

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ З РОЗРОБКОЮ  
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ  
ДЕТАЛІ «КОРПУС»

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти  
групи ІМ-41  
Федорук Олексій Олександрович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник:  
к.т.н., доцент  
Четвержук Тарас Іванович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.  
Гарант освітньої програми:  
к.т.н., доцент  
Божко Тетяна Євгенівна

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
(повне найменування вищого навчального закладу)

*Факультет Транспорту та механічної інженерії*

*Кафедра Прикладної механіки та мехатроніки*

*Ступінь вищої освіти: бакалавр*

*Галузь знань: 13 Механічна інженерія*

*Спеціальність: 131 Прикладна механіка*

*Освітня програма: «Прикладна механіка»*

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри**

\_\_\_\_\_ Р. РЕДЬКО

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Федоруку Олексію Олександровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: *Проектування ділянки з розробкою технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус»*

Керівник роботи: *Четвержук Тарас Іванович, к.т.н., доцент,*  
затвержені наказом закладу вищої освіти від «31» грудня 2024 р., № 910/01-07

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «07» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: Конструкторсько-технологічна документація, відгуки підприємств про роботу обладнання, креслення деталі, річна програма випуску, базовий технологічний процес, нормативні дані

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити)

Вступ. 1. Оглядовий розділ. 2. Технологічний розділ. 3. Розробка керуючої програми обробки деталі. 4. Проектування механічної ділянки. 5. Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Креслення деталі – 1 лист (ф.А.2), карти налагодження – 2 лист (ф.А1), керуюча програма для обробки деталі на верстаті з ЧПУ 1 лист (ф.А1), план ділянки – 1 лист (ф.А1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 20.02.2025 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Оглядовий розділ</i>	<i>10.04.25</i>	
2.	<i>Технологічний розділ</i>	<i>30.04.25</i>	
3.	<i>Розробка керуючої програми обробки деталі</i>	<i>10.05.25</i>	
4.	<i>Проектування механічної дільниці</i>		
5.	<i>Охорона праці</i>	<i>17.05.25</i>	
6.	<i>Оформлення графічної частини</i>	<i>28.05.25</i>	
7.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>5.06.25</i>	
8.	<i>Представлення роботи до захисту</i>	<i>10.06.25</i>	

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_ (підпис)

Федорук О.О.  
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Четвержук Т.І.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Федорук О.О. Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус». Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку літературних джерел, додатків (згідно структури кваліфікаційної роботи, затвердженої кафедрою).

Робота включає в себе оглядовий розділ, технологічну частину, розробку керуючої програми обробки деталі на верстатів з ЧПУ, планування механічної дільниці, а також питання охорони праці. В технологічній частині проекту подані матеріали та розрахунки, пов'язані з описом та відпрацюванням виробу на технологічність, розробкою маршрутної та операційної технології оброблення деталі «Корпус», вибором методу виготовлення заготовки, розрахунком режимів різання та нормуванням робіт.

В третьому розділі роботи розроблено керуючу програму для обробки деталі «Корпус» із використання програмного забезпечення SINUMERIK. Здійснено підбір різальних інструментів та його кодування для багатофункціонального верстату з ЧПУ EMCO CONCEPT TURN 155.

У четвертому розділі спроектовано механічну дільницю з розрахунком кількості одиниць обладнання та площі під токарні верстати з ЧПУ та необхідної кількості робітників.

Питання, пов'язані з нормуванням і розрахунком основних виробничих факторів, що забезпечують безпечну роботу машинобудівного підприємства викладені в розділі охорони праці.

Ключові слова: технологічний процес, механічна обробка, заготовка, корпус, режими різання, верстат з ЧПУ, металорізальні інструменти, керуюча програма.

## ABSTRACT

FEDORUK O. Design of the site with the development of the technological process for manufacturing the «Housing» part. Manuscript.

Bachelor's qualification work of EP «Applied Mechanics» specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, 5 sections, edits, a list of literary items, supplements (the structure of the qualification work approved by the department).

The work includes an inspection section, a technological part, the development of a ceramic part processing program on a CNC machine, the planning of a mechanical mill, as well as the power supply of the work. In the technological part of the project, the materials and developments are submitted, related to the description and preparation of the test for manufacturability, the development of the route and operational technology of the fabrication of the «Case» part, the choice of manufacturing method workpieces, arrangement of cutting modes and standardization of work.

In the third section of the work, a core program for processing the «Case» part is developed from the SINUMERIK software. The selection of cutting tools and coding for the richly functional CNC lathe EMCO CONCEPT TURN 155 has been completed.

The fourth section has a designed mechanical mill with a maximum number of equipment and areas for CNC lathes and the required number of workers. Nutrition is related to the standards and development of the main production factors, which ensure the safe operation of the machinery industry in the defense sector.

Key words: technological process, mechanical processing, workpiece, body, cutting modes, CNC machine, metalworking tools, control program.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯДОВИЙ РОЗДІЛ.....	9
1.1. Вихідні дані для проєктування.....	9
1.2. Характеристика деталі «Корпус» .....	10
1.3. Хімічний склад, фізичні та механічні властивості матеріалу деталі «Корпус».....	12
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	14
2.1 Визначення типу виробництва.....	14
2.2 Обґрунтування вибору методу одержання заготовки.....	15
2.3 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	18
2.4. Вибір схеми базування.....	21
2.5. Розробка технологічного маршруту та вибір обладнання.....	22
2.6. Розрахунок припусків на механічну обробку.....	23
2.7. Розрахунок режимів різання.....	29
2.8. Нормування технологічної операції.....	33
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ...	35
3.1. Характеристика деталі з позиції підготовки КП.....	35
3.2. Використання програмного забезпечення SINUMERIK	36
3.3. Підбір різальних інструментів та його кодування.....	36
3.4. Програмування обробки.....	40
РОЗДІЛ 4. ПРОЄКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ.....	49
4.1. Розрахунок кількості одиниць обладнання та площі під токарні верстати з ЧПУ.....	49
4.2. Розрахунок площі дільниці.....	49
4.3. Визначення складу та чисельності працівників на дільниці багатofункціональних токарних верстатів з ЧПУ.....	50
4.4. Планування дільниці.....	51

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	53
5.1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	53
5.2. Методи та засоби індивідуального захисту працівників.....	54
5.3. Проведення заходів щодо зниження виробничого шуму.....	57
ВИСНОВКИ .....	60
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	61
ДОДАТКИ .....	64

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Досягненнями останніх десятиліть у галузі технології механічної обробки деталей та виробів є комплексна автоматизація виробництва, значне підвищення точності та продуктивності технологічних операцій. Велике значення у цьому належить металорізальному обладнанню з числовим програмним управлінням (ЧПУ), яке істотно перевершує обладнання з ручним управлінням за найважливішими технічними, технологічними та економічними показниками [2]. Верстати з ЧПУ – це результат об'єднання досягнень у галузі технології машинобудування, промислового програмування, автоматизації, математики, електроніки та інших фундаментальних та прикладних наук. Верстати з ЧПУ стрімко розвиваються не тільки в плані конструктивного вдосконалення, яке дозволяє суттєво підвищити їхню динамічну та статичну жорсткість [24], вібростійкість [4], точність функціонування і позиціонування [5], продуктивність, а й у напрямку створення ефективного програмного забезпечення.

Багатофункціональні токарні верстати з ЧПУ дозволяють виконувати не тільки операції точіння, розточування складних поверхонь, свердління осьових отворів, але і фрезерування найрізноманітніших за формою та розмірами поверхонь, свердління та нарізування різних видів різей та їх комбінацій як паралельно, так і перпендикулярно до осі деталі [5]. У сучасних верстатах з ЧПУ реалізовано один із основних наукових принципів теорії базування, що забезпечують мінімальні похибки механічного оброблення, коли деталь повністю обробляється за один установ. Для цієї мети в останніх моделях багатофункціональних токарних верстатів застосовують два шпинделі: головний шпиндель та контршпиндель. Окрім цього, ріжучий інструмент забезпечують головним рухом різання, а головний шпиндель – рухом кругової подачі.

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Точність у машинобудуванні має велике значення для підвищення експлуатаційних якостей машин і для технологічності виробництва. Вирішення питань точності має бути компетентним. Так, підвищення точності виготовлення заготовок знижує трудомісткість механічної обробки. У свою чергу, підвищення точності механічної обробки скорочує трудомісткість складання. Особливе значення має точність при автоматизації виробництва. З розвитком автоматизації виробництва проблема отримання продукції високої якості стає дедалі актуальнішою. Створення безперервних виробництв з їхньою повною автоматизацією обумовлюється включення до потоків механічної обробки та складання різнорідних технологічних процесів. Це визначає комплектність технології машинобудування та тісний зв'язок різних технологічних галузей.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є вдосконалення технологічного процесу механічної обробки деталі на підставі вибору прогресивних верстатів з ЧПУ, найбільш оптимальної заготовки, приспособлень, ріжучого та вимірювального інструменту, а також розробка виробничої ділянки.

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯДОВИЙ РОЗДІЛ

#### 1.1. Вихідні дані для проектування

Вихідними даними для розробки технологічного процесу механічної обробки деталі «Корпус» є:

1. базова інформація;
2. довідкова інформація;
3. нормативно-технічна інформацію;
4. науково-технічна література;
5. періодична та патентна література.

Базова інформація – це інформація, яка збирається за умов базового заводу-виробника. Сюди входить робочі креслення деталі з технічними вимогами та технічними умовами; програма випуску  $N$ . У нас згідно завдання  $N=5450$  шт./рік.

До довідкової інформації входить інформація, що міститься в довідниках технолога-машинобудівника, нормувальника, конструктора тощо; каталоги, що випускаються підприємствами України та зарубіжними фірмами.

У нормативно-технічну інформацію входять ДСТУ, галузеві стандарти, машинобудівні норми, стандарти підприємств та ін [7-11].

Науково-технічна література – це монографії, наукові статті, дисертації, наукові журнали та збірники, інформація наукометричних баз Scopus, Web of Science і т.п.

Патентна література – це сукупність авторських свідоцтв, конвенційних заявок та патентів. Зазвичай публікуються у бюлетенях «Відкриття, винаходи, зразки та товарні знаки», а також у бюлетенях країн світу.

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім цього вихідними даними є трудомісткість та верстаємність операцій механічної обробки деталі «Корпус», необхідні при розрахунку механічної дільниці; номенклатура виробів, які виготовляються на дільниці; дійсний фонд робочого часу обладнання  $F = 2007$  годин на рік під час роботи в 1 зміну; кількість змін роботи підприємства – 1 зміна.

## 1.2. Характеристика деталі «Корпус»

Деталь «Корпус» є тілом обертання і представляє собою трубчастий пустотілий вал, який є основною частиною міні-фрезерної машинки (бормашины), що використовується в приладобудуванні, ювелірній справі, медицині, ремонтних майстернях і т.д..

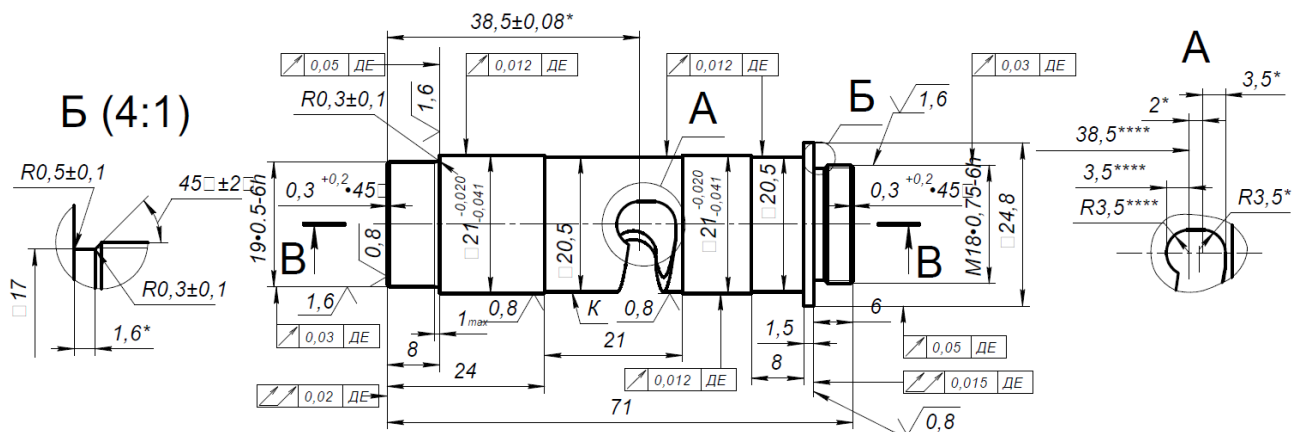


Рисунок 1.1 – Корпус

При масштабі 4:1 розрізу В-В рисунка 1 можна пересвідчитись, що дана деталь має досить складну форму, як за внутрішньою так і за зовнішньою циліндричними поверхнями, які потребують високої точності виготовлення. Слід звернути увагу також на перпендикулярність та співвісність багатьох поверхонь, на мінімальні відхилення геометричних розмірів.

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

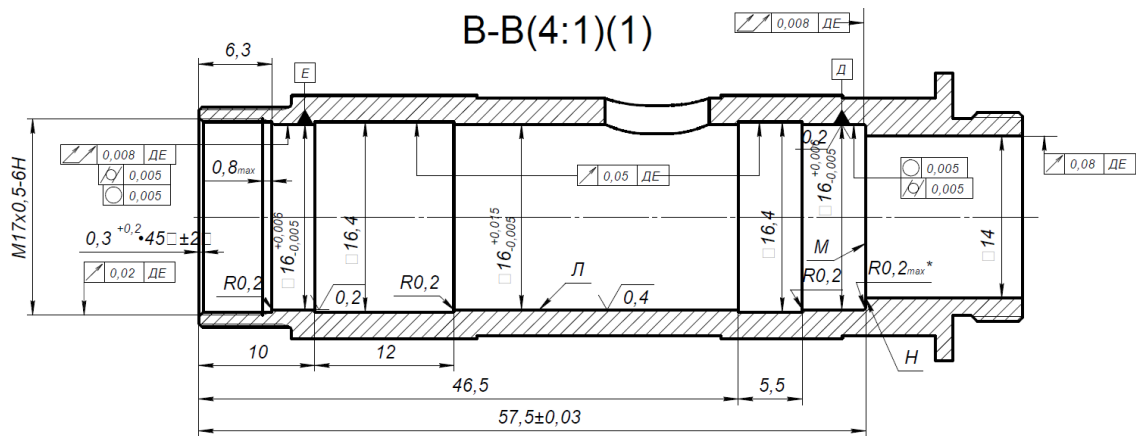


Рисунок 1.2 – Корпус (розріз В-В)

З огляду на високі вимоги щодо точності виготовлення та якості поверхні, які висуваються до цього виробу, було прийнято рішення виготовляти його на верстаті з числовим програмним управлінням (ЧПУ). Таким верстатом є багатофункціональний верстат токарний EMCO CONCEPT TURN 155, виробництва Австрія.

