

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Технологія виготовлення деталі «Корпус підшипника 240.001» 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

Освітня програма «технології машинобудування»
Назва

Шифр ДП.ІІМ.ФІТА.08.25.ПЗ

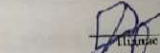
Виконав студент 3 курсу група ПМТс-22-2
Шифр

Керівник докт. техн. наук, професор
Науковий ступінь, звання

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри технології машинобудування
Назва

Дата «23» 06 2025


Підпис

Егор ЛІДОВСЬКИЙ
Ім'я, прізвище


Підпис

Анатолій ГОРДЕСОВ
Ім'я, прізвище


Підпис

Сергій БИСЬ
Ім'я, прізвище


Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, прізвище

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМ

Віталій ТКАЧУК

7 . 02 . 2025

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

Дідовському Стору Сергійовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи

Технологія виготовлення деталі «Корпус підшипника 240.001» з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Гордєв Анатолій Іванович, д.т.н., професор

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

Затверджено наказом ректора університету від 7 лютого 2025 р. № 23

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 15 червня 2025

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) кресленик деталі Корпус підшипника 240.001 та технічні вимоги до її виготовлення. обсяг 1,7 тис.

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

Вступ

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

Перелік графічних матеріалів: 1 Креслення деталі - лист А2; 2 Креслення заготовки - лист А2; 3. Карта аладки верстата - 1 лист А1; 4. Лист графотехнології - 1 лист А1; 5. Верстатний пристрій - 1 лист А1; 6. Різні режими різання - 1 лист А1; 6. Контрольний пристрій - лист А2.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Дідовський Єгор Сергійович на захист дипломного проєкту (роботи)
за спеціальністю 131 - Прикладна механіка
На тему: Технологія виготовлення деталі «Корпус підшипника 240 001» з використанням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету ОЛЕГ ПОЛІШУК



ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Дідовський Є.С. з 2022 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 20,51 %, добре 33,33 %, задовільно 46,15 %.

шкалою ЕКТС: А 14,55 %, В 5,45 %, С 25,45 %, D 14,55 %, Е 40,00 %.

Методист факультету А.В.В.

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Дідовський Є.С. виконав дипломний проєкт-роботу спеціальності на задовільній у межах норми. За період виконання надавав добрі знання та вміння що відповідає функціональним вимогам завдання. Рекомендую роботу в цілому оцінювати позитивно.

Оцінка дипломного проєкту (роботи) добре
Керівник дипломного проєкту Тарасович
"23" 06 2025 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

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

Завідувач кафедри технології машинобудування

Віталій БІЛІЧУК
"23" червня 2025

Завідувачу кафедри
Технології машинобудування
Ігачуку В.П.
здобувача вищої освіти
студента Дідовського Є. С.
факультету інженерії, транспорту та
архітектури, 4 курсу, гр. ПМГс-22-2

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 (StrikePlagiarism 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.

23.06.25

дата


підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ ПО КАФЕДРИ ТЕХНОЛОГІЇ
МАШИНОБУДУВАННЯ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: «Технологія виготовлення деталі «Корпус підшипника 240.001» з використанням верстатів з ЧПК».

Автор: Дідовський Єгор Сергійович

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

Науковий керівник: Гордєєв А. І.

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

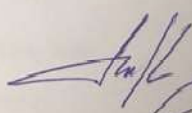
№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Текст вважається оригінальним та не потребує додаткових дій щодо запобігання неправомірним запозиченням. Є співпадання із титульним листом, завданням, змістом, списком використаних джерел. Також є співпадання із технічними термінами при застосуванні стандартних методик розрахунків, що не є плагіатом. Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділі охорони праці, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту.	Рівень унікальності тексту високий


Підтвердження:

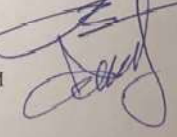
завідувач кафедри

гарант освітньої програми

керівник кваліфікаційної роботи

 Віталій ТКАЧУК

 Володимир МИЛЬКО

 Анатолій ГОРДЄЄВ

Дата

Підписи

РЕЦЕНЗІЯ
на дипломну бакалаврську роботу Дідовського Є. С. «Технологія
виготовлення деталі «Корпус підшипника із застосуванням
верстатів з ЧПК» з використанням верстатів з ЧПК»

Тема дипломної роботи Дідовського Є. С. є інженерно обґрунтованою і актуальною для сучасного виробництва. Робота скерована на розроблення технології виготовлення деталі Корпус підшипника із застосуванням верстатів з ЧПК.

Автором в роботі вирішені наступні задачі: запропоновано новий технологічний процес виготовлення деталі Корпус підшипника, спроектовано верстатний пристрій для фрезерування та свердлування отворів, та для забезпечення операції контролю спроектовано контрольно-вимірвальний пристрій.

Графічна частина виконана на доброму рівні. Креслення та пояснювальна записка відповідають вимогам ДСТУ.

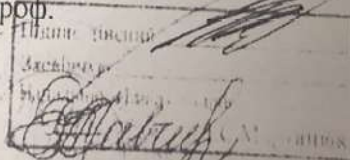
В розділі охорони праці приведено дані по техніці безпеки при експлуатації верстатів з ЧПК.

Виходячи з результатів, які містяться в дипломній бакалаврській роботі та виконанні її на високому технічному рівні, робота рекомендується до захисту та заслуговує оцінки добре, а здобувач Дідовський Є. С. заслуговує присудження ступеня бакалавра за спеціальністю 131 - Прикладна механіка.

Професор кафедри «Трибології
автомобілів та матеріалознавства»
Хмельницького національного
університету д.т.н., проф.

Диха О.В.

Підпис Дихи О.В.
Засвідчую
Начальник відділу кадрів ХНУ



РЕФЕРАТ

У дипломному проєкті було проведено всебічний аналіз матеріалу заготовки, що використовується для виготовлення деталі «Втулка різьбова 8ВП.215.110». На основі цього аналізу здійснено обґрунтований вибір виду та способу отримання заготовки, що забезпечує необхідні характеристики оброблюваної деталі. У технологічному розділі розроблено оптимальний технологічний маршрут із детальним описом технологічних операцій. Здійснено розрахунок припусків на оброблення та визначено технологічні розміри основних поверхонь деталі. Визначено режими різання та проведено нормування часу на кожну операцію.

Особливу увагу приділено застосуванню сучасних комп'ютерних технологій. Розроблено програми керування обробкою на верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК) з використанням САМ-програми FeatureCAM. Обробка деталі здійснювалася на сучасному токарному верстаті HAAS та вертикально-свердлильному верстаті з ЧПК моделі 2P135Ф2. Для забезпечення високої якості обробки підібрано ріжучий інструмент провідного виробника Sandvik Coromant.

У конструкторському розділі спроектовано спеціальний верстатний пристрій для надійного закріплення деталі під час виконання операції свердління. В розділі охорони праці проаналізовано потенційні небезпеки та шкідливі фактори, що можуть виникати в процесі виробництва. Запропоновано заходи щодо зменшення їх впливу на працівників і забезпечення безпечних умов праці на робочому місці.

Дипломний проєкт містить пояснювально-розрахункову записку на 74 сторінки друкованого тексту, та 7 листах формату А1 графічної частини.

Ключові слова: деталь, втулка різьбова, верстат з числовим програмним керуванням (ЧПК), різальний інструмент, пристрій, технологічний процес (ТП).

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Хмелюк Я.Р			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Мазур В.П				1	
Н. Контр.		Бись С.С			ХНУ, гр. ПМТ-21-1		
Затверд.		Ткачук В.П					
Технологія виготовлення деталі «Втулка різьбова 8ВП.215.110» з використанням верстатів з ЧПК							

ЗМІСТ

Вступ

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз технологічності конструкції деталі

1.2 Забезпечення експлуатаційних властивостей деталі

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки

2.2. Проектування технологічного маршруту оброблення деталі

2.3 Розрахунок припусків на обробку

2.4 Проектування технологічних операцій

2.5 Уточнення технологічних баз та схеми закріплення заготовки

2.5.1 Уточнення змісту переходів

2.6 Вибір засобів технологічного оснащення

2.7 Вибір і розрахунок режимів різання

2.8 Нормування технологічних переходів

2.9 Розроблення керуючих програм для верстатів із ЧПК

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Опис та принцип роботи пристосування

3.2 Розрахунок пристосування

3.3 Розрахунок верстатного пристрою на точність

3.4 Проектування гнучкого виробничого модуля

3.5 Проектування верстатного пристрою для токарної обробки

3.5.1 Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої

3.5.2 Розрахунок необхідних сил закріплення та приводу пристрою

3.5.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність

3.5.4 Розрахунок пристрою на точність

3.5.5 Розробка технічних умов на пристрій, компонування та опис його роботи

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Правові та організаційні питання забезпечення безпеки праці

4.2 Аналіз небезпек і шкідливостей та заходи по їх зменшенню під час виготовлення деталі «Втулка різьбова 8ВП.215.110»

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

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.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

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.25.14.00.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз технологічності конструкції деталі

Основними цілями аналізу технологічності конструкції є: зниження трудомісткості та металомісткості обробки деталі, застосування високопродуктивних процесів обробки, зниження собівартості виготовлення деталі.

Деталь «Втулка різьбова 8ВП.215.110» виготовляється з вуглецевої конструкційної сталі Ст3. Сталь Ст3 відноситься до вуглецевої сталі звичайної якості, яка використовується для виготовлення другорядних елементів конструкцій та невідповідальних деталей: несучих елементів зварних і незварних конструкцій і деталей [6].

Хімічний склад сталі Ст3 відповідає вимогам стандарту ДСТУ 2651:2005. Межа міцності на розрив «Rm» Ст3 становить 400 МПа, вона не схильна до відпускнуї крихкості, без обмежень застосовується при зварюванні відбувається. Ця сталь є міцною, витривалою і добре піддається механічній обробці. Хімічний склад цієї сталі представлений у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі Ст3 (за ДСТУ 2651:2005)

Склад елементів, %							
вуглець	марганець	кремній	хром	нікель	мідь	фосфор	сірка
0,14-0,22	0,4-0,65	0,15-0,3	0,3	0,3	0,3	0,04	0,05

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

Деталь являє собою тіло обертання з наскрізним отвором. Аналізуючи параметри точності розмірів деталі, можна сказати, що на зовнішні та внутрішні розміри потрібні 9-14 квалітети. Відхилення за кресленням варіюються від сотих міліметрів до десятих.

На кресленні вказана мінімальна шорсткість зовнішніх і внутрішніх поверхонь, що дорівнює $R_a=1,6$, а шорсткість усієї деталі становить $R_a=12,5$. Ця деталь має твердість 180 НВ одиниць за Брінелем. Маса готової деталі становить 0,291 кг. Модель деталі показана на рисунку 1.1.

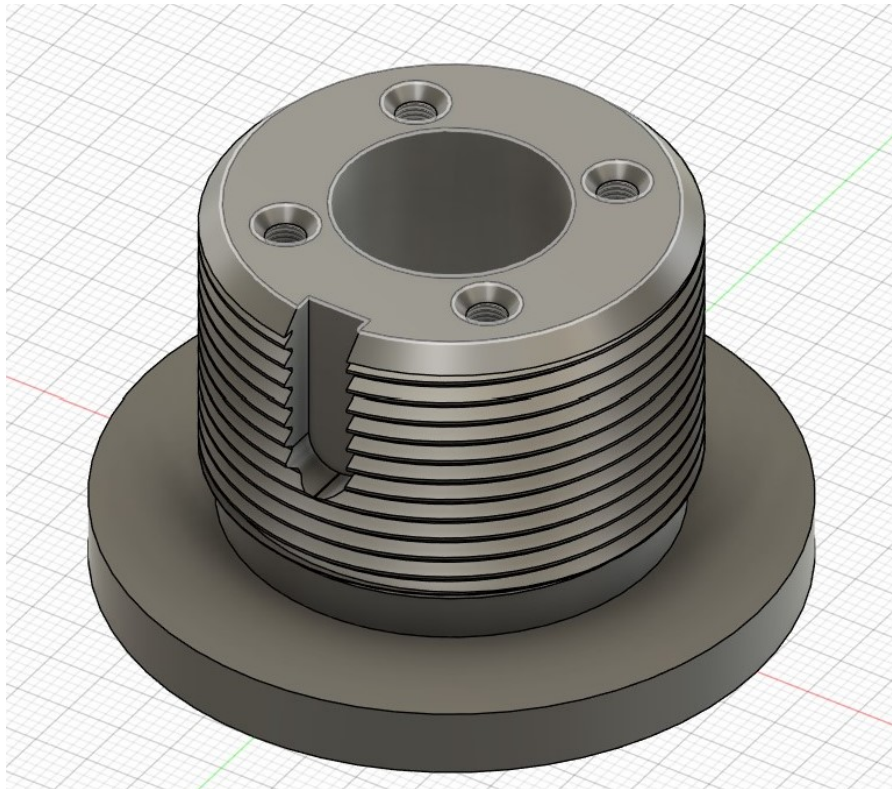


Рисунок 1.1 – 3D модель деталі «Втулка різьбова 8ВП.215.110»

Для досягнення необхідної точності знадобляться інструменти підвищеної точності (свердла, розточувальні та прохідні різці), обладнання (верстати з ЧПК) та інструменти контролю (калібри-пробки, мікрометри, нутроміри).

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

Позитивні моменти технологічності конструкції: матеріал чудово піддається механічній обробці; деталь виготовляється за мінімальну кількість технологічних операцій. Негативними факторами є: висока точність деяких розмірів.

Під час обробки деталі будуть проводитися наступні операції: обточування, свердління, розточування. Застосовуване технологічне оснащення: трикулачковий патрон, спеціальне пристосування для свердлильної операції. Маса заготовки та її габарити не вимагають особливих підйомних пристосувань.

1.2 Визначення типу і організаційної форми виробництва

Попередньо тип виробництва можна визначити знаючи річну програму випуску деталі та її. В нашому випадку річна програма випуску $N = 1000$ шт., а маса готової деталі $m = 0,8$ кг, як висновок можна сказати що тип виробництва - дрібносерійне.

