

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерії транспорту та архітектури  
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Технологія виготовлення деталі "Кришка 00-17.003" 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.24.22.ПЗ

Виконав студент 3 курсу група ПМТс-21-2  
Шифр

  
Підпис

Владислав ЧЕЧЕЛЬ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

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

  
Підпис

Ольга РОМАНШИНА  
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 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  
24.06.2024

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

Чечель Владислав Сергійович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Технологія виготовлення деталі "Кришка 00-17.003" з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Романішина Ольга Валеріївна, 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) кресленик деталі кришка 00-17.00" та технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску 2 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: кресленик деталі із 3D моделлю (1 лист А2); графотехнологія (1 лист А1); кресленик карти наладки (1 лист А2); кресленик верстатного пристрою (1 лист А1); кресленик контрольного калібру (1 лист А2)

6 Консультанти розділів дипломного проєкту (роботи)

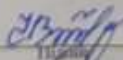
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7 Дата видачі завдання 6.03.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент



Владислав ЧЕЧЕЛЬ  
Ім'я прізвище

Керівник проєкту (роботи)



Ольга РОМАНШІНА  
Ім'я прізвище

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ ТМ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

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

Назва кваліфікаційної роботи Кришна 00-17.003

Автор Гелець В.

Освітня програма Технології механічного будівництва

Спеціальність: Кришная механіка

Науковий керівник: Романішина О.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, виправданий 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, виправданий 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:

5%  
1,8%

Дата

Завідувач кафедри

Віталій ТКАЧУК  
Підпис Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми

Володимир МЦАРКО  
Підпис Ім'я, прізвище

Керівник кваліфікаційної роботи

Ольга РОЖАНІШИНА  
Підпис Ім'я, прізвище

Завідувачу кафедри

Віталію Євгену

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

Цегель В.С. ФЖП

ІР.І.МТС-21.2

### 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 оповішений (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.

12.06.2024

дата

В.С. Цегель

підпис

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Чечель Владислав Сергійович на захист дипломного проєкту (роботи)

(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі "Кришка 00-17.003" з використанням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету

(підпис)

ВІКТОР  
ОЛЕКСАНДРОВИЧ  
ПРИВАТНИК

### ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Чечель В. С. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2021 по 2024 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 23,08 %, добре 17,95 %, задовільно 58,97 %, шкалою ЄКТС: А 16,07 %, В 3,57 %, С 17,86 %, D 30,36 %, E 32,14 %.

Методист факультету

(підпис)

(ім'я, прізвище)

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

Студент

*Чечель Владислав під час роботи над дипломним проєктом проявив себе як фахівця з прикладної механіки. Розрахунки, креслення по-своєму зуміли оформити відповідно до вимог вищої школи. Обсяг та термін виконання роботи повністю відповідно*

Оцінка дипломного проєкту (роботи)

Керівник дипломного проєкту

(підпис)

(ім'я, прізвище)

*задовільно на оцінку "Добре"*  
Р.Молодій О.В.  
19 червня 2024 р.

### ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

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

Завідувач кафедри

*технології машинобудування*

(підпис)

*Віталій ТКАЧУК*

(підпис, ім'я, прізвище)

*24.06* 2024 р.

РЕЦЕНЗІЯ  
на дипломний проєкт бакалавра  
студента Владислава Чечель

на тему: Технологія виготовлення деталі "Кришка 00-17.003" з використанням верстатів з ЧПК

У дипломному проєкті Владислава Чечель виконано вдосконалення технологічного процесу механічного оброблення деталі «Кришка 00-17.003».

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

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

Розроблені технологічні операції для верстатів з ЧПК та програми для керування верстатом з ЧПК за допомогою САМ програми.

У конструкторському розділі спроектовано верстатний пристрій для закріплення деталей при свердлуванні, проведено вибір схем базування та установки заготовки, розрахунок зусилля закріплення, розроблено конструктивну схему пристосування, представлено опис роботи пристосування.

В розділі «Охорона праця» проаналізовано та вибрано системи освітлення виробничих приміщень.

Загальний висновок та оцінка

Для виконання токарної операції було обрано дороговартісний верстат модель HAAS VF-2.

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

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

Рецензент доцент к.т.н. ТАМ, к.т.н. БАБАК О.П.

«29» червня 2024 р.



## Реферат

Дипломного проєкту на тему:

Технологія виготовлення деталі « Технологія виготовлення деталі "Кришка 00-17.003" з використанням верстатів з ЧПК»

Здобувач: Чечель Владислав Керівник: к.т.н., доцент Ольга Романішина

Дипломний проєкт присвячений удосконаленню технологічному процесу виготовлення кришки із застосуванням верстатів з ЧПК, а саме оброблюючих центрів фірми HAAS США (США).

Проаналізовано існуючий технологічний процес та запропоновано новий технологічний процес виготовлення кришки із застосуванням верстатів з ЧПК.

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

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

У розділі охорони праці проаналізовано умови праці на предмет безпеки.

Автор:

Владислав ЧЕЧЕЛЬ

/Підпис/

## ЗМІСТ

Вступ	7
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Завдання	9
1.2 Опис конструкції, технічних умов та службового призначення деталі	10
1.3 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	11
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	14
2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки	14
2.2 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі	18
2.3 Розроблення технологічних операцій	20
2.4 Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні	23
2.5 Розрахунок режимів різання та норм часу	28
2.6 Розробка програми для керування верстатом з ЧПК за допомогою САМ програми	36
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	37
3.1 Проектування верстатного пристрою для закріплення деталей при свердлуванні	37
3.1.1 Технічні вимоги	37
3.1.2 Варіантний вибір схем базування та установки заготовки	42
3.1.3 Розрахунок зусилля закріплення	44
3.1.4 Розробка конструктивної схеми пристосування	45
3.1.5 Опис роботи пристосування	47

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ</b>					
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Технологія виготовлення деталі "Кришка 00-17.003" з використанням верстатів з ЧПК			Літера	Аркуш	Аркушів
Розроб.	В.Чечель							н		5
Перев.	Романішина О.В.				ХНУ гр. ПМТс-21-2					
Н. контр.	Бись С.С.									
Затв.	Гкачук В.П.									

3.1.6 Розрахунок різьбового калібра	48
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	
4.1 Системи освітлення приміщень машинобудівного виробництва	52
ВИСНОВКИ	58
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	59
ДОДАТКИ	62

					ДП.ПІМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		10

## Вступ

Верстатобудування – важлива частина машинобудування. Промисловість з виготовлення верстатів, не будучи виробником кінцевої продукції для суспільного споживання, відіграє першорядну роль у розвитку галузей машинобудування та металообробки як база для оснащення цих галузей промисловості засобами виробництва. Верстат – це мало транспортабельна, а тому стаціонарна машина із живленням від зовнішнього джерела енергії, спеціально спроектована для металообробки. Верстатобудування, як жодній іншій галузі машинобудування, властива циклічність розвитку з підйомами чи спадами: за перших ознак економічного спаду замовлення на верстати різко скорочуються. Наступні диспропорції між пропозицією та попитом призводять до цінових конфліктів між постачальниками.

Спад виробництва верстатів спостерігається на початку 90-х в Україні, хоча до цього наша країна мала великі потужності та підприємства верстатобудування. Випуск металорізальних верстатів з 1990 р. зменшився майже у 7 разів. При цьому, на відміну від інших галузей машинобудування, верстатобудування не показало тенденцій до зростання і в останні роки. Продукція вітчизняного верстатобудування не потрібна більшості українських підприємств, хоча знос обладнання в нашій промисловості досягає 70%, а середній вік верстатів перевищує 20 років. З наявного парку верстатів близько 0,7 млн. штук повністю виробили свій ресурс. Уповільнення оновлення парку технологічного обладнання в галузях промисловості країни, насамперед у машинобудуванні, призвело до значного старіння та негативних змін структури засобів виробництва. Частка верстатів із числовим програмним управлінням у парку України становить близько 10%, тоді як у розвинених країнах ця частка перевищує 25% (наприклад, у Німеччині – 50%).

Потреби державного ринку металорізальних верстатів у 2021-2024 роках. більш ніж подвоїлася. Але частка українських виробників у ньому неухильно скорочується. Лише кожен п'ятдесятій металорізальний верстат, що надійшов ринку в 2023 р., був вироблений в Україні. Завантаження потужностей верстатобудування

					ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		11

нині становить 10% від граничного рівня, тоді як завантаження потужностей загалом машинобудування становить 30%.

Метою дипломного проєкту виступає розробка технологічного процесу з виготовлення деталі кришка 00-17.003 з використанням верстатів з ЧПК.

Об'єктом дослідження - це технологічний процес по виготовленню деталі кришка. Для нього розроблено маршрут техпроцесу, при якому встановлено задана конструктором точність та представлено скорочені основні норми часу.

Як предмет дослідження виступають розрахунки діаметральних та осьових розмірів з розмірними схемами, проведено вибір технологічного оснащення, розраховано режими різання, техніко-економічні показники та аналіз небезпечностей та шкідливостей у спроектованому середовищі.

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		12

# 1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Завдання

Темою дипломного проекту є розробка технологічного процесу механічної обробки деталі „Кришка 00-17.003”. В рамках цього проекту необхідно вдосконалити ділянку механічної обробки, оскільки вона наразі не автоматизована, що не відповідає сучасним виробничим вимогам.

На існуючій ділянці використовуються універсальні верстати, але з огляду на сучасний розвиток науки, техніки і технологій, метою є автоматизація ділянки механічної обробки деталей типу „Кришка”. Автоматизація виробництва в машинобудуванні є комплексним завданням, що включає створення нового сучасного обладнання, технологічних процесів, систем організації виробництва та управління ними. Це призводить до підвищення продуктивності праці, покращення умов праці, зменшення потреби в робочій силі, зниження собівартості виробів, підвищення їх якості та зменшення виробничого травматизму.

Для досягнення поставлених цілей в серійному виробництві необхідно створити умови, що за продуктивністю відповідатимуть крупносерійному виробництву, а за гнучкістю – дрібносерійному. Одним із методів вирішення цієї технічної проблеми є використання верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК).

Автоматизація ділянки механічної обробки деталі „Кришка” та раціональне використання верстатів з ЧПК призведе до покращення виробничої структури ділянки, скорочення циклу підготовки виробництва нових виробів та тривалості виробничого циклу. Це стане можливим завдяки використанню новітніх методів обробки на максимально допустимих режимах різання, що покращить режими роботи обладнання, підвищить рівень спеціалізації виробництва, його механізації та автоматизації, а також значно збільшить гнучкість виробництва. Крім того, автоматизація дозволить покращити умови праці, ефективніше використовувати

					ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		13

сучасні інформаційні технології у виробничому процесі та зменшити виробничий травматизм.

## 1.2 Опис конструкції, технічних умов та службового призначення деталі

Об'єктом дипломного проектування є деталь кришка (рис 1.1). Цей виріб використовується для з'єднання рухомих та не рухомих ланок механізму запирання, які виготовляє ТОВ „Новатор”.

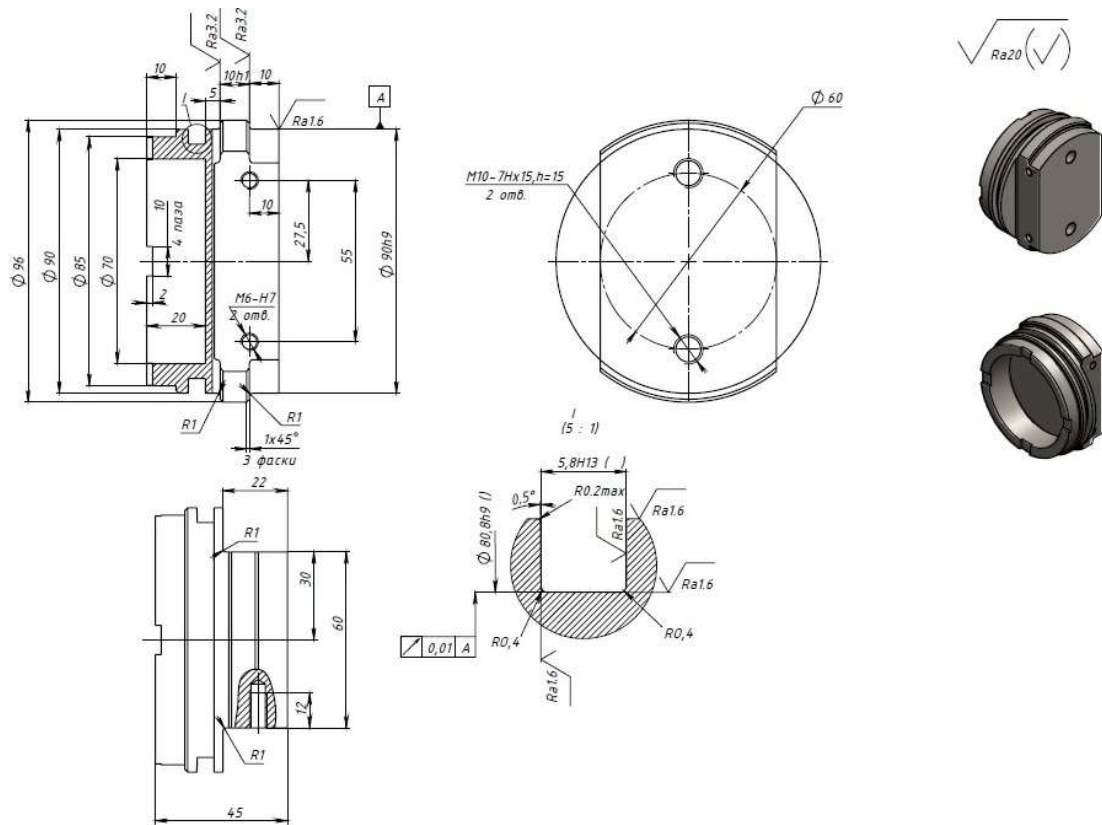


Рисунок 1.1 – деталь Кришка

Деталь „ Кришка” є проміжною між корпусом виробу та рядом інших рухомих елементів які кріпляться в ньому та рекомендується виготовляти із Сталі 45 ДСТУ 7809:2015 (можливе використання Сталі 40 та Сталі 50)

### 1.3 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Тип виробництва – комплексна характеристика технічних, організаційних та економічних особливостей машинобудівного виробництва, обумовлена його спеціалізацією, обсягом та сталістю номенклатури виробів, а також формою руху виробів та робочими місцями.

