

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи
за освітнім ступенем «магістр»

на тему:

Технологічна підготовка виробництва деталі «Корпус 59.37»
з використанням CALS-технологій

08-26.МКР.016.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, гр. 1ПМ-19м
спеціальності 131 –
«Прикладна механіка»

Піта І.В. _____

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

Лозінський Д.О. _____

« ____ » _____ 2020 р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. АТМ

Галушак О.О. _____

« ____ » _____ 2020 р.

Вінниця ВНТУ – 2020 року

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Освітній ступінь – «Магістр»
Спеціальність 131 – «Прикладна механіка»

ПОГОДЖЕНО

Головний технолог

керівник або заступник

ПрАТ «Вінницький завод «Маяк»

назва підприємства чи установи

Марчук А.В.

підпис

ініціали та прізвище

«05» жовтня 2020 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

зав. кафедри ТАМ

д.т.н., професор Козлов Л.Г.

(підпис)

«05» жовтня 2020 р.

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Піті Івану Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Технологічна підготовка виробництва деталі «Корпус 59.37» з використанням CALS-технологій
керівник МКР к.т.н., доцент каф. ТАМ Лозінський Д.О.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «25» вересня 2020 року №214.

2. Строк подання студентом МКР: 10 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до МКР: деталь «Корпус 59.37», матеріал Сталь 45 Л
ГОСТ 1050-74, програма випуску N = 4200 шт. на рік

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): вступ, технологічний розділ, технологічна підготовка виробництва з використанням CALS-технологій, економічна частина, охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): креслення деталі, креслення заготовки, ТП механічної обробки деталі, карта налашки на операцію, розмірний аналіз ТП, розробка тривимірної моделі деталі «Корпус 59.37», розробка ТП виготовлення деталі у PDM-системі, розробка управляючої програми обробки деталі на верстаті з ЧПК

6. Консультанти розділів МКР

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видано	завдання виконано
Спеціальна частина	Лозінський Д.О., доцент кафедри ТАМ		
Економічна частина	Лесько О.Й., професор кафедри ЕПВМ		
Охорона праці та безпека життєдіяльності	Віштак І.В., доцент кафедри БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання «05» жовтня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	26.10.20	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	02.11.20	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	09.11.20	
4	Розв'язання поставлених задач	09.11.20	
5	Формулювання висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	16.11.20	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	04.12.20	
7	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	04.12.20	
8	Попередній захист МКР	27.11.20	
9	Перевірка роботи на плагіат	20.11.20	
10	Нормоконтроль МКР	04.12.20	
11	Рецензування МКР	10.12.20	
12	Захист МКР	16.12.20	

Студент

(підпис)

Піта І.В.

Керівник МКР

(підпис)

Лозінський Д.О.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	5
ABSTRACT.....	6
ВСТУП.....	7
1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	11
1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи.....	11
1.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі.....	15
1.3 Проектуванн заготовки.....	19
1.4 Розробка маршруту механічної обробки.....	31
1.5 Висновки до технологічної частини.....	50
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ «КОРПУС 59.37».....	51
2.1 Розробка тривимірної моделі деталі у CAD-системі.....	51
2.2 Аналіз деформації поверхні деталі у CAD/CAE-системі.....	53
2.3 Удосконалення конструкції деталі.....	59
2.4 Розробка у CAD/CAM-системі програми обробки деталі на верстаті з ЧПК.....	62
2.5 Створення переходів та операцій ТП у PDM-системі.....	67
2.6 Висновки до розділу 2.....	70
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	71
3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	71
3.2 Прогнозування витрат на розробку нового технічного рішення.....	74
3.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	80
3.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності... ..	82
3.5 Висновки до економічної частини.....	86
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	87
4.1 Аналіз умов праці.....	87
4.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії....	88
4.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи.....	96
4.4 Висновки до розділу 4.....	98

ВИСНОВКИ.....	99
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	100
ДОДАТКИ.....	102
Додаток А. Технічне завдання	
Додаток Б. Графічна частина	
Додаток В. Технологічна документація	
Додаток Г. Програма обробки деталі на верстаті з ЧПК	

АНОТАЦІЯ

У магістерській кваліфікаційній роботі розглядається приклад використання CALS-технологій для створення інформаційного середовища технологічної підготовки виробництва деталі «Корпус 59.37».

У технологічній частині проведено аналіз призначення деталі та аналіз технологічності деталі, визначено тип виробництва, спроектовано заготовку, розглянуто технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус 59.37», визначено припуски на механічну обробку та режими різання.

У другому розділі розроблено інтегроване інформаційне середовище технологічної підготовки виробництва деталі «Корпус 59.37» на основі CAD/CAE/CAM- та PDM-систем.

У економічній частині проведено розрахунок основних техніко-економічних показників, визначено необхідне технологічне обладнання, визначено капітальні витрати та проведено розрахунок технологічної собівартості виготовлення деталі.

У розділі охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях приведені рекомендації щодо покращення умов праці робітників.

ABSTRACT

In the master's qualification work an example of using CALS-technologies is considered for creation of the information environment of technological preparation of the production of the part "Corp 59.37".

In the technological part the analysis of the part's parts was made and the details of the machinability of the part were determined, the type of production was determined, the workpiece was designed, the technological process of mechanical processing of the "Corp 59.37" was considered, the admissions to mechanical processing and cutting modes were determined.

In the second section an integrated information environment for the technological preparation of the production of the "Corp 59.37" component is developed on the basis of CAD / CAE / CAM and PDM systems.

In the economic part, the calculation of basic technical and economic indicators was carried out, the necessary technological equipment was determined, capital expenditures were determined and a calculation of the technological cost of manufacturing the component was made.

The section on occupational safety and emergency management provides recommendations for improving the working conditions of workers.

ВСТУП

CALS-технології (Continuous Acquisition and Lifecycle Support) – це безперервна інформаційна підтримка життєвого циклу виробу та сукупність принципів та технологій інформаційної підтримки життєвого циклу (ЖЦ) продукції на всіх стадіях її існування.

CALS-технології базуються на наборі інтегрованих інформаційних моделях виробу. Завдяки застосуванню комп'ютерних мереж і стандартних форматів даних, CALS-технології дозволяють спільно використовувати інформацію і коректно її інтерпретувати. CALS-технології базуються на можливості спільного використання та обміну інформацією під час процесів, які виконуються в ході життєвого циклу продукту.

На базі CALS-технологій створюються віртуальні виробництва, в яких процес створення специфікацій з інформацією для верстатів з ЧПК, достатньої для виготовлення виробу, може бути розподілений в часі і просторі між багатьма незалежними користувачами і проектними установами. Головними досягненнями CALS-технологій є легкість поширення проектних рішень і можливість багаторазового відтворення частин проекту в нових розробках.

Актуальність теми.

Розробка та впровадження автоматизованих систем управління даними виробничого призначення на базі сучасних прогресивних інформаційних технологій на сьогодні є одним із пріоритетних напрямків розвитку промислових галузей України. При цьому автоматизовані системи технологічної підготовки виробництва є найменш комп'ютеризованими серед цих систем, а автоматизація процесів управління технологічною підготовкою виробництва є найменш формалізованою.

У роботах Митрофанова С.П., Норенкова І.П., Павленка П.М. та інших у сфері управління етапами життєвого циклу промислових виробів висвітлено, що в останнім часом зусилля вчених зосереджені в основному на вирішенні проблем

автоматизації процесів керування виробництвом, що залишає відкритим питання автоматизації керування технологічною підготовкою виробництва.

Використання CALS-технологій сприяє суттєвій економії робочого часу та інших виробничих ресурсів, необхідних для розробки того чи іншого виробу. Розробка та впровадження автоматизованих систем управління даними виробничого призначення на базі сучасних прогресивних інформаційних технологій на сьогодні є актуальною задачею та одним із пріоритетних напрямків розвитку промисловості України.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є розробка методів та систем автоматизації технологічної підготовки виробництва на основі інформаційних технологій в галузі автоматизації управління технічними даними промислового виробу, а також подальший розвиток системи методів управління технологічною підготовкою розширених виробництв, яка базується на комплексному використанні функціональних, організаційних та інформаційних моделей ТПВ, аналітичного та імітаційного моделювання, що забезпечує автоматизацію процесів управління.

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати такі завдання:

- провести огляд службового призначення та умов роботи деталі у вузлі;
- визначити тип виробництва та рівень технологічності заданої деталі;
- спроектувати конструкцію заготовки;
- виконати проектування типових послідовностей обробки поверхонь заготовки та операційного технологічного процесу виготовлення деталі;
- визначити режими різання;
- виконати тривимірну модель деталі у CAD-системі;
- провести аналіз на міцність конструкції деталі у CAD/CAE-системі;
- розробити у CAD/CAM-системі програму обробки деталі на обладнанні з ЧПК;
- виконати нормування технологічних операцій;
- розробити ТП виготовлення деталі у PDM-системі;

- провести розрахунок та аналіз економічної доцільності виготовлення деталі;

- провести аналіз умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – процеси та програмні засоби управління технологічною підготовкою виробництва в інтегрованому інформаційному середовищі.

Предмет дослідження – технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус 59.37» та методи, технології та програмні засоби систем автоматизації технологічної підготовки промислових виробництв.

Методи дослідження. Апарат математичної логіки, методи аналітичного та імітаційного моделювання, методи поверхневого і твердотілого моделювання в середовищі сучасних автоматизованих CAD/CAE/CAM та PDM-систем.

Наукова новизна одержаних результатів:

- отримав подальший розвиток метод зменшення деформації поверхні виробу за рахунок введення та удосконалення конструктивних елементів на основі комплексного використання аналітичного та імітаційного моделювання у CAD/CAE-системі.

Практичне значення одержаних результатів:

1. Розроблено заготовку деталі «Корпус 59.37» та технологічний процес механічної обробки її виготовлення, який за умови програми випуску обсягом 4200 шт на рік забезпечує термін окупності вкладених коштів протягом 3,89 років.

2. На базі CALS-технологій розроблено інформаційну модель управління технологічною підготовкою виробництва деталі «Корпус 59.37», що здатна функціонувати у інтегрованому інформаційному середовищі.

3. Розроблено керуючу програму обробки деталі «Корпус 59.37» на верстаті з ЧПК.

Особистий внесок здобувача. Основні результати досліджень отримані автором самостійно. Мета та завдання досліджень узгоджені з науковим керівником. В працях, що опубліковані у співавторстві автору належать: виконано

розрахунки сили закріплення заготовок для операцій фрезерування [32].

Апробація результатів роботи. Основні результати роботи розглядались на XLIX науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області, відбулася 18-29 травня, 2020 р., м. Вінниця.

Публікації. Матеріал магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано у 1 праці, 1 – теза доповідей регіональної конференції [12].

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

Тип виробництва згідно ГОСТ 3.1121-84 визначається за коефіцієнтом закріплення операцій:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (1.1)$$

де $\sum O_i$ – кількість операцій, які виконуються на дільниці;

$\sum P_i$ – кількість робочих місць на дільниці.

Прийняті такі коефіцієнти закріплення операцій: $K_{з.о.} = 1$ – масове виробництво; $1 < K_{з.о.} \leq 10$ – великосерійне виробництво; $10 < K_{з.о.} \leq 20$ – середньосерійне виробництво; $20 < K_{з.о.} \leq 40$ – дрібносерійне виробництво.

