}$$

$\delta$  – допуск на діаметр

$\alpha$  – кут призми.

### 3.1.3 Розрахунок пристосування на точність

Для отримання необхідної точності деталі, що виготовляється в пристосуванні необхідно вибрати таку схему пристосування, при якій дійсні похибки базування заготовки в пристосуванні були б менші або рівні допустимим значенням похибки базування.

Похибка пристрою обчислюється за формулою:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \delta - k \sqrt{(k_1 \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_{z^2} + \varepsilon_{y^2} + \varepsilon_{u^2}}; \quad (3.1)$$

$$e_{\text{пр}} = 0,02 - 0,3 \sqrt{0 + 0,07^2 + 0,38^2 + 0} = 0,01 \text{ мм}$$

$\delta$  – допуск на розмір отвору, що обробляється.

$k$  – коефіцієнт, що враховує можливий відступ від нормального розподілу окремих складових

$k_1$  – коефіцієнт похибки базування

$\varepsilon_{\delta}$  – похибка базування

$\varepsilon_z$  – похибка закріплення

$\varepsilon_y$  – похибка установки

$$e_y = \frac{L_d S}{l} = \frac{388 \cdot 0,07}{70} = 0,38 \text{ мм}$$

$L_d$  – довжина деталі

$S$  – найбільший зазор між шпонкою пристосування та пазом столу верстата

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		53

L – відстань між осями пазів

$\varepsilon_3$  – похибка зношування інструменту.

### 3.1.4 Розрахунок слабкої ланки

Найслабшою ланкою пристосування є різьбове з'єднання, тому що на нього діє велика сила при затисканні заготовки. Для того, щоб бути впевненим у надійності даного з'єднання необхідно зробити розрахунки на допустиме зусилля затискання за умовами міцності для основного метричного різьблення:

$$\tau_{\text{зріз}} = \frac{4Q}{\pi D^2} \leq [\tau] \quad (3.2)$$

$\tau_{\text{зріз}}$  – сила зрізу

$[\tau]$  – максимальна сила зрізу

$\sigma_m$  – плинність матеріалу різьбового з'єднання

Q – сила затиску

D – діаметр різьби

Підставляючи значення у розрахункову формулу, отримаємо

$$\tau_{\text{зріз}} = \frac{4 \cdot 1556}{3,14 \cdot 12^2} = 13,7 \text{ МПа}$$

$$[\tau] = 0,2\sigma_m = 0,2 \cdot 600 = 120$$

$$\tau_{\text{зріз}} = 13,7 \leq [\tau] = 120$$

### 3.2 Проектування контрольного інструменту

Розрахунок виконавчих розмірів шаблону для розміру  $\text{Ø}50\text{h}7$  ведемо за розмірами калібр-скоби

Виконавчі розміри калібр-скоби  $PP_n$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		54

$$PP_n = D_{\min} + \Delta_o + \frac{H_k}{2} \quad (3.3)$$

де  $D_{\min}$  - найменший граничний розмір виробу, мм

$\Delta_o$  - відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для валу щодо граничного розміру виробу, мкм

$H_k$  - допуск на виготовлення калібру, мкм

$$PP_n = 50 + 0,009 + \frac{0,004}{2} = 50,011 \text{ мм}$$

Виконавчі розміри непрохідних калібрів-пробок  $HE_n$

$$HE_n = D_{\max} + \frac{H_k}{2} \quad (3.4)$$

де  $D_{\max}$  - максимальний граничний розмір виробу, мм

$$HE_n = 50,01 + \frac{0,004}{2} = 50,012 \text{ мм}$$

Граничний розмір зношеного калібру-скоби  $PP_u$

$$PP_u = D_{\min} - y_e \quad (3.5)$$

де  $y_e$  - допустимий вихід розміру зношеного прохідного калібру для шийки валу за межі поля допуску виробу

$$PP_u = 50 - 0 = 50 \text{ мм}$$

Виконаємо розрахунок виконавчого розміру калібру-скоби

Виконавчі розміри прохідного розміру калібру-скоби  $PP_c$

$$PP_c = D_{\max} - \Delta_o - \frac{H_k}{2} \quad (3.6)$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		55

де  $D_{\min}$  - найменший граничний розмір виробу, мм

$\Delta_0$  - відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для отвору щодо граничного розміру виробу, мкм