Одиничний тип виробництва, для якого необхідно виконати у цій роботі дослідження забезпечення устаткуванням та інструментом техпроцесу механічної обробки, характеризується виготовленням широкої номенклатури виробів у незначних кількостях, що повторюється через невизначені проміжки часу або зовсім не повторюються, робочих місцях, які не мають певної спеціалізації.

Основні особливості малосерійного виробництва полягають у наступному: програма заводу складається з великої номенклатури виробів різного призначення, випуск кожного виробу запланований в обмежених кількостях. Номенклатура продукції в програмі заводу нестійка. Нестійкість номенклатури, її різнотипність, обмеженість випуску призводять до обмеження можливостей використання стандартизованих конструкторсько-технологічних рішень. У цьому випадку велика питома вага оригінальних і дуже мала питома вага уніфікованих деталей.

Технологічні процеси обробки деталей та збирання машин розробляються укрупнено. Це пояснюється тим, що виконувані замовлення зазвичай не повторюються, тому витрати на детальну розробку технологічних процесів економічно не виправдані. Виходячи з цих міркувань, зазвичай прагнуть скоротити кількість спеціальної оснастки, використовуючи універсальні пристосування і універсальний ріжучий інструмент. У одиничному виробництві широко застосовуються універсально-збірні пристрої (УЗП), які збирають із нормалізованих елементів, а після використання їх розділяють на елементарні деталі. Багаторазове використання елементів УЗП є економічно ефективним.

Відсутність спеціального оснащення унеможливорює або робить економічно не вигідним забезпечення необхідної точності розмірів деяких деталей, що збільшує

					ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		15

кількість робіт з підгонки деталей у процесі складання, що найчастіше виконуються вручну.

Технологічні процеси розробляються укрупнено по всій операції. Деталізація технологічних операцій здійснюється безпосередньо у цехах майстрами та кваліфікованими робітниками.

В зв'язку з використанням в малосерійному виробництві дуже різноманітної номенклатури машин, що часто змінюється, в ньому широко застосовується універсальне обладнання, що дозволяє обробляти широкий перелік деталей. Це є характерним для аналізованого технологічного процесу (таблиці 1 і 2), а спеціальні верстати, напівавтомати та автомати використовуються дуже рідко .

Таблиця 1.1– Зведена відомість використовуваного обладнання

№ опер.	Назва операції	Обладнання	Пристосування
005	Фрезерно-відрізна	Фрезерно- відрізний верстат 8В66	Планшайба
010	Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Самоцентруючий трикулачковий патрон
015	Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Самоцентруючий трикулачковий патрон
020	Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Самоцентруючий трикулачковий патрон
025	Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерний верстат 6Р80	УЗП
030	Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерний верстат 6Р80	УЗП
035	Слюсарна	Верстак	Лещата
040	Радіально-свердлильна	Радіально-свердлильна 2М55	Лещата
045	Радіально-свердлильна	Радіально-свердлильна 2М55	Лещата
050	Слюсарна	Верстак	Лещата
055	Миюча	Машина миюча	

060	Контрольна	Стіл контрольний	
-----	------------	------------------	--

Застосування універсального обладнання та оснащення потребує використання в малосерійному виробництві праці висококваліфікованих робітників. Вони повинні мати широке коло різноманітних навичок, вміти налаштувати верстат.

Для усунення різноманітності робіт за окремими робочими місцями, за ними закріплюють певний вид робіт. Обмеження видів робіт дає гарні результати, тому що воно дозволяє підвищити продуктивність праці робітників та якість продукції.

Виконання робіт на універсальному обладнанні без спеціального оснащення, велика частка робіт вручну (у тому числі доводочних) викликають значне подовження виробничого циклу.

У зв'язку з тим, що технологічні процеси деталізуються та уточнюються безпосередньо в цехах та централізоване планування великої номенклатури ускладнене, значна частина технологічного та планового керівництва з апарату управління виробництвом переноситься до цехів-виробників.

Цехи заводів малосерійного виробництва зазвичай складаються з ділянок, організованих за технологічним принципом.

Значна трудомісткість продукції; висока кваліфікація залучених до виконання операцій працівників; підвищені витрати матеріалів, пов'язані з великими допусками, зумовлюють високу собівартість виробів, що випускаються. У собівартості продукції значну питому вагу має заробітна плата, що становить нерідко 20-25% від повної собівартості [1].

Вибір заготовки показує, що даний технологічний процес спроектований для малосерійного виробництва. Чим простіше заготівля, тим ближчий технологічний процес до малосерійного виробництва.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		17

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки

Вид заготовки може бути різний: прокат, ковка або штампування, виливка. У малосерійному виробництві вид заготовки визначається її мінімальною вартістю, тобто спосіб отримання заготовки повинен унеможливлувати витрати на поліпшення її якості шляхом зменшення припуску на обробку.

Сталеві деталі виготовляються здебільшого з прокатних заготовок, а поковки застосовують нечасто, а штамповані або пресовані заготовки взагалі не застосовують. Литі заготовки як чавунні, і сталеві застосовують лише за умови, що іншими способами їх одержати не можливо. Пояснюється це тим, що виготовлення штампів для поковки, штампування чи пресування, а також моделей для виливки потребує великих витрат коштів та часу.

Марка стали –ДСТУ 7809:2015 Прокат сортовий, калібрований зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. Загальні технічні умови.

Таблиця 2.1 – Загальні відомості [1]

Вид поставки
Сортовий прокат, в том числі фасонний: ДСТУ ГОСТ 28300:2014, ДСТУ 4738:2007/ГОСТ 2590-2006, (EN 10060:2003, NEQ; IDT)
Призначення
Вал-шестірні, колінчасті і розподільні вали, шестірні, шпинделі, бандажі, циліндри, кулачки та інші нормалізовані деталі, що покращуються і піддаються поверхневій термообробці, від яких потрібна підвищена міцність.

Таблиця 2.2 – Хімічний склад [1]

Хімічний елемент	%
Кремній (Si)	0.17-0.37
Миш'як (As), не більше	0.25
Миш'як (As), не більше	0.08
Марганець (Mn)	0.50-0.80
Нікель (Ni), не більше	0.25
Фосфор (P), не більше	0.035
Хром (Cr), не більше	0.25
Сірка (S), не більше	0.04

Таблиця 2.3 – Механічні властивості [1]

t випробування, °C	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/м <sup>2</sup>
200	340	690		10	36	64
300	255	710		22	44	66
400	225	560		21	65	55
500	175	370		23	67	39
600	78	215		33	90	59
700	140	170	43		96	
800	64	110	58		98	
900	54	76	62		100	
1000	34	50	72		100	
1100	22	34	81		100	
1200	15	27	90		100	

Таблиця 2.4 – Технологічні властивості [1]

Температура ковки
Початку 1250, кінця 700. Перерізи до 400 мм охолоджуються на повітрі.
Зварюваність
Важко зварювана. Способи зварювання: РДЗ та КТЗ. Необхідний підігрів та подальша термообробка.
Оброблюваність різанням
У гарячекатаному стані при НВ 170-179 и $\sigma_B = 640$ МПа $K_{U_{ТВ.СПЛ.}} = 1$ , $K_{U_{Б.СТ.}} = 1$ .
Схильність до відпускнуї спроможності
Не схильна
Флокеночутливість
Малочутлива.

Таблиця 2.5 – Межа витривалості [1]

$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа
245	157	590	310
421		880	680
231		520	270
331		660	480

Таблиця 2.6 – Фізичні властивості [1]

Температура випробування, °С	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Модуль нормальної пружності, Е, ГПа	200	201	193	190	172					
Модуль пружності при зсуві крученням G, ГПа	78			69		59				

Густина, ρ, кг/см <sup>3</sup>	7826	7799	7769	7735	7698	7662	7625	7587	7595	
Коефіцієнт теплопровідності Вт/(м · °С)		48	47	44	41	39	36	31	27	26
Температура випробування, °С	20-100	20-200	20-300	20-400	20-500	20-600	20-700	20-800	20-900	20-1000
Коефіцієнт лінійного розширення (α, 10 <sup>-6</sup> 1/°С)	11.9	12.7	13.4	14.1	14.6	14.9	15.2			
Питома теплоємність (С, Дж/(кг · °С))	473	498	515	536	583	578	611	720	708	

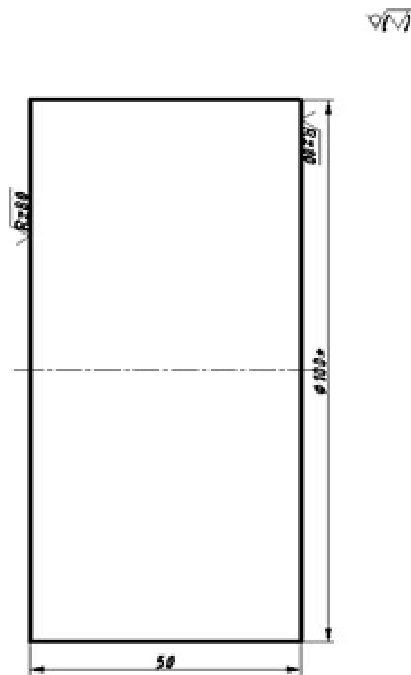


Рисунок 2.1 – Робочий ескіз заготовки

## 2.2 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі

Продуктивність технологічних операцій значною мірою залежить від їх структур, що визначаються кількістю заготовок, які одночасно встановлюються у пристосуванні або на верстаті (одно- або багатомісна обробка), кількістю інструментів, що використовуються при виконанні операції (одно або багато інструментальна обробка), та послідовністю роботи інструментів при виконанні операції [2].

Концентрацією операцій називається поєднання кількох простих технологічних переходів в одну складну операцію Технологічний процес, побудований за принципом концентрації операцій, складається з невеликої кількості складних операцій

Переваги концентрації операцій полягають у тому, що вона може здійснюватися, як об'єднання кількох простих переходів, заміною кількох установ позиціями простих позиціями та простих одно інструментальних переходів складними поєднаними переходами з багато інструментальною та багатолезовою обробкою однієї або декількох поверхонь. При цьому підвищується точність взаємного розташування поверхонь, оброблюваних при одній установці; продуктивність обробки за рахунок суміщення у часі кількох технологічних переходів та відповідного скорочення загального основного часу; продуктивність за рахунок скорочення витрат допоміжного часу (насамперед витрат часу на встановлення та зняття заготовки, на зміну інструменту, на включення та вимикання верстата), а також скорочується тривалість виробничого циклу (за рахунок зменшення міжопераційного простою, пов'язаного із зменшенням загальної кількості технологічних операцій ), а отже, і обсяг незавершеного виробництва, що призводить до підвищення оборотності обігових коштів; крім цього, спрощується календарне планування.

Таблиця 2.7.– Базовий маршрут обробки деталі

№ операції	Перехід
005	1. Встановити, закріпити пруток.
	2. Відрізати заготовку, витримавши розмір 1.

010	1. Встановити, закріпити заготовку.
	2. Підрізати торець, витримавши розмір 12.
	3. Свердлими отвір Ø65.
	4. Точити поверхню 6, витримавши розмір 11.
	5. Точити поверхню 5, витримавши розмір 10.
	6. Точити поверхню 4, витримавши розмір 9.
	7. Розточити отвір, витримавши розміри 3,7.
	8. Зняти фаску 1.
	9. Зняти фаску 2.
	10. Притупити гостру кромку 8.
	11. Розкріпити та зняти деталь.
	12. Перевірити усі робочі розміри.
015	1. Встановити, закріпити деталь.
	2. Підрізати торець, витримавши розмір 4.
	3. Обточити поверхню, витримавши розміри 1,3.
	4. Зняти фаску 5.
	5. Притупити гостру кромку 2.
	6. Розкріпити та зняти деталь.
	7. Перевірити усі робочі розміри.
020	1. Встановити, закріпити деталь.
	2. Точити поверхню, витримавши розміри 3,4.
	3. Точити поверхню, витримавши розміри 2,3.
	4. Точити канавку, витримавши розміри 1,5,6 и п.7 ТТ.
	5. Притупити гострі кромки 8.
	6. Розкріпити та зняти деталь.
	7. Перевірити усі робочі розміри.
025	1. Встановити, закріпити деталь.
	2. Фрезерувати напрохід 2 пази, витримавши розміри.
	3. Повернути стіл на 90°.

	4. Фрезерувати напрохід 2 пази, витримавши розміри.
	5. Розкріпити та зняти деталь.
	6. Перевірити усі робочі розміри.
030	1. Встановити, закріпити деталь.
	2. Фрезерувати, уступ витримавши розміри.
	3. Перевірити розміри 1, 2.
	4. Повернути стіл на $180^0$ .
	5. Фрезерувати, уступ витримавши розміри 1,3
	6. Розкріпити та зняти деталь.
	7. Перевірити усі робочі розміри.
035	1. Розмітити розташування 4-х отворів, витримавши розміри 1,2,3,4
	2. Перевірити наявність вм'ятин оглядом.
040	1. Встановити, закріпити деталь.
	2. Свердли 2 отвір Ø5 на довжину 15мм.
	3. Нарізати різьбу в отворах, витримавши розміри 1,2.
	4. Розкріпити та зняти деталь.
	5. Перевірити усі робочі розміри.
045	1. Встановити, закріпити деталь.
	2. Свердли 2 отвори Ø8,43мм на довжину 20мм.
	3. Нарізати різьбу в 2-х отворах, витримавши розміри
	4. Розкріпити та зняти деталь.
	5. Перевірити усі робочі розміри.