Вихідними даними для визначення $K_{з.о.}$, а значить і типу виробництва, є робоче креслення і річна програма випуску деталі.

1. Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі «Корпус 59.37» і занесені до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1- Зміст технологічних переходів

	Зміст технологічних переходів					
	Розточити отвір	Розточити отвір	Розточити отвір	Точити поверхню	Точити поверхню	Точити поверхню
$T_{осн} \cdot 10^{-3}$ хв	0,17dl	0,2dl	0,22dl	0,17dl	0,2dl	0,22dl
Параметр обробки, мм	D=26; l=50	D=26; l=50	D=26; l=50	D=112; l=33	D=112; l=33	D=112; l=33
$T_{осн}$, хв	0,221	0,26	0,286	0,628	0,739	0,813
Φ_k	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98
$T_{шт.к.}$, хв	0,95	0,95	0,566	2,706	2,706	1,609
C_{pi}	0,045	0,045	0,027	0,129	0,129	0,077
P	1	1	1	1	1	1
$\eta_{з.ф.}$	0,045	0,045	0,027	0,129	0,129	0,077
O	18	18	30	6	6	10
$K_{з.о.}$	16					

2. Для записаних в таблиці 1.1 переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки $T_{осн}$

3. Згідно рекомендацій [1] наближено визначено тип виробництва, як серійний

4. Визначено $T_{шт-к}$

$$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_K, [\text{хв}] \quad (1.2)$$

де φ_K – коефіцієнт

5. Для кожного переходу механічної обробки необхідна кількість верстатів

$$C_{pi} = \frac{N \cdot T_{шт.к.}}{60 F_d \cdot \eta_{з.н.}}, [\text{шт}] \quad (1.3)$$

де $N = 4200$ шт. – річна програма випуску деталі «Корпус 59.37»;

$T_{шт.к.}$ – штучно-калькуляційний час, хв;

F_d – дійсний фонд роботи обладнання ($F_d = 4060$ год) [2] ;

$\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_{з.н.} = 0,8$) [2] .

6. Одержану розрахункову кількість верстатів заокруглено до найближчого більшого числа і одержано прийняту кількість верстатів P .

7. Визначено фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_{pi}}{P_i}, \quad (1.4)$$

де C_{pi} – необхідна кількість верстатів для виконання даної операції;

P_i – кількість робочих місць для виконання даної операції.

8. Встановлено кількість операцій, які виконуються на i -му місці:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.i}}, [\text{шт}] \quad (1.5)$$

де $\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

$\eta_{з.ф.i}$ – фактичний коефіцієнт завантаження обладнання, на i -ій операції.

9. Знайдено сумарну кількість операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях $\sum O_i$:

$$\sum O_i = 18 + 30 + 6 + 10 = 64 \text{ (шт.)}$$

10. Розраховано сумарну кількість прийнятих верстатів $\sum P = 4$

11. Встановлено коефіцієнт закріплення $K_{з.о.}$: $K_{з.о.} = 64/4 = 16$

Згідно отриманого коефіцієнта закріплення операцій тип виробництва – серійне.

Доцільність вибору групової чи потокової форми організації роботи визначається шляхом порівняння потрібного добового випуску виробів N_δ і розрахункової добової продуктивності лінії Q_δ . Якщо $N_\delta < Q_\delta$, то потокову лінію використовувати недоцільно.

$$N_\delta = \frac{N}{254}, \text{ [шт]} \quad (1.6)$$

де 254 кількість робочих днів в року;

$$Q_\delta = \frac{F_\delta}{T_{шт-ксер} \cdot \eta_з}, \text{ [шт]} \quad (1.7)$$

де $T_{шт-ксер}$ – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.; $\eta_з$ – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

$$T_{шт-ксер} = \frac{\sum T_{шт-кi}}{\sum n_i}, \text{ [хв]} \quad (1.8)$$

де $T_{шт-к_i}$ – штучно-калькуляційний час виконання i -го переходу, хв.; $\sum n_i$ – сумарна кількість виконуваних переходів.

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{шт-к_i} = (0,95 + 0,566 + 2,706 + 1,609) / 4 = 1,45 \text{ (хв.)}$$

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_o = \frac{2030}{1,45 \cdot 0,8} = 1750, \text{ (шт.)}$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_o = \frac{4200}{254} = 18, \text{ (шт.)}$$

Оскільки потрібний добовий випуск виробів значно менший добової продуктивності лінії то відповідно обираємо групову форму організації роботи.

При груповій формі організації роботи визначається кількість деталей в партії для одночасного запуску

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \text{ (шт.)} \quad (1.9)$$

де a – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (6 днів). Більша кількість днів рекомендується для умов дрібносерійного, одиничного виробництва).

$$n = \frac{4200 \cdot 6}{254} = 109, \text{ (шт.)}$$

Отже тип виробництва – серійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 109 шт.

1.2 Аналіз технологічності деталі

Деталь «Корпус 59.37» (рис. 1.1) служить напрямною та фланцем в складі вузла обладнання для переробки продуктів хімічної промисловості. Випускається в умовах серійного виробництва. В деталі немає необхідності спрощувати її конструкцію, оскільки вона не має важкооброблюваних місць для обробки чи експлуатації.

Деталь має проточки, фаски, канавки, розміри яких уніфіковані. Тому ці розміри можна отримати універсальними інструментами.

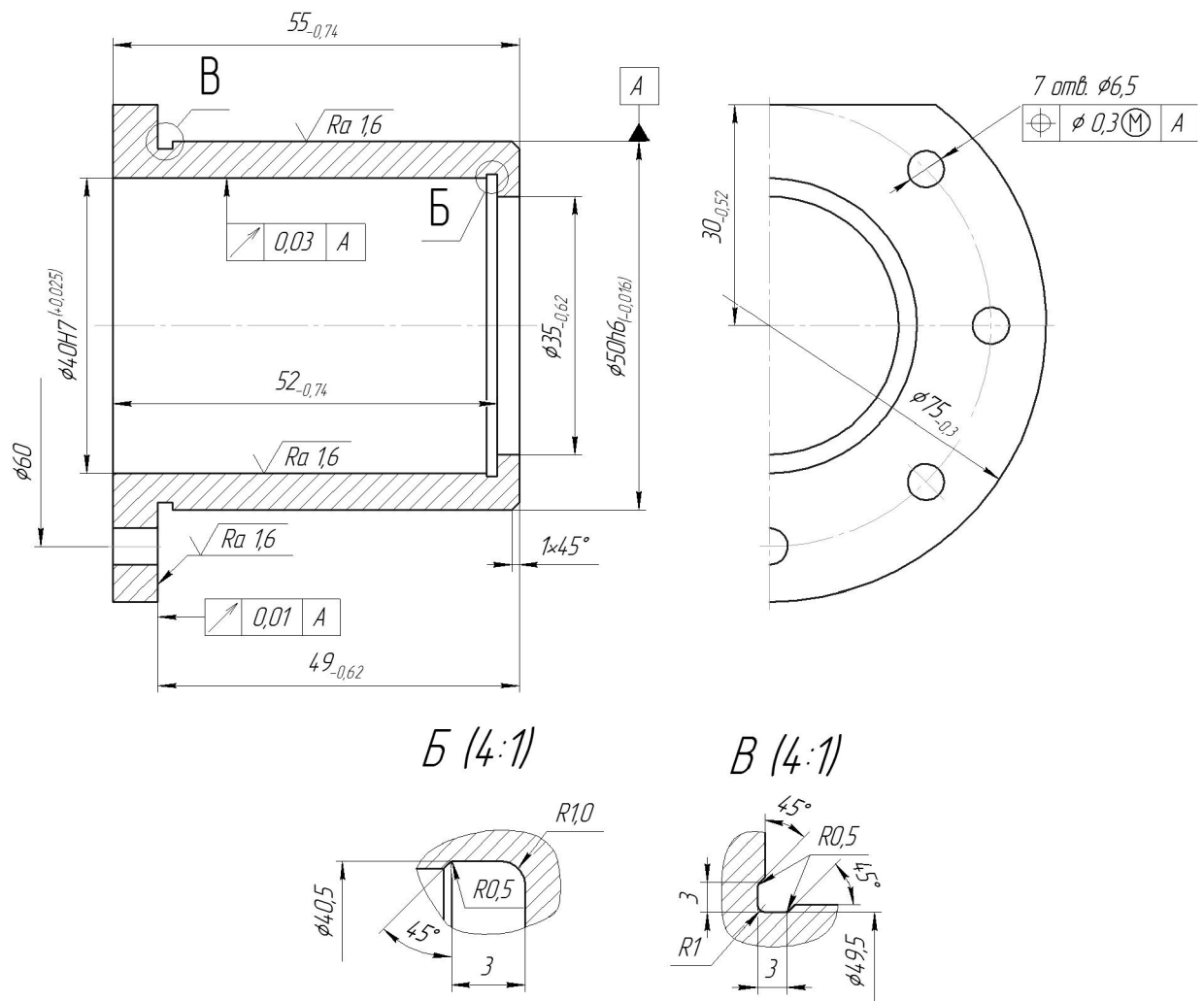


Рисунок 1.1 – Деталь «Корпус 59.37»

Допустимі відхилення розмірів, шорсткості, відхилення геометричної форми та взаємного розташування поверхонь відповідають призначенню деталі і не

суперечать один одному. Усі розміри на кресленні контролюються стандартними вимірювальними інструментами.

Для базування можна використовувати наступні поверхні: торці від Ø40H7, Ø50h6. Введення штучних технологічних баз не потрібно.

В умовах серійного виробництва найбільш раціональним і дешевим методом отримання заготовки є лиття. Деталь відповідає умові мінімальної металоємності, так як товщина стінок деталі оптимальна. Але це несе за собою жолоблення, можливе при нагріванні і охолодженні деталі. Крім того виникають проблеми при отриманні заготовки, оскільки дуже складно отримати отвір значної довжини при невеликій товщині стінок.

Деталь середніх габаритів та технологічна за більшістю параметрів.

Деталь «Стакан 36.85» має нескладну зовнішню форму. Вона не містить глухих отворів, всі отвори виконуються на прохід. Але вона містить ряд точних поверхонь, зокрема отвір Ø40H7 та циліндричні поверхні Ø50h6. Проте всі норми точності можуть бути отримані в результаті обробки з одного установа поверхонь та виконання принципу суміщення вимірювальної і технологічних баз.

Всі поверхні можуть бути отримані при механічній обробці із вказаними на кресленні вимогами точності, шорсткості і взаємного розташування поверхонь. Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі необхідно провести за показниками: коефіцієнт уніфікації, коефіцієнт точності, коефіцієнт шорсткості.

1 Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

$$K_{ue} = Q_{ue} / Q_e \quad (1.10)$$

Q_{ue} – кількість уніфікованих елементів в конструкції деталі, Q_e – загальна кількість елементів. Всі лінійні та діаметральні розміри занесено в таблицю.1.2.