Обробка даної деталі на такому верстаті неможлива без розробки керуючої програми та вирішення низки технологічних питань [6]. Використовувана система ЧПУ – Siemens Sinumerik 840d, країна-виробник – Німеччина. Дана система ЧПУ має можливість контурної обробки з її графічною візуалізацією на дисплеї стійки ЧПУ.

Перед розробкою керуючої програми для оброблення деталі «Корпус» слід вирішити технологічні питання. Вибрати схему базування та закріплення заготовки; проаналізувати кількість установів заготовки; розробити послідовність обробки кожної поверхні; скласти технологічний процес; підібрати необхідний ріжучий інструмент та розподілити його по робочих позиціях у револьверній головці. При вирішенні цих питань необхідно постійно дотримуватися точності кожної поверхні і як цю точність будемо забезпечувати. При вирішенні технологічних питань керуємося науковими положеннями технології машинобудування щодо принципів базування, сумарної похибки обробки та ін.

									Арк.
									11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ				

Аналізуючи робоче креслення корпусу приходимо до висновку, що його виконуватимемо з однієї установки та закріплення заготовки. Для обробки зовнішніх поверхонь вибираємо прохідні упорні різці, а для обробки внутрішніх циліндричних поверхонь – розточні різці. Для обробки криволінійного паза застосовуємо кінцеву фрезу, координатний поворот головного шпинделя навколо осі С, приводний шпиндель револьверної головки і осьову подачу кінцевої фрези в напрямку, паралельному осі Z. Обробка криволінійного паза забезпечується в результаті трьох формотворних рухів: головний рух здійснює ріжучий інструмент, встановлений в револьверній головці, при цьому головний шпиндель звільняємо від обертального руху різання. Натомість головному шпинделю задаємо рух кругової подачі щодо осі Z заготовки.

Задану точність розмірів корпусу забезпечуємо точною прив'язкою вершини різців та осі фрези до системи координат програми, яку вибираємо у площині, що співпадає з правим торцем корпусу, а початок системи координат програми лежить на осі обертання заготовки (осі Z). Точність розміру за шириною паза забезпечуємо підбором фрези відповідного діаметра. Технологічні вимоги до просторового розташування одних поверхонь корпусу щодо інших забезпечуємо обробкою всіх поверхонь заготовки за одну установку. Після попередньої та фінішної обробки поверхонь корпусу деталь відрізаємо, для чого в комплект ріжучих інструментів також включаємо відрізний різець.

### 1.3. Хімічний склад, фізичні та механічні властивості матеріалу деталі «Корпус»

Деталь корпус виготовляється з дюралюмінію Д16Т згідно ДСТУ EN 573-3:2022 [9]. Д16Т розшифровується наступним чином:

Д16 – дюралюмінієвий сплав; Т – загартований і зістарений природнім методом.

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Хімічний склад, фізичні та механічні властивості матеріалу визначали згідно стандарту [10]:

Таблиця 1.1 – Хімічний склад Д16Т

Cu, %	Mg, %	Mn, %	Si, %	Fe, %
3,8-4,9	1,2-1,6	0,3-0,9	< 0,5	< 0,5

Завдяки чудовим властивостям Д16Т широко застосовується в самих різних виробничих сферах та промислових галузях: в машинобудуванні, авіаційній, суднобудівній, паливній, хімічній промисловості а також в будівництві. З дюралюмінію виготовляють транспортні деталі, дорожні знаки, вуличні таблички і обшивку. Він також використовується в конструкціях суден, літальних та космічних апаратах, обладнанні для буріння та а інших.

Механічні властивості дюралюмінію Д16Т:

Густина:  $\rho = 2,78 \text{ кг/м}^3$ ;

Межа міцності при розтягуванні:  $\sigma_b = 490 \text{ МПа}$ ;

Модуль пружності:  $E = 70 \text{ ГПа}$ ;

Питома жорсткість:  $k = 25 \text{ ГПа}$ ;

Питома міцність:  $\sigma/\rho = 175 \text{ МПа}$ ;

Межа текучості:  $\sigma_T = \text{МПа}$ ;

Відносне видовження:  $\delta = 23-11\%$ ;

Температура плавлення:  $t = 660^\circ \text{ С}$ .

На основі визначення хімічного складу, фізичних та механічних властивостей матеріалу деталі «Корпус» далі буде вдосконалено технологічний процес його виготовлення з підбором необхідного оснащення та обладнання для його реалізації.

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 2

### ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

#### 2.1. Визначення типу виробництва

Тип виробництва залежить від габаритів, маси та річної програми випуску виробів [16]. Тип виробництва та відповідні йому форми організації праці визначають характер технологічного процесу. Тип виробництва за характеризується коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{з.о.}$ , який є відношенням всіх різних механічних операцій, що виконуються або підлягають виконанню підрозділом (дільницею цеху) протягом місяця, до робочих місць

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} \quad (2.1)$$

де,  $\sum O$  – сумарне число різних операцій;

$P$  – кількість робочих місць, на яких виконуються різні операції.

Відповідно до [22] приймаються такі коефіцієнти закріплення операцій:

$K_{з.о.} = 1$  – для масового виробництва;

$1 \leq K_{з.о.} \leq 10$  – для крупносерійного виробництва;

$10 \leq K_{з.о.} \leq 20$  – для середньoserійного виробництва;

$20 \leq K_{з.о.} \leq 40$  – для дрібносерійного виробництва;

$K_{з.о.} > 40$  – для одиничного виробництва.

Перш ніж обчислити коефіцієнт закріплення операцій, розраховують кількість верстатів, необхідних виконання конкретної операції, за формулою:

$$C_p = \frac{N \cdot T_{шт.}}{F_d \cdot 60 \cdot \eta_{з.н.}} \quad (2.2)$$

де,  $N$  об'єм випуску деталей на рік,  $N = 5450$  шт. (згідно завдання)

$T_{шт.}$  – кількість версто-годин (верстатомісткість), верст.год.;

$F_d$  – річний фонд часу роботи верстата,  $F_d = 2007$  год.;

$\eta_{з.н.}$  – середній коефіцієнт використання (завантаження) обладнання,  $\eta_{з.н.} = 0,8$

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункове число верстатів округляємо до найближчого цілого числа, в результаті отримуємо прийняте число верстатів та зводимо усі дані в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Визначення коефіцієнта закріплення операцій  $K_{з.о.}$

№ операції	Назва операції	$T_{шт.}$ , верст.год.	$Cp$ , шт.	$Cnp$ , шт.	$\eta_{з.н.}$	$O$
005	Токарна з ЧПУ	10,84	0,61	1	0,61	1,31
010	Зачисна	1	0,05	1	0,05	16
015	Контрольна	1,1	0,06	1	0,06	13,3
020	Гальванічна	2,15	0,12	1	0,12	6,6
025	Контрольна	1,1	0,06	1	0,06	13,3
Разом		$\Sigma 16,19$		$\Sigma 5$		$\Sigma 56$

Кількість операцій, що виконуються на робочому місці, визначаємо за формулою:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} \quad (2.3)$$

Обчислюємо  $K_{з.о.} = 56,0/5 = 11,2$  (див. табл. 2.1). Тип виробництва середньосерійний, оскільки коефіцієнт закріплення операцій  $10 \leq K_{з.о.} \leq 20$  відповідає даному типу виробництва.

Такт випуску деталей визначається за такою формулою:

$$\tau = \frac{F_D \cdot 60}{N} \quad (2.4)$$

$$\tau = 2007 \cdot 60 / 5450 = 22,09 \text{ хв.}$$

## 2.2 Обґрунтування вибору методу одержання заготовки

Метод отримання заготовок для деталей машин визначається призначенням та конструкцією деталі, матеріалом, технічними вимогами, масштабом та серійністю випуску, а також економічністю виготовлення [12]. Головним при виборі заготовки є забезпечення заданої якості готової деталі за її мінімальної собівартості.

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Корпусні деталі, які працюють під тиском і піддаються великим навантаженням, виготовляють способом лиття [12]. Виходячи з обраного типу виробництва (в нашому випадку – середньосерійне) та технічних вимог, які висуваються до готового виробу, деталь типу корпус доцільно одержувати за допомогою лиття під тиском. В даному випадку матеріалом корпусу є алюмінієвий сплав Д16Т [14].

Розраховуємо масу деталі та заготовки:

$$m = \rho \cdot V \quad (2.4)$$

де,  $\rho$  – густина матеріалу, для Д16Т  $\rho = 2,78 \text{ г/см}^3$ ;

$V$  – об’єм деталі.

Знаходимо об’єми частин, із яких складається деталь (заготовка). Для цього корпус (заготовку) розділяємо на окремі стандартні ступені (тіла обертання). Після підрахунку об’ємів окремих ступенів приступаємо до визначення  $V_{дет.}$  (згідно рисунка 2.1):

$$V_{дет.} = \Sigma V = 8,84 \text{ см}^3, \quad m = 8,84 \cdot 2,78 = 24,5 \text{ г} = 0,024 \text{ кг.}$$

$$V_{дет.} = \Sigma V = 12,25 \text{ см}^3, \quad m = 12,25 \cdot 2,78 = 34,05 \text{ г} = 0,024 \text{ кг.}$$

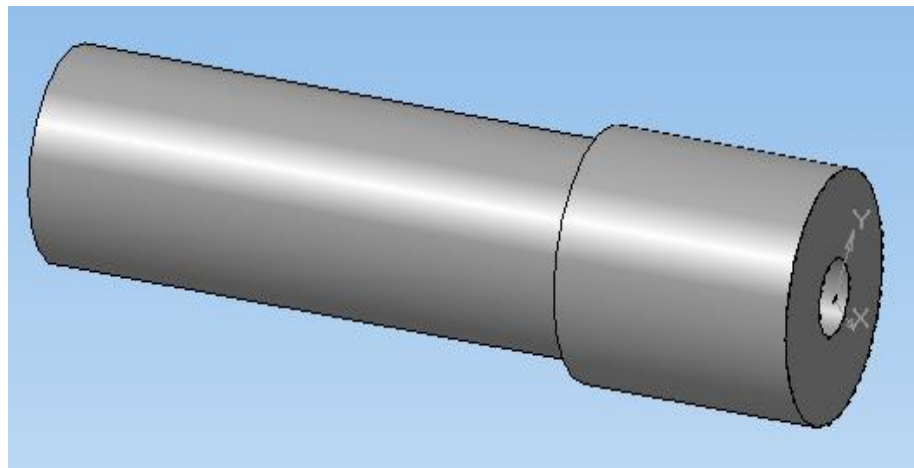


Рисунок 2.1 – 3D-заготовка

Цей розрахунок перевіряємо за допомогою системи автоматизованого проектування, побудована модель масо-центрувальних характеристик (МЦХ) підтверджує правильність розрахунку.

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При розрахунку маси заготовки враховувався об'єм лише деякої частини заготовки, так як та частина, за яку відбувається затиск у 3-х кулачковому самоцентрувальному патроні [19], не можна назвати відходом. На рисунку 2.2 представлений ескіз, яким розраховувався об'єм і масу заготовки для деталі «Корпус».

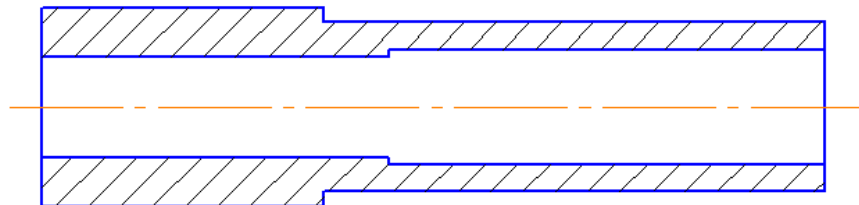


Рисунок 2.2 – креслення заготовки деталі «Корпус»

Дані розрахунків маси заготовки та деталі за побудованою МЦХ моделлю, повністю збіглися з розрахунком методом об'ємів частин (ступенів) деталі. На підставі отриманої маси деталі та заготовки робимо розрахунок коефіцієнта використання матеріалу  $K_{вм}$ :

$$K_{вм} = M_{дет} / M_{заг} = 0,024\text{кг} / 0,036\text{кг} = 0,66. \quad (2.5)$$

Для наочної переваги даного методу отримання заготовки (лиття під тиском) над іншими методами (прокат) здійснимо розрахунок  $K_{вм}$  для прокату з наскрізним отвором (труби):

Маса заготовки за побудованою моделлю МЦХ в САПР  $m = 97,7\text{г}$ .

$K_{вм} = 0,024 \text{ кг} / 0,097 \text{ кг} = 0,24$  – даний коефіцієнт показує дуже велику витрату матеріалу на одиницю виробу, отже, використовувати його економічно не вигідно.

При виборі способу отримання заготовок розглянемо два варіанти: деталь виготовляється з прокату, і розглянемо метод отримання заготовки гарячим штампуванням в закритих штампах [12].

1-й спосіб. Деталь виготовляється з прокату, витрати на заготовку визначаються за його масою та масою стружки, що здається.

$$m = Q \cdot S - (Q - q) \cdot S / 1000, \text{ грн.} \quad (2.6)$$

де  $Q$  – маса заготовки, кг;

$q$  – маса готової деталі,  $q = 1,9$  кг;

2-й спосіб. Заготовку одержують литтям під тиском. Вартість заготовки, одержуваної методом лиття під тиском, можна визначити за такою формулою:

$$C_{заг} = (Ci/1000 \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II}) - Soom/1000(Q - q), \quad (2.7)$$

Провівши усі розрахунки для двох способів отримання заготовки можна зробити висновок: Прокат (труба), вартість однієї заготовки дорівнює 157,4 грн. За методом лиття під тиском, вартість 1 заготовки дорівнює 103,14 грн, для деталі «Корпус». Результати розрахунків наочно показують вигідність використання такого методу отримання заготовок, як лиття під тиском, тому застосовуємо даний метод.