### 2.3 Розроблення технологічних операцій

Критерієм вибору необхідних варіантів маршруту з механічної обробки являється мінімізація зведених витрат, що прихлдіться на одиницю продукції. При проведені вибору варіанту ТП, зведені витрати можна розрахувати, як питомі величини на 1 годину роботи обладнання.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		24

Таблиця 2.8 – Альтернативний маршрут обробки деталей

№ операції	Перехід
005	1. Встановити, закріпити пруток.
	2. Відрізати заготовку, витримавши розмір 1.
010	1. Встановити, закріпити заготовку.
	2. Підрізати торець, витримавши розмір 12.
	3. Свердлити отвір Ø65.
	4. Точити поверхню 6, витримавши розмір 11.
	5. Точити поверхню 5, витримавши розмір 10.
	6. Точити поверхню 4, витримавши розмір 9.
	7. Точити поверхню 6, витримавши розмір 3,7.
	8. Зняти фаску 1.
	9. Зняти фаску 2.
	10. Притупити гостру кромку 8.
	11. Розкріпити та зняти деталь.
	12. Перевірити усі робочі розміри.
015	1. Встановити, закріпити деталь.
	2. Підрізати торець, витримавши розмір 4.
	3. Обточити поверхню, витримуючи розміри 1,3.
	4. Снять фаску 5.
	5. Притупити гостру кромку 2.
	6. Розкріпити та зняти деталь.
	7. Перевірити усі робочі розміри.
020	1. Встановити, закріпити деталь.
	2. Фрезерувати уступ, витримавши розміри.
	3. Перевірити розміри 1, 2.
	4. Повернути стіл на 180°.
	5. Фрезерувати уступ, витримавши розміри. 1,3

	2. Свердлити 2 отвори Ø5 на довжину 15мм.
	3. Нарізати різьбу в отворах, витримавши розміри 1,2.
	4. Розкріпити та зняти деталь.
	5. Перевірити усі робочі розміри.
025	1. Встановити, закріпити деталь.
	2. Свердлити 2 отвори Ø5 на довжину 15мм.
	3. Нарізати різьбу в отворах, витримавши розміри 1,2.
	4. Свердлити 2 отвори Ø8,43мм на довжину 20мм.
	5. Нарізати різьбу в 2-х отворах, витримавши розміри 1,2.
	6. Розкріпити та зняти деталь.
	7. Перевірити усі робочі розміри.
030	1. Встановити, закріпити деталь.
	2. Фрезерувати напрохід 2 пази, витримавши розміри.
	3. Повернути стіл на 90°.
	4. Фрезерувати напрохід 2 пази, витримавши розміри.

Для скорочення загального часу технологічного процесу виготовлення деталі було вжито наступних заходів:

- ліквідовано операцію з розмітки 035;

- на операціях 040 та 045 радіально-свердлильний верстат 2М55 замінений на координатно-розточувальний 2Д450.

Таблиця 2.9 – Зведена відомість використовуваного обладнання

№ опе р.	Назва операції	Обладнання	Пристосування
005	Заготівельна		
010	Токарна з ЧПК	HAAS ST-10	Самоцентруючий трикулачковий патрон
015	Токарна з ЧПК	HAAS ST-10	Самоцентруючий трикулачковий

					ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		26

			патрон
020	Вертикально-фрезерна з ЧПК	HAAS VF-2	Пристрій спеціальний
025	Вертикально-фрезерна з ЧПК	HAAS VF-2	УЗП
030	Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерний станок 6P81	УЗП
035	Слюсарна	Верстак	Тиски
040	Слюсарна	Верстак	Тиски
045	Миюча	Машина миюча	
050	Контрольна	Стіл контрольний	

#### 2.4 Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні

Аналітичний проведений розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на обробку механічну циліндричної поверхні  $\varnothing 90h9$ .

Визначення значень  $R_z$  і  $T$  проведено за рекомендаціями

- заготовка :  $R_z = 40$  мкм і  $T = 260$  мкм;
- попереднє розточування:  $R_z = 50$  мкм і  $T = 50$  мкм;
- попереднє розточування:  $R_z = 50$  мкм і  $T = 50$  мкм;
- попереднє розточування:  $R_z = 50$  мкм і  $T = 50$  мкм;
- розточування остаточне:  $R_z = 20$  мкм і  $T = 25$  мкм;

Визначення сумарногт значення просторових відхилень відповідно [2]:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{жол}^2 + \rho_{зм}^2}, \quad (2.1)$$

де  $\rho_{жол}$  – просторові відхилення спричинені жолобленням;

$\rho_{зм}$  – значення відхилення при зміщенні поверхні, з якої знімається припуск, під час проведення самої обробки, відносно технологічних баз.

$$\rho_{жол} = \sqrt{(\Delta_k d)^2 + (\Delta_k l)^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 150)^2 + (0,7 \cdot 45)^2} = 120 \text{ мкм},$$

де  $\Delta_k$  – питома жолоблення відливка [2, табл. 4.8];

$d$  і  $l$  – відповідно діаметр і довжина отвору, що обробляється.

									Арк.
									27
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ				

$$\rho_{зм} = \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_2}{2}\right)^2} = \sqrt{\frac{400^2}{2} + \frac{600^2}{2}} = 360 \text{ мкм},$$

де  $\delta_1$  і  $\delta_2$  – допуски на розміри 76 і 45 відповідно, до класу точності.

Таблиця 2.12 - Розрахунок міжопераційних припусків

№ п/п	Маршрут обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунок вий припуск,	Розрахунок вий розмір, мкм	Допуск по переходів, в мм	Граничний розмір, мм		Граничні припуски, мм	
		$R_{zi-1}$	$T_{i-1}$	$\rho_{i-1}$	$\varepsilon_i$				max мм	min мм	max мм	min мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Зовнішня поверхня Ø86											
a	Штампування	160	200	567	-	-	87,32	840	88,16	87,32	-	-
б	Чорнове точіння	50	50	34	200	1922	85,398	540	85,938	85,39	2,76	1,38
в	Чистове точіння	25	25	1,7	0	268	85,13	87	85,217	85,13	0,808	0,18

$$\rho_{кор} = 250 \cdot 3 = 750 \text{ мкм}; \text{ то } \rho_0 = 1026 \text{ мкм}.$$

Розмір залишкової кривизни після виконання переходу обробки слід визначити за формулою

$$\rho_{ост} = K_y \cdot \rho_0 \quad (2.2)$$

де  $\rho_0$  – кривизна заготовки

$K_y$  – коефіцієнт уточнення (табл. П 1.21)

$K_y = 0,06$  – чорнове точіння

$K_y = 0,05$  – чистове точіння

Тоді  $\rho_1 = 0,06 \cdot 567 = 34 \text{ мкм}$

$\rho_2 = 0,05 \cdot 34 = 1,7 \text{ мкм}$

Дані заносимо в графу 5.

5. Похибка установки заготовок (графу 6) у трикулачковому патроні, що самоцентрує, при чорновому обточуванні  $\varepsilon_{y1} = 200 \text{ мкм}$  (табл. П 1.2); при чистовому обточуванні без переустановки -  $\varepsilon_{y2} = 0$ .

6. Розрахунок мінімального припуску (графу 7) для обробки зовнішньої поверхні штампування в патроні проводиться за формулою:

$$2Z_{i \min} = 2(R_{z,i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (2.3)$$

для чорнового точіння:

$$2Z_{imin} = 2(160 + 200 + \sqrt{567^2 + 200^2}) = 1922\text{мкм},$$

для чистового точіння

$$2Z_{imin} = 2(50 + 50 + \sqrt{34^2 + 0^2}) = 268\text{мкм}.$$

7. Розрахунок проміжних мінімальних діаметрів по переходах проводиться у порядку, зворотному ходу технологічного процесу обробки цієї поверхні, тобто від розміру готової деталі до розміру заготовки шляхом послідовного додавання до найменшого граничного розміру готової поверхні деталі мінімального припуску  $2Z_{imin}$ . Результати заносяться до графа 8.

8. У графу 11 записуються розміри за всіма технологічними переходами, округляючи їх збільшенням до того ж знаку десяткового дробу, з яким заданий допуск на розмір для кожного переходу.

9. Найбільші граничні розміри (графа 10) визначаються шляхом додавання допуску до округленого мінімального граничного розміру.

10. Граничні розміри припусків  $Z_{imax}$  (графа 12) визначаються як різниця граничних максимальних розмірів та  $Z_{imin}$  (графа 13) – як різниця граничних мінімальних розмірів попереднього та виконуваного переходів.

11. Для визначення загальних припусків  $Z_{0min}$  та  $Z_{0max}$  підсумовуються відповідні проміжні припуски на обробку.

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		29

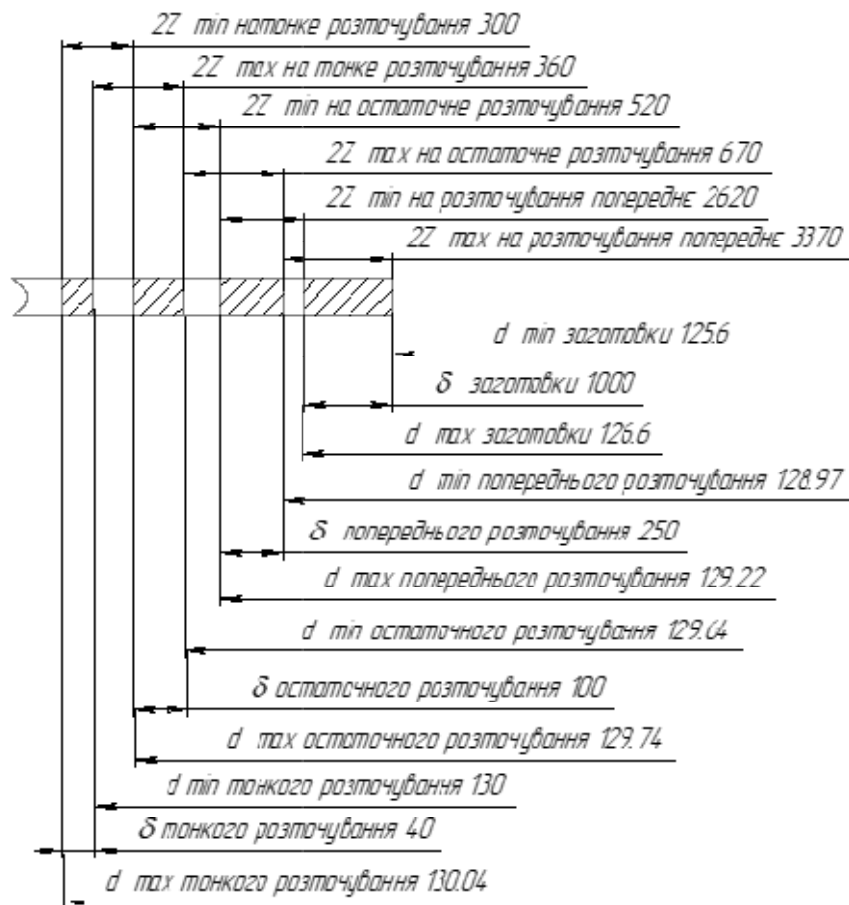


Рисунок 2.2 – Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку діаметрального розміру  $\varnothing 90h7$

Визначення проміжних припусків відповідно нормативів і проведення розрахунку технологічних розмірів та максимальних припусків відповідно на механічну обробку інших циліндричних поверхонь

Оптимальні припуски, що визначаються на обробку тісно пов'язані із встановленням та врахуванням проміжних та початкових розмірів самої заготовки. Данні розміри необхідні для подальшого конструювання штампів, спеціально призначеного різального та вимірювального інструменту, та для проведення налаштування верстатів металорізальних та іншого технологічного обладнання. На основі визначених припусків є можливість обґрунтовано визначити вагу початкових заготовок, режими різання, а також встановити норми часу на проведення операцій механічної обробки.

Для встановлення припусків на обробку в машинобудування використовують дослідно –статистичний та розрахунково - аналітичний методи. В попередньому розділі було використано розрахунково-аналітичний метод, він базується на урахуванні конкретних умов виконання технологічного процесу обробки.

Використовуючи дослідно-статистичний метод, визначаються загальні та проміжні припуски відповідно за таблицями, в яких проведено узагальнення і систематизацію виробничих даних прогресивних машинобудівних підприємств. Недоліком представленого методу є те, що припуски, зазвичай, визначаються без врахування потрібних умов виконання технологічних операцій та також переходів. Дослідно-статистичні припуски в більшості випадків є завищеними, тому що вони спрямовані на такі умови обробки, при яких для уникнення браку, припуск береться максимальним. Дослідно-статистичний метод є досить простим, але змушує приймати рішення технолога догматично, тобто не проводячи аналізу умов виконання операцій та не знаходити шляхи економії металу.

Застосуємо даний метод для визначення припусків на циліндричні поверхні барабану. На зовнішню циліндричну поверхню відповідно з довідниковими таблицями приймаємо припуск розміром 3,6 мм на діаметр.

Таблиця 2.10 – Припуски на циліндричні поверхні

Розмір деталі	Стадія обробки	Припуск на перехід	Отримуваний розмір
Ø92	Заготовка		90
	Розточування	1	92
Ø160Н9	Заготовка		162
	Точіння попереднє	0,6	160,8
	Точіння попереднє	0,3	160,2
	Точіння остаточне	0,1	160
Ø130	Заготовка		132
	Розточування	1	130
М10	Свердління	1	Ø9,5
	Нарізання різі	2	М10

## 2.5 Розрахунок режимів різання та норм часу

Для зменшення витрат при обробці виробу на металорізальному устаткуванні, зростання продуктивності праці, економії дефіцитних інструментальних матеріалів, підвищення точності та якості поверхні виробів необхідні обґрунтований вибір та призначення оптимальних режимів різання для конкретного технологічного процесу[3].

Такий вибір може успішно здійснюватися за наявності технічно та економічно обґрунтованих нормативів режимів різання. Під терміном "режими різання" розуміється сукупність числових значень припуску на обробку, подачі, швидкості різання, стійкості, а також сили різання, потужності та інших параметрів робочого процесу, від яких залежить його техніко-економічні показники. Режимні параметри вважаються раціональними, якщо вони дозволяють отримувати ці показники на досить високому рівні.

Слід підкреслити, що для кожного виду різального інструменту значення швидкостей різання, що характеризують той чи інший вид режиму, можуть відрізнятися.

Помірні режими різання зазвичай характеризують максимумами залежності напрацювання від швидкості різання. Такі режими використовуються, коли прагнуть отримати максимальне напрацювання та надійність, найменші витрати та витрати по інструменту, або коли операція при роботі цим інструментом не є лімітуючим. Зазвичай таких режимах працюють агрегатні верстати автоматичних ліній у масовому виробництві. Робота на помірних режимах характеризується періодами стійкості, в кілька разів (іноді до 10 ... 12 разів) перевищують нормативні значення стійкості.

Нормальні режими різання передбачають отримання нормативного періоду стійкості та мінімальної собівартості операції. Вони найчастіше використовуються в одиничному та серійному виробництві під час роботи на універсальних верстатах.