Коефіцієнт точності обробки згідно ГОСТ 18831-73:

$$K = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (1.11)$$

де T_{cp} – середній квалітет точності, який визначається за формулою:

Таблиця 1.2 – Лінійні та діаметральні розміри

Куто-вий розмір	Уніфікований розмір	Діаметральний розмір	Уніфікований розмір	Лінійний розмір	Уніфікований розмір	Шорсткість	Уніфікована шорсткість
45 (4 пов)	+	Ø60	+	49	–	1,6 (3 пов)	+
		Ø40	+	55	+	6,3 (6 пов)	+
		Ø50	+	52	–		
		Ø35	–	30	+		
		Ø40,5	–	3 (3 пов)	+		
		Ø49,5	–	1	+		
		Ø75	+				
		Ø6,5	–				
		R1 (2 пов)	+				
		R0,5	+				

Таблиця 1.3 – Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

Розміри						Шорсткість	
Діаметральні		Лінійні		Кутові		Ш	Ш _y
<i>P</i>	<i>P_y</i>	<i>P</i>	<i>P_y</i>	<i>P</i>	<i>P_y</i>		
11	7	8	6	4	4	9	9
Q _e =32, Q _{ye} =26						$K_y = \frac{26}{32} = 0.81$	

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (1.12)$$

де T_i – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі, n_i – кількість поверхонь деталі, що мають точність T_i квалітета. Всі дані для розрахунку середнього квалітету занесено в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 – Коефіцієнт точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
6	1 (Ø50h6)	6·1 = 6
7	1(Ø40H7)	7·1 = 7
14	10	14·10 = 140
Всього	12	153

$$T_{cp} = \frac{153}{12} = 12,75$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{12,75} = 0,9216$$

Коефіцієнт шорсткості поверхні згідно ГОСТ 18831-73:

$$K_u = \frac{1}{\overline{Ш}_{cp}}, \quad (1.13)$$

де $\overline{Ш}_{cp}$ – середня шорсткість поверхні, яку можна визначити:

$$\overline{Ш}_{cp} = \frac{\sum Ш_K \cdot n_K}{\sum n_K}, \quad (1.14)$$

де $Ш_K$ – шорсткість оброблюваних поверхонь даної деталі; n_K – кількість поверхонь, що мають шорсткість, яка відповідає певному числовому значенню R_a , мкм.

Таблиця 1.5 – Коефіцієнт шорсткості поверхні

Шорсткість R_a , мкм	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6	3	$1,6 \cdot 3 = 4,8$
6,3	6	$6,3 \cdot 6 = 37,8$
$\overline{Ш}_{cp} = \frac{42,6}{9} = 4,73$, $K_T = \frac{1}{4,73} = 0,21$		42,6

Отже виконуються умови:

$$K_y > 0,6, \quad K_T > 0,8, \quad K_u < 0,32$$

тобто деталь за кількісними показниками технологічна.

Отже, деталь технологічна за якісними та кількісними показниками.

1.3 Проектування заготовки

1.3.1 Аналіз способів виготовлення заготовки

Деталь – «Корпус 59.37» випускається в умовах середньосерійного виробництва, оскільки маса деталі 0,4 кг (легкі деталі масою до 1 кг), а програма випуску N = 4200 шт. (в межах 500 – 5000 шт.).

Орієнтуючись на робоче креслення деталі, масу та серійність виробництва встановлюємо метод одержання заготовки – лиття, так як деталь виготовляється з матеріалу Сталь 45Л ГОСТ 1050-74.

Можливі способи одержання заготовки було вибрано два – це лиття в облицьований кокіль форми та лиття в оболонкові форми.

1.3.2 Розрахунок розмірів литої заготовки

Вибираємо параметри заготовки, що характеризують її точність (табл. 1.6)

Таблиця 1.6 – Параметри точності заготовки

Вихідні дані	Лиття в облицьований кокіль		Лиття в оболонкові форми	
	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності	7-12	10	9т-13	11
Ступінь жолоблення елементів виливки	5-8	6	7-10	8
Ступінь точності поверхні виливка	9-15	12	9-15	12
Шорсткість поверхонь виливка	Ra	25	Ra	25
Клас точності маси	6-13	10	7т-14	11т
Ряд припусків	4-7	5	4-7	5

При виборі прийнятих параметрів вхідних даних керуємося примітками до таблиць, де приведені рекомендації по призначенню параметрів точності з врахуванням типу виробництва і складності заготовки. Так як виробництво середньосерійне і виливок середньої складності приймаємо середні наближені до

більш точних значень з вибраних діапазонів параметрів точності.

Клас розмірної точності виливка призначаємо враховуючи спосіб лиття, найбільший габаритний розмір виливка ($\varnothing 75\text{мм}$), тип матеріалу – Сталь 45Л:

- при литті в облицьований кокіль: 7-12;
- в оболонкові форми: 9т-13.

Ступінь жолоблення елементів виливка призначаємо згідно відношення найменшого розміру елемента виливка до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента виливка). Найбільший розмір – 75 мм, найменший – 3 мм, отже, відношення – $3/75 = 0,04$:

- при литті в облицьований кокіль: 5-8;
- в оболонкові форми: 7-10.

Ступінь точності поверхонь виливка призначаємо з врахуванням способу лиття, найбільшого габаритного розміру виливка ($\varnothing 75\text{мм}$) і матеріал – Сталь 45Л:

- при литті в облицьований кокіль: 9-15;
- в оболонкові форми: 9-15.

Шорсткість поверхонь виливка призначаємо, враховуючи прийнятого ступеня точності поверхонь виливка:

- при литті в облицьований кокіль: 25 мкм;
- в оболонкові форми: 25 мкм.

Клас точності маси виливка призначаємо, враховуючи спосіб лиття та номінальну масу виливка. Маса деталі $Q_{\text{дет}} = 0,4$ кг. Враховуючи коефіцієнт використання матеріалу (для лиття в облицьований кокіль $\gamma = 0,75$, а для лиття в оболонкові форми $\gamma = 0,9$), то маси заготовки будуть: для лиття в облицьований кокіль – $Q_{\text{заг}} = 0,53$ кг і для лиття в оболонкові форми – $Q_{\text{заг}} = 0,44$ кг. Оскільки визначена маса виливків складає до 1 кг для обох способів і тип матеріалу Сталь 45Л, то:

- при литті в облицьований кокіль: 6-13;
- в оболонкові форми: 7т-14.

Ряд припусків призначаємо з врахуванням ступеня точності поверхні.

- при литті в облицьований кокіль: 4-7;

- в оболонковій формі: 4-7.

Вибір допусків. Перед вибором допусків та припусків на механічну обробку поверхонь деталі потрібно уважно вивчити робоче креслення деталі, встановити оброблювані поверхні і розміри, що їх зв'язують та записати їх в розрахункову таблицю.

На тих ділянках вилівка, де отвори, впадини, порожнини і тому подібне одержати способами лиття важко або неможливо призначають напуски.

Таблиця 1.7 – Лиття в облицьований кокіль

Лиття в облицьований кокіль							
Розрахункові розміри	Ø35 _{-0,62}	Ø40H7 ^{+0,025}	Ø50h6 _{-0,016}	Ø75 _{-0,3}	49 _{-0,62}	52 _{-0,74}	55 _{-0,74}
Допуски							
Розмірів	2,2	2,2	2,4	2,8	2,4	2,4	2,4
Форми чи розміщення	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Зміщення по площині роз'єму	1,2	–	1,2	–	–	1,2	–
Зміщення через перекіс стержня	0,8	0,8	–	–	–	0,8	–
Допуски маси	20%						
Допуски нерівностей	0,64						
Загальний допуск	2,4	2,4	2,4	3,2	2,4	2,4	2,4
Припуски							
Припуск мінімальний	0,5						
Припуск загальний	2,0	3,4	3,4	3,4	2,0	2,0	2,0
Кількість переходів механічної обробки							
По точності розмірів	1	4	4	2	1	1	1
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	–	–	–	–	–	–	–
Розрахункові розміри	Ø35 _{-0,62}	Ø40H7 ^{+0,025}	Ø50h6 _{-0,016}	Ø75 _{-0,3}	49 _{-0,62}	52 _{-0,74}	55 _{-0,74}
Прийнята кількість переходів	1	4	4	2	1	1	1
Розміри заготовки	Ø31	Ø33,2	Ø56,8	Ø81,8	47	50	57

Таблиця 1.8 – Лиття в оболонкові форми

Лиття в оболонкові форми							
Розрахункові розміри	Ø35-0,62	Ø40H7 ^{+0,025}	Ø50h6-0,016	Ø75-0,3	49-0,62	52-0,74	55-0,74
Допуски							
Розмірів	3,6	3,6	4,0	4,4	4,0	4,0	4,0
Форми чи розміщення	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
Зміщення по площині роз'єму	2,0	–	2,0	–	–	2,0	–
Зміщення через перекіс стержня	1,2	1,2	–	–	–	1,2	–
Допуски маси	24%						
Допуски нерівностей	0,64						
Загальний допуск	4,0	4,0	4,0	5,0	4,0	4,0	4,0
Припуски							
Припуск мінімальний	0,5						
Припуск загальний	2,8	5,1	5,1	4,6	2,8	2,8	2,8
Кількість переходів механічної обробки							
По точності розмірів	1	4	4	2	1	1	1
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	–	–	–	–	–	–	–
Прийнята кількість переходів	1	4	4	2	1	1	1
Розміри заготовки	Ø29,4	Ø29,8	Ø60,2	Ø84,2	46,2	49,2	57,8

Допуск розмірів, враховуючи клас розмірної точності (лиття в облицьований кокіль – 10, лиття в оболонкові форми – 11) і номінальний розмір на який призначаємо допуск.

Допуск форми і розміщення – враховуючи ступінь жолоблення (лиття в облицьований кокіль – 6, в оболонкові форми – 9) і номінальний розмір нормованої ділянки.

Допуск нерівностей – враховуємо ступінь точності поверхні вилівка (лиття в облицьований кокіль – 12, в оболонкові форми – 12).

Допуск маси – залежно від класу точності маси вилівка (лиття в облицьований кокіль – 10, в оболонкові форми – 11т) і номінальної маси вилівка.

Допуск зміщення площини роз'єму – вибирається на рівні класу розмірної

точності виливка за номінальним розміром найбільш тонкої із стінок виливка, що виходить на лінію роз'єднання півформ або перетинаючи її. При литті в облицьований кокіль і литті в оболонкові форми це зміщення буде впливати на діаметральний розмір $\varnothing 35$, $\varnothing 40H7$ мм та лінійний розмір 52 мм враховуючи клас розмірної точності виливка по номінальному розміру найбільш тонкої зі стінок виливка, які виходять на роз'єм.

Допуск на перекіс стержня встановлюється для діаметральних розмірів, що формуються за допомогою стержнів. Призначається на 1, 2 класи точніше класу розмірної точності по номінальному розміру найбільш тонкої зі стінок виливка, які формуються за участю стержня.

Загальний допуск призначаємо, враховуючи допуск розмірів і допуск форми і розміщення поверхні.

Вибір припусків. Мінімальний припуск призначаємо залежно від ряду припусків [11]: при литті в облицьований кокіль мінімальний припуск (для ряду припусків 5) становить 0,5 мм; при литті в оболонкові форми (для ряду припусків 5) – 0,5 мм.