Знайдемо кількість деталей в партії випуску:

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi_0}$$

де N – річна програма випуску деталей, шт.

a – періодичність запуску. дн.

Φ_0 – число робочих днів на рік. Прийнято п'ятиденний робочий тиждень з 8-ми годинним робочим днем.

$$n = \frac{1000 \cdot 5}{253} = 19,75 \text{ шт}$$

Приймаємо $n = 20$ шт. При дрібносерійному виробництві потокова форма організації виробництва не доцільна.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки

Виходячи з технологічних властивостей матеріалу деталі, її маси та габаритів, вимог до механічних властивостей і типу виробництва (дрібносерійне), приймаємо за вихідну заготовку прокат сортовий сталевий круглий за ДСТУ 2651:2005 у стані поставки звичайної точності В2. Визначимо коефіцієнт використання металу, що дорівнює [3]:

$$K = \frac{q}{Q}, \quad (2.1)$$

де q – маса деталі;

Q – маса заготовки.

Приймаємо орієнтовні дані заготовки:

$$\varnothing D = 60 \text{ мм}; \quad L = 38 \text{ мм.}$$

Маса заготовки(прутка) визначається за формулою:

$$q = V\rho, \quad (2.2)$$

де: $V = \pi D^2 L / 4$ – об'єм заготовки;

$\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$ – густина сталі Ст3.

$$q = 3,14 \cdot 0,060^2 \cdot 0,038 \cdot \frac{7850}{4} = 0,84 \approx 0,8 \text{ кг}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

Коефіцієнт використання металу при виготовленні заготовки з прокату дорівнює:

$$K = \frac{0,291}{0,8} = 0,36$$

Коефіцієнт використання металу при виготовленні заготовки литтям дорівнює:

$$K = \frac{0,291}{0,39} = 0,74$$

З розрахунків видно, що при використанні прокату 36% металу припадає на деталь, а решта 64% на стружку. Це свідчить про доцільність прийняття заготовки з литва, тим самим підвищивши КВМ до 74% відсотків, але поряд із цим вартість заготовки збільшується у зв'язку з використанням дорогого устаткування, додаткових площ виробничих цехів тощо. Для дрібносерійного виробництва доцільніше використовувати заготовки, які відрізаються від прутка.

2.2 Проєктування технологічного маршруту оброблення деталі

Маршрут – це послідовність проходження заготовки деталі по цехах і виробничих дільницях підприємства під час виконання технологічного процесу виготовлення.

Послідовність операцій для виготовлення деталі «Втулка різьбова 8ВП.215.110» згідно з технічними вимогами, умовами виробництва і необхідними параметрами точності наведено в таблиці 2.1.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Технологічний маршрут деталі «Втулка різьбова 8ВП.215.110»

005 Заготівельна
010 Токарна з ЧПК
015 Слюсарна
020 Вертикально-свердлильна з ЧПК
025 Контрольна

2.3 Розрахунок припусків на обробку

Розрахунок необхідної товщини припусків на обробку є відповідальним техніко-економічним завданням. Прийняття значень припусків, значно більших від розрахункових, призводить до непотрібних втрат матеріалу, що перетворюється на стружку; збільшення пружної деформації системи ВПД (верстат - пристосування - інструмент - деталь) з огляду на підвищення сили різання, а отже, і на зменшення точності обробки; підвищення трудомісткості оброблення – в разі потреби збільшення кількості проходів; ускладнення застосування пристосувань через підвищення сили різання; збільшення зношення ріжучого інструменту та електроенергії, що витрачається.

Підсумовування складових найменшого припуску здійснюється за формулою [11]:

$$2Z_{\min i} = 2(Rz_{i-1} + T_{\text{деф}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i); \quad (2.3)$$

Мінімальний розмір розраховується за формулою:

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		18

$$d_{\min i-1 \text{ розр.}} = d_{\max 1} + 2Z_{\min i}; \quad (2.4)$$

Максимальний розмір розраховується за формулою

$$d_{\max i-1 \text{ розр.}} = d_{\min i-1 \text{ розр.}} + Td_{i-1}; \quad (2.5)$$

Розрахунок припусків на обробку $\varnothing 60h9_{-0,074}$ мм.

Розрахунковий припуск при чистовому обточуванні:

$$\begin{aligned} 2Z_{\min i} &= 2(Rz_{i-1} + T_{\text{деф } i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (120 + 120 + 90 + 0) = \\ &= 660 \text{ мкм}; \end{aligned}$$

$$d_{\min i-1 \text{ розр.}} = d_{\max 1} + 2Z_{\min i} = 60 + 0,66 = 60,66 \text{ мм}$$

$$d_{\max i-1 \text{ розр.}} = d_{\min i-1 \text{ розр.}} + Td_{i-1} = 60,66 + 0,12 = 60,78 \text{ мм}$$

Розрахунковий припуск при чорновому обточуванні:

$$\begin{aligned} 2Z_{\min i-1} &= 2(Rz_{i-2} + T_{\text{деф } i-2} + \rho_{i-2} + \varepsilon_{i-1}) = \\ &= 2 \cdot (150 + 120 + 150 + 100) = 1040 \text{ мкм}; \end{aligned}$$

$$d_{\min i-2 \text{ розр.}} = d_{\max i-1} + 2Z_{\min i-1} = 60,78 + 1,040 = 61,82 \text{ мм}$$

$$d_{\max i-2 \text{ розр.}} = d_{\min i-2 \text{ розр.}} + Td_{i-2} = 61,82 + 2 = 63,82 \text{ мм}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Результат розрахунків припусків на обробку $\varnothing 60h9-0,074$ мм

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм	Прийнятий технологічний розмір, мм	Допуск Td, мкм	Граничний розмір, мм	
	R_z	h	ρ	ε				d_{\min}	d_{\max}
Заготовка	150	60	150	-	-	-	2000	61,82	63,82
Чорнове обточування	120	60	90	100	1040	$\varnothing 60,78-0,12$	120	60,66	60,78
Чистове обточування	-	-	-	0	660	$\varnothing 60h9-0,074$	74	60	60,5

2.4 Проектування технологічних операцій

Таблиця 2.3 – Технологічний процес виготовлення деталі «Втулка різьбова 8ВП.215.110»

№ Операції	Назва і зміст операції	Обладнання	Інструмент
005	Заготівельна 1. Відрізати заготівку $\varnothing 65$ в р-р 38 мм.	Напівавтоматичний стрічкопильний верстат	1. Ріжуче полотно Mast Metalltechnik M-BS712N_400V
010	Токарна з ЧПК Установ А 1. Підрізати торець $\varnothing 65$, витримавши р-р 37 мм. 2. Точити $\varnothing 62$ на $l =$	Токарний верстат з ЧПК HAAS TL-10	Установ І 1. Різець токарний прохідний T-Max P® 2. Різець токарний

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		20

№ Операції	Назва і зміст операції	Обладнання	Інструмент
	<p>10 мм на чорно.</p> <p>3. Точити $\varnothing 60$ на $l = 10$ мм начисто.</p> <p>4. Свердлити отвір наскрізь $\varnothing 15,5$</p> <p>Установ Б</p> <p>1. Підрізати торець $\varnothing 65$, витримавши р-р 36 мм.</p> <p>2. Точити до $\varnothing 42$ на $l = 26$ мм.</p> <p>3. Зняти фаску 2x45 мм.</p> <p>4. Точити канавку $b = 4$, витримуючи р-р $\varnothing 39$</p> <p>5. Розточити отвір $\varnothing 20,5$ на $l = 32$ мм.</p> <p>6. Точити фаску 1,5x45 мм.</p> <p>7. Нарізати різьбу М42x2 на $l = 26$ мм.</p> <p>8. Фрезерувати шпонковий паз $b = 6$,</p>		<p>прохідний T-Max P®</p> <p>3. Різець токарний прохідний T-Max P®</p> <p>4. Свердло спіральне CoroDrill Dura 462®</p> <p>Установ П</p> <p>1. Різець токарний прохідний T-Max P®</p> <p>2. Різець токарний прохідний T-Max P®</p> <p>3. Різець токарний прохідний T-Max P®</p> <p>4. Різець відрізний CoroCut 2®</p> <p>5. Різець токарний розточний CoroTurn 107®</p> <p>6. Різець токарний прохідний T-Max P®</p> <p>7. Різець токарний різьбонарізний CoroThread 266®</p> <p>8. Фреза кінцева</p>

№ Операції	Назва і зміст операції	Обладнання	Інструмент
	<i>R3</i> на $l = 16$ мм.		CoroMill Plura HD®
015	Слюсарна 1. Зняти задирки на різьбі, на шпонковому пазу	Верстак	1. Надфіль трикутний ДСТУ EN ISO 11148-9:2016 2. Плашка для калібрування різі ДСТУ 7228:2011
020	Вертикально-свердлильна з ЧПК 1. Зацентрувати 4 отв. під різьбу М6. 2. Свердлити 4 отв. $\varnothing 5$ під різьбу М6 на $l = 20$ мм. Зняти фаску в 4-х отворах $0,5 \times 45^\circ$ 3. Нарізати різьбу М6 на $l = 15$ мм.	Вертикально-свердлильний з ЧПК 2P135Ф2	1. Свердло центрове 2. Спеціальний інструмент комбінований, свердло-зенківка 3. Комплект мітчиків з трьох штук
025	Контрольна	-	-

2.5 Уточнення технологічних баз та схеми закріплення заготовки

Точне виготовлення деталі на металорізальному верстаті починається з правильної орієнтації її щодо координатних осей верстата - базуванням. У цьому розділі необхідно провести уточнення технологічних баз і схем закріплення заготовки.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		22

На операції 010 Токарна з ЧПК майбутня деталь базується по зовнішньому діаметру і торцю. Встановлюється в трикулачковому патроні.

На операції 020 Вертикально-свердлильна опорною базою слугує плоска поверхня торця $\varnothing 60$. Для закріплення використовуємо спеціально розроблене пристрій, в якому закріплення деталі відбувається за рахунок цанги, яка встановлюється в центральний отвір $\varnothing 20$.

2.5.1 Уточнення змісту переходів

Уточнимо зміст переходів, ходів і установок для токарних і свердлильних операцій та представимо в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Уточнення переходів

Операції	Опис
010 Токарна з ЧПК	Установ А.
	1) Підрізування торця - 1 перехід, 1 хід
	2) Обточування зовнішньої поверхні чорнове - 1 перехід, 1 хід
	3) Обточування зовнішньої поверхні чистове - 1 перехід, 1 хід
	4) Свердління наскрізного отвору - 1 перехід, 1 хід
	Установ Б.
1) Підрізування торця - 1 перехід, 1 хід	
2) Обточування зовнішньої поверхні - 1 перехід, 4 ходи	

Операції	Опис
	3) Зняття фаски - 1 перехід, 1 хід 4) Обточування канавки – 1 перехід, 1 хід 5) Розточування отвору - 1 перехід, 1 хід 6) Зняття фаски - 1 перехід, 1 хід 7) Нарізання різьби – 1 перехід, 3 ходи чорнових та 1 чистовий хід 8) Фрезерування пазу – 1 перехід, 1 хід
020 Вертикально-свердлильна з ЧПК	1) Центрування 4-х отворів під різьбу – 1 перехід, 4 ходи 2) Свердління 4-х отворів під різьбу, зняття фасок – 1 перехід, 4 ходи. 3) Нарізання різьби – 1 перехід, 3 ходи

2.6 Вибір засобів технологічного оснащення

Засоби технологічного оснащення - сукупність знарядь виробництва, необхідних для здійснення технологічного процесу. Технологічне оснащення проводиться з метою забезпечення необхідної точності оброблюваних деталей і підвищення продуктивності праці. Під оптимальною оснащеністю розуміють таку оснащеність, за якої досягають максимальної ефективності виробництва виробу за обов'язкового отримання необхідної кількості продукції та заданої якості за встановлений проміжок часу з урахуванням комплексу умов, пов'язаних із технологічними та організаційними можливостями виробничих фондів і робочої сили[5].

Засоби технологічного оснащення поділяються на:

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

- технологічне обладнання;
- засоби механізації та автоматизації технологічних процесів (допоміжних операцій і переходів);
- технологічне оснащення.

Технологічне обладнання - це засоби технологічного оснащення, в яких для виконання певної частини технологічного процесу розміщуються матеріали або заготовки, засоби впливу на них, а також технологічне оснащення. Технологічне обладнання обирається залежно від конструкції деталі та вимог щодо забезпечення якості поверхні. У деяких випадках фахівець-технолог розробляє технічне завдання на проектування спеціальних верстатів.

Зробимо підбір засобів технологічного і контрольно-вимірювального оснащення для матеріального забезпечення виробничої дільниці, а також занесемо вибрані засоби в таблиці 2.5 і 2.6.