Форсовані режими різання використовуються у тих випадках, коли дана операція лімітує продуктивність, при роботі на дорогому автоматизованому

					ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		32

обладнанні з автоматичною зміною зношеного інструменту, при використанні високої якості інструменту і т.п [3].

Операція 010 – токарна з ЧПК

1 перехід. Точити поверхню, витримавши розміри 3,4.

1. Глибина різання при чистовому точінні, мм:

$$t = 0,24.$$

2. Подача при точінні  $s = 0,32$  мм/об (табл. 14, с. 268 ,[3]).

3. Швидкість різання при точінні, м/хв:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_V = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 0,24^{0,15} \cdot 0,32^{0,35}} \cdot 1,25 = 377,14 \text{ м/хв};$$

де  $C_V = 350$ ;  $x = 0,15$   $y = 0,35$ ;  $m = 0,2$ . (табл.17,с.269[3]);

$T = 45$  хв – період стійкості (с. 268 ,[3]);

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IVV} = 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,25,$$

де  $K_{MV}$  – коефіцієнт, що враховує якість, оброблюваного матеріалу:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left( \frac{750}{598} \right)^{1,0} = 1,25,$$

де  $K_{\Gamma}$  – коефіцієнт, що характеризує групу сталі з оброблюваності (табл. 2, с. 262 ,[3]);

$n_v = 1,0$  – показник ступеня (табл. 2, с. 262 ,[3]);

$K_{IV} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання (табл. 6, с. 263 ,[3]);

$K_{IVV} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання (табл. 5, с. 263 ,[3]).

4. Число оборотів шпинделя, об/хв:

					ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		33

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 377,14}{3,14 \cdot 96} = 1250,49 \text{ об/хв.},$$

де  $D$  – діаметр оброблювальної заготовки, мм.

Приймаємо за паспортом верстата найближче значення  $n_{\text{пасп.}} = 1250$  об/хв.

Уточнюємо величину швидкості різання за вибраними оборотами шпинделя:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 96 \cdot 1250}{1000} = 377 \text{ м/хв.}$$

5. Сила різання при точінні, Н:

$$P_{x(y,z)} = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 339 \cdot 0,24^1 \cdot 0,32^{0,5} \cdot 377^{-0,4} \cdot 1,17 = 50,2 \text{ Н.},$$

где  $C_p = 339$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,5$ ;  $n = -0,4$ ; (табл.22, с.273[3]);

коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання:

$$K_p = K_{\text{MP}} K_{\text{фр}} K_{\gamma\text{P}} K_{\lambda\text{P}} K_{\text{TP}} = 0,84 \cdot 1,17 \cdot 1,4 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1,17,$$

де  $K_{\text{MP}}$  – коефіцієнт, що враховує якість, оброблюваного матеріалу:

$$K_{\text{MP}} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{598}{750} \right)^{0,75} = 0,84,$$

де  $n = 0,75$  – показник ступеня (табл.9, с.264[3]);

$K_{\text{фр}} = 1,17$ ,  $K_{\gamma\text{P}} = 1,4$ ,  $K_{\lambda\text{P}} = 0,85$ ,  $K_{\text{TP}} = 1$  – коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів різальної частини інструменту на складові сили різання (табл.23, с.275[3]).

1. Потужність різання, кВт:

2.

$$N = \frac{P_x v}{1020 \cdot 60} = \frac{50,19 \cdot 377}{1020 \cdot 60} = 0,31 \text{ кВт.}$$

Так як  $N < N_{\text{дв.}} (0,31 < 11)$ , то режими різання здійсненні.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		34

7. Основний час, хв:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{n \cdot S} = \frac{10 + 5 + 5}{1250 \cdot 0,32} = 0,05;$$

$l_1 = 10$  мм – довжина поверхні, що обробляється, мм;

$l_2 = 5$  мм – величина врізання та перебігу, мм (карта 65, с. 165 [3]);

$l_3 = 5$  мм – додаткова довжина взяття пробних стружок (карта 66, с. 165 [3]).

$i = 1$  – число проходів.

8. Допоміжний час, хв:

$$T_{доп.} = T_{вст.} + T_{пер.} + T_{вим.} = 0,19 + 0,15 + 0,22 = 0,56,$$

де  $T_{вст.} = 0,19$  хв – час на встановлення та зняття деталі (карта 51, с.138 [3]);

$T_{пер.} = 0,15$  хв – час, пов'язаний із переходом (карта 60, стор 150 [3]);

$T_{вим.} = 0,22$  хв – час на контрольні виміри (карта 64, стор 161 [3]).

3 переход. Точити канавку, витримавши розміри 1,5,6 та п.7 ТТ.

1 Глибина різання при точінні канавки, мм:

$$t = 4,6.$$

2. Подача при точінні канавки  $s = 0,20$  мм/об (табл. 15, стр. 268, [3]).

3. Швидкість різання при точінні канавки, м/хв:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_V = \frac{420}{45^{0,2} \cdot 4,6^{0,15} \cdot 0,20^{0,2}} \cdot 1,25 = 269,09 \text{ м/хв};$$

де  $C_V = 420$ ;  $x = 0,15$   $y = 0,2$ ;  $m = 0,2$ . (табл.17, с.269[3]);

$T = 45$  хв – період стійкості (с. 268, [3]);

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{ПV} = 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,25,$$

де  $K_{MV}$  – коефіцієнт, що враховує якість, оброблюваного матеріалу:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left( \frac{750}{598} \right)^{1,0} = 1,25,$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		35

где  $K_T$  – коефіцієнт, що характеризує групу сталі з оброблюваності (табл. 2, с. 262 ,[3]);

$n_v = 1,0$  – показник ступеня (табл. 2, с. 262 ,[3]);

$K_{IV} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання (табл. 6, с. 263 ,[3]);

$K_{PIV} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує вплив стан поверхні заготовлі на швидкість різання (табл. 5, с. 263 ,[3]).

4. Число обертів шпинделя, об/хв:

$$n = \frac{1000}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 269,09}{3,14 \cdot 96} = 892,23 \text{ об/хв},$$

де  $D$  – діаметр оброблюваної заготовки, мм.

Приймаємо за паспортом верстата найближче значення  $n_{пасп.} = 800$  об/хв.

Уточнюємо величину швидкості різання за вибраними оборотами шпинделя:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 96 \cdot 800}{1000} = 241,27 \text{ м/хв}.$$

5. Сила різання при точінні канавки, Н:

$$P_{x(y,z)} = 10 C_P t^x s^y v^n K_P = 10 \cdot 339 \cdot 4,6^1 \cdot 0,20^{0,5} \cdot 241,27^{-0,4} \cdot 1,17 = 909,2 \text{ Н.},$$

де  $C_P = 339$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,5$ ;  $n = -0,4$ ; (табл.22, с.273[3]);

коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання:

$$K_P = K_{MP} K_{фр} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{гp} = 0,84 \cdot 1,17 \cdot 1,4 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1,17,$$

де  $K_{MP}$  – коефіцієнт, що враховує якість, оброблюваного матеріалу:

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{598}{750} \right)^{0,75} = 0,84,$$

де  $n = 0,75$  – показник степені (табл.9, с.264[3]);

$K_{фр} = 1,17$ ,  $K_{\gamma p} = 1,4$ ,  $K_{\lambda p} = 0,85$ ,  $K_{гp} = 1$  – коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів різальної частини інструменту на складові сили різання (табл.23, с.275[3]).

6. Міцність різання, кВт:

					ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		36

$$N = \frac{P_x v}{1020 \cdot 60} = \frac{909,2 \cdot 241,27}{1020 \cdot 60} = 3,58 \text{кВт.}$$

Так як  $N < N_{\text{дв.}}$  ( $3,58 < 11$ ), то режими різання здійсненні.

7. Основний час, хв:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{n \cdot S} = \frac{4,6 + 5 + 5}{800 \cdot 0,20} = 0,09;$$

$l_1 = 4,6$  мм – довжина поверхні, що обробляється, мм;

$l_2 = 5$  мм – величина врізання та перебігу, мм (карта 65, с. 165 [5]);

$l_3 = 5$  мм – додаткова довжина взяття пробних стружок (карта 66, с. 165 [5]).

$i = 1$  – число проходів.

3. Допоміжний час, хв:

4.

$$T_{\text{доп.}} = T_{\text{вст.}} + T_{\text{пер.}} + T_{\text{вим.}} = 0 + 0,21 + 0,10 = 0,31,$$

де  $T_{\text{вст.}} = 0$  хв – час на встановлення та зняття деталі;

$T_{\text{пер.}} = 0,21$  хв – час, пов'язаний із переходом (карта 60, стор 152 [5]);

$T_{\text{вим.}} = 0,10$  хв – час на контрольні виміри (карта 64 , стор161 [5]).

4 переход. Притупити гострі кромки 8.

1. Глибина різання при чистовому точенні, мм:

$$t = 0,3.$$

2. Подача при точінні  $s = 0,32$  мм/об (табл. 14, с. 268 ,[3]).

3. Швидкість різання при точінні, м/хв:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 0,3^{0,15} \cdot 0,32^{0,35}} \cdot 1,25 = 364,72 \text{м/хв};$$

де  $C_v = 350$ ;  $x = 0,15$   $y = 0,35$ ;  $m = 0,2$ . (табл.17,с.269[3]);

$T = 45$  хв – період стійкості (с. 268 ,[3]);

загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{\text{MV}} \cdot K_{\text{IV}} \cdot K_{\text{ПV}} = 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,25,$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		37

де  $K_{MV}$  – коефіцієнт, що враховує якість, оброблюваного матеріалу:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left( \frac{750}{598} \right)^{1,0} = 1,25,$$

де  $K_{\Gamma}$  – коефіцієнт, що характеризує групу сталі з оброблюваності (табл. 2, с. 262 ,[3]);

$n_v = 1,0$  – показник ступеня (табл. 2, с. 262 ,[3]);

$K_{IV} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання (табл. 6, с. 263 ,[3]);

$K_{IV} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує вплив стан поверхні заготівлі на швидкість різання (табл. 5, с. 263 ,[3]).

4. Число оборотів шпинделя, об/хв:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 364,72}{3,14 \cdot 96} = 1209,54 \text{ об/хв},$$

де  $D$  – діаметр оброблюваної заготівлі, мм.

Приймаємо за паспортом верстата найближче значення  $n_{\text{пасп.}} = 1000$  об/хв.

Уточнюємо величину швидкості різання за вибраними оборотами шпинделя:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 96 \cdot 1000}{1000} = 301,59 \text{ м/хв}.$$

5. Сила різання при точенні, Н:

$$P_{x(y,z)} = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 339 \cdot 0,3^1 \cdot 0,32^{0,5} \cdot 301,59^{-0,4} \cdot 1,17 = 68,6 \text{ Н.},$$

де  $C_p = 339$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,5$ ;  $n = -0,4$ ; (табл.22, с.273[3]);

коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання:

$$K_p = K_{MP} K_{\text{фр}} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{\text{гр}} = 0,84 \cdot 1,17 \cdot 1,4 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1,17,$$

де  $K_{MP}$  – коефіцієнт, що враховує якість, оброблюваного матеріалу:

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{598}{750} \right)^{0,75} = 0,84,$$

де  $n = 0,75$  – показник ступеня (табл.9, с.264[3]);

					ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$K_{\phi P} = 1,17$ ,  $K_{\gamma P} = 1,4$ ,  $K_{\lambda P} = 0,85$ ,  $K_{TP} = 1$  – коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів різальної частини інструменту на складові сили різання (табл.23, с.275[3]).

6. Міцність різання, кВт:

$$N = \frac{P_x v}{1020 \cdot 60} = \frac{68,6 \cdot 301,59}{1020 \cdot 60} = 0,34 \text{ кВт.}$$

Так як  $N < N_{\text{дв.}}$  ( $0,34 < 11$ ), то режими різання здійсненні.

7. Основний час, хв:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{n \cdot S} \cdot 2 = \frac{0,3 + 5 + 5}{1000 \cdot 0,32} = 0,06;$$

$l_1 = 0,3$  мм – довжина поверхні, що обробляється, мм;

$l_2 = 5$  мм – величина врізання та перебігу, мм (карта 65, с. 165 [5]);

$l_3 = 5$  мм – додаткова довжина взяття пробних стружок (карта 66, с. 165 [5]).

$i = 2$  – число проходів.

5. Допоміжний час, хв:

$$T_{\text{доп.}} = T_{\text{вст.}} + T_{\text{пер.}} + T_{\text{вим.}} = 0 + 0,15 + 0,22 = 0,37,$$

где  $T_{\text{вст.}} = 0,19$  хв – час на встановлення та зняття деталі;

$T_{\text{пер.}} = 0,15$  хв – час, пов'язаний із переходом (карта 60, стор 150 [5]);

$T_{\text{вим.}} = 0,22$  хв – час на контрольні виміри (карта 64, стор 161 [5]).

9. Час на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби, хв:

$$T_{\text{обс.}} = (T_o + T_e) \frac{a_{\text{ОБС}} + a_{\text{від}}}{100} = (0,26 + 1,55) \frac{4 + 4}{100} = 0,15.$$

6. Норма штучного часу, хв:

$$T_{\text{шт.}} = T_o + T_{\text{в}} + T_{\text{обс.}} = 0,26 + 1,55 + 0,15 = 1,96.$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		39

## 2.6 Розробка програми для керування верстатом з ЧПК за допомогою САМ програми

Після проведення усіх необхідних розрахунків скористаємося програмним продуктом CAMESPRIT для розробки програми керування верстатом для оброблення деталі кришка.

Для прописання програми токарного оброблення скористалися наступними діями:

1. У SolidWorks Створено 3D модель рис 2.18 та завантажено у середовище Esprit.