Загальний припуск на механічну обробку назначають для ліквідації похибки розмірів, форми і розміщення, нерівностей і дефектів оброблюваної поверхні, що формуються при виготовленні виливка і послідовних переходів її обробки з метою підвищення точності оброблюваного елемента виливка. Значення загального припуску вибираємо в залежності від кількості переходів механічної обробки. Тому для вибору загального припуску спочатку потрібно визначити кількість механічної обробки кожної із оброблюваних поверхонь.

Кількість переходів механічної обробки в залежності від необхідної точності розмірів оброблюваної деталі визначаємо згідно [11].

– по точності розмірів вибираємо в залежності від допуску розміру виливка і співвідношення між допусками розмірів деталі і виливка:

лиття в облицьований кокіль: для розміру $\varnothing 35_{-0,62}$ допуск розмірів виливка 2,2 мм, допуск розмірів деталі 0,62 мм, співвідношення $0,62/2,2 = 0,28$, отже, 1 перехід (чорнова обробка). Аналогічно вибираємо для всіх інших розмірів:

$\varnothing 35_{-0,62} - 0,62/2,2 = 0,28 \rightarrow 1$ перехід (чорнова обробка);

$\varnothing 40H7^{+0,025} - 0,025/2,2 = 0,011 \rightarrow 4$ переходи (тонка обробка);

$\varnothing 50h6_{-0,016} - 0,016/2,4 = 0,007 \rightarrow 4$ переходи (тонка обробка);

$\varnothing 75_{-0,3} - 0,3/2,8 = 0,11 \rightarrow 2$ переходи (напівчистова обробка);

$49_{-0,62} - 0,62/2,4 = 0,26 \rightarrow 1$ перехід (чорнова обробка);

$52_{-0,74} - 0,74/2,4 = 0,31 \rightarrow 1$ перехід (чорнова обробка);

$55_{-0,74} - 0,74/2,4 = 0,31 \rightarrow 1$ перехід (чорнова обробка).

лиття в оболонкові форми: для розміру $\varnothing 35_{-0,62}$ допуск розмірів виливка 3,6 мм, допуск розмірів деталі 0,62 мм, співвідношення $0,62/3,6 = 0,17$, отже, 1 перехід (чорнова обробка). Аналогічно вибираємо для всіх інших розмірів:

$\varnothing 35_{-0,62} - 0,62/3,6 = 0,17 \rightarrow 1$ перехід (чорнова обробка);

$\varnothing 40H7^{+0,025} - 0,025/3,6 = 0,007 \rightarrow 4$ переходи (тонка обробка);

$\varnothing 50h6_{-0,016} - 0,016/4,0 = 0,004 \rightarrow 4$ переходи (тонка обробка);

$\varnothing 75_{-0,3} - 0,3/4,4 = 0,07 \rightarrow 2$ переходи (напівчистова обробка);

$49_{-0,62} - 0,62/4,0 = 0,16 \rightarrow 1$ перехід (чорнова обробка);

$52_{-0,74} - 0,74/4,0 = 0,19 \rightarrow 1$ перехід (чорнова обробка);

$55_{-0,74} - 0,74/4,0 = 0,19 \rightarrow 1$ перехід (чорнова обробка).

Загальний припуск призначаємо, враховуючи загальний допуск виливка, від кінцевої обробки і ряд припуску. При литті в облицьований кокіль для розміру $\varnothing 35_{-0,62}$: загальний допуск 2,4 мм, чистова обробка, ряд припусків 5 \rightarrow загальний припуск становить 2,0 мм. Аналогічно вибираємо і для інших розмірів.

Розрахунок розмірів заготовки. При розрахунку внутрішніх діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і віднімається від розміру готової деталі.

При литті в облицьований кокіль:

- розмір $\varnothing 35_{-0,62}$ загальний припуск становить 2,0 мм:

$\varnothing 35 - (2,0 \cdot 2) = \varnothing 31$ мм;

- розмір $\varnothing 40H7^{+0,025}$ загальний припуск становить 3,4 мм:

$\varnothing 40 - (3,4 \cdot 2) = \varnothing 33,2$ мм;

- розмір $\text{Ø}50\text{h}6_{-0,016}$ загальний припуск становить 3,4 мм:

$$\text{Ø}50 + (3,4 \cdot 2) = \text{Ø} 56,8 \text{ мм};$$

- розмір $\text{Ø}75_{-0,3}$ загальний припуск становить 3,4 мм: $\text{Ø}75 + (3,4 \cdot 2) = \text{Ø} 81,8 \text{ мм};$

- розмір $49_{-0,62}$ загальний припуск становить 2,0 мм: $49 - 2,0 = 47 \text{ мм};$

- розмір $52_{-0,74}$ загальний припуск становить 2,0 мм: $52 - 2,0 = 50,0 \text{ мм};$

- розмір $55_{-0,74}$ загальний припуск становить 2,0 мм: $55 + 2,0 = 57 \text{ мм}.$

При литті в оболонкові форми:

- розмір $\text{Ø}35_{-0,62}$ загальний припуск становить 2,8 мм:

$$\text{Ø}35 - (2,8 \cdot 2) = \text{Ø} 29,4 \text{ мм};$$

- розмір $\text{Ø}40\text{H}7^{+0,025}$ загальний припуск становить 5,1 мм:

$$\text{Ø}40 - (5,1 \cdot 2) = \text{Ø} 29,8 \text{ мм};$$

- розмір $\text{Ø}50\text{h}6_{-0,016}$ загальний припуск становить 5,1 мм:

$$\text{Ø}50 + (5,1 \cdot 2) = \text{Ø} 60,2 \text{ мм};$$

- розмір $\text{Ø}75_{-0,3}$ загальний припуск становить 4,6 мм:

$$\text{Ø}75 + (4,6 \cdot 2) = \text{Ø} 84,2 \text{ мм};$$

- розмір $49_{-0,62}$ загальний припуск становить 2,8 мм: $49 - 2,8 = 46,2 \text{ мм};$

- розмір $52_{-0,74}$ загальний припуск становить 2,8 мм: $52 - 2,8 = 49,2 \text{ мм};$

- розмір $55_{-0,74}$ загальний припуск становить 2,8 мм: $55 + 2,8 = 57,8 \text{ мм}.$

Товщина стінок. Мінімальна товщина стінок назначається так, щоб забезпечувати необхідну розрахункову міцність і жорсткість та задовольняти вимогам технології вибраного способу лиття.

Мінімальну товщину стінок вибираємо за рекомендаціями [11] в залежності матеріалу, маси виливка, і від способу лиття. Для литих заготовок товщину стінок можна визначити в залежності від сплаву та приведенного габариту деталі згідно з графіками [2].

Приведений габарит визначається за формулою:

$$N = (2L + B + H) / 4, \text{ [мм]} \quad (1.15)$$

де L , B , H – відповідно довжина (75 мм), ширина (67,5 мм) та висота (55 мм) деталі. Тоді $N = (2 \cdot 75 + 67,5 + 55) / 4 = 68,125$. Для сталених литих заготовок при $N \geq 8$ товщину стінок можна приймати 40 мм. Товщина стінок сталених заготовок, габаритні розміри яких менші 0,5 м, може бути прийнята 1,5-2,0 мм [11].

Радіуси заокруглень. Радіуси заокруглень в значній мірі визначають якість виливка. Дуже малі радіуси призводять до концентрації напружень і можливості виникнення тріщин, якщо надто великі, то можливість виникнення раковин, пустот.

Радіуси заокруглень згідно рекомендацій [8] вибираємо в залежності від співвідношення $(S+S_1)/2$ і від матеріалу виливка.

Таблиця 1.9 – Радіуси заокруглень в кокіль

$\frac{(S + S_1)}{2}$	Кут між спряженими елементами	Радіус заокруглень
$(7 + 12,9)/2 = 9,95$	900	≈ 3
$(10 + 11,8)/2 = 10,9$	900	≈ 3

Таблиця 1.10 – Радіуси заокруглень лиття в оболонкові форми

$\frac{(S + S_1)}{2}$	Кут між спряженими елементами	Радіус заокруглень
$(8,6 + 15,4)/2 = 12$	900	≈ 3
$(14,6 + 15,2)/2 = 14,9$	900	≈ 3

Формувальні нахили призначаються з метою полегшення видалення моделі з форми і стержня. Нахили встановлюються в залежності від розмірів заглиблень, висоти формуютьовуючої поверхні, способу лиття і виду модельного комплексу згідно рекомендаціям [5].

При литті в облицьований кокіль: $h_n = 47 \text{ мм} - 0^\circ 41'$;

При литті в оболонкові форми : $h_n = 46,2 \text{ мм} - 0^\circ 41'$;

Мінімальний діаметр отворів, що виконуються литтям, вибирають так, щоб уникнути сильного перегрівання і пригорання стержня до стінок отвору. Мінімальний розмір литих отворів залежить від товщини стінки і може бути

визначено по формулі:

$$d_{min} = d_0 + 0,1S \text{ [мм]} \quad (1.16)$$

де d_0 – вихідний діаметр; S – товщина стінки, мм.

Вихідний діаметр вибирається в залежності від матеріалу виливку – сталь 45Л $d_0 = 10$ мм, $S = 5$ мм. В результат розрахунку $d_{min} = 10 + 0,1 \cdot 5 = 10,5$ мм. Отже, для 7 отворів $\varnothing 6,5$ мм слід призначаємо напуск, який потім буде видалено механічною обробкою.

1.3.3 Оформлення двох ескізів заготовок

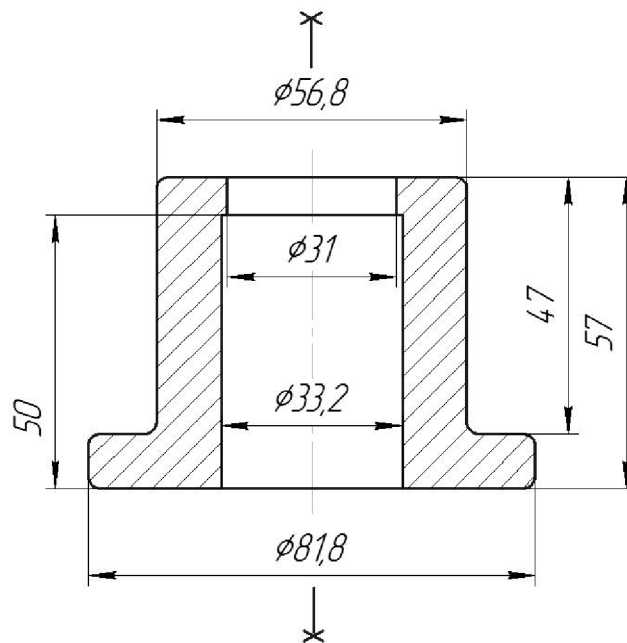


Рисунок 1.2 – Ескіз заготовки, отриманої литтям в облицьований кокіль

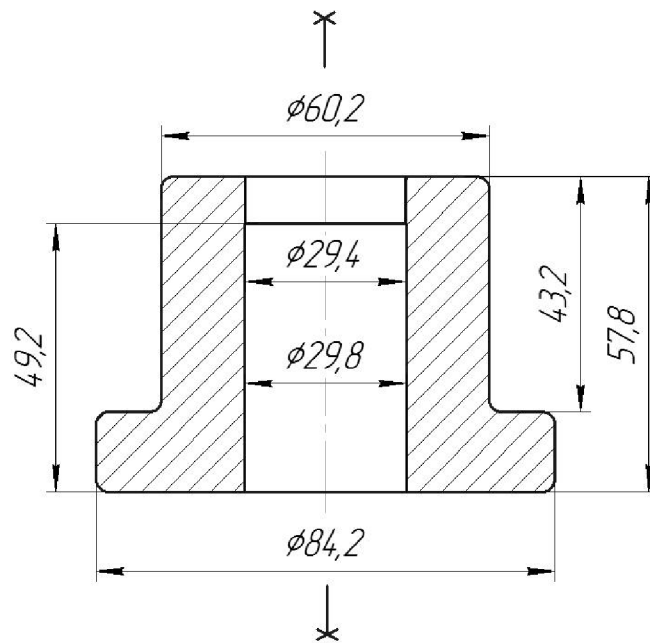


Рисунок 1.3 – Ескіз заготовки, отриманої литтям в оболонковій формі

1.3.4 Призначення технічних вимог на заготовки

Технічні вимоги для заготовки, отриманої литтям в облицьований кокіль:

1. Точність вилівка 10 – 6 – 12 – 10 Зм. 0,4 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 0,4 – 3,4 – 0,5 – 0,96 ГОСТ 26645-85.