$H_k$  - допуск на виготовлення калібрів для валу, мкм

$$PP_c = 50,018 - 0,0035 - \frac{0,004}{2} = 50,0107 \text{ мм}$$

Виконавчі розміри непрохідних калібрів-скоб  $HE_c$

$$HE_n = D_{\min} - \frac{H_k}{2} \quad (3.7)$$

де  $D_{\max}$  - максимальний граничний розмір виробу, мм

$$HE_n = 50,002 - \frac{0,004}{2} = 50 \text{ мм}$$

Граничний розмір зношеного калібру-скоби  $PP_i$

$$PP_i = D_{\min} + y_\epsilon \quad (3.8)$$

де  $y_\epsilon$  - допустимий вихід розміру зношеної губки прохідного калібру для валу за межі поля допуску виробу

$$PP_i = 50,018 + 0,003 = 50,021.$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Порядок проведення навчання працівників з охорони праці

Відповідно до вимог типового Положення «Про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» НПАОП 0.00-4.12.05 усі працівники підприємства при прийнятті на роботу та в процесі роботи повинні проходити за рахунок роботодавця на підприємстві навчання та перевірку знань з питань охорони праці інструктажі, навчання з надання першої допомоги потерпілим в наслідок нещасних випадків та навчання з правил поведінки на випадок виникнення аварії.

На підприємствах враховують специфіку виробництва та вимоги нормативно-правових актів з охорони праці, на основі Типового положення розробляють і затверджують положення про навчання працівників підприємств з питань охорони праці, крім цього формують плани-графіки для проведення навчання та перевірки знань з питань охорони праці. Працівники підприємства мають бути ознайомлені працівники з ними.

Працівники служби кадрів підприємства чи інші спеціалісти, яким роботодавець доручає організацію цієї роботи проводять усі заходи з організації навчання та перевірки знань з питань охорони праці працівників, та також під час професійної перепідготовки, підготовки та підвищення кваліфікації на підприємстві.

Навчання з питань охорони проводиться як традиційними методами, так і з використанням сучасних методів навчання, таких як дистанційне та модульне навчання. Під час проведення навчання можна використовувати технічні засоби такі, як аудіовізуальні матеріали, комп'ютерні тренажери та комп'ютерні навчально-контрольні системи.

Особи, які будуть виконувати роботу, яка пов'язана з підвищеною пожежною небезпекою, повинні перед початком роботи пройти спеціальне навчання (пожежо-технічний мінімум). Ці ж працівники періодично, раз на рік, повинні проходити перевірку знань відповідних нормативних документів з пожежної безпеки, а

					ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		57

спеціалісти та посадові особи до початку виконання роботи та періодично (раз на три роки) також повинні проходити навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки.

Особи, які працюють за сумісництвом та суміщають професії, повинні проходити інструктаж, навчання та перевірку знань з питань охорони праці за їхніх основною професією та за професією за сумісництвом.

Перед проведенням перевірки знань з питань охорони праці для працівників на підприємстві організують навчання з цих питань, а саме, семінари, лекції та консультації. Перевірку знань працівників з питань охорони праці повинні проводити за нормативно-правовими документами з охорони праці, яких вони повинні дотримуватися під час виконання їх функціональних обов'язків.

Перевірка засвоєння працівниками матеріалу навчання з питань охорони праці здійснюється комісією, яка утворюється для перевірки знань з питань охорони праці (далі - комісія) підприємства, склад комісії затверджується наказом роботодавця. Керівник підприємства або його заступник, до службових обов'язків якого входить організація роботи з охорони праці, призначається головою комісії, при потребі, відбувається створення комісій в окремих структурних підрозділах, їх очолюють керівники відповідних підрозділів або їх заступники.

До складу комісії підприємства включають спеціалістів служби охорони праці, представників технічної, юридичної, виробничих служб, представник профспілкової організації чи уповноважена найманими працівниками особа з питань охорони праці. До складу комісії підприємства також можуть включати і викладачів охорони праці, які проводили навчання та страхових експертів з охорони праці відповідного робочого органу виконавчої дирекції Фонду соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань України.

Комісія вважається правомірною, якщо у її складі є не менше трьох осіб.

Усі члени комісії без виключення відповідно до Типового положення, повинні пройти навчання та перевірку знань з питань охорони праці.

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		58

Перелік питань для проведення перевірки знань з охорони праці працівників, в залежності від специфіки виробництва, складають члени комісії та затверджує його роботодавець.

Перевірку знань з питань охорони праці працівників проводять у формі тестування, заліку або іспиту. Тестування проводять за допомогою технічних засобів (модульні тести, автоекзаменатори тощо), залік чи іспит проводять за екзаменаційними білетами, усним або письмовим опитуванням.

Результат перевірки знань з питань охорони праці оформлюється протоколом засідання комісії з перевірки знань з питань охорони праці .

Особи, які під час перевірки знань з охорони праці показали задовільні результати, отримують посвідчення про перевірку знань з питань охорони праці. В протоколі та посвідченні стисло зазначають перелік основних нормативно-правових документів з охорони праці та з безпечного виконання конкретних видів робіт, в області яких працівник пройшов перевірку знань.