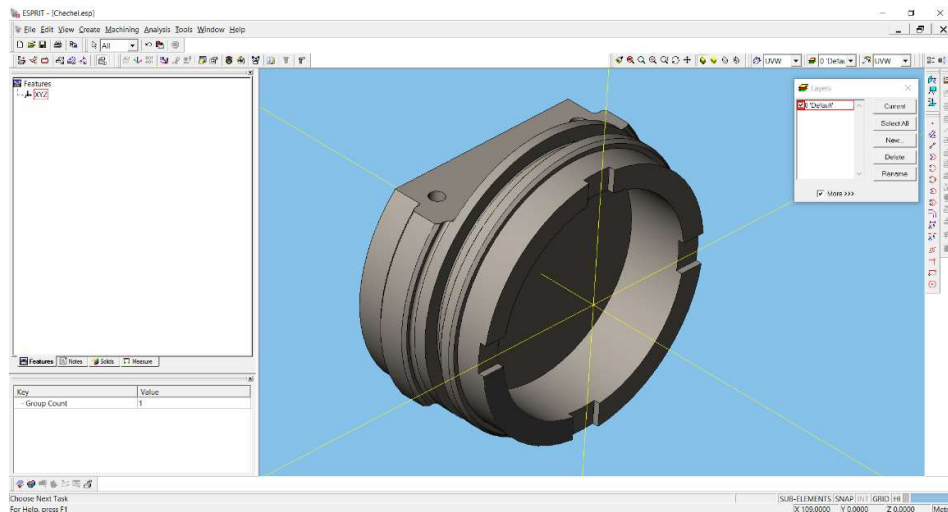


Рисунок 2.18 – 3D модель кришка

- 3 Створено заготовку (рис 2.19)

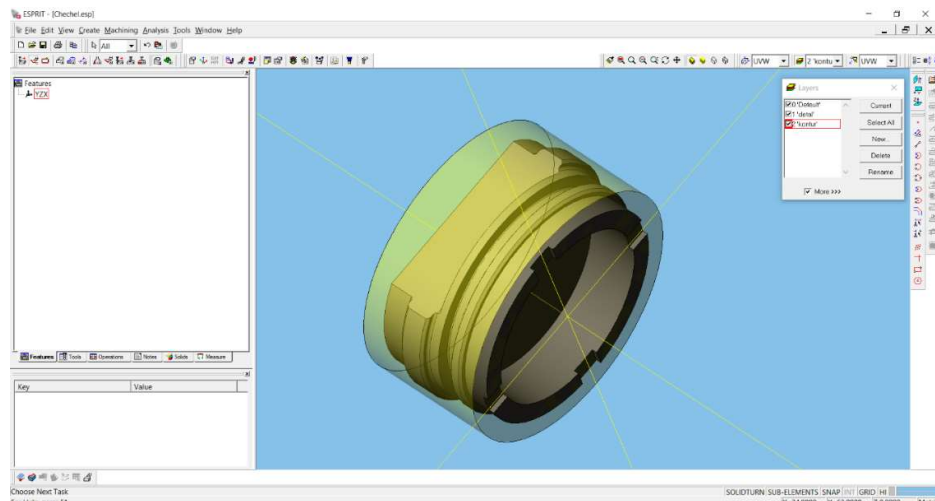


Рисунок 2.19 – Створення заготовки

#### 4 Виконано розпізнання елементів профілю рис 2.20.

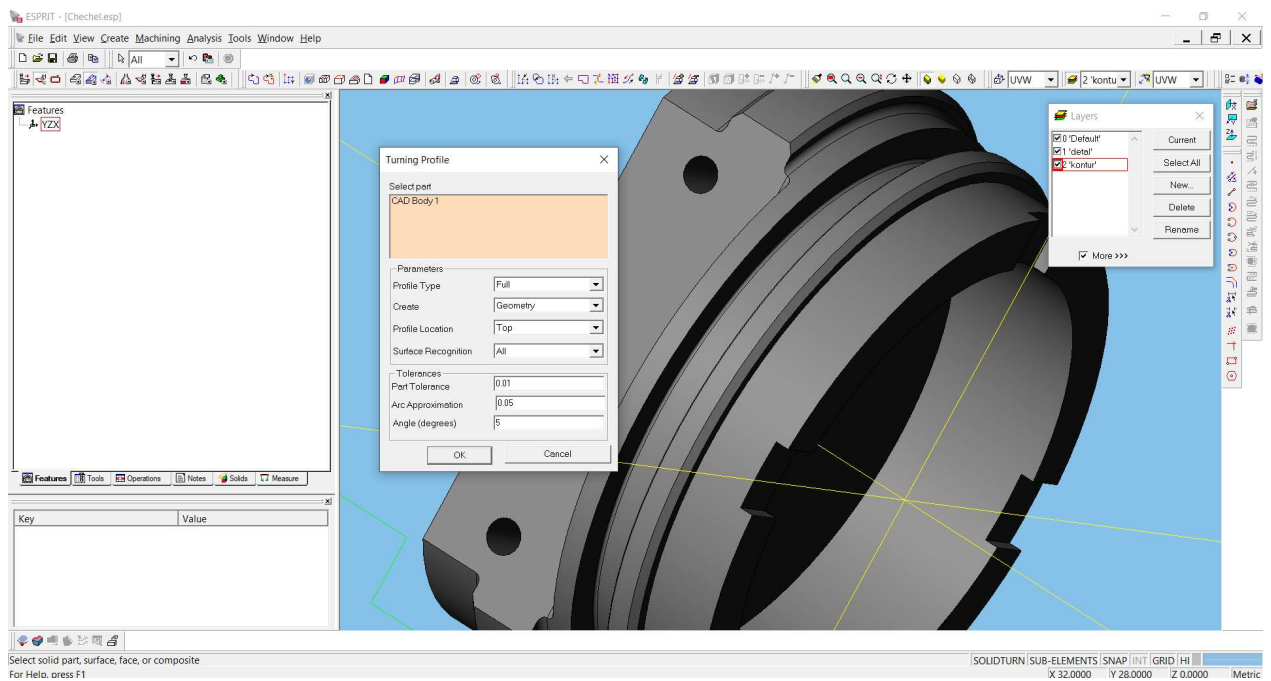


Рисунок 2.20 – Розпізнання елементів профілю в САМ Esprit

#### 5 Вибрано вид оброблення, а саме, «Чернове оброблення» (рис. 2.21).

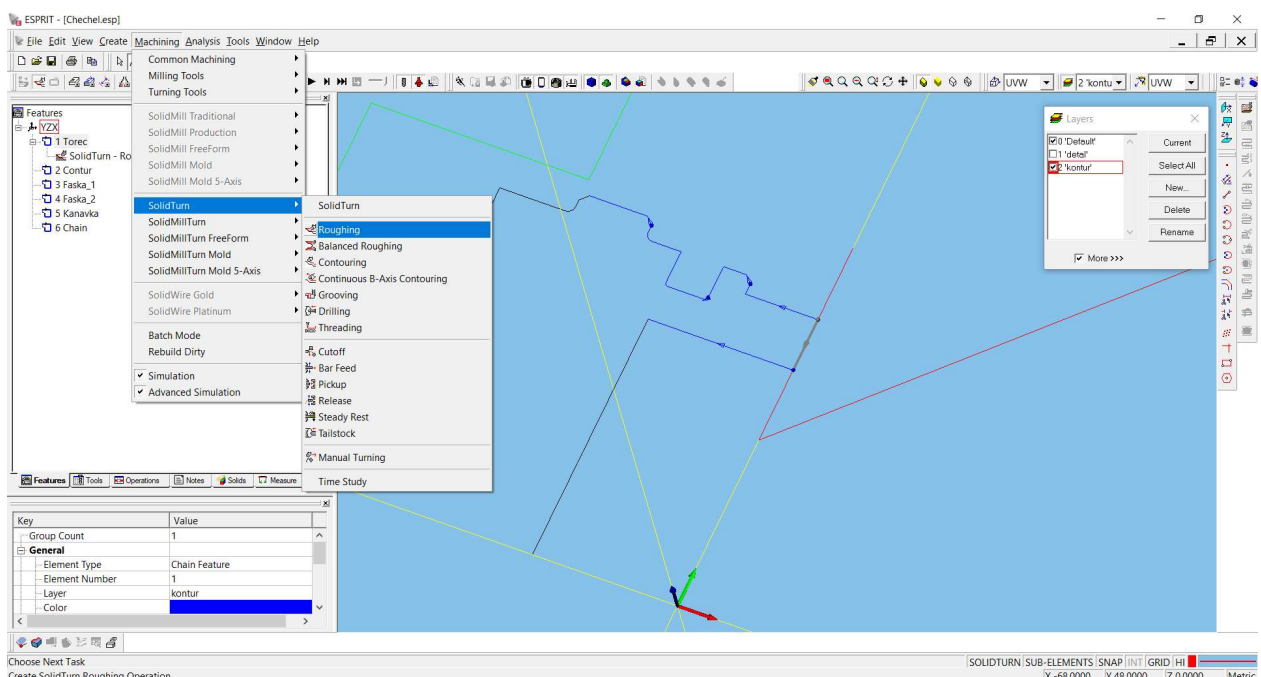


Рисунок 2.21 – Вибір виду оброблення

#### 6 Вибрано металообробний інструмент та його параметри (рис. 2.21).

7 Вибрано режими різання (рис 2.22).

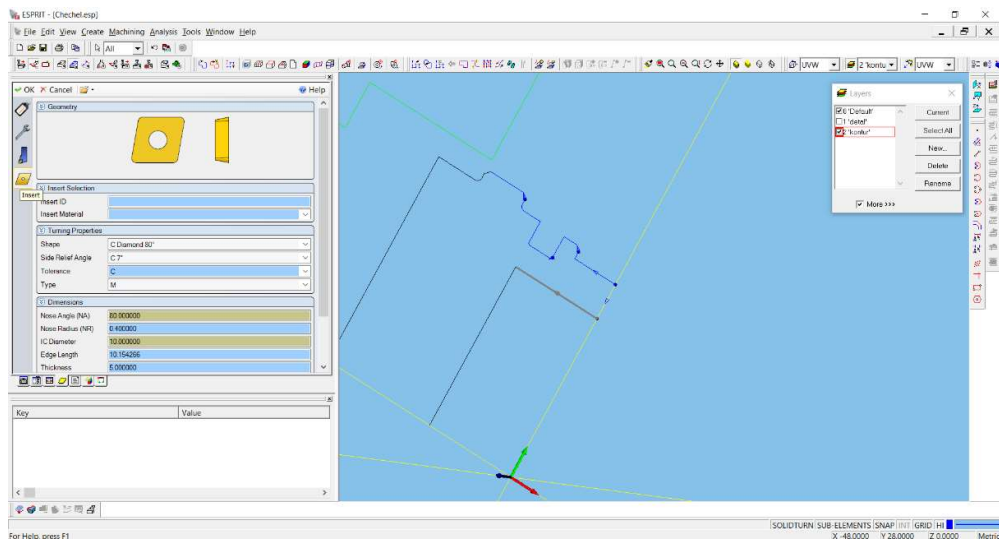


Рисунок 2.22 – Вибір режимів оброблення

8 Проведено автоматичне генерування траєкторії руху металорізального інструменту при обробленні контуру деталі (рис 2.23).

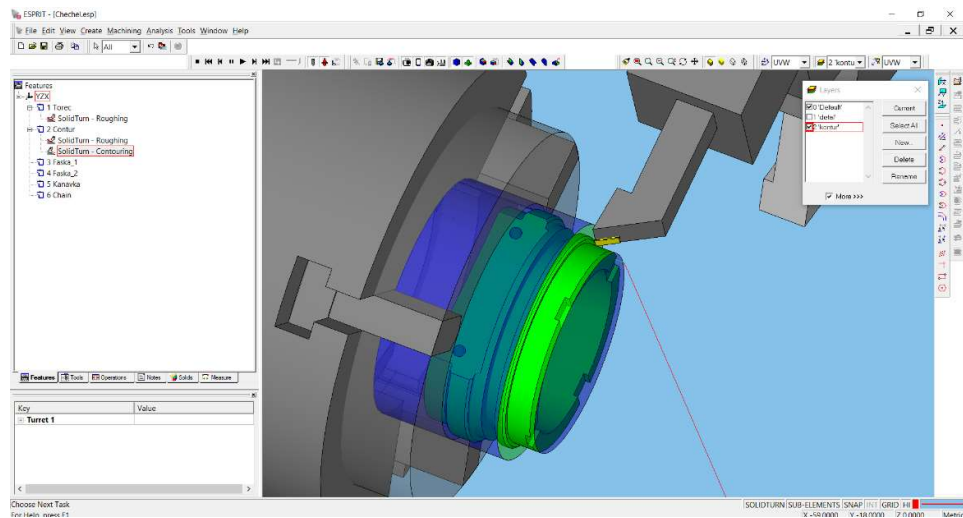


Рисунок 2.23 – Траєкторія руху металорізального інструменту при обробленні контуру кришки

9 Виконано автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодах за допомогою постпроцесора (рис 2.24).