### 2.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Оцінку технологічності конструкції визначатимемо за низкою показників: кількісним та якісним [3]. При якісній оцінці технологічність має описовий характер, без використання чисельних значень показників. Кількісна оцінка технологічності супроводжується розрахунком низки коефіцієнтів, мають чисельне значення. Конструкція деталі технологічна, якщо вона забезпечить просте та економічне її виготовлення з мінімальними витратами та необхідною продуктивністю.

Як кількісні показники розглядаються коефіцієнти використання матеріалу, точності, шорсткості та ін. За результатами аналізу технологічності деталі робиться висновок про рівень технологічності і у разі, якщо деталь не технологічна, необхідно запропонувати конкретні шляхи

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

підвищення її технологічності з наведенням та описом схем зміни конструкції деталі та докладним мотивованим обґрунтуванням прийнятого рішення.

Проведемо якісну оцінку технологічності деталі за [22]. При ретельному вивченні креслення деталі виявлено, що є усі розміри з необхідними відхиленнями, необхідна шорсткість поверхонь, що обробляються, допускаються відхилення від геометричних форм, а також взаємного розташування поверхонь. Креслення містить необхідні відомості про матеріал деталі – Д16Т, яка не викликає труднощів при обробці. Застосований матеріал дозволяє корпусу виконувати своє службове призначення. Тому цей матеріал характеризується хорошими властивостями і не знижує технологічність деталі.

Далі проведемо кількісну оцінку технологічності. Як кількісні показники розглядаються коефіцієнти використання матеріалу, точності, шорсткості. Коефіцієнт використання матеріалу визначається за такою формулою:

$$K_{им} = \frac{q}{Q} = \frac{0,024}{0,036} = 0,6 \quad (2.8)$$

де,  $Q$  – маса заготовки,  $q$  – маса готової деталі

Розрахунок коефіцієнта точності виконуємо для «Корпусу». Коефіцієнт точності є відносно часто використовуваним показником технологічності конструкції та визначається за [3]. Цей коефіцієнт розраховуємо за формулою:

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{CP}} \quad (2.9)$$

де  $T_{CP}$  – середній квалітет точності обробки поверхні виробу, визначається за формулою:

$$T_{CP} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} \quad (2.10)$$

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де,  $n_i$  – число розмірів деталі відповідного квалітету точності  $T_i$ .  
 Параметри точності зводимо в таблицю 2.2

Таблиця 2.2 – Визначення коефіцієнта точності

$T_i$	$n_i$	$T_i \cdot n_i$
6	5	30
7	1	7
12	5	60

Підставляємо у формули 2.8, 2.9, 2.10 відповідні числові значення та отримуємо:

$$\sum T_i \cdot n_i = 30 + 7 + 60 = 97$$

$$T_{CP.} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{97}{11} = 8,8$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{8,8} = 0,88$$

1. Якщо  $K_T \leq 0,25$  – деталь не технологічна;
2. Якщо  $0,25 < K_T < 0,5$  – деталь середньої технологічності;
3. Якщо  $K_T \geq 0,5$  – деталь технологічна.

Відповідно можна зробити висновок, що коефіцієнт точності задовольняє нормативному, так як  $K_T = 0,88 > 0,5$  ( $K_{T-норм} \geq 0,5$ ). Деталь технологічна.

Розраховуємо коефіцієнт шорсткості для «Корпусу». Коефіцієнт шорсткості (КШ) визначається за [14] та приймається в межах від 0 до 1.

$$K_{ш} = \frac{1}{T_{ш.ср.}} \quad (2.11)$$

де,  $T_{ш.ср.}$  – середня шорсткість, визначається за формулою:

$$T_{ш.ср.} = \frac{\sum T_{ш.i} \cdot n_i}{\sum n_i} \quad (2.12)$$

де  $n_i$  – кількість поверхонь відповідної шорсткості  $T_{ш.i}$ .

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметри по шорсткості зводимо до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Визначення коефіцієнта шорсткості

$T_{шi}$	$n_i$	$T_{шi} \cdot n_i$
5 клас точності (3,2)	5	25
6 клас точності (1,6)	3	18
7 клас точності (0,8)	4	28
8 клас точності (0,4)	2	16
9 клас точності (0,2)	2	18

Підставляємо у формули 2.11, 2.12 відповідні числові значення та отримуємо:

$$\sum T_{шi} \cdot n_i = 25 + 18 + 28 + 16 + 18 = 105$$

$$T_{ш.ср.} = \frac{105}{16} = 6,56$$

$$K_{ш} = \frac{1}{T_{ш.ср.}} = \frac{1}{6,56} = 0,15$$

Деталь технологічна, оскільки задовольняє нерівність  $K_{ш} < 0,26$ .

#### 2.4. Вибір схеми базування

Схема базування та закріплення, технологічні бази, опорні та затискні елементи пристосування повинні забезпечувати певне положення заготовки щодо різальних інструментів, надійність її закріплення та незмінність базування протягом усього процесу обробки при даній установці. При виборі баз слід враховувати основні принципи базування [16]. У загальному випадку, повний цикл обробки деталі від чорнової операції до фінішної обробки здійснюється при послідовній зміні комплектів баз. Але з метою зменшення похибки та збільшення продуктивності обробки деталей потрібно прагнути до зменшення переустановлення заготовки під час обробки.

При суміщенні технологічної та вимірювальної бази похибка базування дорівнює нулю, відповідно призначаємо бази:

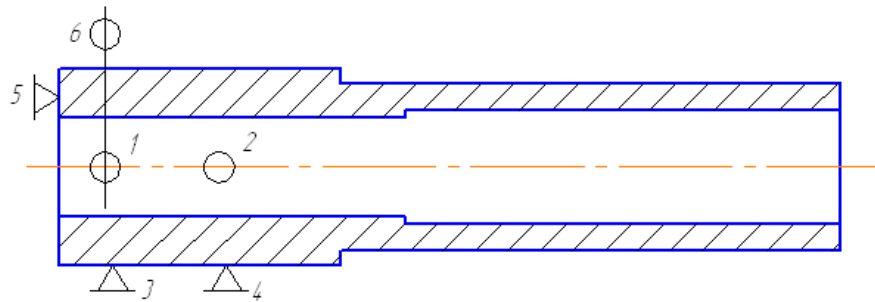


Рисунок 2.3 – Схема базування та закріплення заготовки на операції механічної обробки – 005. Токарна з ЧПУ

Деталь встановлюється в 3-х кулачковий самоцентрувальний патрон токарного багатofункціонального верстату з ЧПУ EMCO Turn 155. Базується по зовнішньому діаметрі з упором у торець.

#### 2.5. Розробка технологічного маршруту та вибір обладнання

Для забезпечення найбільшої жорсткості технологічної системи при обробці корпусних тонкостінних деталей необхідно визначити раціональну послідовність обробки окремо взятих поверхонь: нарізання різьби, отворів, пазів та ін. Обробка корпусу проводиться на багатofункціональному токарному верстаті з ЧПУ фірми EMCO моделі Turn 155, обладнаному додатковою віссю C і приводним різальним інструментом [16].

Відповідно до розробленої технології, поверхні корпусу обробляються в послідовності:

- Підрізування торця, обробка зовнішньої циліндричної поверхні, підрізування торця бурта з правого боку.
- Обробка внутрішньої циліндричної поверхні.
- Обробка канавок на внутрішній циліндричній поверхні.
- Обробка канавок на зовнішній циліндричній поверхні.
- Нарізання різьби на внутрішній циліндричній поверхні.
- Нарізання різьби на зовнішній циліндричній поверхні перед буртом.

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Фрезерування криволінійного паза.
- Зовнішнє оброблення циліндричної поверхні за буртом.
- Нарізання різьби на зовнішній циліндричній поверхні перед і за буртом.
- Відрізання заготовки.

Технологічний маршрут механічної обробки корпусу та обладнання, яке використовується для його реалізації, зведемо у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Визначення коефіцієнта шорсткості

Номер і зміст операції	Обладнання	Приспосіблення	Ріжучий інструмент	Вимір. інструмент
1. Токарна с ЧПУ (005) Обробити внутрішні та зовнішні поверхні, нарізати різьби, фрезерувати паз, відрізати	Багатофункціональний токарний верстат з ЧПУ EMCO TURN 155	3-х кулачковий самоцентрувальний патрон	Різці: прохідний, розточний, відрізний, різьбовий, кінцева фреза	-
2. Зачисна (010) Зачистити поверхні, притупити крайки	Зенковка. верстак.	-	Зенковка, шабер	-
3. Контрольна (015) Виміряти деталь	Стіл контролера	-	-	Штангенциркуль, нутромір, мікрометр
4. Гальванічна (020) Нанести покриття	Гальванічна лінія	-	-	-
5. Контрольна (025) Виміряти деталь	Стіл контролера	-	-	Штангенциркуль, нутромір, мікрометр.

## 2.6. Розрахунок припусків на механічну обробку

Застосування розрахунково-аналітичного методу визначення припусків [17] скорочує в середньому відходи металу в стружку порівняно з табличними значеннями, створює єдину систему визначення припусків на

обробку розмірів деталі за технологічними переходами, сприяє підвищенню технологічної культури виробництва. Мінімальний, номінальний та максимальний припуски на обробку розраховують наступним чином [17, 20]:

1. Мінімальний припуск:

$$z_{i \min} = (Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i \quad (2.13)$$

де,  $Rz_{i-1}$  – висота нерівностей профілю на попередньому переході;  
 $h_{i-1}$  – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході (беззвуглецевий або вибілений шар);

$\Delta_{\Sigma i-1}$  – сумарні відхилення розташування поверхні (відхилення від паралельності, перпендикулярності, співвісності, симетричності, перетину осей, позиційне) та в деяких випадках відхилення форми поверхні (відхилення від площинності, прямолінійності) на попередньому переході;

$\varepsilon_i$  – похибка установки заготовки на виконуваному переході.

2. Номінальний припуск на обробку поверхонь:

Зовнішніх:

$$z_i = z_{i \min} + e_{i-1} + e_i; \quad (2.13)$$

$$2z_i = 2z_{i \min} + e_{Di-1} + e_{Di};$$

Внутрішніх:

$$z_i = z_{i \min} + ES_{i-1} - ES_i; \quad (2.14)$$

$$2z_i = 2z_{i \min} + ES_{Di-1} - ES_{Di},$$

де  $e_{i-1}$ ,  $e_{Di-1}$ ,  $e_i$ ,  $e_{Di}$  – нижні відхилення розмірів відповідно на попередньому та виконуваному переходах;

$ES_{i-1}$ ,  $ES_{Di-1}$ ,  $ES_i$ ,  $ES_{Di}$  – верхні відхилення розмірів відповідно на попередньому та виконуваному переходах;

$e_{Di-1}$ ,  $e_{Di}$ ,  $ES_{Di-1}$ ,  $ES_{Di}$  – розміри, що відносяться до діаметральних.

Аналогічно розраховуємо максимальні припуски припуски на зовнішні та внутрішні поверхні.

### 3. Максимальний припуск на обробку поверхонь:

Зовнішніх:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + TD_{i-1} + TD_i;$$

$$2z_{i \max} = 2z_{i \min} + TD_{i-1} + TD_i;$$

Внутрішніх:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + Td_{i-1} + Td_i;$$

$$2z_{i \max} = 2z_{i \min} + Td_{i-1} + Td_i;$$

де,  $Td_{i-1}$ ,  $TD_{i-1}$  – допуски розмірів на попередньому переході;

$Td_i$ ,  $TD_i$  – допуски розмірів на переході, що виконується.

Максимальні припуски та припуски для технологічних цілей (ухили, напуски, що спрощують конфігурацію заготівлі) приймають як глибину різання та використовують для визначення режимів різання (подачі, швидкості різання) та вибору обладнання за потужністю. На основі розрахунку проміжних припусків визначають граничні розміри заготовки за всіма технологічними переходами [3]. Проміжні розрахункові розміри встановлюють у порядку, зворотному ходу технологічного процесу обробки цієї поверхні.

Граничні значення припусків  $z_{\max}$  визначають як різницю найбільших (найменших) граничних розмірів і  $z_{\min}$  як різницю найменших (найбільших) граничних розмірів попереднього та виконуваного (виконуваного та попереднього) переходів. Загальні припуски  $z_{o \max}$  і  $z_{o \min}$  визначають як суму проміжних припусків на обробку:

$$z_{o \max} = \sum z_{i \max};$$

$$z_{o \min} = \sum z_{i \min}.$$

Правильність проведених розрахунків перевіряємо за формулами:

$$z_{i \max} - z_{i \min} = T_{i-1} - T_i;$$

$$2z_{i \max} - 2z_{i \min} = T_{D_{i-1}} - T_{D_i};$$

$$z_{o \max} - z_{o \min} = T_3 - T_0;$$

$$2z_{o \max} - 2z_{o \min} = T_{D_3} - T_{D_0},$$

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $T_{i-1}$ ,  $T_{Di-1}$  – допуски розмірів попередньому переході;

$T_i$ ,  $T_{Di}$  – допуски розмірів на переході;

$T_z$ ,  $T_{Dz}$  – допуски на заготовлю;

$T_\partial$ ,  $T_{D\partial}$  – допуски на деталь.

Технологічний маршрут обробки отвору  $\varnothing 16(+0,015 -0,005)$  мм та зовнішньої поверхні  $\varnothing 21(-0,020 -0,041)$  мм складається з двох операцій: чорного та чистового розточування, що виконуються при одній установці оброблюваної деталі. Заготовка базується на цій операції по торцеві, зовнішній поверхні та затискається трьома кулачками.

Розрахунок припусків на обробку отвору  $\varnothing 16(+0,015-0,005)$ , ведемо шляхом складання таблиці 2.5, в яку послідовно записуємо технологічний маршрут обробки отворів. Порядок цього розрахунку полягає в наступному:

1) Вносимо у таблицю 2.5 технологічні переходи обробки у порядку послідовності їх виконання по кожній поверхні від чорної заготовки до остаточної обробки.