Працівникам, які проходять навчання і перевірку знань з питань охорони праці на своєму підприємстві, видається обов'язково посвідчень лише тим, хто проводить виконання робіт підвищеної небезпеки.

При виявленні працівником незадовільних результатах перевірки знань з питань охорони праці, він протягом одного місяця повинен пройти повторне навчання та перевірку знань. Працівники, у тому числі посадові особи не допускаються до роботи, якщо вони не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з питань охорони праці.

На суб'єкт господарської діяльності, яким проводилось навчання з питань охорони праці покладається організаційне забезпечення роботи комісії (організація перевірки знань з питань охорони праці, вірне оформлення, зберігання і облік протоколів перевірки знань, оформлення та облік посвідчень про перевірку знань з питань охорони праці). Термін зберігання протоколів з перевірки знань з питань охорони праці триває не менше 5 років.

На роботодавця покладається відповідальність за організацію і здійснення інструктажів, навчання та перевірки знань працівників з питань охорони праці.

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		59

Особи, які відповідають за технічний стан і безпечну експлуатацію механізмів, машин, обладнання підвищеної небезпеки та посадові особи, службові обов'язки яких пов'язані з наступним:

- а) керівництвом та контролем за виконанням робіт з підвищеною небезпекою;
- б) експлуатацією, будівництвом, технічним переоснащенням, реконструкцією, консервацією та ліквідацією об'єктів підвищеної небезпеки;
- в) розробкою технічної документації, проектів, технологічних регламентів для робіт підвищеної небезпеки;
- г) підготовкою персоналу, який проводить обслуговування машин, механізмів та устаткування підвищеної небезпеки;
- г) розробкою нормативно-правових документів щодо виготовлення, експлуатації та монтажу машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки та об'єктів підвищеної небезпеки, під час навчання згідно з п. 5.1 Типового положення, повинні проходити навчання і перевірку знань з питань охорони праці відповідно до виконуваної ними роботи.

При переведенні працівників на іншу роботу чи при призначенні його на іншу посаду, що потребує додаткових знань з питань охорони праці проводять позачергове навчання та перевірку знань персоналу та фахівців з охорони праці.

До посадових осіб, у тому числі спеціалістів з охорони праці працівників підприємств, на яких трапилися масові нещасні випадки або загибель людей (гострі професійні отруєння), застосовують спеціальні заходи з охорони праці відповідно до нормативно-правових актів, а саме, комісією встановлюється, що навчання та перевірка знань повинні бути проведені протягом одного місяця.

Позачергове навчання для ознайомлення з новими нормативно-правовими актами з охорони праці дозволено проводити у формі семінарів.

Працівники, під час прийняття на роботу на підприємство та періодично, проходять інструктажі з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також з правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж і стихійних лих.

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		60

За часом і характером проведення інструктажі з питань охорони праці для працівників поділяються на вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий.

Вступний інструктаж проводять:

- з усіма працівниками, яких приймають на постійну чи тимчасову роботу, незалежно від їх посади, освіти та стажу роботи;

- з працівниками інших підприємств та організацій, які прибули на дане підприємство і беруть участь у виробничому процесі чи виконують будь-які роботи для підприємства;

- з усіма особами, які прибули для екскурсії на підприємство.

Вступний інструктаж проводить спеціаліст служби охорони праці або фахівець підприємства відповідно до наказу (розпорядження) по підприємству, який в порядку, установленому Типовим положенням. При умові , що ці особи пройшли навчання і перевірку знань з питань охорони праці.

Вступний інструктаж проводять в кабінетах охорони праці або в спеціально обладнаному для цього приміщенні, з використанням сучасних навчальних та наочних посібників, технічних засобів навчання за. Програму вступного інструктажу розробляє служба охорони праці враховуючи особливостей виробництва. Керівник підприємства затверджує програму та встановлює тривалість проведення інструктажу.

Запис про проведення вступного інструктажу заносять в журнал реєстрації вступного інструктажу з питань охорони праці, який зберігається працівником, відповідальним за проведення вступного інструктажу чи службою охорони праці, а також записують у наказі про прийняття працівника на роботу.

Первинний інструктаж проводять до початку самостійної роботи на робочому місці з такими працівниками:

новоприйнятим для роботи на підприємство або до фізичної особи, яка використовує найману працю працівників;

який переходить для роботи з одного структурного підрозділу підприємства в інший;

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		61

який буде виконувати нову для нього роботу;  
відрядженим працівником, який прибув з іншого підприємства та бере участь у виробничому процесі даного підприємства.