Таблиця 2.5 - Засоби технологічного оснащення

№ Операції	Обладнання	Установче пристосування
<p>005 Заготівельна</p>	<p>Напівавтоматичний стрічкопильний верстат</p>  <p>STILER BS 712 N</p>	<p>Призма 7033-0040 ISO 17025:2017</p>
<p>010 Токарна з ЧПК</p>	<p>HAAS ST-10</p>	<p>3-х кулачковий патрон</p>

№ Операції	Обладнання	Установче пристосування
		DIN ISO 702-2 № 6
015 Слюсарна	Верстак	Лещата
020 Вертикально-свердлильна з ЧПК	<p>Вертикально-свердлильний з ЧПК 2P135Ф2</p>  <p>НЕВАСТАНКОМАШ</p>	Пристрій спеціальний
030 Контрольна	Стіл повірочний	-

Таблиця 2.6 - Засоби контролю точності виготовлення деталі

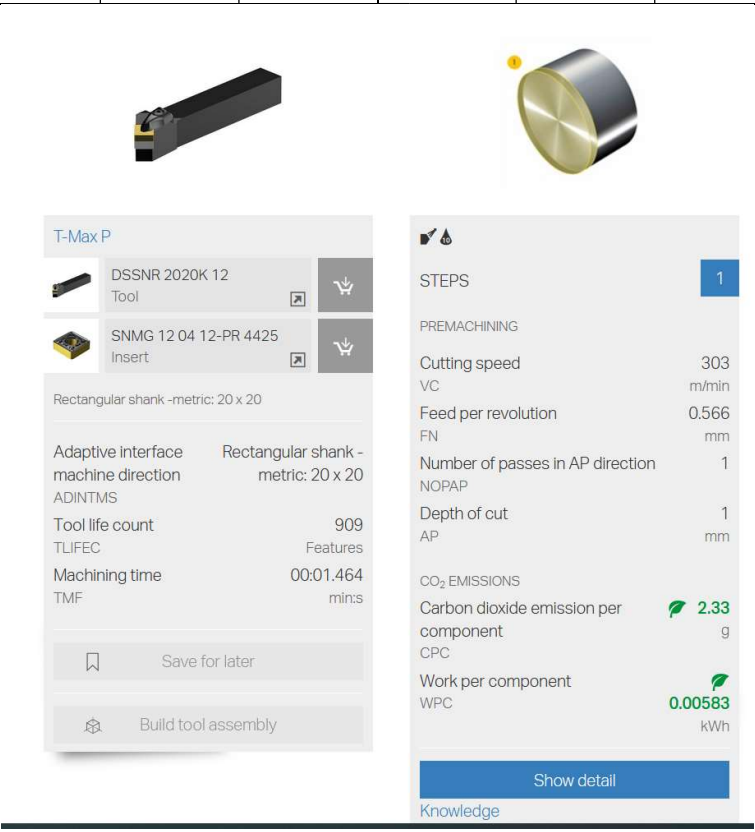
Операція	Спосіб контролю	Вимірювальний прилад
005 Заготівельна	Інструментальна візуальна	Штангенциркуль ШЦ-II 250-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018;
010 Токарна з ЧПК	Інструментальна візуальна	Штангенциркуль ШЦ-II 250-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018; Зразки шорсткості 3,2 Т, Р ISO 2632/1; Нутромір НІ 100-160 ДСТУ ISO ІЕС 17025:2017;
015 Слюсарна	Інструментальна візуальна	Калібр кільце різьбове М42×2 Калібр-пробка 8133- 0253 Н12 DIN2245;
020 Вертикально – свердлильна з ЧПК	Інструментальна візуальна	Нутромір НІ 100-160 ДСТУ ISO ІЕС 17025:2017; Калібр різьбовий М6х1 ДСТУ 2234-93

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		27

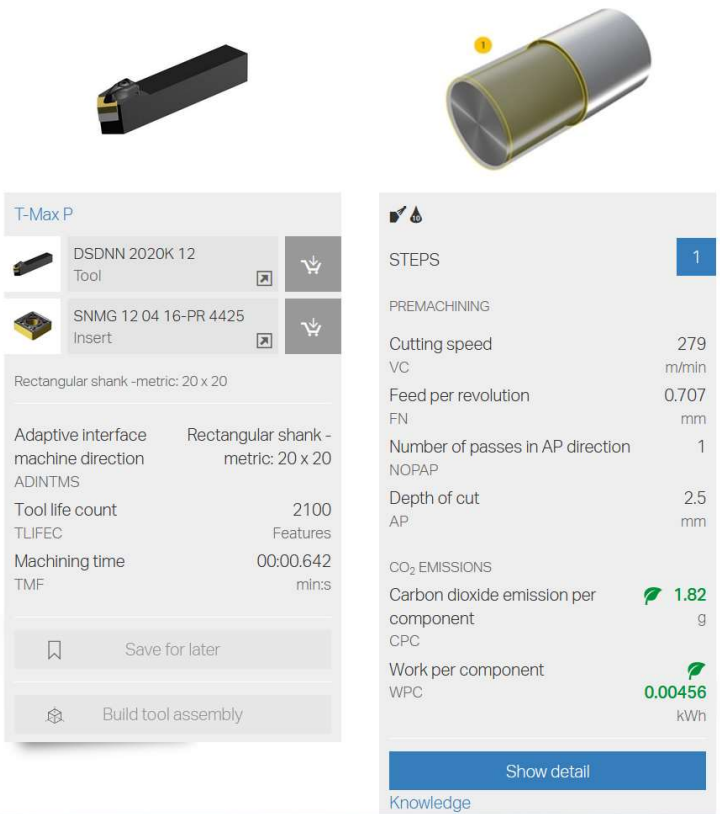
2.7 Вибір режимів різання

Режими різання занесемо в таблицю 2.7

Таблиця 2.7 Режими різання

Но мер опе рац ії	Режими різання						
	Назва та зміст операції	L, мм	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	T _{о.} хв
010	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>Установ А</p> <p>1. Підрізати торець Ø65, витримавши р-р 37 мм.</p>	37	1	0,707	279	4000	0,278
							

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		28

Но мер опе рац ії	Режими різання						
	Назва та зміст операції	L, мм	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	T _o . хв
	2. Точити Ø62 на l = 10 мм на чорно.	10	1,5	0,707	279	1480	0,135
							
2. Точити Ø60 на l = 10 мм начисто.	10,0	1,0	0,707	279	1480	0,105	

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		29

Но мер опе рац ії	Режими різання						
	Назва та зміст операції	L, мм	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	T _o . хв
	3. Свердли́ти отвір наскрізь Ø15,5	37,0	7,75	0,365	134	2750	0,345

Но мер опе рац ії	Режими різання						
	Назва та зміст операції	L, мм	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	T _о . хв
	Установ Б						
	1. Підрізати торець Ø65, витримавши р-р 36 мм.	19,75	1,0	0,707	279	4000	0,278

Но мер опе рац ії	Режими різання						
	Назва та зміст операції	L, мм	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	T _o . хв
	2. Точити до Ø42 на l = 26 мм.	26,0	9,0	0,5	279	2120	0,608

Но мер опе рац ії	Режими різання						
	Назва та зміст операції	L, мм	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	п, об/хв	T _o . хв
	3. Зняти фаску 2x45 мм.	2,0	2,0	0,5	279	2120	0,125

T-Max P

DCLNR 2525M 19
Tool

CNMG 19 06 16-PR 4425
Insert

Rectangular shank -metric: 25 x 25

Adaptive interface machine direction ADINTMS Rectangular shank -metric: 25 x 25

Tool life count TLIFEC 310 Features

Machining time TMF 00:04.146 min:s

Save for later

Build tool assembly

STEPS 1

PREMACHINING

Cutting speed VC 279 m/min

Feed per revolution FN 0.5 mm

Number of passes in AP direction NOPAP 2

Depth of cut AP 5.75 mm

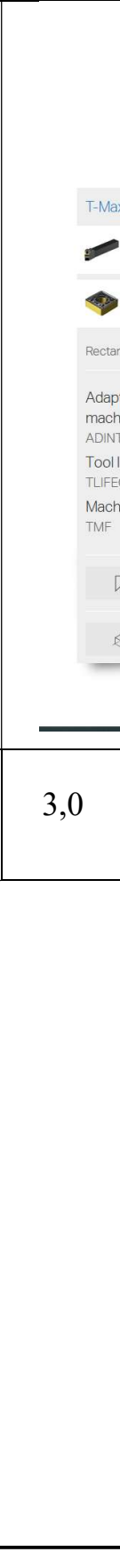
CO₂ EMISSIONS



Carbon dioxide emission per component CPC 17.1 g

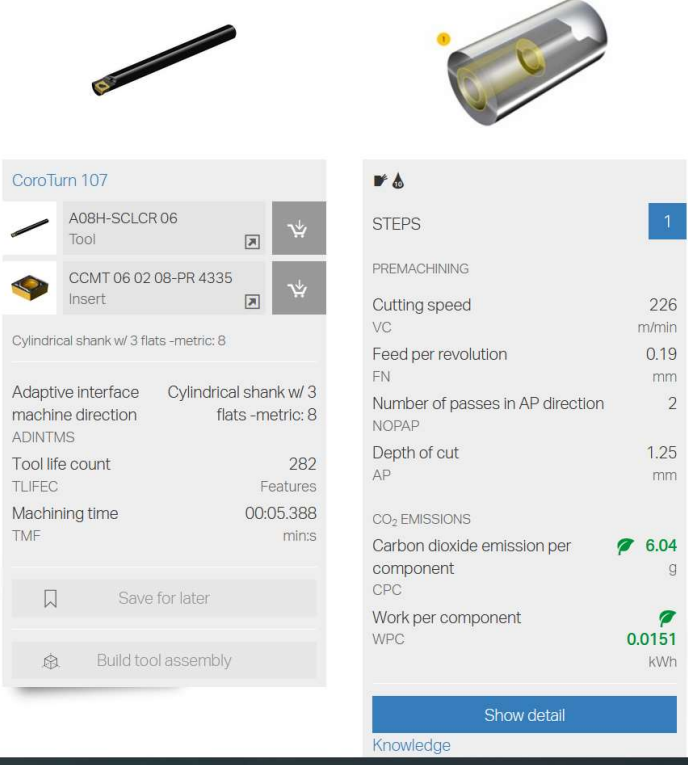
Work per component WPC 0.0427 kWh

Show detail

Knowledge

Но мер опе рац ії	Режими різання						
	Назва та зміст операції	L, мм	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	T _o . хв
							
	4. Точити канавку $b = 4$, витримуючи р-р $\varnothing 39$	3,0	4,0	0,16	170	1390	0,16

Но мер опе рац ії	Режими різання						
	Назва та зміст операції	L, мм	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	T _o . хв
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>CoroCut 2</p> <p>C2R-BN25-NH25DA2 Tool</p> <p>C2I-H2N-0400-0003- CR1225 Insert</p> <p>Tool life count 2850 TLIFEC Grooves</p> <p>Machining time 00:00.420 TMF min:s</p> <p>Save for later</p> <p>Build tool assembly</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>STEPS 1</p> <p>GROOVING</p> <p>Cutting speed 170 VC m/min</p> <p>Feed per revolution 0.16 FN mm</p> <p>Rotational speed maximum 1390 RPMX 1/min</p> <p>CO₂ EMISSIONS</p> <p>Carbon dioxide emission per component 0.576 CPC g</p> <p>Work per component 0.00144 WPC kWh</p> <p>Show detail Knowledge</p> </div> </div>	32,0	2,5	0,19	226	4000	0,254
5. Розточити отвір Ø20,5 на l = 32 мм.							

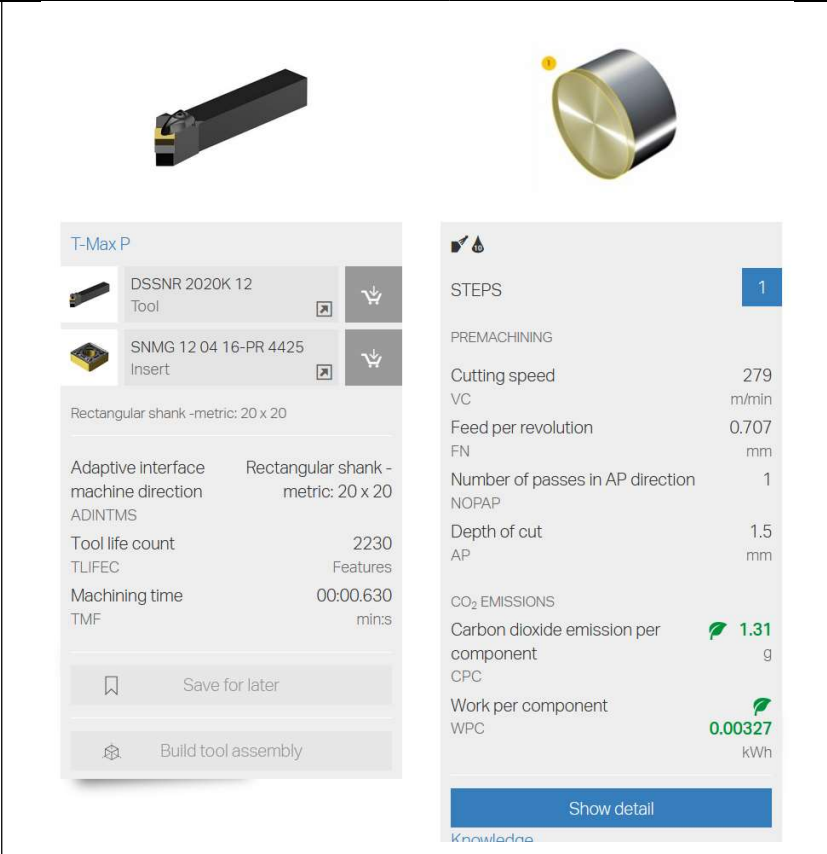
Но мер опе рац ії	Режими різання						
	Назва та зміст операції	L, мм	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	T _o . хв
							
	6. Точити фаску 1,5x45 мм.	1,5	1,5	0,707	279	4000	0,118

Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ

Арк.

36

Но мер опе рац ії	Режими різання						
	Назва та зміст операції	L, мм	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	T _o . хв
							
	7. Нарізати різьбу M42x2 на l – 26 мм.	26,0	1,5	2	160	1210	0,455

Но мер опе рац ії	Режими різання						
	Назва та зміст операції	L, мм	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	T _о . хв
	8. Фрезерувати шпонковий паз $b = 6, R3$ на $l = 16$ мм.	16	6	0,0185	170	1330	0,831

Но мер опе рац ії	Режими різання						
	Назва та зміст операції	L, мм	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	T _o . хв
020	Вертикально-свердлильна з ЧПК 1. Центрувати 4 отвори під різьбу М6	5	1,5	0,12	480	4000	0,420
	Свердло центрове ДСТУ ISO 2541:2018						
	2. Свердлити 4 отв. Ø5 під різьбу М6 на $l = 20$ мм. Зняти фаску в 4-х отворах $0,5 \times 45^\circ$	20	2,5	0,12	480	4000	0,686
	Інструмент спеціальний, свердло комбіноване						
3. Нарізати різьбу М6 на $l = 15$ мм.	15	0,5	0,8	62,8	1910	0,402	
	Набір з трьох мітчиків ДСТУ EN ISO 11148-3:2014						

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		39

2.8 Нормування технологічних переходів

Технічне нормування встановлює технічно обґрунтовану норму витрат виробничих ресурсів – робочого часу, енергії, сировини, матеріалів тощо.