Технічні вимоги для заготовки, отриманої литтям в оболонковій формі:

1. Точність вилівка 11 – 8 – 12 – 11т Зм. 0,64 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 0,4 – 5,1 – 0,5 – 1,28 ГОСТ 26645-85.

1.3.5 Розрахунок маси і коефіцієнта використання матеріалу заготовки

Масу заготовки визначимо за допомогою тривимірного моделювання заготовки деталі «Стакан 36.85» у САД-системі Компас за розрахованими розмірами. Після побудови тривимірної моделі заготовки скориставшись функцією «МЦХ моделі» визначимо масу заготовки. Вибірково запишемо інформацію про «МЦХ моделі».

Лиття в облицьований кокіль: $Q_{\text{заг}} = 0,96$ кг.

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = Q_{\text{дет}} / Q_{\text{заг}} = 0,4 / 0,96 = 0,42.$$

Лиття в оболонкові форми: $Q_{\text{заг}} = 1,28$ кг.

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = Q_{\text{дет}} / Q_{\text{заг}} = 0,4 / 1,28 = 0,31.$$

Отже, коефіцієнт використання матеріалу при литті в облицьований кокіль більший ніж при литті в оболонкові форми, тобто менше матеріалу буде йти у стружку.

1.3.6 Техніко-економічне порівняння двох варіантів одержання заготовки і вибір найбільш раціонального

Вартість заготовки – це економічний показник, який впливає на собівартість виготовлення деталі. Для того, щоб надати перевагу якомусь способу литтю необхідно визначити вартість заготовок.

Вартість заготовки визначаємо за формулою:

$$C_{\text{заг. лит}} = \frac{Q_{\text{заг}}}{1000} \cdot C_{\text{л}} \cdot K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{С}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{П}} - \frac{(Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}})}{1000} \cdot C_{\text{відх}}, [\text{грн}] \quad (1.17)$$

де $C_{\text{л}}$ – базова вартість 1т заготовок, грн, вибираємо згідно [11], враховуючи спосіб одержання литої заготовки;

$K_{\text{Т}}$ – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок, вибираємо згідно [11], враховуємо спосіб лиття, матеріал заготовки і клас розмірної точності;

$K_{\text{М}}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки, вибираємо згідно [11]. Враховуємо спосіб лиття і марку матеріалу;

$K_{\text{С}}$ – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки, вибираємо згідно [11]. Дана деталь не складної конфігурації і можна віднести до 3 групи складності, також враховуємо спосіб лиття і матеріал заготовки;

$K_{\text{В}}$ – коефіцієнт, що враховує масу заготовки, вибираємо згідно [11]. Вибираємо згідно способу лиття, маси вилівка, матеріалу вилівка;

КП – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок, вибираємо згідно [10]. Попередньо визначаємо групу серійності в залежності від способу лиття, маси виливків і об'єму виробництва згідно [10];

Свідх – вартість 1 т. відходів, для сталі Свідх = 6000 грн.

Таблиця 1.11 – Коефіцієнти, що враховують способи лиття

Коефіцієнти	Лиття в облицьований кокіль	Лиття в оболонкові форми
СЛ	22800 грн	24400 грн
КТ	1,0	1,0
КМ	1,18	1,36
КС	1	1
КВ	1,08	1,1
КП	1,15	1,07

Лиття в облицьований кокіль:

$$C_{\text{заг.лит}} = \frac{0,4}{1000} \cdot 22800 \cdot 1 \cdot 1,18 \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 1,15 - \frac{(0,96 - 0,4)}{1000} \cdot 6000 = 10,01 \text{ (грн).}$$

Лиття в оболонкові форми:

$$C_{\text{заг.лит}} = \frac{0,4}{1000} \cdot 24400 \cdot 1 \cdot 1,36 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,07 - \frac{(1,28 - 0,4)}{1000} \cdot 6000 = 8,92 \text{ (грн).}$$

Після розрахунку вартості заготовок бачимо, що вартість заготовки виготовленої литтям в оболонкові форми менша ніж в облицьований кокіль.

В результаті розрахунків ми виявлено, що коефіцієнт використання матеріалу при литті в оболонкові форми менший ніж при литті в облицьований кокіль, але вартість заготовки при литті в облицьований кокіль лише на 1,09 грн вище вартості при литті в оболонкові форми. Оскільки лиття в облицьований кокіль має переваги над литтям в оболонкові форми за коефіцієнтом втрат матеріалу, а різниця у вартості заготовок дуже незначна, то вибираємо основний метод виготовлення деталі це – лиття облицьований кокіль.

1.4 Розробка маршруту механічної обробки

1.4.1 Розрахунок кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 40H7$. Вибір кількості ступенів механічної обробки інших поверхонь з підвищеними вимогами точності.

Отвір $\varnothing 40H7$, $Ra = 1,6$ мкм. Допуск заготовки – $T_3 = 4000$ мкм.

Допуск деталі – $T_D = 25$ мкм. Тоді:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_3}{T_D} = \frac{4000}{25} = 160$$

Для вибору числа ступенів механічної обробки скористаємось формулою:

$$n = \lg \varepsilon_{\Sigma} / 0,46 \quad (1.18)$$

Тоді:

$$n = \lg 160 / 0,46 = 4,792$$

Отже, можна проводити обробку за чотири або п'ять переходів. Для забезпечення необхідної точності обробки приймаємо чотири переходи. Відповідно до рекомендацій приймаємо чотири переходи. Приймаємо ступені уточнення на переходи механічної обробки:

- на першій $\varepsilon_1 = 5 \dots 6$;
- на другій $\varepsilon_2 = 3 \dots 4$;
- на третій $\varepsilon_3 = 2 \dots 3$;
- на четвертій $\varepsilon_4 = 1,2 \dots 2$.

Допуск розміру деталі:

- після першого переходу: $T_1 = \frac{T_{\text{заг.}}}{\varepsilon_1} = \frac{4000}{6} = 593$ мкм (ІТ 14);

- після другого переходу: $T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{593}{4} = 148$ мкм (ІТ 11);

- після третього переходу: $T_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{148}{3} = 49$ мкм (ІТ 8);

- після четвертого переходу: $T_4 = \frac{T_3}{\varepsilon_4} = \frac{49}{2} = 24,5$ мкм (ІТ 7).

Таблиця 1.12 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Розмір	Загальне уточнення	Кількість ступенів механічної обробки	Допуск	Квалітет	Вид механічної обробки
Ø50h6	$\varepsilon = 2,1/0,016 = 131$	$\varepsilon_1=5,5$ $\varepsilon_2=4$ $\varepsilon_3=3$ $\varepsilon_4=2$	T1=0,382 T2=0,095 T3=0,032 T4=0,016	14 10 8 6	Точіння попереднє Точіння попереднє Точіння остаточне Шліфування

1.4.2 Вибір чистових та чорнових технологічних баз

Вибір чистових технологічних баз. Основними конструкторськими базами деталі «Корпус 59.37» є торець та циліндрична поверхня Ø75. Вони використовуватимуться в якості чистових технологічних баз на операції 010 (рис. 1.4). На даній операції деталь встановлюється у трьохкулачковий патрон і обробці підлягають торцева, зовнішні та внутрішні поверхні деталі на токарному верстаті з ЧПК.

Аналіз вибору чистових технологічних відносно інших розмірів показано у табл. 1.13.

Таблиця 1.13 – Аналіз вибору технологічних баз на операції 010

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Токарна з ЧПК	44,5	відсутня	Виконання принципу суміщення баз
	Ø35, Ø50h6	відсутня	Обробка з одного установка

Вибір чорнових технологічних баз. Чорнові бази використовуються на першій або на першій та другій операціях при обробці чистових баз, тобто тих поверхонь, які використовуються в якості баз на всіх наступних операціях.

На першій операції деталь встановлюється у трьохкулачковий патрон і обробці підлягають торцева, зовнішні та внутрішні поверхні деталі на токарному верстаті з ЧПК. Схема вибору технологічних баз, що використовуються на операції 005 показана на рис. 1.5.

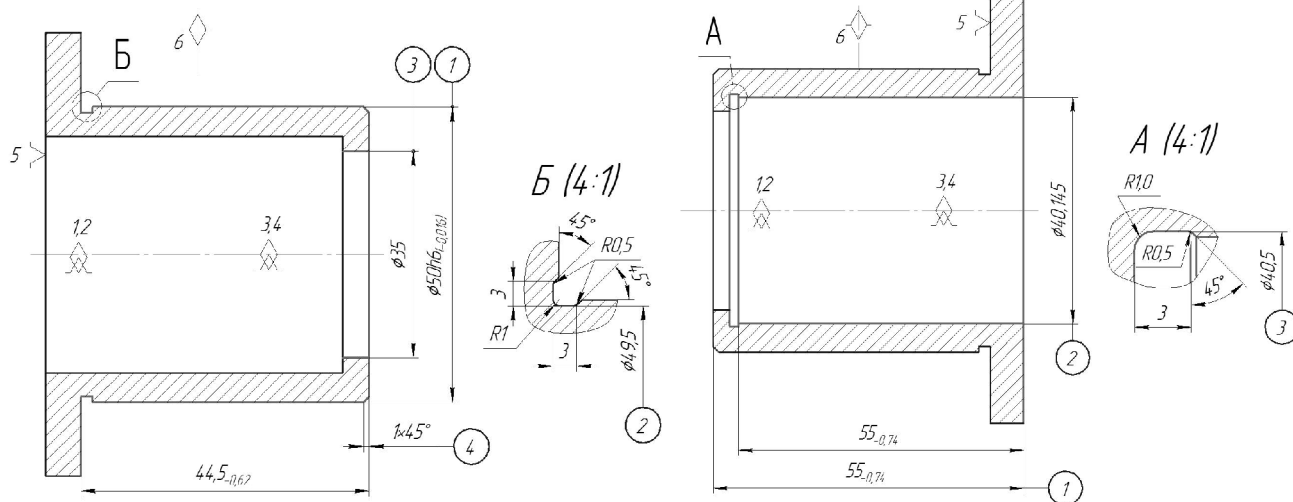


Рисунок 1.4 – Чистові технологічні бази Рисунок 1.5 – Чистові технологічні бази

Використання даних схем базування дозволяє забезпечити вимоги точності розмірів та взаємного розташування поверхонь деталі.