2) Записуємо значення  $Rz$ ,  $h$ ,  $\Delta$ ,  $\varepsilon$ . Сумарні відхилення розташування поверхні  $\Delta_\Sigma$  для заготовки типу тіла обертання [20]:

$$\Delta_\Sigma = \sqrt{(\Delta_{p.m.б.})^2 + (\Delta_\Pi)^2} \quad (2.15)$$

де,  $\Delta_{p.t.б.}$  – відхилення розташування отвору щодо технологічної бази, мм;  $\Delta_\Pi$  – перекіс отвору, мкм. на 1мм

$$\Delta_\Pi = \Delta_{\Pi} \cdot L \quad (2.16)$$

а) для внутрішньої поверхні  $\varnothing 16(+0,015-0,005)$  мм:

$$\Delta_\Sigma = \sqrt{0,35^2 + (0,003 \cdot 19,5)^2} = 0,26 \text{ мм}$$

Для визначення проміжних значень припусків на механічну обробку скористаємося формулою [3]:

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta = k_y \cdot \Delta_3 \quad (2.17)$$

де,  $k_y$  – коефіцієнт уточнення форми.

Величина залишкового просторового відхилення після чорнового розточування при  $k_y = 0,05$  внутрішньої поверхні  $\varnothing 16(+0,015-0,005)$  мм:

$$\Delta_1 = 0,05 \cdot 260 \approx 13$$

Похибка установки при чорновому розточуванні отвору  $\varnothing 16(+0,015 - 0,005)$  мм

$$\varepsilon_y = \sqrt{(\varepsilon_B)^2 + (\varepsilon_3)^2} + \varepsilon_{II} \quad (2.18)$$

де,  $\varepsilon_B$  – похибка базування, мкм;  $\varepsilon_3$  – похибка закріплення, мкм;  $\varepsilon_{II}$  – похибка пристосування, мкм.

3) На підставі записаних у таблицю 2.5 даних робимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, користуючись основною формулою:

$$2Z_{\min_i} = 2 \cdot [(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma_{i-1}}^2 + \varepsilon_i^2}] \quad (2.19)$$

4) Заповнюємо графу «Розрахунковий мінімальний розмір», починаючи з кінцевого, у даному випадку згідно розміру креслення послідовним відніманням розрахункового мінімального припуску кожного переходу.

5) Приймаємо значення допусків  $T_d$  кожного переходу відповідно до класу точності того чи іншого виду обробки [3].

Так, для напівчистового розточування значення допуску складає 20мкм (розмір згідно креслення деталі); для чорнового розточування  $T_d = 130$ мкм; допуск на отвір та зовнішню поверхню становить  $T_d = 130$ мкм.

6) У графі «Граничний розмір» найбільше значення  $d_{max}$  отримуємо за розрахунковими розмірами, округленими до точності допуску відповідного

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

переходу. Найменші граничні розміри  $d_{min}$  визначаємо з найбільших граничних розмірів відніманням допусків відповідних переходів.

7) У клітинці «Граничний припуск» мінімальні граничні значення припусків  $Z_{min}^{PP}$  визначаємо з різниці найбільших граничних розмірів виконуваного та попереднього переходів, а максимальні значення  $Z_{max}^{PP}$  відповідно з різниці найменших граничних розмірів.

8) Визначаємо загальні припуски  $Z_{Omin}$  і  $Z_{Omax}$  сумуючи проміжні припуски на обробку.

9) Визначаємо загальний номінальний припуск

$$Z_{O_{НОМ}} = Z_{O_{min}} + B_3 - B_D \quad (2.20)$$

$$d_{3_{НОМ}} = d_{D_{НОМ}} - Z_{O_{НОМ}}$$

10) Перевіримо правильність здійснених розрахунків за формулами:

$$Z_{max_2}^{PP} - Z_{min_2}^{PP} = Td_1 - Td_2 \quad (2.21)$$

$$Z_{max_1}^{PP} - Z_{min_1}^{PP} = Td_3 - Td_1$$

Визначаємо загальний номінальний припуск підставивши числові дані:

$$Z_{max}^{PP} = 1022 + 130 - 20 = 1132 \text{ мкм}$$

$$d_{3_{НОМ}} = 16 - 1,132 = 14,868 \text{ мкм}$$

Перевіримо правильність здійснених розрахунків:

$$Z_{max_2}^{PP} - Z_{min_2}^{PP} = Td_1 - Td_2$$

$$\Rightarrow 1020 - 1020 = 130 - 130 = 0_{\text{мкм.}}$$

$$Z_{max_1}^{PP} - Z_{min_1}^{PP} = Td_3 - Td_1$$

$$\Rightarrow 220 - 110 = 130 - 20 = 0_{\text{мкм.}}$$

Усі проведені розрахунки та перевірка їх правильності показали достовірність аналітичних даних, відповідно вносимо їх до таблиці 2.5.

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 – Розрахунок припусків та граничних розмірів за технологічними переходами на обробку внутрішньої поверхні «Корпуса»  $\varnothing 16(+0,015-0,005)$  аналітичним методом.

Поверхня деталі і технологічний маршрут її обробки	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{mi}$ , мкм	Розрахунковий мінімальний розмір, мм	Допуск на виготовлення $T_d$ , мкм	Прийняті (округлені) розміри за переходам, мм		Отримані граничні припуски, мкм	
	$Rz$	$h$	$\Delta$	$\varepsilon$				$d_{max}$	$d_{min}$	$2Z_{pr\ max}$	$2Z_{pr\ min}$
Заготовка (штампівка)	50	100	360	–	–	14,935	130	15,065	14,935	15065	2119
Розточування напівчистове	20	20	18	30	1022	15,965	70	15,935	15,965	110	1022
Чистове	1,2 5	–	–	1,5	116	15,995	20	16,05	15,995	120	120
2zo max min =										1252	3261

Призначаємо припуск на всі поверхні рівним 0,5 мм. напівчистова обробка – 0,45 мм. Чистова обробка – 0,05 мм.

## 2.7. Розрахунок режимів різання

Операція 005 Токарна з ЧПУ.

Ця операція проводиться на багатофункціональному токарному верстаті з ЧПУ EMCO Turn 155 і складається з 8 технологічних переходів [21]:

1 перехід:

- а) Напівчистове розточування внутрішньої поверхні  $D_{16}$ , 1 та  $D_{14}$ .
- б) Чистове розточування внутрішньої поверхні  $D_{16}$ .

2 перехід:

- а) Підрізання торця.
- б) Напівчистове точіння зовнішньої поверхні  $D_{21}$ , 1.
- в) Чистове точіння зовнішньої поверхні  $D_{21}$ .

3 перехід:

Нарізання різьби М17 з кроком 0,5 на внутрішній поверхні.

4 перехід:

Нарізання зовнішньої різьби М19 з кроком 0,5.

5 перехід:

Фрезерування криволінійного паза, ширина якого 7мм.

6 перехід:

Обробка зовнішньої поверхні Д18 за буртом з використанням поперечного точіння.

7 перехід:

Нарізання різьби М18 з кроком 0,75 на зовнішній поверхні за буртом.

8 перехід:

Відрізування заготовки.

Кожен перехід супроводжується режимами різання та необхідними для його виконання інструментами. Усі дані зводимо та заносимо в таблиці з режимами різання і в технологічні карти.

1 перехід: а) Напівчистове розточування внутрішньої поверхні Д16,1 та Д14. Інструмент для обробки внутрішньої поверхні [20] SANDVIK koromant Coro Turn 111, із двосторонньою швидкозмінною твердосплавною пластиною

Таблиця 2.6 – Режими різання для технологічного переходу 1

Розрахунок швидкості різання і числа обертів шпинделя											
вихідні дані	$C_v$	$T$	$t$	$S$	$x_v$	$y_v$	$m_v$	$K_{Mv}$	$K_{Bv}$	$K_{Pv}$	$D$
	485	7000	0,45	0,1	0,12	0,25	0,28	1,5	1,2	0,9	17
Розрахункова швидкість різання, м/хв								128,89			
Розрахункова частота обертання шпинделя, хв <sup>-1</sup>								2413,48			
Розрахунок складової сили різання $P_z$											
вихідні дані	$C_{Pz}$	$x_{Pz}$	$y_{Pz}$	$n_{Pz}$	$K_{MPz}$	$K_{фPz}$	$K_{γPz}$	$K_{λPz}$	$K_{rPz}$		
	40	1	0,75	0	2,75	1	1	1	0,87		
Розрахункова складової сили різання $P_z$ , Н								76,58			
Розрахункова потужність різання $N_p$											
$N_p$ , кВт	0,16										
Розрахунок технологічного часу $T_0$											
вихідні дані	$L$			$L1$			$L2$			$i$	
	63,5			1			1			1	
Технологічний час $T_0$ , хв								0,27			

б) Чистове розточування внутрішньої поверхні Д16. Інструмент для обробки внутрішньої поверхні SANDVIK koromant CoroTurn 111, із двосторонньою швидкозмінною твердосплавною пластиною.

Розрахунок швидкості різання і числа обертів шпинделя											
вихідні дані	$C_v$	T	t	S	$x_v$	$y_v$	$m_v$	$K_{Mv}$	$K_{Bv}$	$K_{Pv}$	D
	485	7000	0,05	0,05	0,12	0,25	0,28	1,5	1,2	0,9	16,1
Розрахункова швидкість різання, м/хв								199,53			
Розрахункова частота обертання шпинделя, $xv^{-1}$								3944,88			
Розрахунок складової сили різання $P_z$											
вихідні дані	$C_{Pz}$	$x_{Pz}$	$y_{Pz}$	$n_{Pz}$	$K_{MPz}$	$K_{\phi Pz}$	$K_{\gamma Pz}$	$K_{\lambda Pz}$	$K_{rPz}$		
	40	1	0,75	0	2,75	1	1	1	0,87		
Розрахункова складової сили різання $P_z$ , Н								5,059			
Розрахункова потужність різання $N_p$											
$N_p$ , кВт	0,016										
Розрахунок технологічного часу $T_o$											
вихідні дані	L			L1			L2			i	
	72			1			1			2	
Технологічний час $T_o$ , хв								0,75			

Аналогічно розраховуємо та вносимо в технологічні карти для усіх наступних переходів із зазначенням ріжучого інструменту [1, 13, 15].

2 перехід: а) Підрізання торця. Інструмент для напівчистої та чистої обробки зовнішньої поверхні та підрізування торця SANDVIK koromant CoroTurn RC.

Розрахунок швидкості різання і числа обертів шпинделя											
вихідні дані	$C_v$	T	t	S	$x_v$	$y_v$	$m_v$	$K_{Mv}$	$K_{Bv}$	$K_{Pv}$	D
	485	7000	1	0,05	0,12	0,25	0,28	1,5	1,2	0,9	21
Розрахункова швидкість різання, м/хв								139,27			
Розрахункова частота обертання шпинделя, $xv^{-1}$								2111,14			
Розрахунок складової сили різання $P_z$											
вихідні дані	$C_{Pz}$	$x_{Pz}$	$y_{Pz}$	$n_{Pz}$	$K_{MPz}$	$K_{\phi Pz}$	$K_{\gamma Pz}$	$K_{\lambda Pz}$	$K_{rPz}$		
	40	1	0,75	0	2,75	1	1	1	0,87		
Розрахункова складової сили різання $P_z$ , Н								101,19			
Розрахункова потужність різання $N_p$											
$N_p$ , кВт	0,23										
Розрахунок технологічного часу $T_o$											
вихідні дані	L			L1			L2			i	
	6			1			1			1	
Технологічний час $T_o$ , хв								0,075			

б) Напівчистове точіння зовнішньої поверхні Д 21,1.

Довжина L складається з кількох поверхонь: поверхонь  $D_{21} = 63,5$  мм,  $D_{24,8} = 8$  мм і висотою торця бурта = 3,4 мм. Інструмент для напівчистої та чистої обробки зовнішньої поверхні та підрізування торця SANDVIK koromant CoroTurn RC.

в) Чисте точіння зовнішньої поверхні Д 21 (обробка по контуру).

Інструмент для напівчистої та чистої обробки зовнішньої поверхні та підрізування торця SANDVIK koromant CoroTurn RC.

Для нарізання метричних різьб М17, М19 з кроками 0,5 на внутрішній поверхні та зовнішній поверхні використовуємо різьбовий різець SANDVIK koromant KARTO 166.4 KF із швидкозмінною трьохсторонньою пластиною.

5 перехід: Фрезерування криволінійного паза, ширина якого 7мм. Інструмент для обробки криволінійного паза: твердосплавна кінцева фреза SANDVIK koromant CoroMill Plura. Сплав призначений для ефективної обробки кольорових сплавів.

Розрахунок швидкості різання і числа обертів шпинделя											
вихідні дані	$C_v$	T	t	S	$x_v$	$y_v$	$m_v$	$K_{Mv}$	$K_{Bv}$	$K_{Pv}$	D
	185,5	7000	1,2	0,1	0,45	0,33	2	1	1	1	7
Розрахункова швидкість різання, м/хв								32,23			
Розрахункова частота обертання шпинделя, хв <sup>-1</sup>								1465,68			
Максимальне число обертів приводного шпинделя інструменту верстата, хв <sup>-1</sup>								6000			
Розрахункова швидкість різання, м/хв								131,88			
Розрахункова осьова сила різання $P_o$ , Н											
вихідні дані	$C_p$	x	y	q	$K_{MP}$	u	w				
	17	0,22	0,18	0,22	2,75	1	0				
Розрахункова осьова сила різання $P_o$ , Н								317,10			
Розрахунок крутного моменту $M_{кр}$											
Крутий момент, Н*м								11,09			
Розрахункова потужність різання $N_p$											
$N_p$ , кВт	0,23										
Розрахунок технологічного часу $T_o$											
вихідні дані	L			L1			L2			i	
	30			1			1			2	
Технологічний час $T_o$ , хв								4,85			

## 2.8. Нормування технологічної операції

Технічні норми часу за умов масового та серійного виробництва встановлюються розрахунково-аналітичним методом. Нормуємо операцію 005 токарна з ЧПУ. У крупносерійному та масовому виробництві визначається норма штучно-калькуляційного часу [3]:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{н.з.}}{n} \quad (2.22)$$

$$T_{шт.} = T_0 + T_{доп.} + T_{тех.} + T_{орг.} + T_{відп.}, \text{ хв.} \quad (2.23)$$

де,  $T_0$  – основний час, хв;  $T_0 = 9,14$  хв.

$T_{доп.}$  – допоміжний час, хв;

$T_{тех.}$  – технологічний час на операцію, хв;

$T_{орг.}$  – час обслуговування робочого місця, хв;

$T_{відп.}$  – час на перерву на відпочинок та особисті потреби, хв.