При дрібносерійному виробництві застосовується метод нормування за допомогою порівняння і розрахунку за типовими нормами.

Розрахунок норм часу ведемо за загальномашинобудівними нормативами часу.

Розрахунок норм часу для операції відрізка. Визначаємо розрахункову довжину обробки за формулою (2.13):

$$L = l + l_{\text{під}} + l_{\text{сх}} + l_{\text{вр}}, \quad (2.13)$$

де $l_{\text{під}}$ - довжина підведення;

$l_{\text{сх}}$ - довжина сходження;

$l_{\text{вр}}$ - довжина врізання.

Далі в таблиці 2.7 наведено результати розрахунку часу на виготовлення деталі «Втулка різьбова 8ВП.215.110».

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

Таблиця 2.7 – Результати розрахунку часу на виготовлення деталі «Втулка різьбова 8ВП.215.110».

Операція	Зміст операції	Час, хв
005 Заготівельна	1. Основний час	
	2. Допоміжний час	2,3
	3. Час на обслуговування робочого місця	1,1
	4. Час на відпочинок	0,29
	5. Оперативний час	0,09
	6. Штучно-калькуляційний час	2,31
		4,3
010 Токарна з ЧПК	1. Основний час	
	2. Допоміжний час	1,08
	3. Час на обслуговування робочого місця	0,16
	4. Час на відпочинок	0,02
	5. Оперативний час	0,027
	6. Штучно-калькуляційний час	1,24
		2,53
015 Слюсарна	1. Основний час	
	2. Допоміжний час	1,2
	3. Час на обслуговування робочого місця	0,18
	4. Час на відпочинок	0,03
	5. Оперативний час	0,162
	6. Штучно-калькуляційний час	2,03
		2,31
020 Вертикально-свердлильна з ЧПК	1. Основний час	
	2. Допоміжний час	1,36
	3. Час на обслуговування робочого місця	0,38
	4. Час на відпочинок	2

Операція	Зміст операції	Час, хв
	5. Оперативний час	0,162
	6. Штучно-калькуляційний час	2,03
		2,09

2.9 Розроблення керуючих програм для верстатів із ЧПК

Процес розроблення керуючої програми починається з побудови 3D-моделі деталі в CAD/CAM-системі. На підставі цієї 3D-моделі проєктують керуючу програму і карту налагодження верстата з ЧПК.

Керуюча програма було написано в системі програмного забезпечення FeatureCAM для верстата (Рисунок 2.1).

Це система для швидкої підготовки керуючих програм, заснована на розпізнаванні типових елементів (під визначення «типові елементи», «Features», потрапляють такі геометричні об'єкти деталі, як: отвори, кишені, канавки, бобишки, стінки тощо). Ця система призначена для складання керуючих програм для широкої гами верстатів: токарних, фрезерних, токарно-фрезерних, електроерозійних верстатів і обробних центрів різного типу. Перевага FeatureCAM перед іншими CAM-системами - високий ступінь автоматизації прийняття рішень [9];

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		



Рисунок 2.1 – Токарний верстат HAAS ST-10

У базі знань системи закладено типові технології обробки різних елементів з рекомендованим інструментом і режимами різання (типові технології та режими можна налаштувати під своє виробництво і традиції обробки) [6]. Процес розроблення керуючої програми починається з побудови 3D-моделі деталі в CAD/CAM-системі. На підставі 3D-моделі проектується керуюча програма і розробляється технологічний документ - карта налагодження верстата з ЧПК [10];

У програмному забезпеченні FeatureCAM представлено етапи аналізу обробки фрагментів операції 010 Токарна з ЧПК, для виготовлення деталі «Втулка різьбова 8ВП.215.110».

В таблиці 2.8 представленні основні характеристики використаного верстату, який був задіяний в процесі виготовлення цієї деталі.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики верстата.

Макс. діаметр обточування	мм	305 мм
Максимальна довжина заготовки	мм	530 406 мм
Максимальний діаметр деталі	мм	419 210 мм
Переміщення по осям X/Z	мм	200/406
Макс. потужність	кВт	11,2
Макс. крутний момент	Н · м	102
Макс. частота обертання шпинделя	об\хв	6000
Кількість інструментів	Шт.	12
Вага верстата	Кг	3585
Ширина × глибина × висота	мм	3200 x 1780 x 2060
Система управління	HAAS	

1. Створення об'ємного вигляду деталі (3D) – Рисунок 2.2

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		44

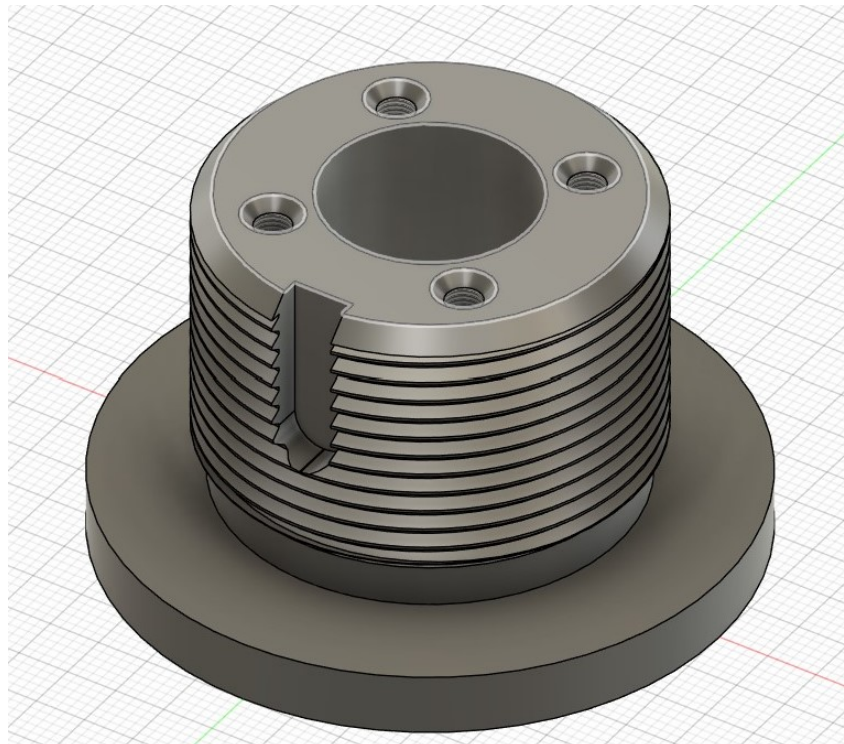


Рисунок 2.2 - 3D вид деталі

2. Вибір системи координат для заготівки – Рисунок 2.3

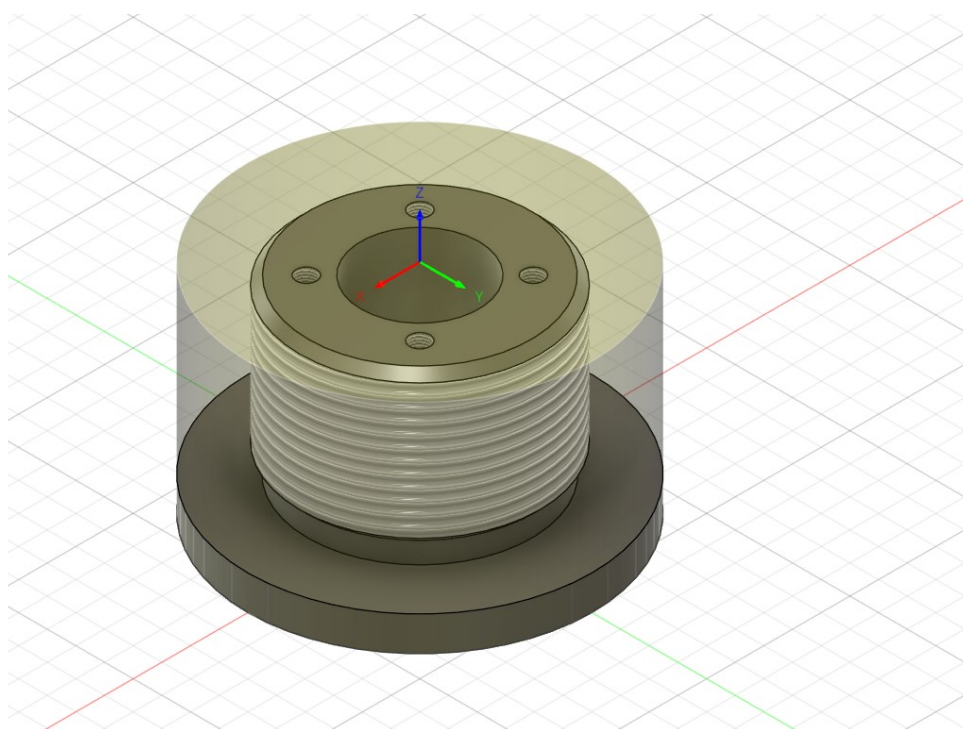


Рисунок 2.3 – Вибір системи координат для заготовки

3. Чорнове обточування $\varnothing 62$ - Рисунок 2.4

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		45

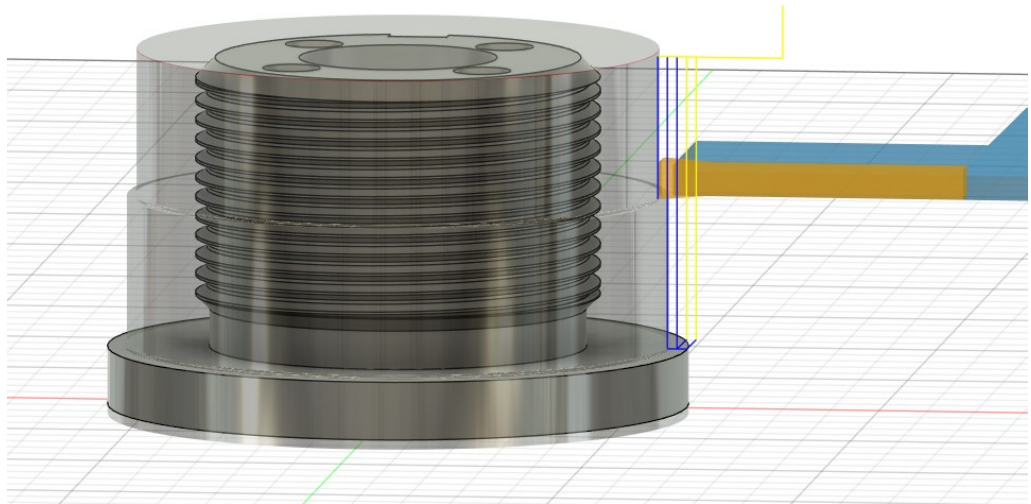


Рисунок 2.4 - Чорнове обточування $\varnothing 62$

4. Чистове обточування $\varnothing 60$ – Рисунок 2.5

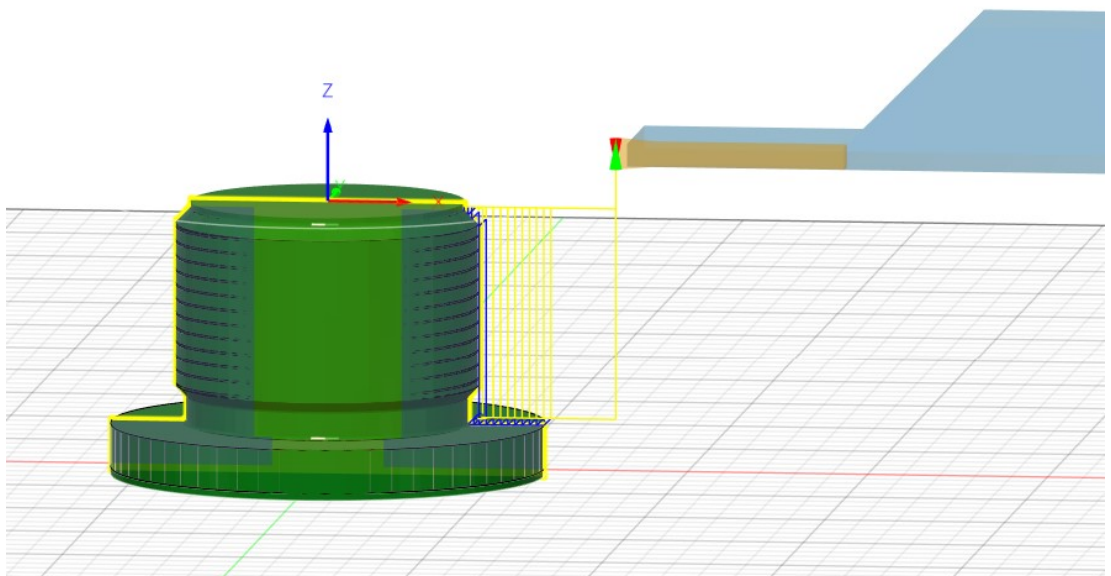


Рисунок 2.5 - Чистове обточування $\varnothing 60$

Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ

Арк.