1.4.3 Розробка маршруту механічної обробки

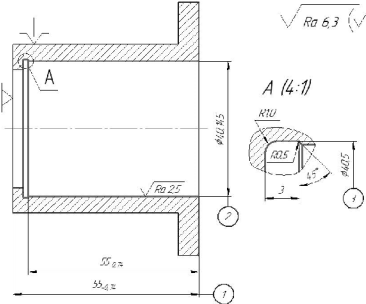
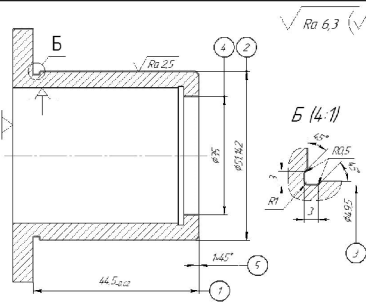
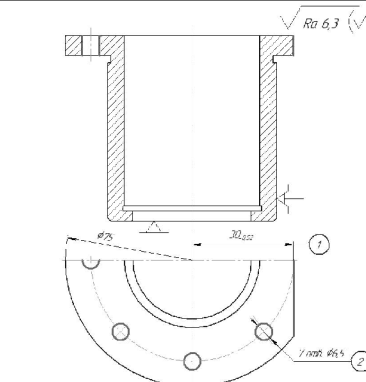
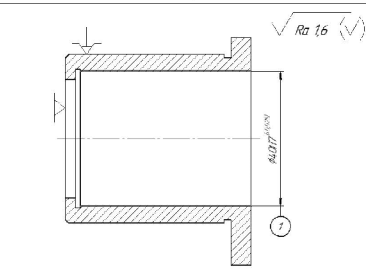
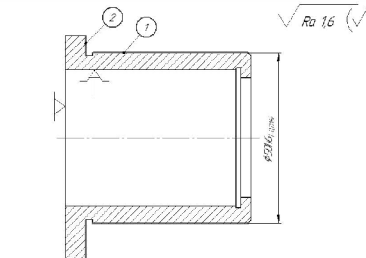
Модернізація технологічного процесу, що пропонується у дипломному проекті, виконана на основі існуючого на підприємстві базового технологічного процесу, який представлено у таблиці 1.14.

Таблиця 1.14 – Базовий технологічний процес

№ операції	Назва операції та зміст переходів	Операційний ескіз	Обладнання
005	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити торець ① однократно. 3. Точити пов. ② попередньо. 4. Точити пов. ② попередньо. 5. Точити пов. ② остаточна. 6. Точити канавку ③ однократно. 7. Зняти деталь. 		1В340Ф30
010	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити торець ① однократно. 3. Точити пов. ② попередньо. 4. Точити пов. ② попередньо. 5. Точити пов. ② остаточна. 6. Точити канавку ③ однократно. 7. Точити пов. ④ однократно. 8. Точити фаску ⑤. 9. Зняти деталь. 		1В340Ф30
015	<p><u>Фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати пов. ① однократно. 3. Центрувати 7 отв. ②. 4. Свердлити 7 отв. ②. 5. Зняти деталь. 		6Р13РФ3
020	<p><u>Внутрішньошліфувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Шліфувати пов. ① 3. Зняти деталь. 		ЗК227В
025	<p><u>Торцекруглошліфувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Шліфувати пов. ① 3. Зняти деталь. 		ХШ4-104Ф2Н

З метою заміни фрезерного верстата на свердлильні запропоновано модернізований ТП, що представлений у табл. 1.15.

Таблиця 1.15 – Модернізований маршрут механічної обробки

№ операції	Назва операції та зміст переходів	Операційний ескіз	Обладнання
005	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити торець ① однократно. 3. Точити пов. ② попередньо. 4. Точити пов. ② попередньо. 5. Точити пов. ② остаточно. 6. Точити канавку ③ однократно. 7. Зняти деталь. 		1В340Ф30
010	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити торець ① однократно. 3. Точити пов. ② попередньо. 4. Точити пов. ② попередньо. 5. Точити пов. ② остаточно. 6. Точити канавку ③ однократно. 7. Точити пов. ④ однократно. 8. Точити фаску ⑤. 9. Зняти деталь. 		1В340Ф30
015	<p><u>Фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати пов. ① однократно. 3. Центрувати 7 отв. ②. 4. Свердлити 7 отв. ②. 5. Зняти деталь. 		2Р135Ф2
020	<p><u>Внутрішньошліфувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Шліфувати пов. ①. 3. Зняти деталь. 		ЗК227В
025	<p><u>Торцекруглошліфувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Шліфувати пов. ①. 3. Зняти деталь. 		ХШ4-104Ф2Н

Модернізований маршрут механічної обробки характеризується використанням обладнання з ЧПК – верстата 2P135Ф2, на якому об'єднані фрезерні та свердлильні операції, що зменшує собівартість праці.

1.4.4 Аналіз техніко-економічних показників модернізованого та базового маршрутів по мінімуму приведених затрат.

Критерій вибору оптимального варіанта маршруту мех. обробки є мінімум зведених затрат (Сп.з.). При виборі варіанта маршруту зведені витрати можуть бути визначені як питомі величини за одну годину роботи обладнання. Розглянемо лише операції токарних та свердлильних переходів, оскільки вони були змінені в результаті розробки другого варіанту маршруту механічної обробки. Визначаємо штучно-калькуляційний час [3].

Таблиця 1.16 – Визначення штучно-калькуляційного часу

№ операції	Перехід	Формула	Основний час виконання переходу, хв	φ
015	Фрезерувати пов. 1 однократно	0,4dl	1,82	1,4 (СП = 83,1 грн)
	Центрувати 7 отв. 2	0,52dl	0,18	
	Свердлити 7 отв. 2	0,52dl	0,54	
	Всього (варіант 1)		2,54	Тшт-к = 3,56
015	Фрезерувати пов. 1 однократно	0,4dl	1,82	1,35 (СП = 36,5 грн)
	Центрувати 7 отв. 2	0,52dl	0,10	
	Свердлити 7 отв. 2	0,52dl	0,54	
	Всього (варіант 2)		2,54	Тшт-к = 3,43

Технологічна собівартість операцій мех. обробки:

$$C_o = \frac{C_{пз} \cdot T_{шк}}{60 \cdot K_B}, \text{ (грн)}. \quad (1.19)$$

Отже:

$$C_{0I(015)} = \frac{83,1 \cdot 3,56}{60 \cdot 1,3} = 3,79 \quad (\text{грн}), \quad C_{0II(015)} = \frac{36,5 \cdot 3,43}{60 \cdot 1,3} = 1,61 \quad (\text{грн})$$

$$\Sigma C_{0I} = 3,79 > \Sigma C_{0II} = 1,61$$

Висновок: Собівартість механічної обробки по варіанту №2 менша, ніж по варіанту №1, отже приймає для подальших розрахунків варіант №2.

1.4.5 Розмірний аналіз технологічного процесу

Вибір розташування технологічних розмірів.

Розміри заготовки послідовно змінюються в процесі обробки на шляху перетворення в деталь. При цьому отримуються технологічні розміри В1, В2. Розмір, який буде отриманий в ході виконання операції буде замикаючою ланкою розмірного ланцюга. Частіше всього замикаючою ланкою виступають конструкторські розміри К1, К2..., або припуски Z1, Z2...

Технологічні розміри В1, В2... проставляються на розмірній схемі від вибраних баз в сторону механічної обробки. Вибір баз значною мірою впливає на розташування технологічних розмірів.

Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Допуски технологічних розмірів попередньо призначаємо, виходячи з точності механічної обробки. При чорновій обробці отримуємо 12 квалітет точності, при чистовій 9-10 квалітет. При шліфування 6-7 квалітет. Допуски розмірів заготовки визначаємо по ГОСТ 7505-89.

Попередньо призначені допуски в подальшому необхідно корегувати в залежності від допуску замикаючої ланки К1, К2 та ін. Значення допусків технологічних розмірів зводимо в табл. 1.17.

Таблиця 1.17 – Значення допусків технологічних розмірів

Технологічний розмір	Квалітет точності	Попереднє значення допуску, мм	Остаточне значення допуску, мм
B1	12	0,25	0,25
B2	12	0,25	0,25
B3	12	0,25	0,25
B4	12	0,25	0,25
31	14	0,74	0,74
32	14	0,62	0,62
33	14	0,62	0,62

Розмірна схема технологічного процесу.

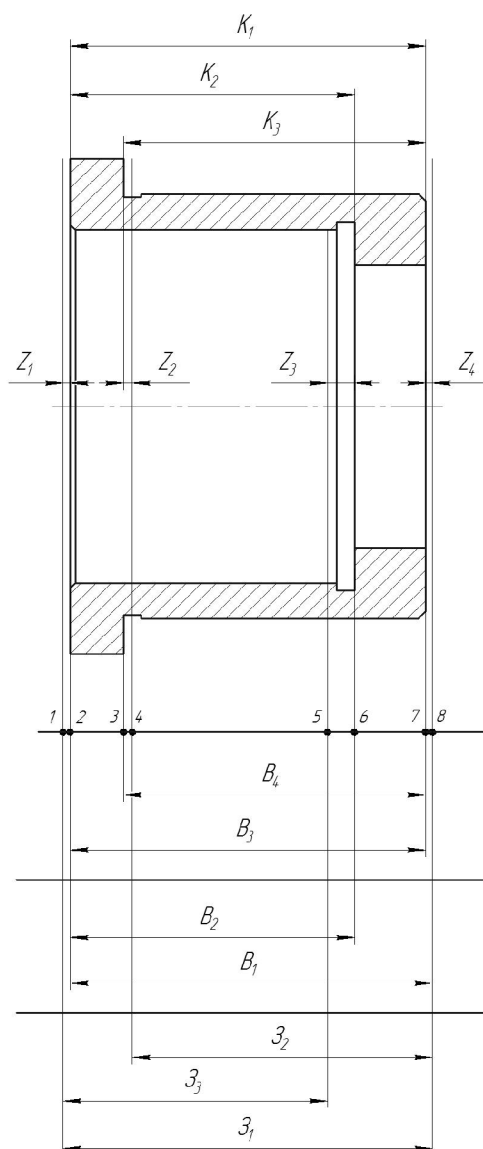


Рисунок 1.6 – Розмірна схема технологічного процесу

Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф.

Один із етапів розмірного аналізу є виявлення технологічних розмірних ланцюгів за допомогою графів. Теорія графів - одна з математичних дисциплін, яка вивчає складні структури і системи, що складаються з багатьох елементів і зв'язків між ними. Деталь у процесі її виготовлення можна розглядати як геометричну структуру. Яка складається з багатьох поверхонь та зв'язків (розмірів) між ними. Тому таку структуру доцільно вивчати за допомогою графів.

Якщо вважати поверхні заготовки і деталі за вершини, зв'язки між ними (розміри) - за ребра, то креслення деталі з конструкторськими та технологічними розмірами можна представити у вигляді двох дерев. Дерево конструкторськими розмірами і розмірами припусків на обробку називається вихідним, а дерево з технологічними розмірами - похідним або технологічним.