Первинний інструктаж на робочому місці може проводитися з групою осіб одного фаху або індивідуально за інструкціями з охорони праці, діючими на підприємстві відповідно до виконуваних робіт.

Повторний інструктаж проводиться на робочому місці за обсягом і змістом переліку питань первинного інструктажу, індивідуально з одним працівником або групою працівників, виконуючими однотипні роботи,

Повторний інструктаж проводиться в терміни, встановленні нормативно-правовими документами з охорони праці, що діють у галузі, чи роботодавцем, враховуючи конкретні умови праці, але не рідше строків:

на роботах, пов'язаних з підвищеною небезпекою - 1 раз на 3 місяці;  
для усіх інших робіт - 1 раз на пів-року.

Позаплановий інструктаж з охорони праці проводиться з працівниками на робочому місці чи в кабінеті охорони праці в наступних випадках:

при прийнятті в дію нових або поновлених нормативно-правових документів з охорони праці та при внесенні доповнень та змін до них;

при заміні чи модернізації приладів, устаткування та інструментів, вихідної сировини, матеріалів, зміні технологічного процесу та інших факторів, що впливають на стан охорони праці;

при виявленні порушень працівниками вимог нормативно-правових актів з охорони праці, що в свою чергу призвели до аварій, травм, пожеж тощо;

при тривалих перерві в роботі працівників більше ніж на 30 календарних днів - для робіт з підвищеною небезпекою, а для усіх інших робіт - більше 60 днів.

Позаплановий інструктаж проводять індивідуально з окремим працівником чи з групою працівників одного фаху. Зміст та обсяг позапланового інструктажу встановлюється окремо в кожному випадку залежно від обставин і причин, що призвели до потреби його проведення.

Цільовий інструктаж проводиться з працівниками у випадках:

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		62

перед проведенням робіт з ліквідації аварій або стихійного лиха;  
перед проведенням робіт, на які відповідно до законодавства, оформлюються наказ, розпорядження або наряд-допуск.

Цільовий інструктаж проводиться з групою працівників або індивідуально з окремим працівником. Зміст і обсяг цільового інструктажу залежать від виду робіт, що будуть виконуватись.

Усі інструктажі, крім вступного проводить безпосередній керівник робіт (майстер, начальник структурного підрозділу) чи фізична особа, яка використовує найману працю.

Після проведення первинного, повторного, позапланового і цільового інструктажів їх проведення завершуються перевіркою знань усним опитуванням чи за допомогою технічних засобів особою, яка проводила інструктаж.

При виявленні незадовільних результатах перевірки умінь, знань і навичок безпечного виконання робіт після первинного, повторного чи позапланового інструктажів, протягом 10 днів проводиться додатково інструктаж і повторна перевірка знань з його змісту.

При виявленні незадовільних результатах перевірки знань після проведення цільового інструктажу, допуск до виконання робіт не надається. При цьому повторна перевірка знань не дозволяється.

Успішне проведення навчання та перевірки знань з питань охорони праці інструктажі, навчання з надання першої допомоги потерпілим в наслідок нещасних випадків та навчання з правил поведінки на випадок виникнення аварії забезпечить працівників необхідними знаннями безпечного ведення робіт, експлуатації машин, механізмів, обладнання, вірного реагування та дій при виникненні можливих нещасних випадків, аварій та пожеж на підприємстві. В свою чергу це зменшить рівень виробничого травматизму та професійних захворювань.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		63

## ВИСНОВКИ

Під час виконання даного дипломного проекту бакалаврського рівня було виконано наступні завдання:

- виконано аналіз конструкції деталі Вал 24610-3-00 та базовий технологічний процес її виготовлення;

- на основі аналізу розроблено удосконалений технологічний процес виготовлення деталі;

- виконано порівняльний двох методів отримання заготовки та розроблено, на його основі заготовку – поковку;

- спроектовано технологічні операції із детальним описом переходів та розраховано режими різання. Для кожної операції визначено основний, штучний та штучно-калькуляційний час;

- для токарної операції з ЧПК створено у САМ програмі керуючий код;

- розроблено порядок проведення навчання працівників з охорони праці.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		64

## 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.: ВПОЛ, 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.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		65

11. Гордєєв А.І., Урбанюк Є.А., Безносів А.Є., Мігаль В.Г. Курсове та дипломне проектування для технології машинобудування та металорізальних 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](http://www.sandvik.coromant.com). 2021. Режим доступу до ресурсу: <https://www.sandvik.coromant.com/ruru/products/pages/technologies.aspx#inveio>.

20. Голінько В.І. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.

21. Типове положення Про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (НПАОП 0.00-4.12-05) ".: затв. Наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 26.01.2005 № 15: Редакція від 14.04.2017. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05#Text>

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.14.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		66