46

5. Нарізання різьби M42x2 – Рисунок 2.6

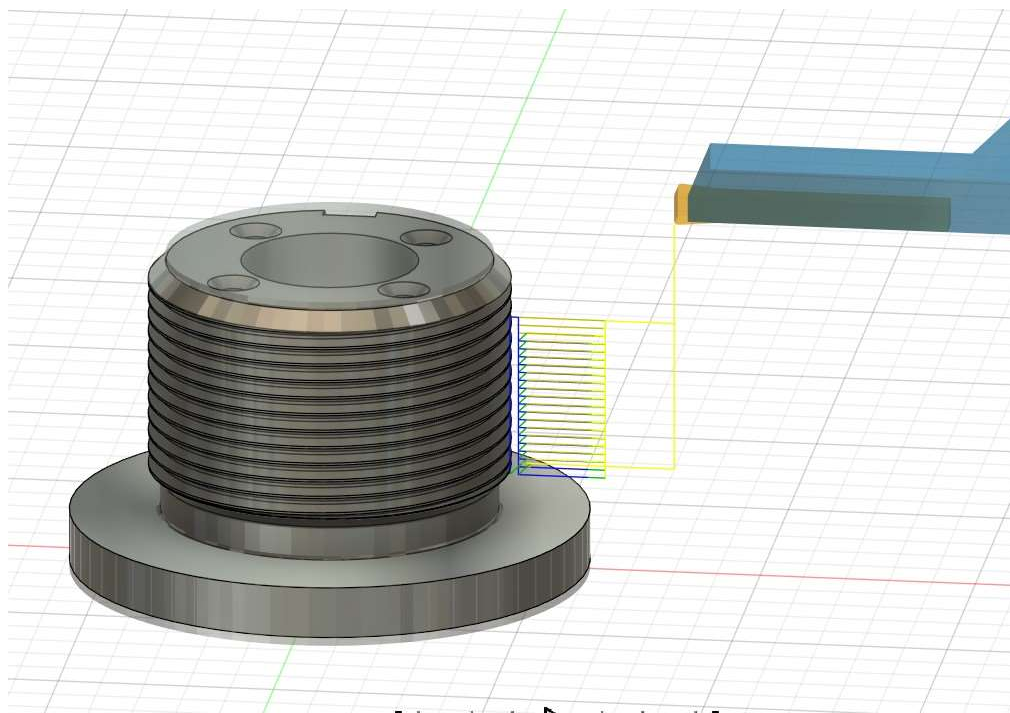


Рисунок 2.6 - Нарізання різьби M42x2

6. Фрагмент керуючої програми (G-code) – рисунок 2.7

```
00001
N1 G21
N2 G91 G28 X0 Y0 Z0

N3 (CNMG 431 80DEG SQR HOLDER)
N4 (20MM CRB 2FL 38 LOC)
N5 T05 M06
N6 S3323 M03
N7 G90 G54 G00 X0 Y0
N8 G43 Z-19.5 H05 M08
N9 G01 Z-25.75 F185.687
N10 G17 X2.938 F371.374
N11 G03 I-2.938 J0 F742.749
N12 G01 X10.938
N13 G03 I-10.937 J0
N14 G01 X18.938
N15 G03 I-18.937 J0
N16 G01 X26.938
N17 G03 I-26.938 J0
N18 G01 X34.938
N19 G03 I-34.938 J0
N20 I-34.938 J0
N21 G01 X0
N22 G00 Z-19.5
N23 Z-23.25
N24 G01 Z-26. F185.687
N25 X2.938 F371.374
N26 G03 I-2.938 J0 F742.749
N27 G01 X10.938
N28 G03 I-10.937 J0
N29 G01 X18.938
N30 G03 I-18.937 J0
N31 G01 X26.938
```

Рисунок 2.7 - Фрагмент керуючої програми (G-code)

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		47

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування верстатного пристрою для закріплення деталі при механічному обробленні

3.1.1 Опис та принцип роботи пристрою

На торцевій поверхні деталі «втулка різьбова» знаходиться 4 різьбових отвори М6, які обробляються на вертикально-свердлувальному верстаті 2Р135Ф2. Для цієї операції спроектовано спеціальний пневматичний пристрій.

Деталь «втулка різьбова» встановлюється на горизонтальну поверхню опори поз.8 плоскою поверхнею торця. Ця поверхня торця деталі слугує головною установчою базою. Центральний отвір $\varnothing 20$ деталі «втулка різьбова» слугує напрямною установчою базою, по якій деталь встановлюється на циліндричну поверхню цангової оправки поз.3. Бокова циліндрична поверхня торця $\varnothing 60$ слугує опорною установчою базою, оскільки вона встановлюється до упора в вушко поз. 19. Таким чином дотримується правило шести степенів вільності.

Заготовка затискається завдяки пелюсткам цангової оправки по отвору $\varnothing 20$ під час дії на оправку кулачка поз. 6. Затискання відбувається внаслідок дії кулачка поз. 6 на пружні пелюстки цангової оправки (після дії кулачка вони розтискаються в радіальному напрямку).

До руху кулачок приводить штанга поз. 5, на яку посаджено кулачок, і яка рухається в вертикальному напрямку.

Штанзі поз. 5 надає зворотно-поступального руху пневматична камера, з якою він з'єднаний штовхачем поз.7.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

3.1.2 Розроблення схеми затискання деталі

Для розрахунку зусилля затискання деталі спочатку необхідно розрахувати значення обертового моменту, який виникає при свердлуванні отвору $\varnothing 5$ мм.

Значення обертового моменту M розраховується за формулою:

$$M = C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot k_p, \text{ кг} \cdot \text{м},$$

де $C_M = 0,0345$; $q = 2$; $y = 0,8$;

$k_p = k_{Mp}$ - коефіцієнт залежності від оброблюваного матеріалу; $k_{Mp} = \left(\frac{R_m}{750}\right)^n = \left(\frac{500}{750}\right)^{0,75} = 0,74$;

D - діаметр свердла, $D = 5$ мм;

S - подача свердла, $S = 0,1$ мм/об.

Маємо:

$$M = 0,0345 \cdot 5^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,74 = 0,102 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахункову схему для визначення затискного зусилля Q наведемо на рисунку

3.2.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

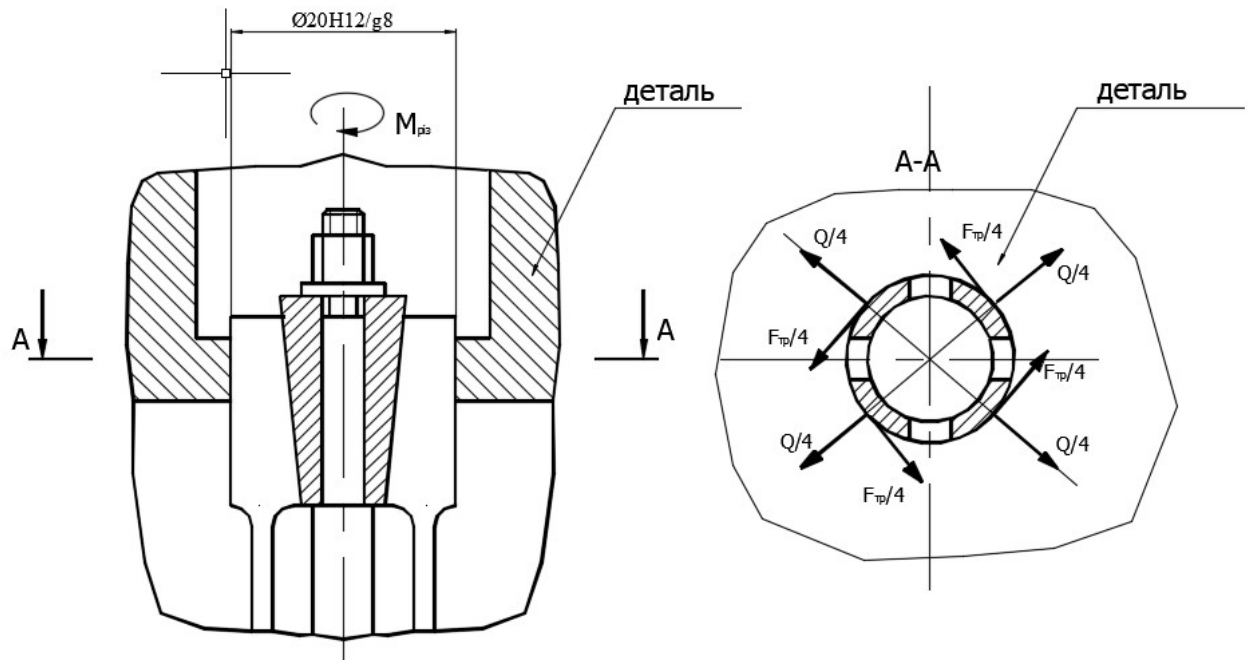


Рисунок 3.2 - Схема дії сил в пристрої під час свердлування

В процесі свердлування обертовий момент M намагається повернути заготовку навколо її осі. Перешкоджати цьому повинні моменти від сил тертя, що виникають внаслідок дії зусилля затискання Q .

Умова статичної рівноваги деталі в пристрої буде мати вигляд:

$$Q \cdot f \cdot D/2 \geq M_{різ} \cdot k, H \cdot м,$$

де $M_{різ}$ - момент від дії сил різання, виникаючих при свердлуванні отвору $\varnothing 5$, $M_{різ} = 0,102H \cdot м$.

f - коефіцієнт тертя по поверхні контакту цанги та деталі, $f = 0,2$;

D - діаметр установчої шийки цанги, $D = 20мм$;

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		51

Q - затискне зусилля від цанги пристрою;

k - коефіцієнт запасу:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6,$$

де $k_0 = 1,5$ - нормативний коефіцієнт запасу;

$k_1 = 1,0; k_2 = 1,0; k_3 = 1,0; k_4 = 1,0; k_5 = 1,0; k_6 = 1,5$.

Отже,

$$k = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 2,25.$$

Затискне зусилля деталі:

$$Q = \frac{M_{\text{різ}} \cdot k}{f \cdot D/2} = \frac{102 \cdot 2,25}{0,20 \cdot 20/2} = 115 \text{кг} = 1150 \text{Н}.$$

3.1.3 Розрахунок розмірів пневматичного приводу пристрою для свердлування

Для проектування пневматичного приводу необхідно знати діаметр мембрани пневмокамери та діаметр тарілок поз.16, 17 (рис. 3.3).

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

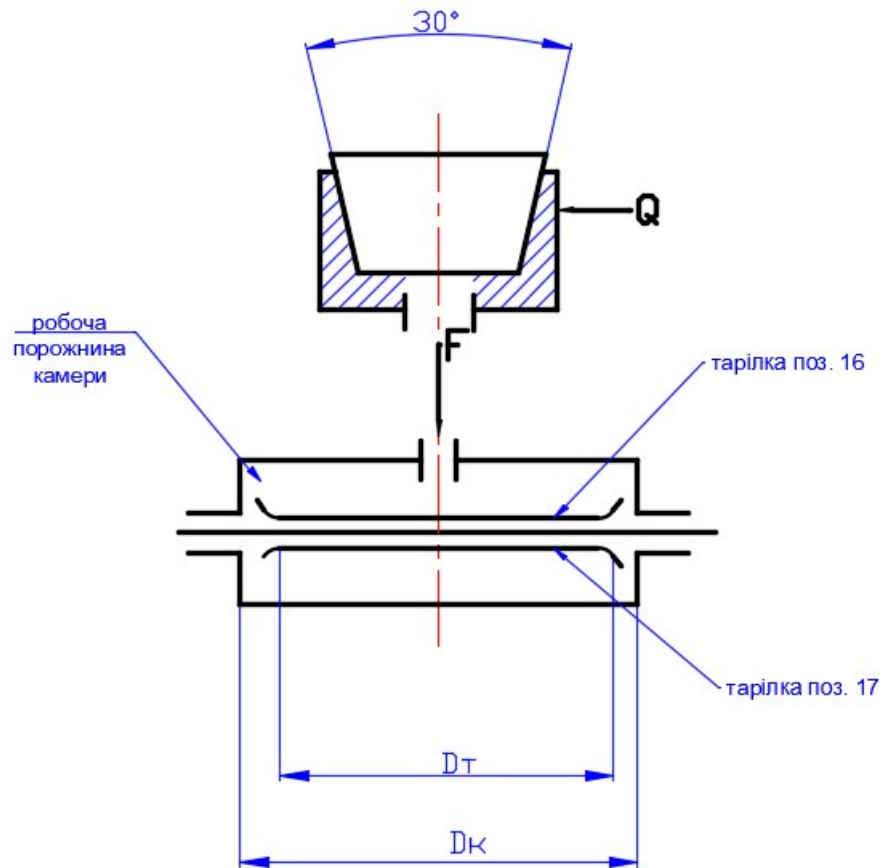


Рисунок 3.3 – Схема для розрахунку розмірів пневматичного приводу пристрою

Для забезпечення розрахункового значення зусилля затискання Q слід визначити зусилля F на штокові пневматичної камери.

Зусилля на штокові пневматичної камери:

$$F = Q \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)$$

де α - кут конуса цанги, $\alpha = 30^\circ$ (рис. 3.3);

φ - кут тертя, $\varphi = 2^\circ$.

Отже:

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

$$F = 1150 \cdot \operatorname{tg}(30^\circ + 2^\circ) = 713 \text{ Н}.$$

Проведемо розрахунок діаметру камери пневматичної D_k :

$$D_k = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot \rho \cdot \eta} + d_{um}^2},$$

де Q - затискне зусилля;

ρ - тиск стислого повітря в порожнині пневматичної камери, приймаємо $\rho = 0,4 \text{ МПа}$;

η - коефіцієнт корисної дії, $\eta = 0,95$.

Отже,

$$D_k = \sqrt{\frac{4 \cdot 1150}{\pi \cdot 0,4 \cdot 0,95} + 40^2} = 74 \text{ мм}.$$

Приймаємо із стандартизованого ряду: $D_k = 80 \text{ мм}$.

Діаметр тарілки становить:

$$D_m = 0,75 \cdot D_k = 0,75 \cdot 80 = 60 \text{ мм}.$$

Знаходимо фактичне зусилля на штокові:

$$F_\phi = \frac{\pi \cdot (D^2 - D_m^2)}{4} \cdot \rho \cdot \eta = \frac{\pi \cdot (80^2 - 60^2)}{4} \cdot 0,63 \cdot 0,95 = 1315 \text{ Н}.$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

При розробленні конструкції пристрою призначаємо наступні геометричні параметри цангової оправки:

— $S = 0,1$ см; $D = 3,0$ см; $z = 4$; $\alpha_1 = \pi/2$; $l = 3,0$ см.

E - модуль пружності сталі, $E = 2,1 \cdot 10^6$ кг/см²;

t - стріла прогину пелюстка цанги, $t = \delta$;

δ - зазор між цангою та заготовкою до початку затискання, тобто в посадці, $\delta = 0,059$ мм;

Схема цанги наведена на рис.3.4.