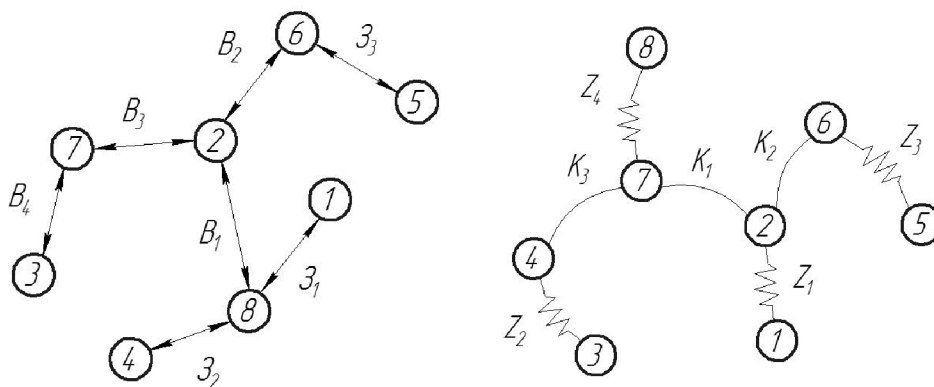


Рисунок 1.7 – Вихідне граф-дерево Рисунок 1.8 – Похідне граф-дерево

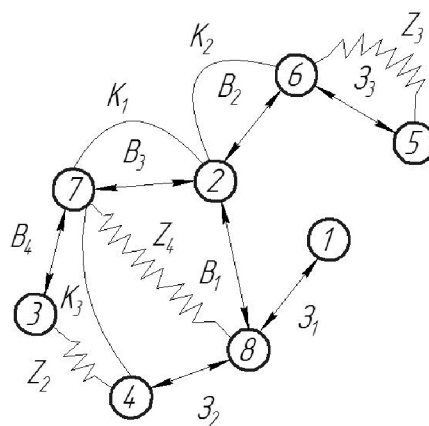


Рисунок 1.9 – Суміщений граф-дерево

Якщо тепер обидва дерева сумістити, то такий суміщений граф дає змогу в закодованій формі представити геометричну структуру технологічного процесу обробки деталі. В такому графі всі розмірні зв'язки та технологічні розмірні ланцюги з неявних перетворюються на явні. З'являється можливість не звертатися до креслення, а використовуючи лише ту інформацію яку несе граф, проводити всі необхідні розрахунки і дослідження. Будь - який замкнутий контур на суміщеному графі, що складається з ребер вихідного та технологічного дерева, створює технологічний розмірний ланцюг.

Граф-дерева показані на рисунках 1.7-1.9. Правильність побудови кожного дерева перевірена за такими ознаками:

- число вершин у кожного дерева дорівнює числу поверхонь на розмірній схемі технологічного процесу;
- число ребер у кожного дерева дорівнює числу вершин зменшеному на одиницю;
- до кожної вершини похідного дерева, крім кореневої, підходить лише одна стрілка орієнтованого ребра, а до кореневої вершини – жодної;
- дерева не мають замкнених контурів та розривів.

Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів.

Таблиця 1.18 – Значення допусків технологічних розмірів

№ рівняння	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$K_1 - B_3 = 0$	$K_1 = B_3$	B_3
2	$K_2 - B_2 = 0$	$K_2 = B_2$	B_2
3	$K_3 - B_4 = 0$	$K_3 = B_4$	B_4
4	$B_1 - B_3 - Z_4 = 0$	$B_1 = B_3 + Z_4$	B_1
5	$Z_1 - B_1 - Z_1 = 0$	$Z_1 = B_1 + Z_1$	Z_1
6	$Z_2 - B_4 - Z_4 - Z_2 = 0$	$Z_2 = B_4 + Z_4 + Z_2$	Z_2
7	$Z_3 - B_2 - Z_1 - Z_3 = 0$	$Z_3 = B_2 + Z_1 + Z_3$	Z_3

Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь.

Позначення припуску	Z_{1min}	Z_{2min}	Z_{3min}	Z_{4min}
Кількісне значення мінімального припуску, мм	0,6	0,6	0,6	0,6

Розрахунок технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція допусків технологічних розмірів.

Відповідно до визначених вище технологічних рівнянь визначимо для кожного розміру цого межі:

$$B_{3min} = K_{1min} = 55 \text{ (мм)},$$

$$B_{3max} = B_{3min} + T(B_3) = 55 + 0,25 = 55,25 \text{ (мм)},$$

$$B_{4min} = K_{3min} = 49 \text{ (мм)},$$

$$B_{4max} = B_{4min} + T(B_4) = 49 + 0,25 = 49,25 \text{ (мм)},$$

$$B_{2min} = K_{2min} = 52 \text{ (мм)},$$

$$B_{2max} = B_{2min} + T(B_2) = 52 + 0,25 = 52,25 \text{ (мм)},$$

$$B_{1min} = z_{4min} + B_{3min} = 0,6 + 55 = 55,6 \text{ (мм)},$$

$$B_{1max} = B_{1min} + T(B_1) = 55,6 + 0,25 = 55,85 \text{ (мм)},$$

$$Z_{1min} = B_{1min} + z_{1min} = 55,6 + 0,6 = 56,2 \text{ (мм)},$$

$$Z_{1max} = Z_{1min} + T(Z_1) = 56,2 + 0,74 = 56,94 \text{ (мм)},$$

$$Z_{2min} = B_{4min} + z_{4min} + z_{2min} = 49 + 0,6 + 0,6 = 50,2 \text{ (мм)},$$

$$Z_{2max} = Z_{2min} + T(Z_2) = 50,2 + 0,62 = 50,82 \text{ (мм)},$$

$$Z_{3min} = B_{3min} + z_{1min} + z_{3min} = 55 + 0,6 + 0,6 = 56,2 \text{ (мм)},$$

$$Z_{3max} = Z_{3min} + T(Z_3) = 56,2 + 0,62 = 56,82 \text{ (мм)},$$

Таблиця 1.19 – Результати розмірно-точнісного моделювання ТП

Технологічний розмір	Z_1	Z_2	Z_3	B_1	B_2	B_3	B_4	
Квалітет	14	14	14	12	12	12	12	
Остаточне значення допуску, мм	0,74	0,62	0,62	0,25	0,25	0,25	0,25	
Остаточне значення розміру, мм	min	56,2	50,2	56,2	55,6	52	55	49
	max	56,94	50,82	56,82	55,85	52,25	55,25	49,25

1.4.6 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

Визначення розрахунково-аналітичним методом мінімальних проміжних припусків на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 50H7$, технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки.

Визначення значень R і T проводимо відповідно до рекомендацій, враховуючи, що для заготовки дані параметри рівні 150 і 250 . При попередньому розточуванні приймаємо $RZ = T = 100$ мкм, а на наступному переході відповідно 50 мкм, при чистовому розточуванні – 30 мкм та при шліфуванні $RZ = 5$ мкм, $T = 15$ мкм.

Сумарне значення просторових відхилень визначається:

$$\rho = \sqrt{\rho^2_{\text{жол}} + \rho^2_{\text{зм}}}, [\text{мм}] \quad (1.20)$$

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

$\rho_{\text{зм}}$ – відхилення за рахунок зміщення поверхні з якої знімається припуск, під час самої обробки, відносно технологічних баз

Для литих заготовок сумарне значення просторових відхилень виражається в вигляді короблення деталі і зміщення одних ділянок поверхні відносно інших. В даному випадкові: $\rho = 700$ мкм.

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1}, [\text{мм}] \quad (1.21)$$

$$\rho_1 = 0.06 \cdot 700 = 42 \text{ мкм}; \quad \rho_2 = 0.05 \cdot 42 = 2,1 \text{ мкм}.$$

На основі отриманих вище даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, користуючись формулою:

$$2Z_{\text{imin}} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1}), [\text{мм}] \quad (1.22)$$

Мінімальний припуск під точіння:

- попереднє точіння $2Z1_{\min}=2(150+250+700) = 2 \cdot 1100$ (мкм);
- попереднє точіння $2Z1_{\min}=2(100+100+42) = 2 \cdot 242$ (мкм);
- остаточне точіння $2Z2_{\min}=2(50+50+2,1) = 2 \cdot 102,1$ (мкм);
- шліфування $2Z2_{\min}=2(30+30) = 2 \cdot 60$ (мкм).

При остаточному точінні маємо отримати розмір вказаний на кресленні:

$$d = 40,025 \text{ (мм)}.$$

Наступні розміри отримуємо послідовним додаванням розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу. Таким чином отримуємо:

- для остаточного точіння $d1=40,025 + 2 \cdot 60 = 40,145$ (мм);
- для попереднього точіння $d2 = 40,145 + 2 \cdot 102 = 40,349$ (мм);
- для попереднього точіння $d3 = 40,349 + 2 \cdot 242 = 40,833$ (мм);
- для заготовки $d_{\text{заг}} = 40,833 + 2 \cdot 1100 = 43,033$ (мм).

Значення допусків кожного переходу приймаються по таблицям відповідно до квалітету того чи іншого виду обробки:

Для шліфування допуск складає 25 мкм, відповідно для 7 квалітету; для чистового точіння, відповідно для 8 квалітету, допуск складає 39 мкм, для попереднього точіння для 10 і 12 квалітетів допуск відповідно рівний – 100 і 250 мкм та для заготовки, що має 14 квалітет точності, допуск складає 620 мкм.

Мінімальні граничні розміри отримуються по розрахунковим розмірам заокругленим до точності допуску відповідного переходу.

Максимальні граничні розміри визначаються шляхом додавання до найменших граничних розмірів допусків відповідних переходів.

Тобто:

$$43,033 + 0,62 = 43,653 \text{ (мм)};$$

$$40,833 + 0,25 = 41,083 \text{ (мм)};$$

$$40,349 + 0,1 = 40,449 \text{ (мм)};$$

$$40,145 + 0,039 = 40,184 \text{ (мм)};$$

$$40,025 + 0,002 = 40,027 \text{ (мм)}.$$

Мінімальні граничні значення припусків Z_{\min} рівні різниці найбільших граничних розмірів виконуваного і попереднього переходів, а максимальне значення Z_{\max} – відповідно різниця найменших граничних розмірів.

Отже, для шліфування:

$$2Z_{\min 4} = 40,145 - 40,025 = 0,12 \text{ мм} = 120 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\max 4} = 40,184 - 40,027 = 0,157 \text{ мм} = 157 \text{ (мкм)}.$$

Для остаточного точіння:

$$2Z_{\min 3} = 40,349 - 40,145 = 0,204 \text{ мм} = 204 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\max 3} = 40,449 - 40,184 = 0,265 \text{ мм} = 265 \text{ (мкм)}.$$

Для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 2} = 40,833 - 40,349 = 0,484 \text{ мм} = 484 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\max 2} = 41,083 - 40,449 = 0,634 \text{ мм} = 634 \text{ (мкм)}.$$

Для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 1} = 43,033 - 40,833 = 2,2 \text{ мм} = 2200 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\max 1} = 43,653 - 41,083 = 2,57 \text{ мм} = 2570 \text{ (мкм)}.$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 1.17.