Основний час  $T_0$  обчислюється у відповідності до прийнятих режимів різання, в даному випадку воно дорівнює сумі часу процесу обробки на кожен технологічний перехід:

$$T_0 = 4,21 + 4,5 + 16,5 + 45 + 5,4 + 17,5 + 42,6 + 9 + 6 + 5,1 + 291 + 84 + 5,1 + 12,6 = 9,14 \text{ хв.}$$

Допоміжний час складається із витрат часу на окремі допоміжні операції:

$$T_{д.} = T_{УС.} + T_{УП.} + T_{ВИМ.}, \text{ хв} \quad (2.24)$$

де,  $T_{УС.}$  – час на встановлення та зняття деталі, хв;

$T_{УП.}$  – час прийому управління, хв;

$T_{ВИМ.}$  – час на вимірювання деталі, хв.

Час на встановлення та зняття деталі, закріплення її та відкріплення:  
 $T_{УС.} = 0,35$  хв.

Час на управління верстатом: ввімкнути та вимкнути верстат – 0,05 хв;  
підвести або відвести різець – 0,05 хв.

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{yII} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ хв.}$$

$$T_{BIM} = 0,29 \text{ хв.}$$

$$T_{Д.} = 0,35 + 0,1 + 0,29 = 0,74 \text{ хв.}$$

У крупносерійному виробництві час на технічне обслуговування та час організаційного обслуговування окремо не визначаються. У нормативах [16] дається сума цих двох складових у відсотках оперативного часу. Оперативний час:

$$T_{оп.} = T_{о.} + T_{Д.} = 9,14 + 0,74 = 9,88, \text{ хв} \quad (2.25)$$

Визначаємо час на обслуговування робочого місця та відпочинок:

$$T_{тех} = T_{о.} \cdot 2,6/120 = 9,14 \cdot 2,6/120 = 0,19 \text{ хв.}$$

$$T_{орг} = T_{опер} \cdot 1,7/100 \% = 9,88 \cdot 1,7/100\% = 0,17 \text{ хв.}$$

$$T_{відп} = T_{опер} \cdot 6/100\% = 9,88 \cdot 6/100\% = 0,6 \text{ хв.}$$

Визначаємо норму штучного часу:

$$T_{шт} = T_{о.} + T_{всп} + T_{тех} + T_{орг} + T_{відп.} = 9,14 + 0,74 + 0,19 + 0,17 + 0,6 = 10,84 \text{ хв}$$

$$Q_{год} = 1/ T_{шт} = 60/10,84 = 5,53 \text{ деталі в годину.}$$

$$T_{нз} = a + (b \cdot N_i) + (c \cdot P_p) = 11 + (0,8 \cdot 8) + (0,5 \cdot 5) = 11,89 \text{ хв.}$$

де  $a, b, c$  – постійні коефіцієнти ( $a = 11; b = 0,8; c = 0,5.$ )

$N_i$  – число ріжучих інструментів, шт.

$P_p$  – число встановлюваних режимів роботи верстата.

Визначаємо кількість партії заготовок:

$$n = N \cdot a/255 = 5450 \cdot 5/255 = 107 \text{ шт.}$$

$$T_{шт.к} = T_{шт} + T_{нз}/n = 10,84 + (11,89/107) = 10,95 \text{ хв.}$$

Усі розрахункові норми часу вносимо до технологічної документації, яка міститься в додатках.

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

#### 3.1. Характеристика деталі з позиції підготовки КП

Дедалі більше українських машинобудівних підприємств переоснащує свій верстатний парк та додаткове устаткування. В результаті модернізації виробництва на наших підприємствах зростає кількість сучасних багатофункціональних верстатів з ЧПУ [5]. До всіх переваг верстатів з ЧПУ залишається додати, що самі по собі верстати навіть з ЧПУ – це лише набір механізмів, якими потрібно правильно керувати. Насамперед йдеться про керуючі програми (КП або УП) для верстатів з ЧПУ [6]. Методи отримання цих програм можуть бути різними – від ручного написання, до використання САМ/САМ систем [21]. У нашому випадку для розробки керуючої програми не використовується система САМ, так як немає складних оброблюваних поверхонь. Для перевірки програми використовується програма 3D-Viawe, яка надається з програмним забезпеченням верстата.

3D-Viawe – програмний пакет для візуалізації процесу обробки на верстатах з ЧПУ, перевірки та оптимізації керуючих програм у будь-яких форматах. Найважливіше і найголовніше завдання цього ПЗ – виявити та виключити, до початку реального процесу обробки, можливість зіткнення робочих органів верстата. Таких ситуацій може бути чимало і щоб їх виключити, необхідне використання спеціалізованого ПЗ для візуалізації всього процесу обробки, однією з таких програм і є 3D-Viawe.

Деталь корпус є тонкостінним тілом обертання складної геометричної форми з елементами різей, і складним криволінійним пазом. Для моделювання корпусу використано програмне забезпечення SolidWorks [18].

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

### 3.2. Використання програмного забезпечення SINUMERIK

Опис програмного забезпечення SINUMERIK 810/840D полягає в описі функціоналу [3]. Функціональний спектр системи управління організований у шести операційних зонах:

1. Machine (верстат);
2. Parameter (параметр);
3. Program (програма);
4. Services (сервіс);
5. Diagnosis (діагностика);
6. Start-Up (пуско-налагодження).

Дані 6-ти операційних зон відображені в головному меню в горизонтальному ряду екранних клавiш і призначені для виконання тієї чи іншої функції, огляд операційних зон представлений в таблиці 3.1. [21].

Таблиця 3.1. Огляд операційних зон.

Операційна зона	Виконувані функції, які виконуються
Machine (верстат)	Відпрацювання керуючої програми обробки деталі, ручний режим керування верстатом.
Parameter (параметр)	Редагування даних для програм: зміщення нульової точки, дані інструментів та їх корекція.
Program (програма)	Створення та адаптація УП обробки деталі.
Services (сервіс)	Зчитування/виведення програм та даних.
Diagnosis (діагностика)	Дисплей небезпек та сервісної інформації.
Start-Up (пуско-налагодження)	Налаштування даних ЧПУ для верстата, системні установки.

### 3.3. Підбір різальних інструментів та його кодування

Враховуючи технологію обробки деталі, про яку говорилося раніше, необхідно використовувати наступні інструменти для обробки деталі «Корпус» [17]:

1. Прокідний упорний рiзець;
2. Розточний рiзець;
3. Зовнiшнiй рiзьбовий рiзець;
4. Внутрiшнiй рiзьбовий рiзець;
5. Фреза;
6. Вiдрiзний рiзець.

Система ЧПУ має використовувати для позиціонування вершину рiзця, а не базову точку рiзцетримача. Кожен iнструмент [21], який використовується для обробки, має бути вимiряний. Необхідно вимiряти вiдстанi у напрямках обох осей  $X$  та  $Z$  мiж вершиною рiзця та базовою точкою  $N$  рiзцетримача (рисунок 3.1 а). В реєстрі iнструментiв зберiгаються вимiряні корекції на рiдiус (рисунок 3.1 б) i позиція рiзця (рисунок 3.1 в). Номер корекції може бути будь-яким номером реєстра, але повинен визначатися викликом iнструмента в програмі.

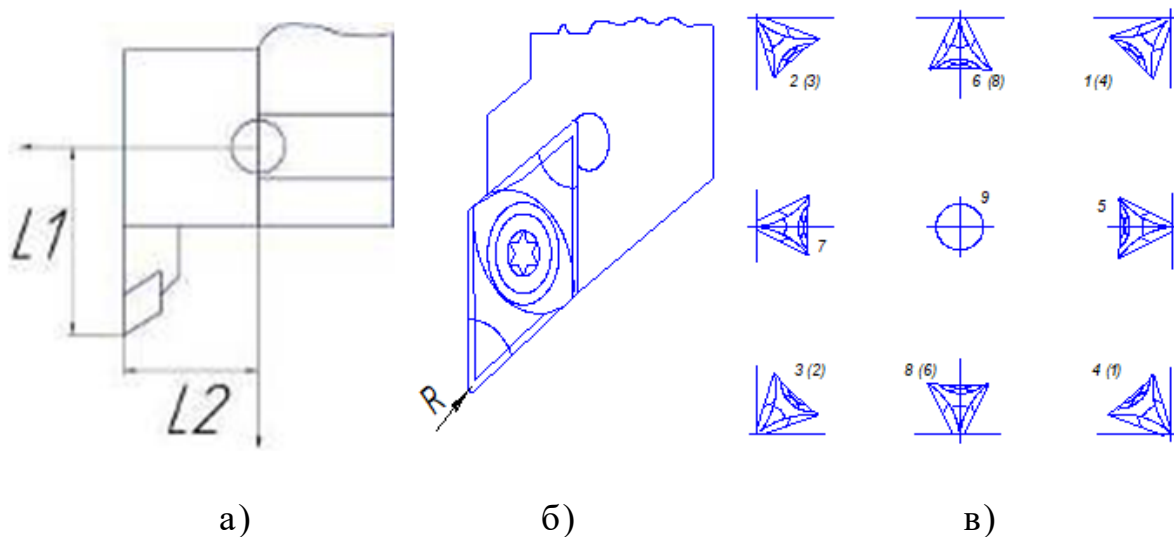


Рисунок 3.1 – Вимiрювання координат вершини рiзця (а), рiзуча частина iз закругленням по рiдiусу  $R$  (б) та позиції вершини рiзця (в)

Наведемо конкретний приклад. Корекція на довжину iнструмента позиції 4 револьверної головки збережена як корекція номер 4. Виклик iнструменту в програмі здiйснюємо функцією T4 D1. Адреса T означає функцію iнструменту, вiн утворений вiд першої лiтери англiйського слова

Tool, яке перекладається як інструмент. Цифра після адреси T визначає позицію інструмента в револьверній головці, цифра після D визначає номер корекції, що відноситься до цієї позиції. Корекція на довжину інструмента може здійснюватися автоматично, а радіус різця та позицію різця встановлюють вручну. Введення радіусу та позиції різця потрібно лише при використанні корекції на радіус. Позиція різального інструмента [20] має бути введена обов'язково.

Вимірюють наступні розміри інструменту: L1 у напрямі осі X в абсолютних значеннях від точки N, у радіусі (рисунок 3.1, а), L2 у напрямку осі Z в абсолютних значеннях від точки N, та R – радіус вершини різця (рисунок 3.1, б). Повинна бути відома позиція різця у револьверній головці. У полі «Offset Wear» встановлюється корекція на зношення інструменту після кількох робочих циклів. Введені корекції на довжину додаються або віднімаються з даних геометричних інструменту із приростом.

X+/-...приріст по діаметрі до геометричного значення,

Z+/-...приріст до геометричного значення по осі Z

R+/-... приріст до геометричного значення радіуса.

Для визначення позиції вершини різця слід подивитися на інструмент із точки його закріплення на верстаті (рисунок 3.1, в). Для верстатів, в яких інструмент знаходиться перед (під) заготовкою, яка обертається (наприклад, верстат TURN 50/55) необхідно використовувати значення в дужках, так як для зазначеного верстата позитивний напрямок осі X направлено в протилежний бік.

Опис робочого вікна корекції інструменту На рисунку 3.2 зображено вікно операційної зони «Параметри – корекція інструменту» на стійці ЧПУ верстата EMCO, яке містить такі дані:

Номер T – за допомогою цього номера здійснюється виклик інструмента (номер «гнізда» в револьверній головці).

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Номер D – номер корекції на інструмент. Інструмент може мати кілька номерів корекції (наприклад, лівий та правий кут різця).

Кількість ріжучих крайок – кількість номерів D для інструментів.

Тип інструменту – цей номер визначає тип інструменту.

Положення різця – позиція вершини різця згідно рисунка 3.1, в

Геометрія – розміри інструмента.

Зношування – відхилення від геометричного значення.

База – розмір інструментальної оправки, в якій затиснутий інструмент.

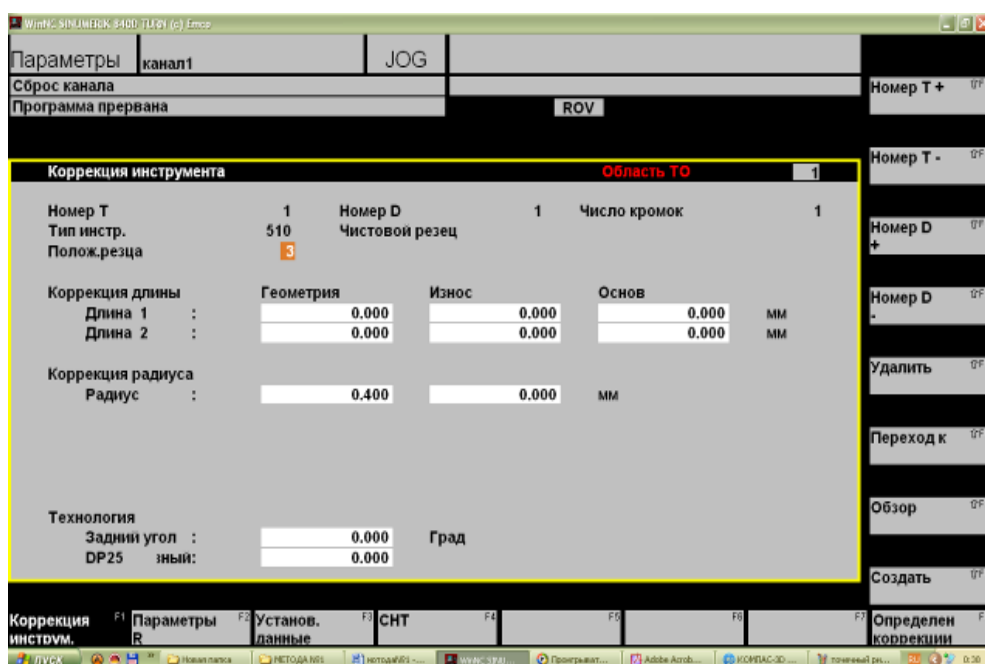


Рисунок 3.2 – Операційна зона «Параметри – корекція інструменту»

Призначення екранних клавіш, зображених у вікні «Параметри – корекція інструменту» згідно даного рисунка:

T+, T- – перехід до наступного чи попереднього номера інструмента;

D+, D- – перемикавання на наступний чи попередній номер корекції на інструмент;

Видалити – видалення інструменту зі списку або видалення корекції для поточного інструменту, щоб виконати команду, натиснути клавішу «Видалити».

Перехід до – прямий вибір інструмента.

Огляд – відображення списку інструментів. Розташування курсору на потрібному інструменті та підтвердження вибору ОК.

Створити – встановлення нового інструмента або нової корекції (ріжучої крайки).