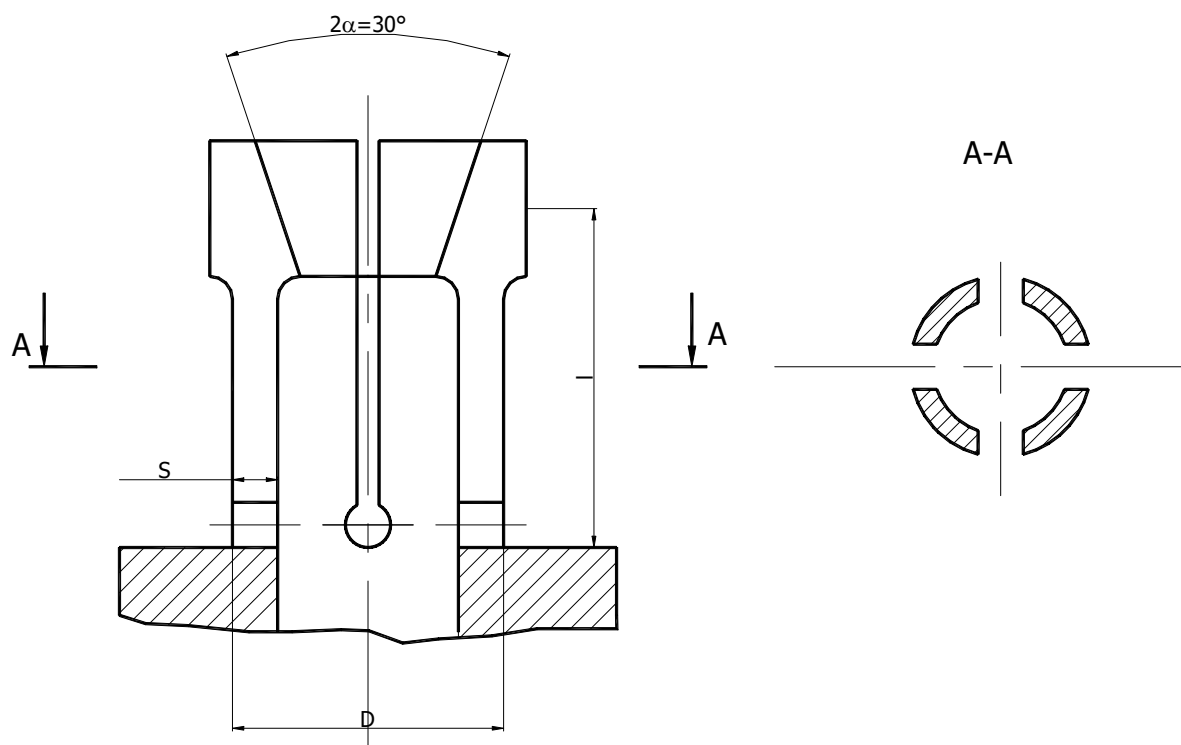


Рисунок 3.4 – Конструктивні параметри цанги

Геометричні параметри цангової оправки:

— α - половина кута конуса цанги, $\alpha = 15^0$;

— φ - кут тертя, $\varphi = 2^0$;

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

— f - коефіцієнт тертя конусної поверхні, $f = 0,1$.

Розміри пневматичної камери пристрою: діаметр мембрани $D = 80$ мм, діаметр тарілок $D_m = 60$ мм, товщина плоскої мембрани $c = 4$ мм, тиск стислого повітря в пневматичній камері $p = 0,63$ МПа.

3.1.2 Розрахунок на міцність найбільш навантаженої деталі пристрою

Різьбовий кінець штовхача поз.7 є найбільш навантаженою деталлю, оскільки він знаходиться під дією зусилля F_ϕ .

Умова міцності:

$$\delta_p = \frac{F_\phi}{S} \leq [\delta_p],$$

де δ_p - напруження розтягування в небезпечних перетинах;

F_ϕ - фактичне зусилля, яке діє на штовхач;

S - площа безпечного перетину штовхача:

$$S = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}, \text{ мм}^2,$$

d_1 - внутрішній діаметр різьби М6; для вказаної різьби $d_1 = 5,2$ мм.

Отже,

$$S = \frac{3,14 \cdot 5,2^2}{4} = 21,23 \text{ мм}^2;$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

$[\delta_p]$ - допустиме напруження розтягування; для штовхача із сталі 45 - $[\delta_p] = 2400 \text{ МПа}$.

Отже, напруження в небезпечній зоні становить:

$$\delta_p = \frac{1315}{21,23} = 62 \text{ МПа.}$$

Умова міцності $\delta_p \leq [\delta_p]$ виконується: $62 \leq 240$.

3.1.3 Розрахунок пристрою на точність

Допустима точність пристрою визначається за формулою:

$$\varepsilon_{np}^{\partial} = T - k\omega = 0,10 - 1,2 \cdot 0,05 = 0,94 \text{ мм,}$$

де $T=0,10$ мм – допуск на розмір;

$k=1,2$ – коефіцієнт точності оброблення;

$\omega=0,05$ – коефіцієнт економічної точності оброблення.

Сумарна похибка пристрою:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{н.з.}^2},$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

де ε_{δ} – похибка базування. В даному випадку $\varepsilon_{\delta}=0$ оскільки присутнє суміщення вимірювальної бази з технологічною базою.

ε_3 - похибка закріплення, в даному випадку $\varepsilon_3=0$ мм; оскільки маємо пневматичний пристрій;

$\varepsilon_{н.з.}$ - похибка положення заготовки.

Похибка положення заготовки в пристрої:

$$\varepsilon_{н.з.} = \sqrt{\varepsilon_{ор.е}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_{ор.пр}^2}$$

де $\varepsilon_{ор.е} = 0$ - похибка орієнтації базових елементів (відсутні напрямні елементи пристрою);

$\varepsilon_{зн}=0,04$ мм - похибка зношування базових елементів;

$\varepsilon_{ор.пр}=0$ - похибка орієнтації пристрою на верстаті

Отже:

$$\varepsilon_{н.з.} = \sqrt{0,04^2} = 0,04\text{мм.}$$

Фактична похибка пристрою:

$$\varepsilon_{пр} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_n^2} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 0,04^2 + 0^2} = 0,04\text{мм}$$

Висновок: схема базування є раціональною, оскільки виконується умова:

$$\varepsilon_{пр} < \varepsilon_{пр}^{\delta}. (0,04 < 0,04)$$

Величину допуску вказуємо в технічних вимогах на складальному кресленіку пристрою.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

3.2 Проектування контрольного інструменту

За ISO 965-1:1998 визначають основні розміри різьби M42x2-6g: зовнішній діаметр $d = 42$ мм; середній діаметр $d_2 = 40,701$ мм; внутрішній діаметр $d_1 = 39,835$ мм.

За ISO 965-3:1998 знаходять граничні відхилення діаметрів різьби: нижнє відхилення $d, d_2, d_1, es = -38$ мкм; нижнє відхилення $d, ei_d = -318$ мкм; нижнє відхилення $d_2, ei_{d2} = -208$ мкм.

Складаємо схему розташування полів допусків різьбових калібрів-пробок. Визначають відхилення і допуски калібрів і наносять їх на схему (рис. 3.5, 3.6):

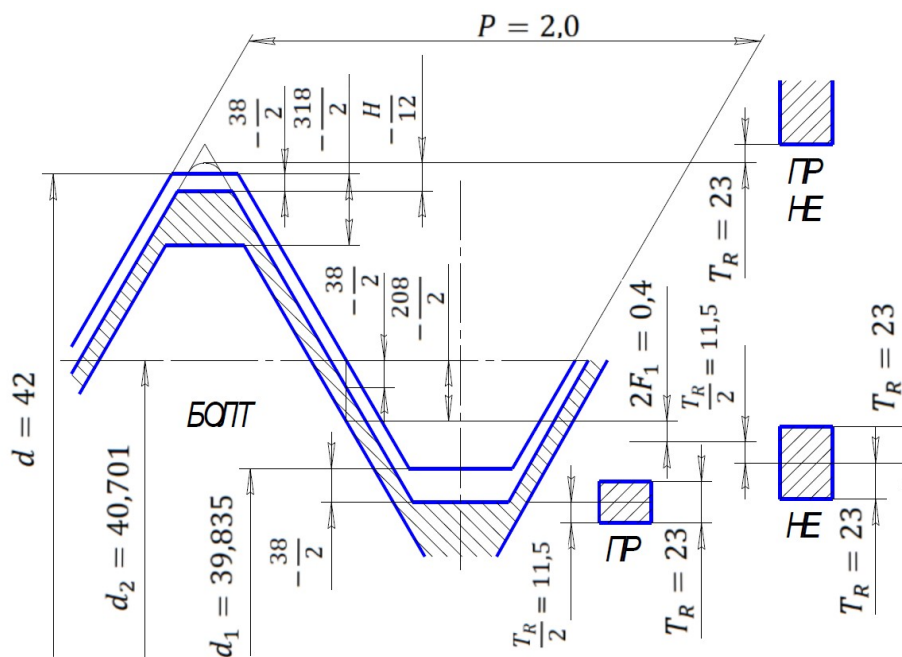


Рисунок 3.5 - Схема розташування полів допусків зовнішньої різьби і калібрів-кілець ПР і НЕ

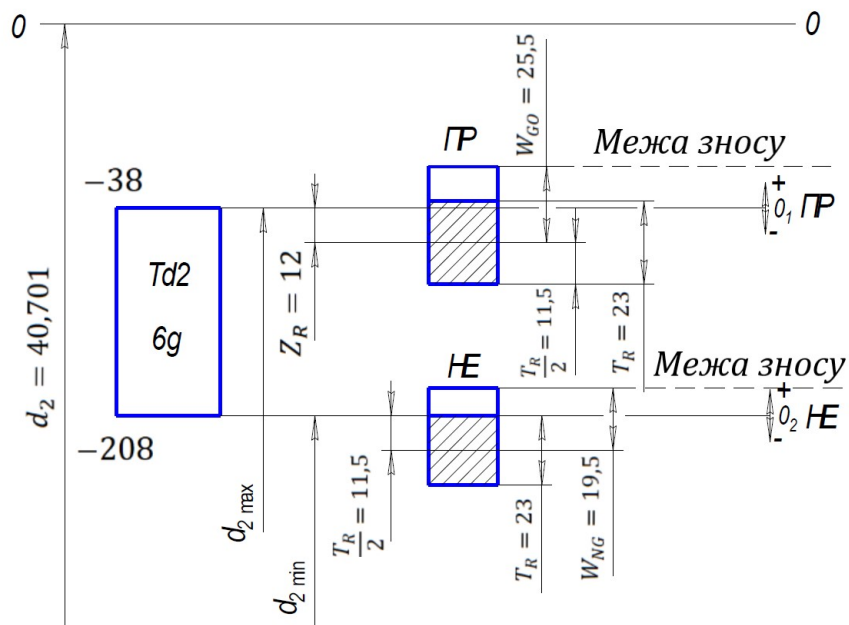


Рисунок 3.6 - Схема розташування полів допусків на калібр-кільце ПР і НЕ

Найменший граничний зовнішній діаметр:

$$D_{min} \text{ ПР} = d + es_d + T_R + \frac{H}{12} = 42 - 0,038 + 0,023 + 0,144 = 42,083 \text{ мм};$$

Найменший граничний середній діаметр:

$$D_{2min} \text{ ПР} = d_2 + es_{d_2} - Z_R - \frac{T_R}{2} = 40,701 - 0,038 + 0,012 + 0,0115 = 40,6395$$

мм;

Найменший граничний внутрішній діаметр:

$$D_{1min} \text{ ПР} = d_1 + es_{d_1} - \frac{T_R}{2} = 39,835 - 0,038 + 0,012 + 0,0115 = 39,7855 \text{ мм};$$

Відповідно до рисунків визначають допуски на виготовлення калібру (рис.3.6):

допуск середнього діаметра ПР різьбового калібру-кільця

$$TD_2 \text{ ПР} = T_R = 0,023 \text{ мкм};$$

допуск внутрішнього діаметра ПР різьбового калібру-кільця

$$TD_1 \text{ ПР} = T_R = 0,023 \text{ мкм};$$

Виконавчі розміри ПР різьбового калібру-кільця:

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		60

зовнішній діаметр 41,730 min по канавці або радіусу;

середній діаметр $40,6395^{+0,023}$ мм;

внутрішній діаметр $39,7855^{+0,023}$ мм.

Розмір зношеного ПР різьбового калібру-кільця за середнім діаметром:

$$D_{2\text{ПР}_{\text{ЗН}}} = d_2 + es_{d_2} - Z_R + W_{GO} = 40,701 - 0,038 - 0,012 + 0,0255 = 40,6765$$

мм;

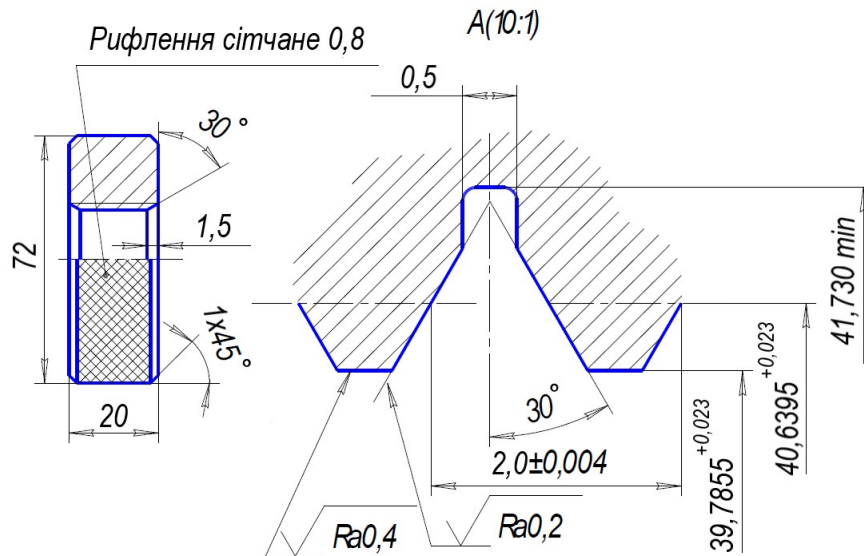


Рисунок 3.6 - Виконавчі розміри ПР різьбового калібру-кільця

Для непрохідного (НЕ) різьбового калібру-кільця:

найменший граничний зовнішній діаметр

$$D_{min\text{HE}} = d + es_d + T_R + \frac{H}{12} = 42 - 0,038 + 0,023 + 0,144 = 42,129 \text{ мм};$$

Найменший граничний середній діаметр

$$D_{2min\text{HE}} = d_2 + ei_{d_1} - T_R = 40,701 - 0,318 - 0,023 = 40,360 \text{ мм};$$

Найменший граничний внутрішній діаметр

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

$$D_{1min} HE = d_2 + ei_{d_2} - 2F_1 - \frac{T_R}{2} - T_R = 40,701 - 0,208 - 0,4 - 0,0115 - 0,023 = 40,0585 \text{ мм};$$

Відповідно до рисунків визначають допуски на виготовлення калібру(рис.3.7):

допуск середнього діаметра HE різьбового калібру-кільця

$$TD_2 HE = T_R = 0,023 \text{ мкм};$$

допуск внутрішнього діаметра HE різьбового калібру-кільця

$$TD_2 HE = 2T_R = 2 * 0,023 = 0,046 \text{ мкм};$$

Виконавчі розміри HE різьбового калібру-кільця:

зовнішній діаметр 41,730 min по канавці або радіусу;

середній діаметр $40,360^{+0,023}$ мм;

внутрішній діаметр $40,0585^{+0,046}$ мм.