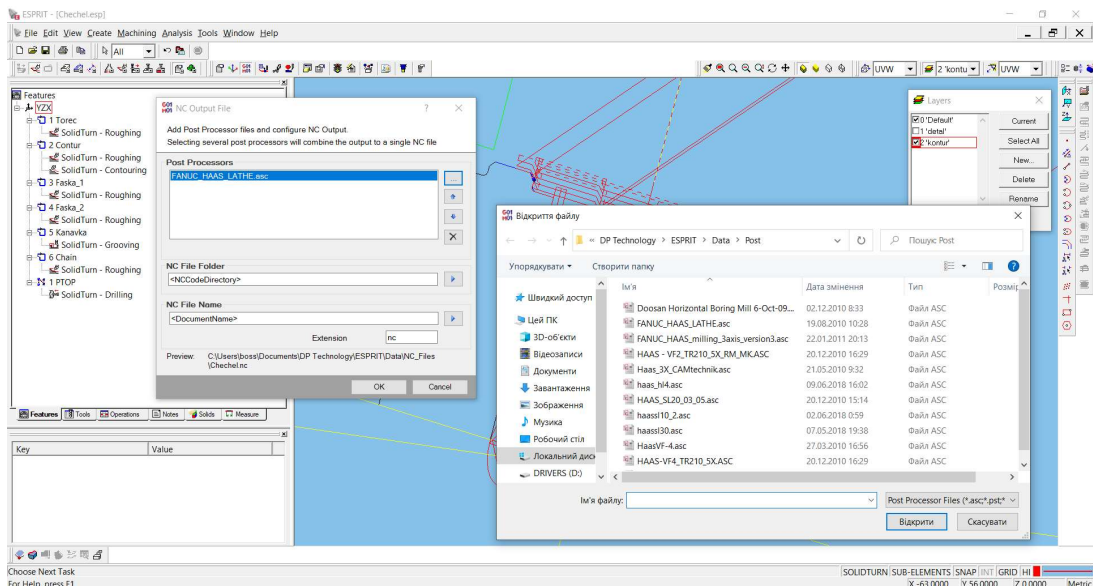


Рисунок 2.24 – Автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодї

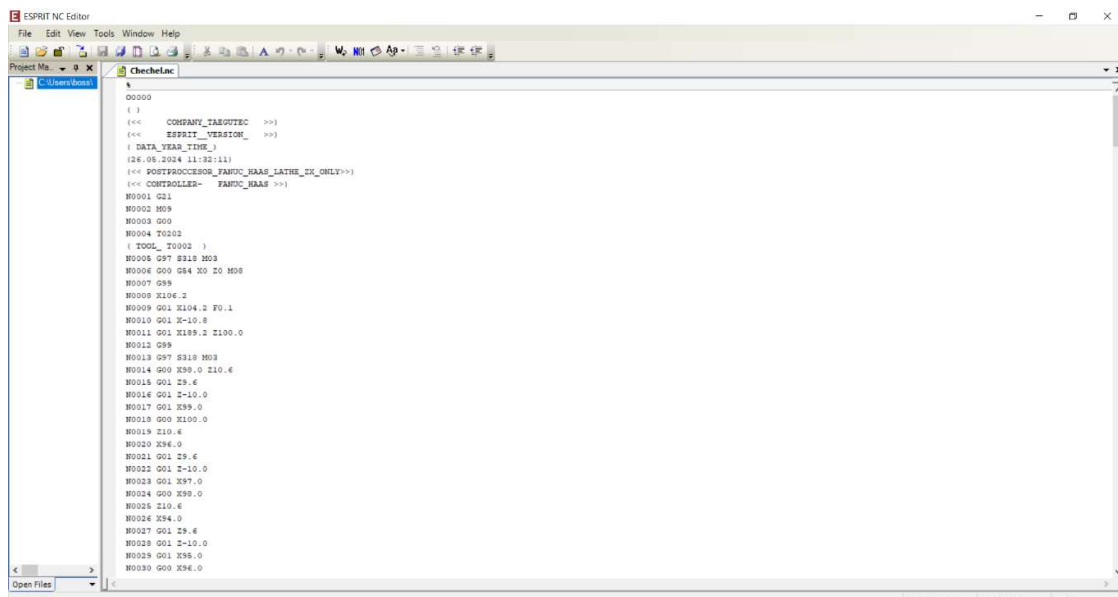


Рисунок 2.25 – Фрагмент згенерованої програми

Текст програми наведено у додатках.

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування верстатного пристрою для закріплення деталей при свердлуванні

### 3.1.1 Технічні вимоги

Пристосування спеціальне для верстата багатоцільового з ЧПК, модель HAAS VF-2. Операція 020, комбінована з ЧПК.

Пристосування, що проектується повинно забезпечувати вимоги точності деталі, вони вказані у розділі “Технічні вимоги”.

Пристосування призначене для проведення свердлильних операцій під час обробки деталей типу „Кришка”.

Пристосування повинно відповідати умовам безпечної роботи, що передбачені ДСТУ 2854-94.

Пристосування призначається для експлуатації в звичайних умовах.

Конструкція пристосування за вимогами повинна бути надійною, простою, зручною в експлуатації і надавати можливість візуального контролю роботи головних вузлів. Габарити пристосування мають відповідати розмірам стола верстата моделі HAAS VF-2, забезпечувати вільне займання позиції інструмента. Монтаж та кріплення на столі верстата пристосування повинні здійснюватися легко і швидко.

Складу пристосування повинен включати кріпильну частину, що дає можливість встановлювати пристосування на столі верстата, затискна частина, що дозволяє закріпити деталь в пристосуванні, і конкретний привод пристосування, що забезпечить необхідну силу закріплення.

Пристосування під дією сил різання не повинно зміщуватись, сила затискання має бути сталою в процесі обробки. Конструкція пристосування повинна надавати можливість наладки на розмір на самому верстаті. Крім цього, забезпечуватись вільне видалення стружки.

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		44

Вихідні дані для пристосування:

- креслення деталі „Кришка”;
- річний об’єм випуску деталей  $N = 9000$  шт;
- маса деталі  $m = 5,9$  кг;
- матеріал деталі – Сталь 45Л ДСТУ 7809:2015.

В робочому кресленні, що додається до даного ТЗ вказані технічні вимоги на деталь. Головними документами на проектування є: креслення деталі, операційна карта і креслення заготовки. В операційній карті вказані прийняті режими різання.

Пристосування обслуговується верстатником, який має третій розряд, так як робота на верстаті з ЧПК не потребує високої кваліфікації робітника.

З гострою метою підвищити надійність і економічність пристосування, необхідно забезпечити, щоб входження до його складу стандартних та установочних затискних елементів. Рівень уніфікації та стандартизації конструкції повинен бути не менше 80%.

Зовнішні елементи конструкції пристосування не повинні мати поверхонь з нерівностями, що можуть призвести до травмування. Радіуси заокруглень, розміри фасок зовнішніх поверхонь повинні бути не менше 1мм. Конструкція пристосування повинна гарантувати безпечність встановлення і знімання заготовки і ліквідувати можливість її самовільного розкріплення.

Гарантований максимальний зазор для встановлення заготовок з унеможливленням защемлення рук робітника, не повинен перевищувати 5мм. Висота від рівня підлоги до органів керування пристроєм повинна бути не менше 1000мм і не більше 1600мм.

Пневматичний привод повинен задовольняти вимогам безпеки за, ДСТУ EN ISO 4414:2018, ДСТУ EN 13788:2008

Пристосування необхідно фарбувати емаллю ПФ за методом пневморозпилення, колір вибирати згідно вимог ТУ. Необхідно експлуатувати пристосування в закритому приміщенні. Технічне обслуговування та ремонтні роботи здійснювати згідно правил ППР. Кінцеву підналадку і регулювання проводити після обробки пробних заготовок.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		45

Корпус пристосування повинен обладнуватися пристроєм для встановлення і зняття його на столі верстата вантажно – підйомним механізмом.

Конструкція пристосування повинна здійснювати забезпечення надійності, зручності в обслуговуванні та обов'язково відповідати вимогам з охорони праці при проведенні транспортування і встановлення пристосування на верстаті або стелажі. Пристосування в період, його не використання, повинні зберігатися на стелажах, що забезпечують всі вимоги для транспортування і зберігання. Місце зберігання повинно бути спеціальним та опалювальним.

### 3.1.2 Варіантний вибір схем базування та установки заготовки

Після проведення аналізу якості поверхонь заготовки і можливих схем базування, вибираємо найкращу з можливих схем базування.

Як зазвичай, заготовку при базуванні необхідно лишити 6-ти ступенів вільності. Затискна сила створить контакт із заготовкою і надасть їй нерухомості.

Від правильно вибраного базування залежить забезпечення точності механічної обробки, конструкція та надійність пристосування. Найбільш оптимальним варіантом вибору схеми базування є той варіант, коли  $\epsilon_6=0$ , це значить, що похибка базування є мінімальною.

Для деталі „Кришка” на операції 015 є можливим декілька варіантів базування заготовки. Запропонуємо та розглянемо два варіанти базування заготовки, а після цього порівняємо їх щоб обрати оптимальний.

Проаналізуємо представлену схему, визначивши похибку базування на кожний розмір.

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		46

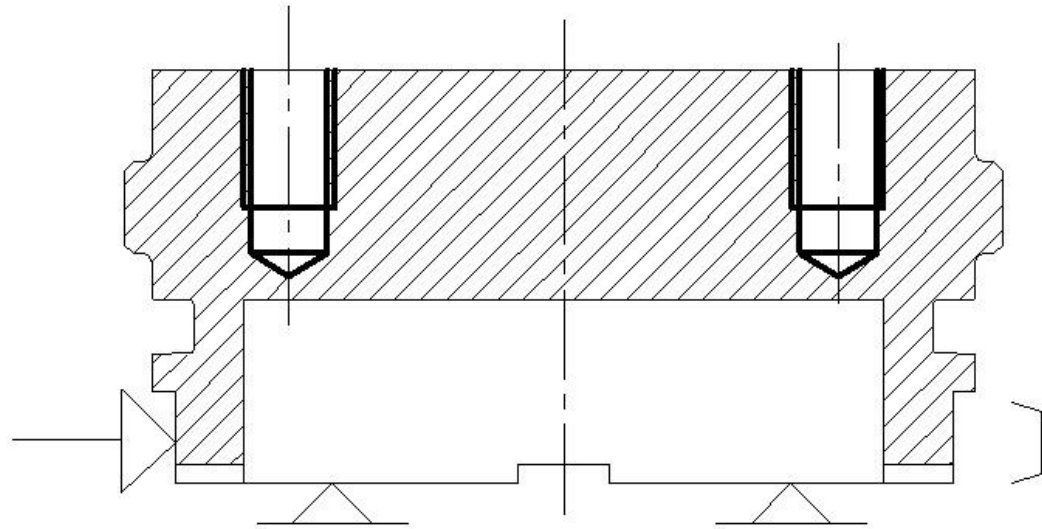


Рис. 3.1 – Схема базування (Варіант 1).

Для розміру  $E_{\Phi \begin{smallmatrix} \square \\ \square \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} \square \\ \square \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} \square \\ \square \end{smallmatrix}} = 0$ , принцип співпадання баз.

Для розміру  $E_{\phi 11H12} = 0$ , тому що це похибка на діаметральний розмір.

Для розміру  $E_{\phi 172} = 0$ , так як це обробка проводиться з одної установи.

Для розміру  $E_{20}$  - похибка буде за рахунок не співпадання бази технологічної з вимірною.

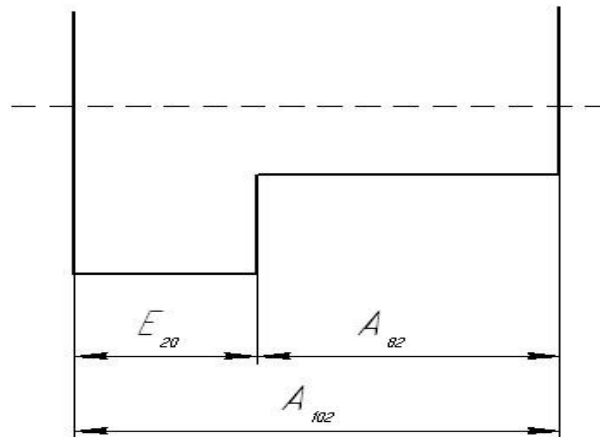


Рис. 3.2 –Зображення похибки не співпадання бази технологічної з вимірною.

Де  $A_{\Sigma} = E_{20}$  - ланка замикання.

$A_{82} = 0,87$  (мм) – допуск на лінійний розмір 82.

$A_{102} = 1,4$  (мм) – допуск на лінійний розмір 102.

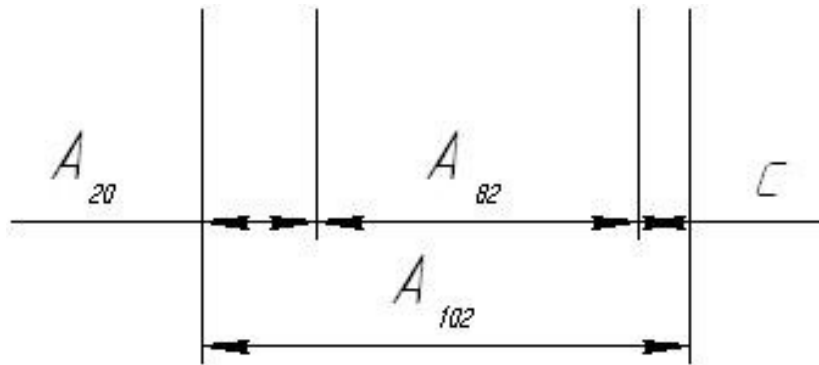


Рис. 3.3 – Допуск на лінійний розмір

де  $c$  – розмір настройки верстата, вирішуємо приймати  $c = 0$ , тоді

$$A_{\Sigma} = A_{82} + c = A_{102}$$

$$A_{\Sigma} = A_{102} - A_{82} - c = 1,4 - 0,87 - 0 = 0,53$$

$$A_{\Sigma} = 0,53, \text{ а допуск на лінійний розмір } A_{20} = 0,33$$

Оскільки  $A_{\Sigma} \geq A_{20}$  ( $0,53 > 0,33$ ), то похибка базування не є прийнятною тому що вона є значно більшою за допуск на цей розмір.

### 3.1.3 Розрахунок зусилля закріплення

Для операції 015, свердлильна, проводять свердління отвору  $\varnothing 11$  мм, довжина отвору  $l=20$  мм. Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК HAAS VF-2

Ріжучий інструмент – свердло P6M5 ДСТУ 885:2008,  $D=11$  мм; подача  $S=0.21$  мм/об.

Розрахуємо за формулою 3.1 силу закріплення:

$$Q = 2 \cdot 2 \cdot N \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot k, \quad (3.1)$$

$$\text{де } N = \frac{f \cdot P_x}{a}.$$

З формули 3.1 знайдемо  $Q = 4 \cdot \left( \frac{f \cdot P_x}{a} \right) \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot k$ ,

де  $P_x = 8,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$  – із режимів різання;

$f$  – коефіцієнт тертя,  $f=0,16$  за [1, с. 384, табл. 3];

$a$  – плече,  $a=10\text{мм}$ ;

$K$  – коефіцієнт запасу, що можна обчислити за формулою 3.2:

$$K=K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.2)$$

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

$K_1$  – враховує нерівномірність припуску,  $K_1 = 1,2$ ;

$K_2$  – враховує зростання сили різання при затупленні інструмента,  $K_2 = 1,15$ ;

$K_3$  – враховує наявність перервчастого різання,  $K_3 = 1,0$ ;

$K_4$  – враховує умови стабільності сили закріплення,  $K_4 = 1,0$ ;

$K_5$  – враховує зручність розташування рукояток керування,  $K_5 = 1,0$ ;

$K_6$  – враховує особливість розташування опор, діючих сил та форми опор,  $K_6=1,0$ .

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,42.$$

Приймаємо  $K = 2,5$ .

Отже, сила закріплення:

$$Q = 4 \cdot \left( \frac{0,16 \cdot 8,4}{0,01} \right) \cdot \sin \frac{90}{2} \cdot 2,5 = 1142,4 \text{ Н}.$$

В подальшому будемо проводити розрахунки по більшій силі закріплення, яка становить 1142,4 Н.