Визначення корекції – введені дані корекції будуть додані до наявного інструменту.

Вертикальний ряд екранних кнопок вікна означає:

Видалити крайку – видалення поточного інструменту та його ріжучих крайок (корекцій D).

Видалити інструмент – завжди видаляється ріжуча крайка із вищим номером D. Номери D повинні бути послідовними, без пропусків, наприклад, інструмент з чотирма ріжучими крайками повинен мати корекції D1, D2, D3, D4 і при натисканні клавіші «Видалити інструмент» тільки D4 може бути видалено. D1 не може бути видалено, оскільки для цього слід видалити весь інструмент (інструмент має як мінімум одну ріжучу крайку).

Скасувати – вихід без видалення.

### 3.4. Програмування обробки

Керуюча програма (КП або УП) – сукупність команд мовою програмування, що відповідає заданому алгоритму функціонування верстата обробки конкретної заготовки [6]. УП складається з кадрів, що у іноземних системах ЧПУ називаються блоками. Кадр (блок) складається з кількох слів. Кожне слово (рисунок 3.3) є командою і складається з адреси у вигляді великої літери латинського алфавіту та арифметичного числа або послідовності чисел. Число може мати знак плюс чи мінус. Знак плюс

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

опускається. Адреса, наприклад, осі X,Y,Z, швидкість шпинделя S, швидкість подачі F, радіус кола CR і т.д.

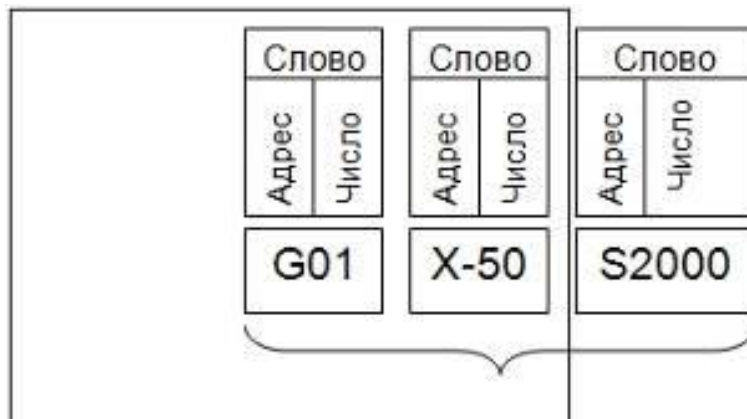


Рисунок 3.3 – Слова та кадр керуючої програми

Адреси бувають модальні та немодальні. Модальні адреси діють в інтервалі декількох блоків, доки не буде введено нове значення під тією ж адресою або іншою адресою з однієї групи адрес. Немодальні адреси діють лише у одному блоці, у якому вони запрограмовані. Як тільки системою ЧПУ блок відпрацьовано, дія немодальної адреси припиняється. Кожен блок починається номером N і закінчується літерами LF чи PC. У сучасних верстатах з ЧПУ літери LF та PC не пишуть, вони відтворюються автоматично, якщо ми змінюємо рядок ПК.

Щоб структура блоку була якомога чіткішою, слова у блоці розташовують у послідовності: N10 G...X...Y...Z...F...S...T...D...M...H..., де N10 – кадр з номером 10; G – підготовча функція; X, Y, Z – осі координат; F,S – швидкість подачі; T – адреса інструменту; D – адреса корекції інструменту; M – допоміжна функція. Точки після кожної адреси відбивають місце для написання чисел, від значень яких залежить, наприклад, величина переміщення інструмента.

На сьогодні найбільш застосовний в системах ЧПУ є запис зі змінною довжиною кадру як більш зручний і короткий. Цей запис можливий при використанні алфавітно-цифрових кодів, зокрема коду ISO-7bit [2]. Цей код є

основним для всіх вітчизняних верстатів з ЧПУ. У цьому коді (або його різновиди) працює і більшість закордонних верстатів. Керуюча програма записується в послідовності її блоків (кадрів), при цьому записується тільки та геометрична, технологічна та допоміжна інформація, яка змінюється по відношенню до попереднього блоку.

До написання кадру УП висувають такі вимоги [6]:

1. Кожен кадр повинен містити слово «номер кадру» Тільки деякі пристрої ЧПУ дозволяють використовувати певні команди (слова).

2. Слова в кадрі рекомендується записувати в певній послідовності: слово (або слова), що містять код або кілька кодів, які відносяться до «підготовчої функції», рекомендується записувати в послідовності символів: X, Y, Z, U, V, P, Q, R, A, B, C; слово (або слова) «функція подачі», яке відноситься тільки до певної осі і повинно слідувати безпосередньо за словом «розмірне переміщення» по цій осі. функція».

3. Порядок запису слів з адресами U, V, W, P, Q, R, слів з адресами D, R, H повинен бути вказаний у форматі конкретного УЧПУ.

4. У межах одного кадру не повинні повторюватися слова «розмірні переміщення» та «параметр інтерполяції або крок різьби» з однією кодовою літерою.

5. У межах одного кадру не повинні використовуватися слова «підготовча функція», що входять до однієї групи кодів.

6. Після символу : – «головний кадр» у кадрі повинна бути записана вся інформація, необхідна для початку або відновлення обробки.

7. При реалізації режиму «пропуск кадру» (наприклад, для здійснення налагоджувальних переходів при налагодженні верстата та виключення цих переходів після закінчення налагодження) перед словом «номер кадру» та символом «головний кадр» повинен записуватися символ LF – «пропуск кадру».

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожне слово у кадрі УП має містити: символ адреси (латинська літера); математичний знак «+» або «-» (при необхідності); послідовність цифр. Слова в УП можуть бути записані одним із двох способів:

- 1) без використання десяткового знака (мається на увазі положення десяткової коми);
- 2) з використанням десяткового знака (явне положення десяткової коми).

Розмірні переміщення у кадрах УП вказуються або в абсолютних значеннях, або в приростах. Це визначає використання у кадрах УП підготовчих функцій G90 (абсолютний розмір) чи G91 – (розмір у приростах). В УП для сучасних систем ЧПУ всі лінійні переміщення зазвичай вказують у міліметрах та їх десяткових частках. Кутові розміри в УП виражають у радіанах чи градусах. Для деяких елементів верстатів, наприклад, для поворотних столів, кутові розміри вказуються у десяткових частках обороту.

Основні функції у керуючій програмі [21]:

Функція подачі визначає швидкість подачі (далі – подача). Подачу кодують числом, кількість розрядів якого вказана у форматі конкретної системи ЧПУ. Тип подачі, зазвичай, обирають однією з підготовчих функцій: G93 – «подача у функції зворотного часу»; G94 – «подача за хвилину»; G95 – «подача на оборот». Основним методом кодування подачі є метод прямого позначення, за якого застосовують такі одиниці величини:

- міліметри за хвилину – подача не залежить від швидкості головного руху;
- міліметри на оберт – подача залежить від швидкості руху;
- радіани за секунду (градуси за хвилину) – подача відноситься лише до кругового переміщення.

Функція головного руху визначає швидкість руху. Вона також кодується числом, кількість розрядів якого має бути вказана у форматі

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конкретного ЧПУ. Вид функції головного руху (там, де це необхідно та можливо) здійснюється однією з наступних підготовчих функцій: G96 – «постійна швидкість різання»; G97 – «обороти за хвилину»

Функція інструменту (T) використовується для вибору інструмента. У ряді систем слово «функція інструменту» використовують і для корекції (або компенсації) інструменту. У цьому випадку воно складається з двох груп цифр: перша використовується для вибору інструмента, друга – для його корекції. Якщо для запису корекції (компенсації) інструменту використовується інша адреса, рекомендується використовувати символ D або H. Кількість цифр, що йдуть за адресами T, D та H, має бути зазначена у форматі конкретного ЧПУ.

Підготовчі G-функції можна розділити на кілька груп [6]:

G00... G09 – команди загального порядку: позиціонування, лінійна або кругова інтерполяція, прискорення, уповільнення, пауза (витримка);

G10... G39 – особливості оброблення, вибір осей, площин, видів інтерполяції;

G40... G59 – корекція розмірів інструменту без відліку, зміщення осей;

G60 ... G79 – вид та характер роботи: точно, швидко;

G80... G89 – постійні (фіксовані) автоматичні цикли;

G90... G99 – особливості завдання розмірів, режимів обробки.

Функція G00 програмується, якщо необхідно забезпечити лінійне переміщення однією з координат на прискореній подачі; величина переміщення зі знаком вказується у кадрі відповідно до правила запису.

Функції з адресою M, які називаються допоміжними, визначають режим та умови роботи верстата та системи ЧПУ. Вони кодуються від M00 до M99. За кожною функцією закріплено стандартом певне значення [2]. Таблиця основних G та M кодів наведена в додатку А.

Для створення керуючої програми, для виготовлення заданої деталі «Корпус» скористаємося операційною зоною-Program (програма). Для цього

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в головному меню, виберемо пункт Програма (викликати його можна за допомогою кнопки F3), відкриється підменю, яке пропонує наступні пункти:

- 1) Деталі (F1);
- 2) Програми обробки деталі (F2);
- 3) Підпрограми (F3);
- 4) Стандартні цикли (F4);
- 5) Цикли користувача (F5);
- 6) Буфер (F6).

Вибираємо пункт 1 «Деталі». В цьому пункті знаходиться список раніше створених і збережених програм, а також є можливість створити нову програму.

Для цього скористаємося пунктом «створити» який знаходиться у крайньому правому вертикальному ряді команд. У цьому пункті пропонується ввести назву деталі: Натискаємо ОК і переконуємось у появі нашої деталі у списку створених раніше деталей. Далі робимо подвійне натискання лівою кнопкою миші по створеному нами назві деталі тобто. «Відкриється вікно в якому потрібно створити безпосередньо програму та під програму «KORPUS». Для цього натискаємо пункт створити у правій колонці, після чого вводимо назву програми та вибираємо тип MPF.

Так як обробка цієї деталі буде відбуватися і по контурах необхідно їх створити і потім їх вставити в УП, робиться це за допомогою циклу в нашому випадку скористаємося циклом 95, тобто обробка за контуром. Створюємо контур для зовнішнього обточування. Для цього натискаємо пункт створити у правій колонці, після чого вводимо назву контуру та вибираємо тип MPF. Натискаємо ОК і переконуємося в наявності створеного контуру. Робимо подвійне клацання лівою кнопкою миші за створеною назвою, відкриється редактор у якому здійснюється буквено-числове введення послідовності команд. Ми ж створюватимемо контур за допомогою вільного програмування контуру. Задається він шляхом геометричної побудови в

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

спеціальному редакторі, для цього вибираємо меню «підтримка» у рядку команд, потім у правому вертикальному ряду команд вибираємо пункт «новий контур». Програмування контуру починається з визначення початкової точки, вводимо координата  $Z=0$   $X=18$  і натискаємо введення елемента. Потім відповідно до креслення деталі створюється весь контур.

Перша лінія нашого контуру це лінія під кутом  $45^\circ$  «фаска» для її створення у правому вертикальному ряду команд вибираємо пункт «довільна пряма», і вводимо координати кінцевої точки нашої прямої ( $X=19$ ,  $Z=-0,5$ ), координатами початку є початкова точка, і натискаємо введення елемента.

Наступною частиною нашого контуру є горизонтальна пряма, для її створення в правому вертикальному ряду команд вибираємо пункт «Горизонт. пряма», і вводимо координати кінцевої точки нашої прямої тільки по  $Z$ , ( $Z=-8$ ), координатами початку є кінцева точка попереднього елемента точка, і натискаємо введення елемента. Наступною частиною контуру є вертикальна пряма, для її створення в правому вертикальному ряду команд вибираємо пункт «Вертикал. пряма», і вводимо координати кінцевої точки нашої прямої тільки по  $X$  звертаючи увагу на граничні відхилення цього розміру, ( $X = 20,97$ ).

Наступною частиною контуру є горизонтальна пряма, на її створення правому вертикальному ряду команд вибираємо пункт «горизонт. пряма» і вводимо координати кінцевої точки нашої прямої тільки  $Z$ , ( $Z=-63.5$ ), канавки  $\varnothing 20,5$  в контурі виконувати не будемо, вони будуть виконані окремо та іншим інструментом, координатами початку є кінцева точка попереднього елемента точка, і натискаємо введення елемента. Наступною частиною контуру є вертикальна пряма, для її створення в правому вертикальному ряду команд вибираємо пункт «вертикал. пряма», і вводимо координати кінцевої точки нашої прямої тільки по  $X$ , ( $X = 24,8$ ), координатами початку є кінцева точка попереднього елемента точка, і натискаємо введення елемента.

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наступною частиною контуру є горизонтальна пряма, для її створення в правому вертикальному ряду команд вибираємо пункт «Горизонт. пряма», і вводим координати кінцевої точки нашої прямої тільки  $Z$  ( $Z=-71$ ), координатами початку є кінцева точка попереднього елемента точка, і натискаємо введення елемента. Завершує контур завжди вертикальна пряма, необхідна для позначення діаметра заготовки, в нашому випадку діаметр заготовки 30мм, для її створення в правому вертикальному ряду команд вибираємо пункт «Вертикал. пряма», і вводим координати кінцевої точки нашої прямої тільки по  $X$  ( $X = 30$ ). Завершуємо програмування контуру натисканням кнопки «Введення» Так само створюємо другий контур для внутрішнього розточування. Натискаємо введення. Дані контури при необхідності можна переглянути в буквенно-числовому виразі, а також послідовність виконання кожного кадру.

Далі створюємо програму обробки. Вибираємо Програма>Створити>Тип (MPF) Робимо подвійне клацання лівою кнопкою миші за створеною назвою, відкриється редактор в якому здійснюється буквенно-числове введення послідовності команд.

Вікно введення команд виглядає так: Для створення циклу обробки по контуру (цикл 95) вибираємо меню «підтримка» у рядку команд, потім у правому вертикальному ряду команд вибираємо пункт «обточити» та натискаємо «ОК».

Для нарізання різьей використовуємо цикл 97, вибираємо меню «підтримка» у рядку команд, потім у правому вертикальному ряду команд вибираємо пункт «Різьба» Потім у правому вертикальному ряді команд вибираємо пункт «Нарізання різьби» Заносимо всі необхідні дані до таблиці та натискаємо «ОК». Далі заносимо необхідні команди і весь код УП перенесемо у додатки (додаток Б).