Розмір зношеного HE різьбового калібру-кільця за середнім діаметром:

$$D_{2HE_{зн}} = d_2 + ei_{d_2} - \frac{T_R}{2} + W_{NG} = 40,701 - 0,208 - 0,0115 + 0,0195 = 40,501$$

мкм.

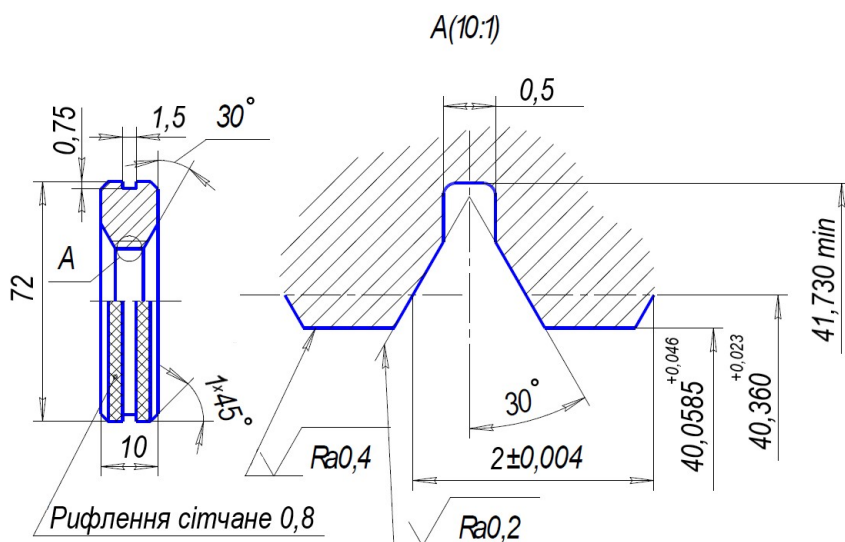


Рисунок 3.7 – Виконавчі розміри HE різьбового калібру-кільця

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		62

3.3 Проектування спеціального різального інструменту

Найбільш ефективний спосіб підвищення продуктивності – це концентрація операцій чи переходів. Але за високої концентрації операцій підвищується складність обладнання, що призводить до збільшення собівартості продукції. Концентрація переходів підвищує складність інструменту.

Максимальна ефективність концентрації операцій чи переходів досягається за рахунок застосування комбінованих інструментів.

В даній роботі проектується комбінований інструмент для операції 020 – вертикально-свердлильна з ЧПК, на якій обробляються 4 отвори $\varnothing 5$ мм з фаскою $0,5 \times 45^\circ$ під різьбу М6 (рис. 3.9).

Розрахункові значення спеціального інструменту свердло-зенківка:

Діаметр свердла - $\varnothing 5h12$;

Довжина різучої частини – 20 мм;

Кут при вершині свердла (2φ) - 118° ;

Кут нахилу спіральної канавки (ω) - 30° ;

Кут нахилу поперечної кромки (ψ) - 55° ;

Задній кут (α) - 16° ;

Передній кут (γ) - 34° ;

Діаметр зенківки – 10 мм;

Задній кут (α) - 20° ;

Кут зенкування (β) - 90° ;

Кут при вершині зенківки (2φ) - 60° ;

Зенкер кріпиться до свердла гвинтом М3.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

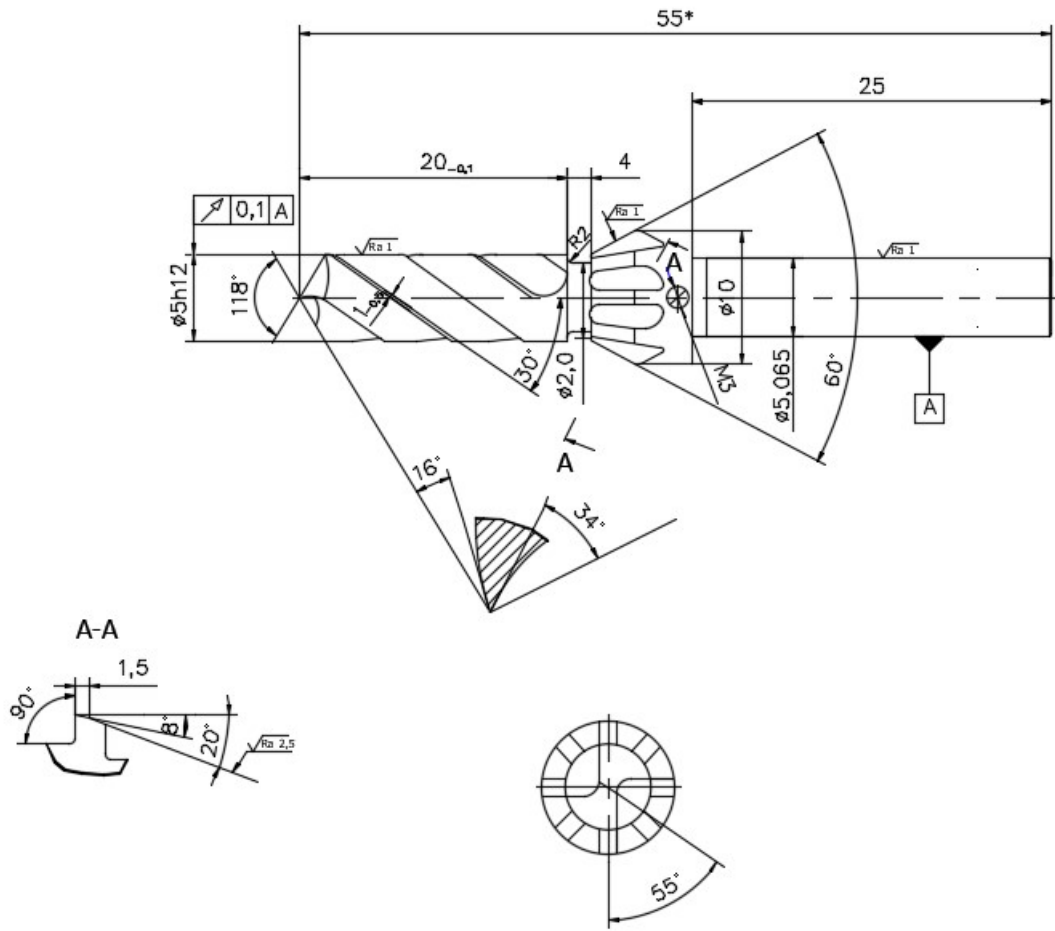


Рисунок 3.9 – Комбінований інструмент свердло-зенківка

Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ

Арк.

64

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Правові та організаційні питання забезпечення безпеки праці

Правові та організаційні питання забезпечення безпеки праці охоплюють широкий спектр аспектів, включаючи нормативно-правове регулювання, організацію систем безпеки, а також впровадження сучасних технологій для захисту критичної інфраструктури. Наприклад, в Україні розроблено аналітичні доповіді, які висвітлюють теоретичні та практичні підходи до забезпечення безпеки критичної інфраструктури чи міжнародний досвід покращення умов праці.

Регулювання безпеки праці в законодавстві України здійснюється через низку нормативно-правових актів, які встановлюють вимоги до умов праці, обов'язки роботодавців і працівників, а також механізми контролю та відповідальності. Основні документи, що регулюють цю сферу:

Конституція України – гарантує право на безпечні умови праці.

Кодекс законів про працю України (КЗпП) – містить норми щодо охорони праці, обов'язки роботодавця та права працівників.

Закон України "Про охорону праці" – основний нормативний акт, який визначає систему управління безпекою праці.

Галузеві нормативні акти – правила безпеки для конкретних сфер (будівництво, медицина, промисловість).

Державні стандарти та санітарні норми – визначають вимоги до робочих місць, спецодягу, засобів захисту тощо.

Закон України "Про охорону праці" визначає основні положення щодо забезпечення безпечних умов праці та реалізації конституційного права громадян на охорону їхнього життя і здоров'я в процесі трудової діяльності. Далі наведено ключові аспекти цього закону [13].

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

1. **Право на безпечні умови праці**, відповідно до яких кожен працівник має право на умови праці, що є безпечними та нешкідливими та не загрожують його життю та здоров'ю.

Право на безпечні умови праці є одним із ключових соціальних прав людини, закріплених в Конституції України та регульованих низкою законодавчих актів. Це право передбачає, що кожен працівник має право працювати у безпечному середовищі, де мінімізовані ризики для його здоров'я та життя. Воно передбачає:

- **Безпечне робоче місце** – роботодавець зобов'язаний забезпечити умови, які відповідають державним стандартам безпеки.
- **Засоби індивідуального захисту** – працівник має право на спецодяг, маски, рукавиці та інші засоби захисту залежно від характеру роботи.
- **Навчання з охорони праці** – перед початком роботи та регулярно працівник проходить інструктаж та навчання з безпеки.
- **Контроль та перевірки** – державні органи здійснюють нагляд за дотриманням норм охорони праці.
- **Відповідальність роботодавця** – у разі порушення вимог безпеки передбачені штрафи, відшкодування збитків та інші заходи.

Це право гарантує, що кожен працівник може виконувати свої обов'язки в умовах, які не загрожують його життю і здоров'ю.

2. **Обов'язки роботодавця в сфері охорони праці** регламентуються законодавством України, зокрема Кодексом законів про працю та Законом України "**Про охорону праці**". Роботодавець несе відповідальність за створення безпечних умов праці для всіх працівників. **До основних обов'язків роботодавця з охорони праці** відносяться:

1. **Забезпечення безпечних умов праці** – організація робочих місць відповідно до стандартів безпеки та санітарних норм.
2. **Навчання та інструктажі** – проведення вступного, первинного, повторного, позапланового та цільового інструктажу.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

3. **Забезпечення засобами захисту** – видача працівникам спецодягу, засобів індивідуального захисту (каска, рукавиці, маски тощо).

4. **Оцінка та мінімізація ризиків** – проведення аналізу небезпек та запровадження заходів з їх усунення.

5. **Контроль та аудит** – систематичне перевіряння відповідності умов праці вимогам безпеки.

6. **Медичні огляди** – організація обов'язкових медичних оглядів працівників, особливо тих, хто працює у шкідливих або небезпечних умовах.

7. **Страховання від нещасних випадків** – роботодавець має забезпечити працівникам соціальний захист у разі виробничих травм.

8. **Відповідальність** – у разі порушення вимог охорони праці передбачені штрафи, відшкодування збитків, а в деяких випадках – кримінальна відповідальність.

3. **Контроль та нагляд** – державні органи здійснюють перевірку дотримання норм охорони праці.

Державна служба України з питань праці здійснює перевірку дотримання норм та законодавства з охорони праці. **Відповідальність за порушення** вимог з охорони праці – передбачає штрафи, відсторонення від роботи, а у випадках грубих порушень, що носять небезпеку життю та здоров'ю працівників – кримінальну відповідальність.

4. **Страховання від нещасних випадків** – працівники мають право компенсацію у разі травмування на виробництві [13]

4.2 Аналіз небезпек і шкідливостей та заходи по їх зменшенню під час виготовлення деталі «Втулка різьбова 8ВП.215.110»

При виготовленні деталі "Втулка різьбова 8ВП.215.110" зі сталі Ст3 можуть виникати різні небезпечні та шкідливі виробничі фактори. До них належать:

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

Фізичні фактори:

- висока температура при термічній обробці сталі, а значить, несприятливий мікроклімат робочих приміщень;
- надмірний рівень шуму та вібрації;
- шкідливі речовини та виробничий пил в повітрі робочих приміщень;
- електричний струм при роботі на верстатах;
- недостатній рівень освітлення;
- психофізіологічні фактори

Мікроклімат робочих приміщень забезпечується відповідно до Санітарних нормам мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99. Цей документ встановлює оптимальні та допустимі параметри температури, відносної вологості, швидкості руху повітря, а також теплового випромінювання для забезпечення комфортних і безпечних умов праці.

Довготривале перебування в умовах несприятливого мікроклімату може призвести до погіршення самопочуття, зниження продуктивності праці та виникнення захворювань. Завдання роботодавця полягає в створенні оптимальних або допустимих умов мікроклімату для збереження здоров'я працівників. Комфортні умови забезпечуються балансом температури, вологості й руху повітря.

Одним із ключових заходів профілактики в закритих виробничих приміщеннях є забезпечення регулярного провітрювання та підтримання нормального рівня мікроклімату. Основними характеристиками мікроклімату робочої зони є температура, вологість і швидкість руху повітря. Інтенсивність теплового випромінювання від нагрітих поверхонь також впливає на мікроклімат та стан здоров'я працівників.