Сила штоку пневмоциліндра буде складати  $Q_{шт} = P_{зак} = 1142,4 \cdot 0,9 = 1028,16 \text{ Н}$ .

### 3.1.4 Розробка конструктивної схеми пристосування

Конструктивна схема пристосування включає наступні основні елементи: установчі, затискні, направляючі і корпусні деталі. В попередньому пункті ми

					ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		49

провели визначення схеми установки: установка будемо проводити на площину і призму. Схема установки зображена на рис. 3.4:

Вибираємо опорні та установчі елементи, використовуючи довідникову літературу [1,2].

У якості опор зробимо вибір на опори постійні з насиченою головкою за ДСТУ 13442:2008. Позначення: опора 7034-0371 h6 ГОСТ 13442 :2008.

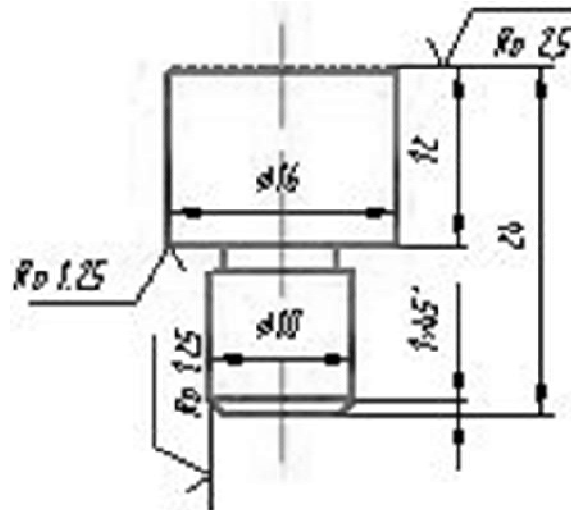


Рис. 3.4 - Опора постійна з насиченою головкою

Вибираємо призму з боковим кріпленням ДСТУ 12197:2006 позначення якої 7033- 0110 (рис. 3.8).

В процесі закріплення заготовки сили затискання повинні бути такими, щоб не порушували положення заготовки, яке вона зайняла при базуванні. Сили затискання повинні бути з значенні, достатніми для затискання і не призводити до деформації заготовки.

Конструкція затискного механізму повинна бути достатньо надійною та повністю безпечною в роботі. Пристосування має бути компактним, простим за конструкцією, зручним в управлінні.

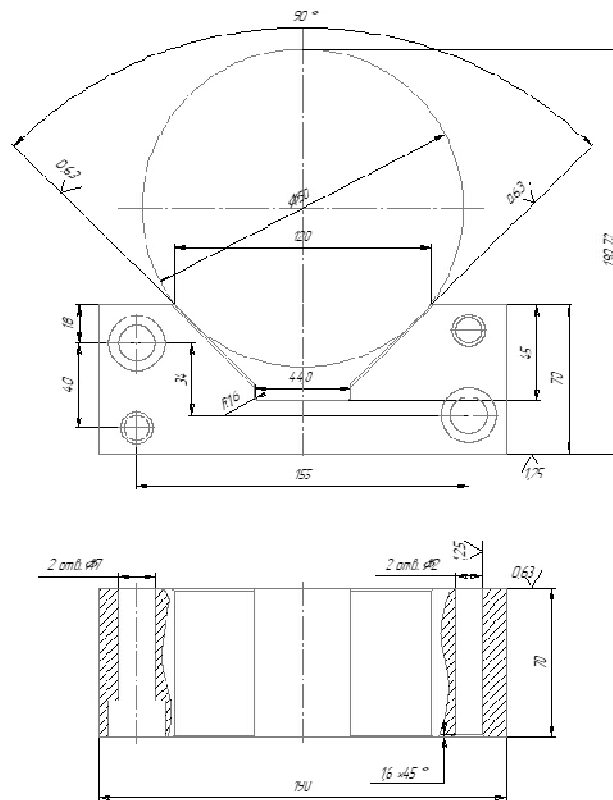


Рисунок 3.5 – Призма з боковим кріпленням ДСТУ 12197:2006 позначення 7033- 0110

Шток пневмоциліндра взаємодіє в роботі з клиновим механізмом через важіль. Затискання заготовки відбувається за допомогою двох пневмоциліндрів.

Базовим вузлом пристосування являється корпус, в якому монтується механізм затиску, пневмоциліндри і всі інші допоміжні деталі.

### 3.1.5 Опис роботи пристосування

Базовим вузлом пристосування являється корпус, на якому монтується опори з насіченою головкою, механізм затиску з пневмоциліндром, циліндричний та зрізаний пальці та усі інші допоміжні деталі.

Механізм затиску складається з клинових механізмів з важелями, двох пневмоциліндрів і затискних елементів.

Після того, як установили заготовку вмикаються пневмоциліндри, штоки яких, рухаються та створюють штовхаюче зусилля. Клини на штоках при допомозі закріплених на кінцях важелів коліс віддають зусилля на затискні елементи, які в свою чергу здійснюють затиск. Після обробки заготовки, сам пневмоциліндр перемикається і заготовка звільняється. Так відбувається заміна заготовки і далі цикл знову повторюється.

Пристосування монтують на супутнику та кріпиться 4-ма болтами в отворах, які знаходяться на супутнику. На столі верстату супутник орієнтується спеціально передбаченими пазами.

Проведемо аналіз конструкції пристосування і його роботу.

Отже, всі функції, прописані технічним завданням, виконуються, при цьому вони поєднуються по місцю і часу функції базування й закріплення.

Усі елементи конструкції виконують визначно корисні функції, а вимірвальна та опорна бази сполучені між собою.

### 3.2 Розрахунок різьбового калібра

Необхідно провести розрахунок виконавчих розмірів калібр-пробки різьбової ПР і НЕ, для проведення контролю різьбового отвору М10-7Н.

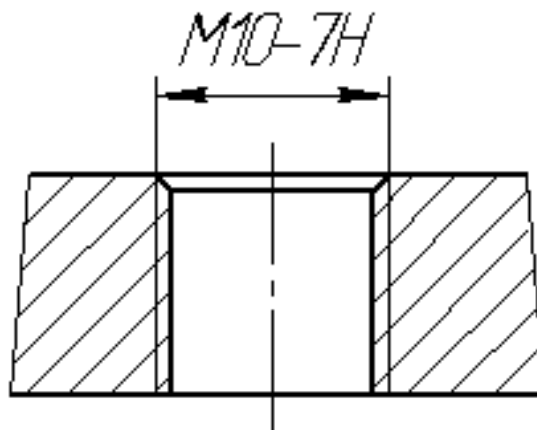


Рисунок 3.6 – Ескіз різьбового отвору.

1. Визначаємо номінальні розміри заданої різьби.

$D = 10 \text{ мм}$

$P=1,5 \text{ мм}$  [3 ,табл.4.22, с.141, додаток А табл. А1]

$\alpha = 60^\circ$ ,

$D_2 = D - 1 + 0,026 = 9,026 \text{ мм}$ , [3 ,табл.4.22, с.141, додаток А табл. А2]

$D_1 = D - 2 + 0,376 = 8,376 \text{ мм}$  [3, табл.4.24, с.144 ]

2. Визначаємо граничні відхилення діаметрів різьби [2, с.230 ; 3,табл.4.29, с.162 додаток Б]:

По  $D$   $ES - EI = 0$

По  $D_1$   $ES = + 0,375 \text{ мм}$   $EI = 0$

По  $D_2$   $ES = + 0,224 \text{ мм}$   $EI = 0$

3. Визначаємо граничні розміри різьби:

$D_{\max} = \text{не обмежено}$   $D_{\min} = 10 \text{ мм}$ ,

$D_{1\max} = D_1 + ES = 8,376 + 0,375 = 8,751 \text{ мм}$ ,

$D_{1\min} = D_1 + EI = 8,376 + 0 = 8,376 \text{ мм}$ ,

$D_{2\max} = D_2 + ES = 9,026 + 0,224 = 9,250 \text{ мм}_2$

$D_{2\min} = D_2 + EI = 9,026 + 0 = 9,026 \text{ мм}$ .

4.Визначаємо допуски по середньому діаметру різьби отвору:

$T_{D2} = ES - EI = 0,224 - 0 = 0,224 \text{ мм}$ .

5. Визначаємо розміри діаметрів різьби калібру по формулам табл. 11, с.24-25

] ДСТУ 16093:2018

5.1 Калібр-пробка різьбова ПР:

- зовнішній діаметр номінал, мм

$d_k = D + EI_D + Z_{PL}$ , граничне відхилення  $\pm T_{PL}/2$ ,

- середній діаметр номінал, мм

$d_{2k} = D_2 + EI_{D2} + Z_{PL}$ , граничне відхилення  $\pm T_{PL}/2$ .

Границя зношення по  $d_{2ПР}$ , мм

$d_{2k \text{ знош}} = D_2 + EI_{D2} + Z_{PL} + W_{GO}$ ,

- внутрішній діаметр номінал, мм

$d_{1k} = D_1 + EI_{D1} - H/6$ ,

					ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		53

де  $Z_{PL} = 0,016$  мм – відстань від середнього поля допуску  $T_{PL}$  різьбового прохідного калібру-пробки до прохідної границі середнього діаметру внутрішньої різьби. Додаток В таблиця В1 або табл. 5, с.14 ДСТУ 16093:2018;

$T_{PL} = 0,014$  мм – допуск зовнішнього і середнього діаметру різьбової прохідного і непрохідного калібру-пробки. Додаток В таблиця В1 або табл. 5, с.14 ДСТУ 16093:2018;

$W_{GO} = 0,021$  мм – величина середньо допустимого зношення різьбових прохідних калібрів-пробок. Додаток В таблиця В1 або табл. 5, с.14 ДСТУ 16093:2018;

$H = 0,866 \cdot P = 1,299$  мм – висота вихідного трикутника.

Тоді

$$d_k = 10 + 0 + 0,016 = 10,016 \pm 0,007 \text{ мм,}$$

$$d_{2k} = 9,026 + 0 + 0,016 = 9,042 \pm 0,007 \text{ мм,}$$

$$d_{2k \text{ знош}} = 9,026 + 0 + 0,016 + 0,021 = 9,063 \text{ мм,}$$

$$d_{1k} = 8,376 + 0 - 1,299/6 = 8,160 \text{ мм.}$$

5.2 Калібр-пробка різьбова непрохідна НЕ :

- зовнішній діаметр номінал, мм

$$d_k = D_2 + EI_{D2} + T_{D2} + T_{PL}/2 + 2F_1, \text{ граничне відхилення } \pm T_{PL},$$

- середній діаметр номінал, мм

$$d_{2k} = D_2 + EI_{D2} + T_{D2} + T_{PL}/2, \text{ граничне відхилення } \pm T_{PL},$$

- границя зношення, мм

$$d_{2k \text{ знош}} = D_2 + EI_{D2} + T_{D2} + T_{PL}/2 + W_{NG},$$

- внутрішній діаметр номінал, мм

$$d_{1k} = D_1 + EI_{D1} - H/6,$$

$$\text{де } F_1 = 0,1 \cdot P = 0,1 \cdot 1,5 = 0,150 \text{ мм}$$

- відстань між лінією середнього діаметру і вершиною укороченого профілю різьби

$W_{NG} = 0,015$  мм – величина середнього допустимого зношення різьбових непрохідних калібрів-пробок, Додаток В таблиця В1 (табл.5, с.14 ДСТУ 16093:2018).

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		54

Тоді

$$d_k = 9,026 + 0 + 0,224 + 0,014/2 + 2 \cdot 0,15 = 9,557 \pm 0,007 \text{ мм}$$

$$d_{2к} = 9,026 + 0 + 0,224 + 0,014/2 = 9,257 \pm 0,007 \text{ мм}$$

$$d_{2к \text{ знош}} = 9,026 + 0 + 0,224 + 0,014/2 - 0,015 = 9,242 \text{ мм}$$

$$d_{1к} = 8,376 + 0 - 1,299/6 = 8,160 \text{ мм.}$$

Виконавчі розміри:

$$d_k = 9,557 \pm 0,007 \text{ мм,}$$

$$d_{2к} = 9,257 \pm 0,007 \text{ мм,}$$

$$d_{1к} = 8,160 \text{ мм,}$$

$$d_{2к \text{ знош}} = 9,242 \text{ мм.}$$

6. Визначаємо граничні відхилення кута бокової сторони профілю різьби калібр-пробки Додаток В таблиця В2 (табл. 6, с.15 ДСТУ 16093:2018):

$$T_{\alpha/2} = 12', \text{ тобто } 30^\circ \pm 12'.$$

7. Визначаємо допуск кроку різьби калібрів Додаток В таблиця В3 (табл. 7, с.16 ДСТУ 16093:2018).

$$T_p = 0,005 \text{ мм.}$$

8. Будуємо схему розміщення полів допусків різьбових калібрів по середньому діаметру в масштабі (див. Додаток В рис.В1).

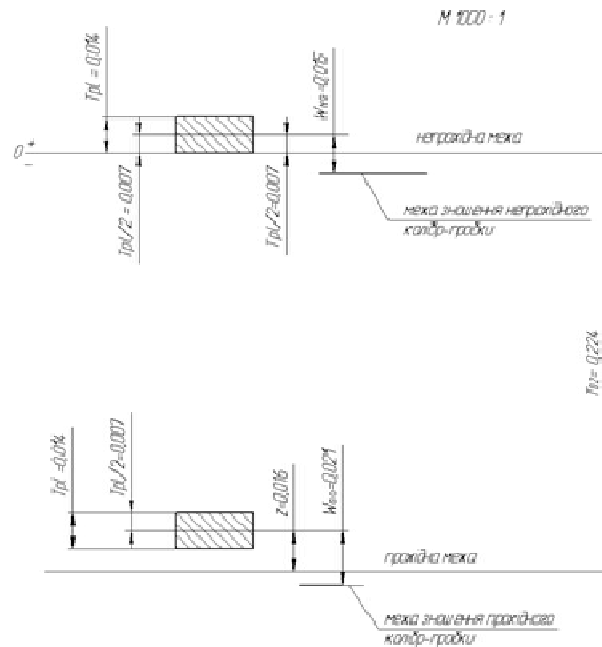


Рисунок 3.7 – Схема розміщення полів допусків різьбових калібрів по середньому діаметру

9. Розміри калібрів визначаються по ДСТУ ГОСТ 16093:2018.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		56

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Системи освітлення приміщень машинобудівного виробництва

Серед основних чинників зовнішнього робочого середовища, які впливають на організм людини під час праці виділяють освітлення робочих місць та приміщень. Відомо, що майже 90% всієї інформації про зовнішнє середовище людина отримує за допомогою органів зору.