Після завершення створення програми, є можливість змодельовати рух інструменту, визначити траєкторію його руху, а також визначити час на

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виготовлення деталі. Для цього у списку програм вибираємо подвійним клацанням миші програму обробки, відкриється вікно введення команд, у нижньому рядку команд вибираємо «Моделювання».

Також є можливість змоделювати наочну обробку, для цього в програму вбудований 3D-симулятор, потрапити в нього можна натиснувши кнопку «3D-перегляд», у нижньому рядку команд, перебуваючи у вікні введення команд програми. Відкрито вікно «3D-симуляції». У правому стовпці команд вибираємо «Заготовка», щоб налаштувати параметри раніше спроектованої 3D заготовки.

У правому стовпці команд вибираємо «Інструменти». Із запропонованого списку типу інструментів вибираємо необхідні інструменти, виділяємо потрібний тип інструменту і виділяємо «гніздо» в яке хочемо його вставити. В правому стовпці натискаємо кнопку «осередок інста» для інструмент встає в гніздо. Таким чином, вставляємо всі інструменти необхідні для обробки. Вікно 3D-симуляції із заготовкою.

Запускаємо обробку кнопкою «Старт».

Перехід 1: Розточування згідно з контуром. Оброблені поверхні забарвлюються в колір інструменту.

Перехід 2: Зовнішнє точіння згідно з контуром.

Перехід 3: Нарізання внутрішньої різі M17x0,5 різьбовим різцем.

Перехід 4: Нарізання зовнішньої різі M19x0,5 різьбовим різцем.

Перехід 5: Обробка криволінійного паза кінцевою фрезою.

Перехід 6: Обробка деталі за буртом відрізним різцем.

Перехід 7: Нарізання різі M18x0,75 різьбовим різцем.

Перехід 8: Відрізання готової деталі.

Для повернення в меню введення команд необхідно натиснути кнопку «Редактор» у нижньому рядку команд. Далі вибираємо створену програму для використання в верстаті, і натискаємо пуск.

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 4

### ПРОЄКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

4.1. Розрахунок кількості одиниць обладнання та площі під токарні верстати з ЧПУ

Згідно заданої річної програми випуску та розробленого нового технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус» Розраховуємо кількість верстатів [22], які необхідні для забезпечення виробничих потреб:

$$C_{pi} = \frac{T_i \cdot N}{F_d \cdot K_u} \quad (4.1)$$

де,  $T_i$  – сумарна верстатоемність на дільниці;

$N$  – річна програма запуску деталі;

$F_d$  – ефективний фонд часу обладнання ( $F_d = 2016$  годин).

Підставивши відповідні значення, отримаємо:

$$C_{pi} = 1,86$$

Відповідно для забезпечення виробничих потреб та дотримання річної програми випуску нам потрібно 2 багатофункціональні токарні верстати з ЧПУ EMCO CONCEPT TURN 155. Тоді округлюємо і  $C_p = 2$  шт.

4.2. Розрахунок площі дільниці

Розрахунок виробничої площі має враховувати кількість основного верстатного та допоміжного обладнання механічної дільниці та визначається відповідно до розробленого технологічного процесу з врахуванням типу виробництва та формою організації виробництва [3, 5].

Відповідно виробнича площа буде розраховувати з наступною формулою:

$$F_{ВП} = C_p (f_1 + f_2) \quad (4.2)$$

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де,  $f_1$  – Питома площа на одиницю обладнання, м<sup>2</sup>;

$f_2$  – Питома допоміжна площа (проходи та проїзди) на одиницю обладн., м<sup>2</sup>.

Підставивши відповідні дані у формулу 4.2 отримаємо  $F_{ВП} = 72$  м<sup>2</sup>.

#### 4.3. Визначення складу та чисельності працівників на дільниці багатофункціональних токарних верстатів з ЧПУ

У роботі дільниці багатофункціональних токарних верстатів із ЧПУ задіяні також:

виробничі робітники;

допоміжний персонал;

інженерно-технічні працівники;

молодший обслуговуючий персонал.

Розрахунок кількості виробничих робітників (верстатників) проводимо за формулою:

$$P_{В} = \frac{\Phi_{д} \cdot C_{пр} \cdot K_{з}}{\Phi_{др} \cdot K_{м}} \quad (4.3)$$

де,  $\Phi_{д}$  – дійсний річний фонд часу роботи верстата;

$\Phi_{др}$  – дійсний річний фонд часу робочих, год.

$$\Phi_{др} = \Phi_{р} \cdot K_{р} \quad (4.4)$$

де,  $\Phi_{др}$  – номінальний річний фонд часу робітника ( $\Phi_{р} = 250$  днів в році);

$K_{р}$  – величина коефіцієнта, який враховує час відпусток, невиходів робітника-верстатника ( $K_{р} = 0,85$  при відпустці 24 дні);

$$\Phi_{др} = 250 \cdot 0,85 = 1700 \text{ год}$$

$C_{пр}$  – кількість верстатів, шт.;  $K_{з}$  – коефіцієнт завантаження обладнання (верстатів);  $K_{м}$  – коефіцієнт багатостанкового обслуговування;

Підставивши відповідні дані у формулу 4.3 отримаємо:

$$P_{В} = \frac{2016 \cdot 2 \cdot 0,99}{1700 \cdot 1,7} = 2 \text{ чол.}$$

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість виробничих робітників у цеху становить 4 особи. Для виконання допоміжних робіт потрібні допоміжні робітники. Вони становлять 25-35% від основних виробничих робітників:

$$P_{\text{ДР}} = P_{\text{В}} \cdot 0,25 = 2 \cdot 0,25 = 1 \text{ чол}$$

Інженерно-технічні працівники (ІТР) становлять 10-12% від загальної кількості працюючих:

$$P_{\text{ІТР}} = (2 + 1) \cdot 0,1 = 1 \text{ чол}$$

Молодший обслуговуючий персонал (МОП) становить 2-3% від загальної кількості працюючих: Кількість багатофункціональних токарних верстатів з ЧПК, які працюють на дільниці, представлена в таблиці 4.1.

Таблиці 4.1 – Структура чисельності працюючих дільниці

Категорії працівників	Кількість працівників на дільниці	Відсоток до загальної кількості працівників
Основні виробничі робітники (верстатники)	2	40
Допоміжні робітники	1	20
Робітники ІТР	1	20
Робітники МОП	1	20
ВСЬОГО	5	100

#### 4.4. Планування дільниці

Дільниця з виробництва деталей, а саме корпусу бормащини, що входять до складу, є швидкопереналаджуваною лінією. До неї входять багатофункціональні верстати з ЧПУ токарної групи, а саме ЕМСО CONCEPT TURN 155 . Дільниця завдовжки 12000 мм, завширшки 6000 мм, загальною площею 72 м<sup>2</sup>.

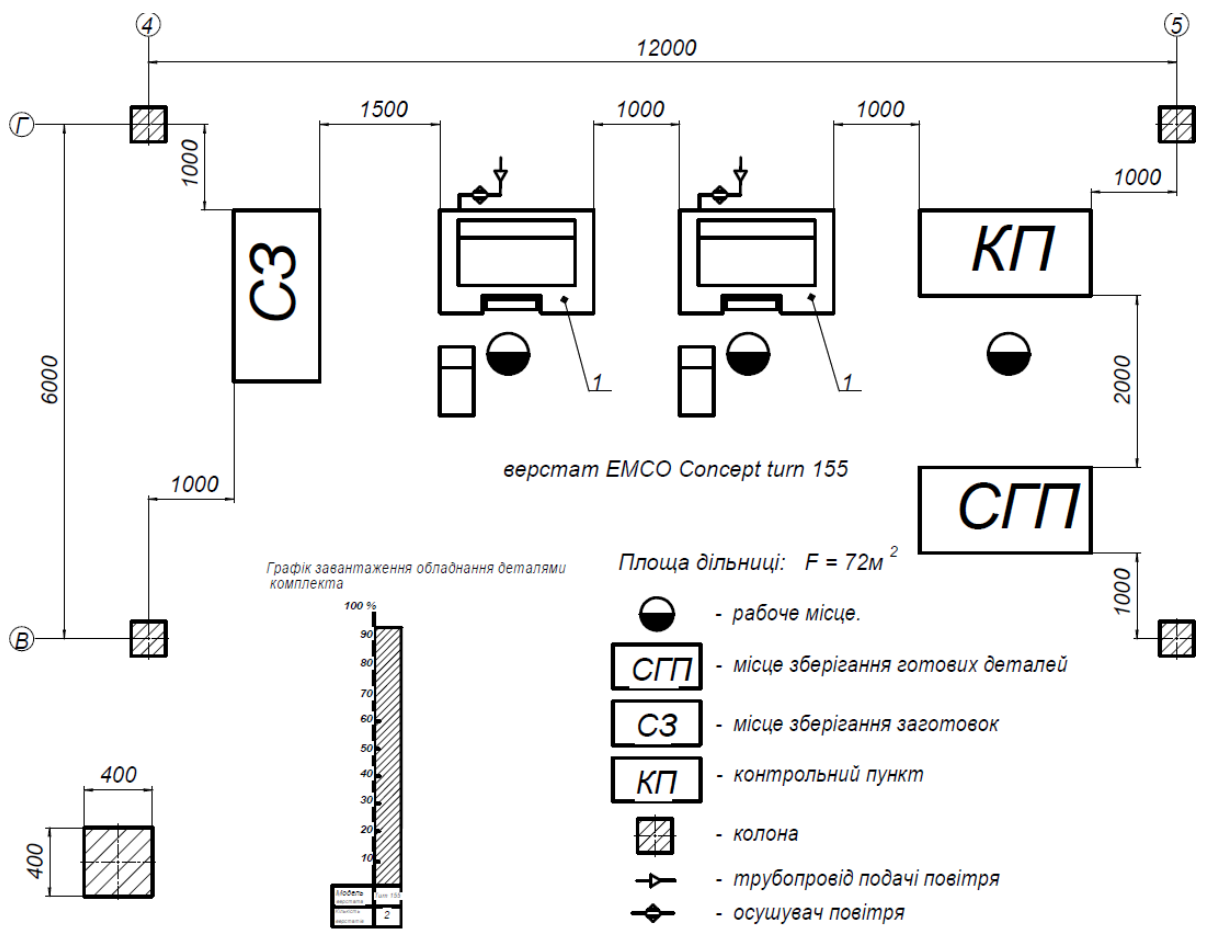


Рисунок 4.1 – План механічної дільниці

Верстати на дільниці розташовані в один ряд, між верстатами передбачені проходи для їх налагодження та ремонту. На дільниці цеху, який проектується, немає необхідності у використанні мостових кранів, так як на ньому не обробляються великі вироби, крім того, безкранові будівлі дешевше, ніж кранові.

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА ПРАЦІ

#### 5.1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Діяльність працівника здійснюється умовах техносфери (виробничої зони) чи навколишнього природного середовища, тобто в середовищі виробництва. У теорії охорони праці і безпеки життєдіяльності [7, 23] найважливішими поняттями є: місце роботи, діяльність, небезпека, ризик і безпека.

– Небезпечні та шкідливі фізичні фактори на виробництві: рухомі машини, вузли та механізми; різні транспортно-підйомні пристрої та вантажі, які переміщуються; незахищені рухомі елементи виробничого обладнання (привідні та передавальні механізми, ріжучі інструменти, пристосування, які переміщуються і обертаються та ін.); відлітачі частинки оброблюваного матеріалу та інструменту; електричний струм; підвищена температура поверхонь обладнання та оброблюваних матеріалів тощо

– Шкідливими для здоров'я фізичними чинниками є [7]: підвищена чи занижена температура повітря робочої зони; високі вологість та швидкість руху повітря; підвищені рівні шуму, вібрацій, ультразвуку та різних видів випромінювання – інфрачервоних, іонізуючих, теплових та ін; запиленість та загазованість повітря робочої зони, недостатня освітлюваність робочих місць, проходів та проїздів; підвищена яскравість світла та пульсація світлового потоку.

– Хімічні небезпечні і шкідливі виробничі чинники за характером впливу на організм людини поділяються такі групи [11]: загальнотоксичні, подразнюючі, сенсibiliзуючі (такі, які викликають алергічні захворювання), канцерогенні (що викликають розвиток пухлин), мутагенні (які діють на статеві клітини організму). У цю групу входять численні пари і гази: пари

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

бензолу і толуолу, оксид вуглецю, сірковий ангідрид, оксиди азоту, аерозолі свинця та ін. Токсичні пили, що утворюються, наприклад, при обробці різанням берилію, свинцевої бронзи, латуні та деяких пластмас. Сюди ж відносяться агресивні рідини (кислоти, луги), які можуть завдати хімічних опіків шкірного покриву при контакті з ними.

– Біологічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори: мікроорганізми (бактерії, віруси тощо) та макроорганізми (рослини та тварини), вплив яких на працівників викликає травми або захворювання.

– Психофізіологічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори [23]: фізичні навантаження (статичні та динамічні) та нервово-психічні навантаження (розумова напруга, перенапруга аналізаторів слуху та ін.).

## 5.2. Методи та засоби індивідуального захисту працівників

Для зниження рівня виробничого шуму [11] до допустимих на робочих місцях окремих виробничих цехів та дільниць можна рекомендувати такі основні заходи:

а) застосування обладнання зі зниженою шумністю (або обмеження шуму обладнання та заміна високогучних технологічних процесів на менш гучні);

б) віброізоляція обладнання з динамічними навантаженнями;

в) зниження шуму систем опалення, технологічної та загальнообмінної вентиляції;

г) застосування комплексу будівельно-акустичних заходів щодо зниження шуму, викладених нижче.

При розробці проєктів виробничих цехів та дільниць або при їх реконструкції в першу чергу необхідно передбачати там, де це можливо, заходи, спрямовані на зниження шуму в джерелі його утворення, або шляхом застосування звукоізолюючих кожухів для найбільш гучного обладнання та окремих вузлів. Виконання цих заходів дозволить у деяких випадках

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

обійтися без спеціальних будівельно-акустичних заходів щодо зниження шуму у цехах.

При складанні технологічних планів виробничих дільниць і цехів [22, 23] необхідно виділяти найбільш шумне обладнання в окремі звукоізольовані приміщення (типу боксів на одну або дві-три одиниці обладнання, або в приміщення типу загальних залів).