Повітря робочих приміщень має відповідати санітарним нормам, визначеним постановою головного державного санітарного лікаря України. Параметри мікроклімату вимірюють на початку, середині та кінці робочої зміни, а також при найвищих і найнижчих термічних навантаженнях.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

Регулювання несприятливих умов мікроклімату досягається через комплекс заходів, таких як планування приміщень, розміщення обладнання, механізацію і автоматизацію процесів. У приміщеннях з надлишковим теплом використовують природну вентиляцію або встановлюють механічну вентиляцію. В місцях тепловиділення застосовуються місцеві витяжні системи. Невеликі закриті приміщення обладнують кондиціонерами з індивідуальним регулюванням [14].

Вентиляційні системи мають експлуатуватися відповідно до вимог стандартів, проходити регулярні профілактичні огляди та очищення. Інструментальна перевірка їх роботи здійснюється не менше одного разу на рік або після ремонтів. На підприємстві повинна функціонувати служба, що відповідає за безперебійну роботу вентиляції.

У металообробних цехах основними джерелами шкідливих речовин є процеси механічної та термічної обробки металів. Вони можуть включати:

пил та аерозолі, що утворюються при шліфуванні, різанні та поліруванні металів. Пил може містити частинки абразивного круга та оброблюваного матеріалу; газові викиди виникають при термічній обробці металів, при цьому виділяються аміак, ціанистий водень, продукти горіння мастил та інші токсичні речовини; масляні тумани, що виникають при використанні мастильно-охолоджувальних рідин на металообробних верстатах.

Ключовими нормативними документами, що регламентують допустимий вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони є Наказ МОЗ № 1596 та ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007. Вони встановлюють гігієнічні регламенти для хімічних і біологічних речовин, що можуть впливати на стан здоров'я працівників.

Захист від шкідливих речовин у металообробних цехах включає кілька основних методів:

технічні заходи:

- встановлення ефективних вентиляційних систем для видалення пилю, газів та парів;
- використання фільтрів та абсорбентів для очищення повітря;

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

- автоматизація процесів для зменшення контакту працівників із шкідливими речовинами;

організаційні заходи:

- регулярний моніторинг рівня забруднення повітря;
- оптимізація робочих процесів для мінімізації утворення шкідливих речовин;

- проведення інструктажів та навчання персоналу щодо безпечної роботи.

індивідуальний захист включає:

- використання респіраторів, захисних окулярів та спецодягу;
- дотримання правил особистої гігієни, включаючи миття рук та обличчя після роботи;

- використання кремів та засобів для захисту шкіри від агресивних речовин.

Шум і вібрації в металообробному цеху виникають через кілька основних факторів:

1. Робота обладнання – верстати, пресувальні машини, шліфувальні установки та інші механізми створюють інтенсивні коливання та шумові хвилі.

2. Різання, шліфування та фрезерування – процеси механічної обробки металу супроводжуються вібраціями та високочастотним шумом через контакт інструменту з матеріалом.

3. Неправильне кріплення деталей – слабе закріплення оброблюваних деталей або механізмів може спричиняти резонансні коливання.

4. Аеродинамічні ефекти – потоки повітря, що проходять через вентиляцію або працюючі механізми, можуть створювати додатковий шум.

5. Робота двигунів та трансмісій – електродвигуни, гідравлічні або пневматичні системи можуть генерувати низькочастотні вібрації та фоновий шум.

6. Резонансні ефекти в конструкціях – якщо будівельні конструкції (підлога, стіни, опорні балки) не мають достатнього демпфування, вони можуть посилювати шум і вібрації.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

Для зменшення цих впливів застосовують методи шумо- та віброзахисту, такі як демпфуючі матеріали, антивібраційні опори, шумоізоляційні панелі та правильне налаштування обладнання.

Рівень шуму в виробничих приміщеннях регламентується **Санітарними нормами виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6-039-99**. Цей документ встановлює допустимі рівні шуму, які забезпечують безпеку працівників на робочих місцях. Еквівалентний рівень шуму відображає середнє значення за зміну, а доза характеризує сумарну енергію шуму за зміну.

Рівень виробничої вібрації регламентується відповідно до ДСН 3.3.6-039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації

Освітлення робочих приміщень нормується відповідно до **ДБН В.2.5-28:2018 "Природне і штучне освітлення"**. Цей документ встановлює вимоги до проектування як природного, так і штучного освітлення для забезпечення комфортних та безпечних умов праці. Він охоплює різні аспекти, включаючи рівень освітленості, розташування джерел світла та їх характеристики.

Створення сприятливих умов освітлення в металообробному цеху має ключове значення для підвищення продуктивності праці, безпеки та комфорту працівників. До основних заходів відносяться:

- 1) правильний вибір джерел світла – використання енергоефективних світлодіодних (LED) або люмінесцентних ламп, які забезпечують яскраве та рівномірне освітлення.
- 2) зонування освітлення – диференційований підхід до освітлення робочих зон. У місцях точного оброблення металу необхідне більш інтенсивне локальне освітлення, тоді як у складських зонах достатньо загального освітлення.
- 3) оптимальна колірна температура – для роботи з металом рекомендується світло нейтральної (4000–5000К) або холодної (5000–6500К) температури, що зменшує втому очей і покращує видимість дрібних деталей.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

- 4) антиблікові заходи – використання матових або розсіюючих світильників для запобігання відблискам, які можуть перешкоджати точним операціям.
- 5) автоматичне регулювання освітлення – сенсорні системи контролю освітленості можуть адаптувати рівень світла залежно від природного освітлення, що зменшує енергоспоживання.
- 6) регулярне обслуговування – очищення світильників і заміна ламп гарантують стабільну якість освітлення.
- 7) дотримання нормативних вимог – відповідність освітлення стандартам [14].

Нервово-психічні навантаження регламентуються через аналіз психофізіологічних чинників, які впливають на працівників. Зокрема, до них належать розумова перенапруга, монотонність праці, емоційні перевантаження, а також перенапруження зорового, слухового та тактильного аналізаторів. Ці аспекти враховуються при оцінці умов праці для забезпечення безпеки та ефективності роботи.

У металообробному цеху нервово-психічні навантаження можуть бути значними через особливості виробничого процесу. Основними факторами, що спричиняють такі навантаження є:

- ✓ **Висока відповідальність за якість** – працівники повинні виконувати операції з високою точністю, що створює постійний психологічний тиск.
- ✓ **Шкідливі фактори середовища** – шум, вібрації, металевий пил, інтенсивне освітлення та підвищена температура можуть викликати втому та нервову напругу.
- ✓ **Монотонність роботи** – повторювані дії можуть спричинити психоемоційну втому та зниження концентрації.
- ✓ **Високий темп виробництва** – необхідність виконувати норму або працювати в умовах жорсткого графіка може призводити до стресу.
- ✓ **Взаємодія з небезпечним обладнанням** – робота з верстатами потребує постійної уваги, адже ризик травмування є високим.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

✓ **Перебування в замкнутому просторі – обмежений простір, мала кількість природного світла та висока щільність робочих місць можуть спричиняти дискомфорт і емоційну напругу.**

✓ **Відсутність соціальної підтримки – у деяких виробничих умовах відсутність ефективної комунікації з колегами або керівництвом може підсилювати нервово-психічне навантаження.**

Для зниження цих впливів використовують такі заходи:

- **Раціональна організація праці – чіткий розподіл навантаження, зміна видів діяльності та перерви для відпочинку.**
- **Поліпшення умов праці – встановлення шумо- та віброзахисту, оптимізація мікроклімату, ергономічність робочих місць.**
- **Психологічна підтримка – проведення тренінгів зі стресостійкості, забезпечення комфортного психологічного клімату в колективі.**
- **Автоматизація виробничих процесів – зменшення ручних операцій та підвищення точності обладнання.**
- **Мотиваційні програми – заохочення працівників, якість зворотного зв'язку та адекватна оцінка виконаної роботи.**

Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини, регламентується нормами охорони праці та техніки безпеки. Зокрема, це питання регулюється такими документами: ДСТУ Б В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах. Цей документ встановлює вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом та спрямовані на мінімізацію ризиків ураження електричним струмом і забезпечення безпеки працівників.

Методами захисту від ураження електричним струмом у металообробному цеху, які допомагають мінімізувати ризики ураження електричним струмом є організаційні заходи, технічні заходи, індивідуальні заходи безпеки, контрольні та профілактичні заходи:

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

Організаційними заходами є проведення регулярних інструктажів з електробезпеки, обов'язкове навчання працівників правилам роботи з електрообладнанням, позначення зон з підвищеною небезпекою (наприклад, табличками "Висока напруга"), контроль за дотриманням правил безпеки через регулярні перевірки.

Технічними заходами є заземлення обладнання – зменшення ризику пробією напруги через корпуси машин; використання автоматичних вимикачів – встановлення пристроїв захисту від коротких замикань та витоку струму;

перевірка ізоляції проводів – регулярна діагностика кабелів та електрообладнання для запобігання пошкодженням; захисні кожухи на електрообладнанні – запобігання випадковому контакту з провідниками струму.

Засоби індивідуального захисту – використання діелектричних рукавичок та килимків при роботі з високовольтним обладнанням, робота тільки в сухому взутті для запобігання провідності електричного струму, уникнення контакту з мокрими або металевими поверхнями, якщо є ризик ураження струмом.

Контроль та профілактика – регулярне технічне обслуговування обладнання, проведення перевірок захисного обладнання (автоматичні вимикачі, реле захисту), моніторинг напруги та стану електромережі для запобігання аварійним ситуаціям, використання систем аварійного вимкнення живлення.

Дотримання вищезазначених правил та вимог нормативних документів, створення безпечних умов роботи працівників металообробних цехів призведе до зменшення травматизму, професійних захворювань, а значить до зростання економічної ефективності підприємства.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті було проаналізовано матеріал заготівлі. Проведено вибір виду і способу отримання заготовки. В технологічному розділі спроектовано технологічного маршруту та технологічні операції оброблення деталі. Розраховано припуски і технологічні розміри на основні поверхні. Проведено розрахунок режимів різання та норм часу. Розроблено програми для керування верстатом з ЧПК за допомогою САМ програм. В конструкторському розділі спроектовано верстатний пристрій для закріплення деталей при свердлуванні. В розділі охорона праці проаналізовано небезпеки та шкідливості встановлено заходи по їх зменшенню під час виготовлення деталі «Втулка різьбова 8ВП.215.11».

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Біланенко В.Г., Приходько В.П., Мельник О.О. (2019). Проектування технологічних процесів. Частина 1. Оброблення деталей-тіл обертання. [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізацій «Технології машинобудування» та «Технології виготовлення літальних апаратів» / НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»; – Електронні текстові дані (1 файл: pdf - 12,8 Мбайт). Київ : «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019 – 232 с. – Назва з екрана. – Доступ : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27740>
2. Гордєєв А. І. Урбанюк Є.А., СілінР.С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.
3. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування та виробництво заготовок. Підручник для студентів машинобудівних спеціальностей ВНЗ. / Під редакцією Коренькова В.М. Київ: НТУУ «КПІ», 2014 - 353 с., іл.
4. ДСТУ EN 13788:2008 Металообробчі верстати. Безпека. Верстати токарні багатошпиндельні автоматичні (EN 13788:2001, IDT).
5. ДСТУ 4738:2007/ГОСТ 2590-2006 Прокат сортовий сталевий гарячекатаний круглий. Сортамент (EN 10060:2003, NEQ; ГОСТ 2590-2006, IDT)
6. 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.
7. Інноваційне обладнання автоматизованого виробництва. Конструктивні особливості та основи програмування верстатів з числовим програмним керуванням [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології комп'ютерного конструювання верстатів, роботів та машин» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. – Електронні текстові дані (1 файл: 21,8 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 158с. Доступ: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/36433/1/IOAV_verstaty_ChPK.pdf

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

8. Кваліфікаційна робота : Методичні рекомендації для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 131 «Прикладна механіка» / В.П. Ткачук, В.В. Милько, С.А. Костюк. – Хмельницький: ХНУ, 2023. – 31 с.
9. Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. Посібник для практичного програмування верстатів з ЧПК [Електронний ресурс] – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – 115с.
10. Кузнєцов Ю.М. Технологічне обладнання з ЧПК: механізми і оснащення: Навч. посібник/Ю.М. Кузнєцов, О.Ф. Саленко, О.О.Харченко, В.Т. Щетинін.–Київ-Кременчук-Севастополь: Вид-во «Точка», 2014.–500 с.
11. Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування: Навчальний посібник - Львів: "Новий Світ-2000", 2009.- 358 с.
12. Мазур М.П. Основи теорії різання матеріалів : підручник [для вищ. навч. закладів] /М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, А.І.Грабченко, В.Л. Доброскок, В.О. Залога ; під заг. ред. М.П. Мазура. – 5-е вид. перероб. і доп. – Львів : Новий світ-2000, 2025. – 457 с.
13. Охорона праці в галузі машинобудування Пістун І.П., Стець Р.Є., Трунова І.О. / навчальний посібник (стереотипне видання) / Університетська книга 2023 – 556 с.
14. Охорона праці в галузі. / П. Атаманчук, В. Мендерецький, О. Панчук, Р. Білик: навчальний посібник. – Київ : Центр навчальної літератури 2019 – 322 с.
15. Плескач В.М., Акімов І.В., Мітяєв О.А. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин: підручник / за заг. ред. доц. В.М.Плескача. Запоріжжя: Просвіта, 2013. 370 с. 6. ДСТУ 4738:2007/ГОСТ 2590-2006 Прокат сортовий сталевий гарячекатаний круглий. Сортамент (EN 10060:2003, NEQ; ГОСТ 2590-2006, IDT)
16. Ревнівцев М.П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні:Навч. посіб. / М.П.Ревнівцев, Н.П. Паршина. – К.: Видавництво А.С.К., 2006. – 416 с/
17. 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.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						77
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

18. <https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=9689>

19. TTU-2017-rezbonareznoj-instrument.pdf

					ДП.ПМ.ФІТА.25.14.00.ПЗ	Арк.
						78
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		