До освітлення приміщень різноманітних промислових об'єктів, а саме, виробничих цехів, складських приміщень, майстерень, лабораторій тощо ставлять особливі вимоги. Від дотримання цих вимог залежить безпека, ефективність та економічність виробництва. Вірно спроектоване освітлення приміщень промислових підприємств і робочих місць сприяє зниженню браку продукції та підвищенню рівня продуктивності праці. Глибокі тіні на робочій поверхні та на обладнанні втомлюють очі порушують їх працездатність та можуть призвести до нещасних випадків на виробництві. Ефект засліплення працівників яскравим джерелом світла є ще одним фактором, який може створити небезпечні ситуації на виробництві. Це виникає коли на робочих місцях або над ними, на рівні очей працівників розміщені яскраві лампи, які є не захищеними світильниками.

. При недостатній освітленості погіршується розрізнення небезпечних частин машин, станків тощо.

У робочих умовах використовують два види освітлення – природне та штучне. На ділянках, у механічних цехах використовують і те і інше. При раціональному влаштованому освітленні зникає напруження очей, прискорюється швидкість роботи, полегшується бачення та розрізняння деталей поверхонь та елементів, які обробляються. Життєрадісний підвищений настрій, висока активність знаходяться в прямій залежності від освітлення приміщення. Цим світло має велике значення для здоров'я і працездатності людини. Організація та влаштування раціонального освітлення виробничих цехів і робочих місць виступає одним з важливих питань охорони праці. Втомлюваність очей при здійсненні будь-якої трудової діяльності

					ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		57

залежить від напруженості фізіологічних процесів, що притаманні здоровому сприйняттю. До цих процесів відносяться акомодация, адаптация та конвергенция.

Акомодация – це процес пристосування ока до чіткого зрозумілого бачення об'єктів та предметів, що знаходяться від нього на різній відстані завдяки зміні кривизни кришталика.

Адаптация – процес пристосування ока чіткого бачення при зміні умов освітлення (рівня освітленості).

Конвергенция – властивість ока під час розглядання близьких предметів займати таке положення, в якому зорові осі одночасно обох очей перетинаються на конкретному предметі.

При проектуванні систем освітлення робочих приміщень визначають, які показники використовують для оцінки умов та рівня освітлення робочих місць, які з цих показників регламентуються відповідними нормативними документами з охорони праці.

Виділяють кількісні та якісні показники для характеристики освітлення виробничих приміщень. До кількісних показників відносяться світловий потік ( $\Phi$ ), освітленість ( $E$ ), яскравість ( $B$ ), сила світла ( $I$ ) [2].

Світловим потоком є потужність світлового випромінювання, що оцінюється людським оком за світловим відчуттям. Одиниця вимірювання світлового потоку – люмен (лм) світловий потік від еталонного точкового джерела в одну канделу (міжнародну свічку), розташованого у вершині тілесного кута в 1 стерadian.

Освітленість ( $E$ ) встановлюється відношенням світлового потоку ( $\Phi$ ), що падає на певну поверхню, до площі цієї поверхні ( $S$ ). Одиницю освітленості є люкс (лк) – визначається рівнем освітленості поверхні, що має площу в  $1\text{ м}^2$ , на яку падає світловий потік розміром в 1 люмен та рівномірно розподіляється.

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (4.1)$$

Сила світла ( $I$ ) – визначається відношенням світлового потоку ( $\Phi$ ) до розміру тілесного кута ( $\omega$ ), в межах якого рівномірно розподіляється цей світловий потік.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		58

Одиницею сили світла є кандела (кд) – розмір сили світла точкового джерела, яке випромінює світловий потік розміром в 1 лм, що розподіляється рівномірно всередині тілесного кута розміром в 1 стерадіан.

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad (4.2)$$

Яскравість (В) – це відношення сили світла, що випромінюється в даному напрямку, до певної площі поверхні, що світиться. Одиниця яскравості – ніт (нт).

$$B = \frac{I\rho}{S}, \quad (4.3)$$

де  $\rho$  - коефіцієнт відбиття світла поверхнею  $\rho = \Phi_{\text{відб}}/\Phi_{\text{пад}}$

Основними якісними показниками зорових умов роботи є: фон, контраст між об'єктом і фоном та видимість (V).

Фоном є поверхня, що прилягає безпосередньо до об'єкту розпізнавання і на якій цей об'єкт розглядається. Фон характеризується та визначається коефіцієнтом відбиття поверхні  $\rho$ , що знаходиться, як відношення світлового потоку  $\Phi$ , що відбивається від певної поверхні, до світлового потоку, що падає на цю поверхню. Фон вважається світлим при значеннях  $\rho > 0,4$ ; при  $\rho = 0,2 - 0,4$  – середнім і темним при  $\rho < 0,2$ .

Контраст між об'єктом і фоном встановлюється співвідношенням яскравостей фону та об'єкта, що розглядається на ньому (лінія, крапка, знак та інші елементи).

$$k = \frac{B_o - B_\phi}{B_\phi}, \quad (5.4)$$

де  $B_o$  – яскравість об'єкта,  $B_\phi$  – яскравість фону.

При значеннях:  $k > 0,5$  - великий контраст,  $k = 0,2 - 0,5$  – середній,  $k < 0,2$  - малий

Видимість (V) – це здатність ока бачити об'єкт Видимість залежить від значення освітленості, контрасту між об'єктом і фоном, розміру об'єкта розпізнавання, яскравості цього об'єкта, тривалості експозиції:

					ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		59

Для вимірювання світлотехнічних величин застосовують такі прилади, як люксметри, вимірювачі видимості, фотометри, тощо.

У виробничих приміщеннях для проведення контролю загальної освітленості приміщень та освітленості робочих місць використовують люксметри видів Ю–116, Ю–117 та портативний універсальний цифровий люксметр-яскравомір ТЗС–0693. Принцип роботи цих приладів оснований на явищі фотоефекту, а саме, перетворенні світлової енергії в електричну.

Виробниче освітлення залежно від джерела світла поділяють на природне, що створюється розсіяним світлом небосхилу та прямими сонячними променями; штучним – створюється електричними джерелами світла та комбінованим, коли недостатнє відповідно до норм природне освітлення доповнюється штучним.

Крім кількісних та якісних показників освітлення слід враховувати й кольорове оточення робочого приміщення для створення достатніх оптимальних умов зорової роботи. Так, при світлому пофарбуванні інтер'єру (стін, стелі та підлоги) завдяки збільшенню кількості відбитого світла, рівень освітленості може підвищити на 20 – 40% (при тій самій потужності джерел світла), при цьому різкість тіней зменшується, а рівномірність освітлення покращується.

При високій яскравості джерел світла та предметів може статися засліплення працівника. При нерівномірній подачі освітлення та неоднаковій яскравості предметів оточуючого середовища цеху відбувається часта переадаптація очей при виконанні роботи, а наслідком цього відбувається швидке стомлення органів зору. Тому ті поверхні, що добре освітлюються та знаходяться в полі зору, рекомендується фарбувати в кольори середньої світлості, для яких коефіцієнт відбивання знаходиться в межах 0,3–0,6 та бажано, щоб вони мали напівматову або матову поверхню.

Природне освітлення в залежності від розташування світлових отворів поділяється на: бокове (може бути одно- або двостороннє), здійснюється через світлові отвори (вікна) в зовнішніх стінах з одного чи обох боків приміщення; верхнє, відбувається через отвори та ліхтарі в дахах і перекриттях та комбіноване природне освітлення – це поєднання верхнього та бокового освітлення одночасно.

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		60

При недостатності природного освітлення в приміщеннях його компенсують штучним освітленням.

Штучне освітлення за розташування світильників поділяється на загальне та комбіноване. Загальне освітлення – це те освітлення, при якому штучні світильники розміщуються у верхній частині приміщення (не нижче ніж 2,5 м над рівнем підлогою) рівномірно (це буде загальне рівномірне освітлення) або з урахуванням розміщення у виробничому приміщенні робочих місць (це буде загальне локалізоване освітлення). Та комбіноване освітлення, яке складається із загальної системи та місцевого освітлення. Місцеве освітлення відтворюється світильниками, що забезпечують концентрацію світлового потоку безпосередньо на робочі місця. Застосування в робочих приміщеннях лише місцевого освітлення не допускається, це створює небезпеку виникнення виробничого травматизму та професійних захворювань. Місцеве освітлення доцільно застосовувати при здійсненні робіт високої точності та, якщо необхідно створити змінний чи певний напрямок світла в процесі роботи.

Штучне освітлення в залежності від функціонального призначення поділяється на робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне, чергове.

Робоче освітлення використовують для забезпечення виконання виробничого процесу, руху транспорту, переміщення людей та є обов'язковим для всіх виробничих приміщень.

Аварійну систему освітлення використовують для продовження або для безпечного закінчення роботи у тих випадках, коли різке відключення робочого освітлення, та пов'язане з ним можливе порушення нормальної експлуатації обладнання може викликати пожежу, вибух, отруєння людей або порушення технологічного процесу. Мінімальне значення освітленості робочих поверхонь при аварійному освітленні повинно складати біля 5% від нормованої освітленості для робочого освітлення, але бути не меншим 2 лк.

Евакуаційне освітлення сприяє швидкій евакуації працівників з приміщень у випадках аварійного відключення робочого освітлення. Воно повинно влаштовуватися в місцях, що є небезпечними для проходу людей; у виробничих

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		61

приміщеннях, в яких працює більше 50 працівників; в проходах; в приміщеннях допоміжних будівель, з одночасним перебуванням більше 100 осіб; на сходових клітках. При евакуаційному освітленні мінімальна освітленість на рівні підлоги основних проходів та на сходах повинна становити не менше 0,5 лк, а на відкритих майданчиках бути не менше ніж 0,2 лк.

Охоронне освітлення організують вздовж меж території (по периметру), яка охороняється спеціальним персоналом в нічний час. Найменше значення освітленості повинна становити 0,5 лк на рівні землі.

Чергове освітлення використовується у неробочий час, для цього використовують незначну частину світильників інших видів штучного освітлення.

Для створення сприятливих необхідних умов зорової роботи, які б не створювали б швидко втомлюваність очей, виникнення нещасних випадків та професійних захворювань і сприяли б підвищенню ефективності, продуктивності праці та якості продукції, виробниче освітлення (і штучне і природне) повинно відповідати наступним вимогам [1]:

- створювати рівень освітленості на робочій поверхні, що відповідає розряду зорової роботи і бути нижчою за встановлені норми;

- не повинно здійснювати засліплюючої дії і від самих джерел освітлення, і від інших предметів, що лежать в полі зору;

- забезпечити необхідну постійність та рівномірність рівня освітленості на робочих місцях, щоб уникнути переадаптації органів зору;

- не створювати різких та глибоких тіней на робочій поверхні (особливо небезпечними є рухомі);

контраст поверхонь, що освітлюються повинен бути достатній для розрізнення деталей;

не створювати небезпеку ураження струмом, пожежо та вибухонебезпеку світильників та небезпечних чи шкідливих виробничих факторів (теплові випромінювання, шум);

системи освітлення повинні бути простими в експлуатації, надійними економічними та естетичними.

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		62

## ВИСНОВКИ

У цій роботі проводився аналіз об'єкта виробництва. Проведено вибір типу виробництва і форми організації робіт. 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. Проведено варіантний вибір схем базування та установки заготовки, розрахунок зусилля закріплення, розроблено конструктивні схеми пристосування. В розділі охорона праці проаналізовано системи освітлення робочих приміщень машинобудівних підприємств та основні вимоги до їх проектування та експлуатації

					ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		63

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування : навчальний посібник. Львів : Магнолія, 2018. 500 с.
2. Гордєєв А. І. Урбанюк Є.А., СілінР.С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.
3. 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.
4. Добрянський, С. С. Технологічні основи машинобудування [Електронний ресурс] : підручник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафєєв ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 13,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
5. ДБН В.2.5-28-2018 "Природне і штучне освітлення".: затв. наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 03 жовтня 2018 року N 264: чинний з 01.03.2019. – Режим доступу: <https://ips.ligazakon.net/document/DBN00078>.
6. ДСТУ EN ISO 4414:2018 Пневмоприводи. Загальні правила застосування та вимоги щодо безпеки для систем та їхніх складових частин (EN ISO 4414:2010, IDT; ISO 4414:2010, IDT).
7. ДСТУ EN 13788:2008 Металообробчі верстати. Безпека. Верстати токарні багатошпиндельні автоматичні (EN 13788:2001, IDT).
8. ДСТУ 4738:2007/ГОСТ 2590-2006 Прокат сортовий сталевий гарячекатаний круглий. Сортамент (EN 10060:2003, NEQ; ГОСТ 2590-2006, IDT)
9. ДСТУ 8981:2020 Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічну обробку Наказ від 24.02.2020 № 41 Про прийняття та скасування національних стандартів.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		64

- 10.ДСТУ 9182:2022 Поковки з вуглецевої і легованої сталі, виготовлені куванням на пресах. Припуски і допуски.
- 11.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.
- 12.Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування: Навчальний посібник - Львів: "Новий Світ-2000", 2009.-358 с.
- 13.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.
- 14.Прогресивні технології виготовлення деталей насосного обладнання : навчальний посібник / І. М. Дегтярьов, А. О. Нешта, В. О. Колесник. – Суми : Сумський державний університет, 2021. – 256 с
- 15.Проектування і виробництво заготовок / підручник. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 353 с.
- 16.Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Самостійна та індивідуальна робота студентів [Текст] : навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, О. В. Дерібо, С. В. Репінський, О. В. Паславська. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 88 с.
- 17.Основи теорії різання матеріалів : підручник / М. П. Мазур та ін. – Львів : Новий Світ, 2010. – 422 с.
- 18.Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю.В.Петраков, С.В. Сохань, В.К. Фролов, В.М. Кореньков. – Електронні текстові данні (1 файл: 10,2 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		65

19. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник / Юрчишин І.І. та ін. Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.
20. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
21. 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.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		66

ДОДАТКИ

					ДП.ПІМ.ФІТА.24.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		67