При встановленні обладнання з динамічними навантаженнями повинні бути передбачені заходи та засоби щодо його віброізоляції. Це необхідно для усунення передачі в сусідні приміщення вібрацій та звуків по будівельним конструкціями будівлі (структурного шуму). Передачу структурного шуму в інші приміщення можна знизити також шляхом ослаблення жорсткості зв'язків між джерелами вібрацій та будівельними конструкціями будівлі за рахунок влаштування розривів у конструкціях будівлі та застосування самостійних (окремих) фундаментів з улаштуванням акустичних швів під обладнання з динамічними навантаженнями.

У всіх особливо шумних цехах і на дільницях, де на робочих місцях шумних технологічних процесів неможливо знизити чи подавити шум будівельно-акустичними методами, не вплинувши на сам технологічний процес, рекомендується застосовувати засоби індивідуального захисту від шуму за ДСТУ. Найбільш ефективним способом є боротьба із шумом у джерелі його виникнення. Шум механізмів виникає внаслідок пружних коливань як усього механізму, так і окремих його частин чи деталей. Причини виникнення шуму – механічні, аеродинамічні та електричні явища, які визначаються конструктивними та технологічними особливостями обладнання, а також умовами експлуатації. У зв'язку з цим розрізняють шуми механічного, аеродинамічного та електричного походження. Для зменшення механічного шуму необхідно своєчасно проводити ремонт обладнання, замінювати ударні процеси на безударні, ширше та якісніше застосовувати примусове мащення контактуючих поверхонь, застосовувати

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

балансування обертальних частин.

Значне зниження шуму досягається при заміні підшипників кочення на підшипники ковзання (шум знижується на 10...15 дБ), зубчастих і ланцюгових передач клинопасовими та зубчасто-пасовими передачами, металевих деталей – деталями з пластмас. Зниження аеродинамічного шуму можна досягти зменшенням швидкості газового потоку, покращенням аеродинаміки конструкції звукоізоляції та встановленням додаткових глушників. Електромагнітні шуми знижують конструктивними змінами електричних машинах.

Засобами індивідуального захисту працівників від шуму є вушні вкладки (бірюші), навушники та шоломофони [11]. Ефективність індивідуальних засобів захисту залежить від матеріалів, конструкції, сили тяжіння, правильності носіння. Вушні вкладки вставляються у слуховий канал вуха. Їх виготовляють з легкого каучуку, еластичних пластмас, гуми, ебоніту та ультратонкого волокна. Вони дозволяють знизити рівень звукового тиску на 10...15 дБ. В умовах підвищеного шуму рекомендується застосовувати навушники, які забезпечують надійний захист органів слуху. Так, якісні навушники можуть знижують рівень звуку на 7...38 дБ у діапазоні частот 125...8000 Гц. Для запобігання впливу шуму із загальним рівнем 120 дБ і вище рекомендується застосовувати шоломофони, які герметично закривають всю привушну область і знижують рівень звукового тиску на 30...40 дБ в діапазоні частот 125...8000 Гц.

Для боротьби з вібрацією машин і промислового обладнання та захисту робітників від вібрації [23] використовують різні методи. Боротьба з вібрацією в джерелах виникнення пов'язана із встановленням причин появи механічних коливань та їх усуненням, наприклад, заміна кривошипних механізмів на механізми, які рівномірно обертаються. Ретельний підбір зубчастих передач, балансування обертових мас і т.п. Для зниження вібрації широко використовують ефект вібродемпфування – перетворення енергії

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

механічних коливань на інші види енергії, найчастіше теплову. З цією метою в конструкції деталей, через які передається вібрація, застосовують матеріали з великим внутрішнім тертям: спеціальні сплави, пластмаси, гуми, вібродемпфуючі покриття. Для запобігання загальній вібрації використовують встановлення віброуючих машин та обладнання на самостійні вібропоглинаючі фундаменти.

Заходи щодо забезпечення пожежної безпеки виробничих процесів визначено ДСТУ 8965:2019 «Система управління пожежною безпекою об'єкта захисту. Загальні положення» [8].

### 5.3. Проведення заходів щодо зниження виробничого шуму

Необхідність проведення заходів щодо зниження шуму на діючих підприємствах визначається на підставі вимірювань рівнів звукового тиску на робочих місцях та порівняння цих рівнів з допустимими за нормами  $L_{дон}$ , а на підприємствах, які тільки проектується – на підставі проведеного акустичного розрахунку.

Визначення необхідного зниження шуму виконують на підставі акустичного розрахунку. Розрахунок включає:

- 1) виявлення джерел шуму та визначення їх шумових характеристик;
- 2) вибір розрахункових точок у приміщенні, для яких проводиться акустичний розрахунок, та визначення допустимих рівнів звукового тиску  $L_{дон}$  для точок;
- 3) визначення очікуваних рівнів звукового тиску  $L$  у розрахункових точках до здійснення заходів щодо зниження шуму з урахуванням зниження рівнів звукової потужності  $\Delta L_p$  щодо поширення шуму;
- 4) розрахунок та проектування шумоглушительних, звукопоглинаючих та звукоізолюючих конструкцій (глушників, екранів, звукопоглинаючих облицювань, звукоізолюючих кожухів).

Проведемо перевірочний розрахунок рівня шуму робочого місця. На

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

початку розрахунку необхідно виявити всі джерела шуму у виробничих приміщеннях, звернувши особливу увагу на найпотужніші джерела, оскільки вони створюють підвищений шум у приміщеннях. У нашому випадку джерелами шуму є 2 токарні верстати з ЧПУ. Прийmemo рівень звукової потужності  $L_p = 69$  дБ.

Розрахункові точки при акустичних розрахунках слід обирати всередині приміщень на робочих місцях або в зоні постійного перебування людей на висоті 1,5 м від рівня підлоги чи робочого майданчика. У приміщення з джерелами шуму слід вибирати щонайменше дві розрахункові точки. Першу розрахункову точку вибирають на робочому місці, а другу в зоні постійного перебування людей, не пов'язаних з роботою обладнання (майстрів, наладчиків та ін.).

Допустимий рівень звукового тиску  $L_{доп.}$  у розрахунковій точці визначаємо за ДСТУ ISO 45001:2019 [11].

На середньгеометричній частоті 1000 Гц,  $L_{доп.} = 75$  дБ [23]. Очікуваний октавний рівень звукового тиску визначають за такою формулою:

$$L = L_p + 10 \cdot \lg (\chi \cdot \Phi / S + 4 / B) \quad (5.1)$$

де,  $L_p$  – октавний рівень звукової потужності джерела шуму, дБ;

$\Phi$  – фактор спрямованості джерела шуму (приймаємо значення  $\Phi = 1$ );

$S$  – площа півсфери, що оточує джерело та проходить через розрахункову точку,  $m^2$ .

Габарити верстата  $1,17 \text{ м} \cdot 1,62 \text{ м} = 1,89 \text{ м}^2$ ;

Оскільки відстань розрахункової точки ( $r, m$ ) від акустичного центру джерела шуму дорівнює подвоєному габаритному максимальному розміру джерела ( $5 \geq 2 \cdot 1,89$ ), то приймаємо:

$$S = 2 \cdot \pi \cdot r^2, \quad (5.2)$$

$$S = 2 \cdot 3,14 \cdot 3,57^2 = 22,4 \text{ м}^2;$$

$\chi$  – емпіричний поправочний коефіцієнт, що враховує вплив ближнього

									Арк.
									58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ				

поля і приймається залежно від відношення відстані  $r$  до максимального габаритного розміру джерела. За графіком знаходимо, що при  $l_{max} < r$ ,  $\chi = 1$ ;

$B$  – постійне приміщення, м<sup>2</sup>, яка визначається за формулою:

$$B = B_{1000} \cdot \mu = \mu \cdot V/20 \quad (5.3)$$

де,  $V$  - об'єм приміщення, м<sup>3</sup>,  $\mu$  – частотний множник (визначається за таблицею).

Підставивши числові дані отримаємо:

$$B = 1 \cdot 171/20 = 8,55 \text{ м}^2.$$

Тоді підставляючи отримані значення формулу (5.1) отримаємо:

$$L = 69 + 10 \cdot \lg(1 \cdot 1/22,4 + 4/8,55) = 58 \text{ дБ.}$$

Необхідне зниження рівнів звукового тиску  $\Delta L_{необ.}$  визначається за формулою:

$$\Delta L_{необ.} = L - L_{доп.} \quad (5.3)$$

Підставляючи вище отримані дані формулу (5.3) отримаємо:

$$\Delta L_{необ.} = 58 - 75 = -17 \text{ дБ.}$$

Оскільки  $L$  не перевищує  $L_{доп.}$ , вживання заходів для зниження рівня звукового тиску не потрібно.

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У випускній кваліфікаційній роботі бакалавра розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Корпус». Ця деталь входить у складальний вузол бормащини, враховуючи призначення та технічні вимоги доцільно виготовити вал із алюмінієвого сплаву Д16Т, а заготовку отримувати методом лиття під тиском.

Виконані технологічні розрахунки припусків, режимів різання, нормування часу дозволили розробити досконаліший технологічний процес і обґрунтовано призначити норму часу виконання операцій механічної обробки.

У третьому розділі була розроблена керуюча програма для виготовлення деталі «Корпус», а також побудовані цикли обробки з координатами прив'язки різального інструменту та заготовки. Також була проведена перевірка керуючої програми на наявність правильності виконання всіх переходів та можливості зіткнення інструментів, із заготовкою та пристосуванням. Перевірка не виявила помилок розробки УП, обробка повністю відповідає всім технічним вимогам робочого креслення.

У четвертому розділі спроектовано механічну дільницю з виробництва деталей «Корпус», виконано розрахунки необхідного обладнання, виробничої площі, чисельності працюючих на дільниці, розроблено компонування та планування дільниці.

В розділі «Охорона праці» проведено аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів в умовах машинобудівного виробництва та надані рекомендації по їх зменшенню згідно діючих ДСТУ, нормативно-правових актів, законодавчих документів та описано актуальність дотримання та охорони праці та безпеки на виробництві. Проведено розрахунок рівня виробничого шуму на спроектованій дільниці та встановлено його відповідність до нормативних вимог.

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Investigation of Cutting Force During Boring of Screw Non-Rigid Machine Parts. R. Redko et al. Modern Technologies in Mechanical Engineering and Transport. 2023. Vol 20(1). P. 26–32. DOI: <https://doi.org/10.36910/automash.v1i20.1030>.
2. Suk-Hwan Suh, Seong-Kyoon Kang, Dae-Hyuk Chung, Ian Stroud Theory and Design of CNC Systems. Springer-Verlag London Limit., 2008. 477 p.
3. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування : навчальний посібник / С. Г. Бондаренко – Львів : Магнолія, 2018. – 500 с.
4. Бочков В.М. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів: Підручник. / В.М. Бочков, Р.І. Сілін, О.В. Гаврильченко. За ред. Р.І. Сіліна. – Львів: Видавництво «Бескид Бід», 2008. – 448с.
5. Бурек Я. Верстатне обладнання : навч. посіб. / Я. Бурек, І.В. Гурей, З.А. Стоцько – Львів: Вид-во ун-ту «Львівська політехніка», 2014. – 168 с.
6. Дмитрієв Ю.О., Мацулевич О.Є., Щербина В.М., Холодняк Ю.В. Проектування керуючих програм для верстатів токарної групи з пристроєм числового програмного керування: навчальний посібник. – Мелітополь: Люкс 2018. – 132 с.
7. ДСТУ 2293:2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять.
8. ДСТУ 8965:2019 Система управління пожежною безпекою об'єкта захисту. Загальні положення.
9. ДСТУ EN 573-1:2022 Алюміній та алюмінієві сплави. Хімічний склад і форма оброблених виробів. Частина 1. Система числового позначення (EN 573-1:2004, IDT).
10. ДСТУ EN 573-3:2022 Алюміній та алюмінієві сплави. Хімічний склад та форма кованих виробів. Частина 3. Хімічний склад та форма виробів (EN 573-3:2019+A1:2022, IDT).
11. ДСТУ ISO 45001:2019 (ISO 45001:2018, IDT) Системи управління

										026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
											61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування.

12. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки :навч. посіб. / Ж. П. Дусанюк та ін. Вінниця, 2009. – 199 с.

13. Залога, В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні. Навчальний посібник / В.О. Залога, В.Д. Гончаров, О.О. Залога. – Суми: СумДУ, 2013. – 371 с.

14. Матеріалознавство та технологія матеріалів (у схемах і завданнях): навч. посіб. / Т.П. Говорун, О.П. Гапонова, С.В. Марченко. Суми: СумДУ, 2020. – 163 с.

15. Методичні вказівки до виконання бакалаврської випускної роботи із спеціальності 131 – Прикладна механіка для студентів всіх форм навчання. / уклад. Р.М. Полінкевич, – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – 60 с.

16. Основи технології машинобудування: навчальний посібник / Дерібо О.В., Дусанюк Ж.П., Репінський С.В. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 106 с.

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

18. Повстяной О.Ю., Полінкевич Р.М., Четвержук Т.І. CAD/CAM/CAE технології в машинобудуванні для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Прикладна механіка», спеціальності 131 Прикладна механіка. /Електронний освітній ресурс// протокол №8 від 28червня 2022 року.

19. Р.Г. Редько, Р.А. Склярів, Р.М. Полінкевич, Т.І. Четвержук, О.І. Редько Аналіз зношення губок затискних цанг багатошпindelних токарних автоматів. Міжвузівський збірник наукових праць «Наукові нотатки» за галузями знань «Фізико-математичні науки» та «Технічні науки», Випуск 71,

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Луцьк, 2021, № 71. – 363 с. – С. 294-297.

20. Теорія різання. Лезове та абразивне оброблення металів: навчальний посібник/ І. Є. Грицай. – Львів : Львівська політехніка, 2018. – 232 с.

21. Технології для верстатів з числовим програмним керуванням: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / Дерібо О. В., Лозінський Д. О., Сердюк О. В. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 116 с.

22. 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.

23. Тимочко В.О., Березовецький А.П., Городецький І.М., Мазур І.Б., Ковальчук Ю.О., Сафонов С.А., Стефанишин В.Ю. Безпека життєдіяльності та охорона праці. Навч. Посіб. Львів: Сполом. 2022. – 410 с.

24. Четвержук Т.І., Полінкевич Р.М., Редько Р.Г., Залета О.М., Складар Р.А. Статистичне моделювання технічних характеристик металорізальних верстатів. Міжвузівський збірник наукових праць «Наукові нотатки» за галузями знань «Фізико-математичні науки» та «Технічні науки», Випуск 71, Луцьк, 2021, № 71. – 363 с. – С. 322-329.

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

# ДОДАТК И

					026Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64