На основі даних розрахунку будуємо схему графічного розташування припусків і допусків по обробці отвору $\varnothing 40\text{H}7$.

Загальні припуски $Z_{0\min}$ і $Z_{0\max}$ визначаємо сумуючи проміжні припуски:

$$2Z_{0\min} = 2200 + 484 + 204 + 120 = 3008 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{0\max} = 2570 + 634 + 265 + 129 = 3598 \text{ (мкм)}.$$

На рис. 1.10 подано схему графічного розташування припусків і допусків на обробку діаметрального розміру $\varnothing 40H7$.

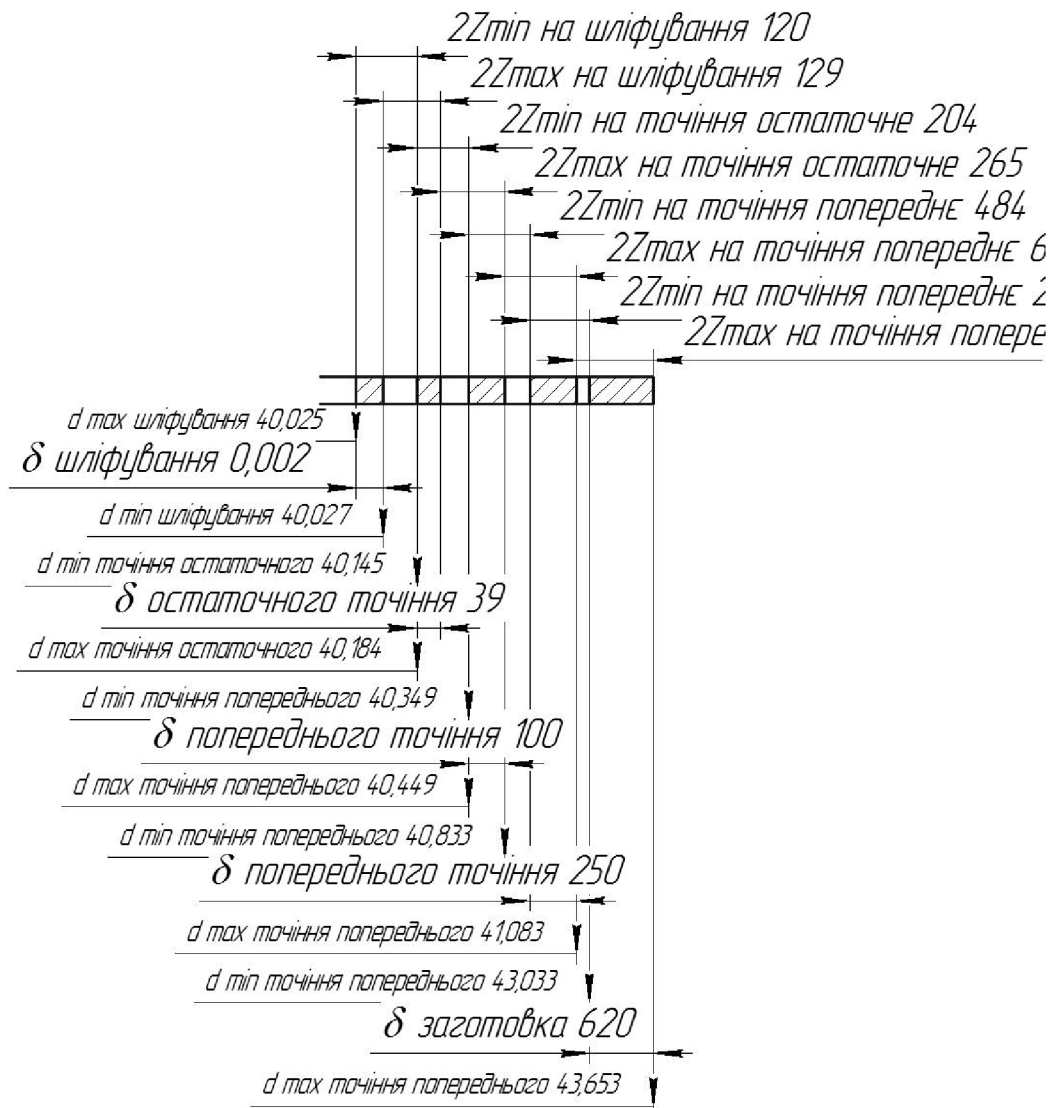


Рисунок 1.10 – Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку діаметрального розміру $\varnothing 50H7$

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 4} - 2Z_{\min 4} = 2200 - 2570 = 370 \text{ (мкм)}, \delta_1 - \delta_2 = 620 - 250 = 370 \text{ (мкм)}.$$

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 634 - 484 = 150 \text{ (мкм)}, \delta_2 - \delta_3 = 250 - 100 = 150 \text{ (мкм)}.$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 265 - 204 = 61 \text{ (мкм)}, \delta_3 - \delta_4 = 100 - 39 = 61 \text{ (мкм)}.$$

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 129 - 120 = 9 \text{ (мкм)}, \delta_2 - \delta_1 = 39 - 30 = 9 \text{ (мкм)}.$$

Таблиця 1.20 – Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку розміру $\varnothing 40H7$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 40H7$	Елементи припуску			Розрахунковий припуск	Розрахунковий розмір	Допуск	Граничні розміри		Граничні значення припусків	
	Rz	T	ρ				dmin	dmax	2Zmin	2Zmax
Заготовка	150	250	700		43,033	620	43,033	43,653		
Точіння попереднє	100	100	42	2·1100	40,833	250	40,833	41,083	2200	2570
Точіння попереднє	50	50	2,1	2·242	40,349	100	40,349	40,449	484	634
Точіння остаточне	30	30	-	2·102,1	40,145	39	40,145	40,184	204	265
Шліфування	5	15	-	2·60	40,025	30	40,002	40,027	120	129
Σ									3008	3598

Визначення за нормативами проміжних мінімальних припусків на механічну обробку решти циліндричних поверхонь, розрахунок технологічних розмірів, максимальних припусків і розмірів вихідної заготовки.

Мінімальні проміжні припуски на обробку інших циліндричних поверхонь деталі вибираються за допомогою дослідно-статистичного (нормативного) методу за допомогою літератури [13]. Вибрані значення мінімальних припусків, розрахунковий розмір, допуски і граничні значення технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки, граничні значення припусків запишемо у таблицю 1.21.

Таблиця 1.21 – Припуски і технологічні розміри на механічну обробку циліндричних поверхонь

Технологічні переходи	Вибраний мінімальний припуск $2z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск T , мкм	Граничні значення технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки		Граничні значення припусків	
				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$
Отвір $\text{Ø}50h6$							
Заготовка		56,2	620	54,5	55,2		
Точіння попереднє	2·1100	53,2	250	52,1	52,6	2260	2680
Точіння попереднє	2·242	51,5	100	51,4	51,7	600	720
Точіння остаточне	2·102,1	50,03	30	50,025	50,035	240	276
Шліфування	2·32	50	16	49,994	50	120	124
Сума						3100	3670

1.4.7 Визначення режимів різання для різних способів механічної обробки

Операція 010: Токарна з ЧПК

Модель верстата 1В340Ф30.

Пристосування: 3-х кулачковий патрон.

Ескіз механічної обробки див. табл. 3.5.

Перехід 3

Точити попередньо пов. (2) $\text{Ø}54,6$ в розмір $\text{Ø}52,2$.

Ріжучий інструмент: різець розточний Т15К6 ГОСТ 18063-72;

переріз державки 16×25 мм; $\gamma=120^\circ$; $\lambda=0^\circ$; $\varphi=45^\circ$; $r=1$ мм.

Глибину різання визначаємо, виходячи із заданого припуску

$$t = \frac{D-d}{2} = \frac{54,6-52,2}{2} = 1,2 \text{ (мм)};$$

Припуск знімаємо за 1 перехід, $t = 0,8$.

Подачу визначаємо за нормативами. Для різців Т15К6 з заданими параметрами рекомендується подача $S = 0,25-0,35$ мм/об. [8].

Коректуючи по паспорту верстату приймаємо $S = 0,25$ мм/об.

Допустиме зусилля супорта $R_{\text{доп}} = 600$ кгс. Зусилля різання заданих режимах різання $P_x = 135 \dots 240$ кгс; $P_x < R_{\text{доп}}$.

Назначаємо період стійкості різців. Для багатоінструментальної наладки приймаємо $T = 90$ хв. Допустимий знос $h_3 = 0,9-1,5$ мм;

Швидкість різання, допускаєма ріжучими властивостями різця $V_{\text{табл}} = 120$ м/хв. Матеріал без корки $K_{nv} = 1$; матеріал різців Т15К6, $K_{uv} = 1$;

$$V_{\text{різ}} = V_{\text{табл}} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 120 \cdot 1 \cdot 1 = 120 \text{ (м/хв)}.$$

Частота обертання шпинделя складає:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 120}{3,14 \cdot 54,6} = 265,8 \text{ (об/хв)}.$$

Дійсна швидкість різання складає:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 54,6 \cdot 265,8}{1000} = 107,8 \text{ (м/хв)}.$$

6. Потужність різання при точінні складає $N_{\text{таб}} = 2,5$ кВт [8]

Ефективна потужність верстата на шпинделі:

$$N_{\text{в}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 8 \cdot 0,85 = 6,5 \text{ кВт}; N_{\text{різ}} < N_{\text{в}}.$$

Умови по обробці різанням виконуються.

7. Основний (машинний) час по переходам складає:

$$I = \frac{L_{p.x.} \cdot i}{n \cdot S} = \frac{50 \cdot 1}{315 \cdot 0,25} = 5,6 \text{ (хв.)},$$

$$\text{де } L_{p.x.} = L_g + y + \Delta = 44,5 + 4 + 3 = 51,5 \text{ (мм)}.$$

Операція 015: Фрезерна з ЧПК (свердління отвору).

Модель верстата 2P135Ф2.

Пристосування: спеціальний пристрій.

Ескіз механічної обробки див. табл. 3.5.

Перехід 11

Свердлити Ø6,5.

Ріжучий інструмент: Свердло спіральне Р6М5 ГОСТ 10903-77;

$2\varphi=118^\circ$; $\alpha=11$ форма підточки - Н.

Глибину різання складає:

$$t = \frac{d}{2} = \frac{6,5}{2} = 3,25 \text{ (мм)}.$$

Назначаємо подачу для HB<229 матеріал Сталь 45

I група подач $S_0=0,19-0,23$ мм/об [8].

Глибина сверління $l/d \leq 3$; $K_{ls}=1.0$

$S_0 = S_{таб} \cdot K_{ls} = 0,2 \cdot 1 = 0,2$ мм/об.

Коректуючи по паспорту верстата, приймаємо $S_0=0,2$ мм/об.

Назначаємо період стійкості свердла. В налазці 5 інструментів, $T = 90$

хв. Допустимий знос $h_3=0,3-0,45$ мм;

4. Визначаємо швидкість різання, допускаємо ріжучими властивостями свердла $V_{таб}=27.5$ м/хв, $K_{lv}=1$ [8]. $V_{різ} = V_{таб} \cdot K_{lv} = 27.5 \cdot 1 = 27.5$ м/хв.

5. Частота обертання складає:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 27.5}{3.14 \cdot 6,5} = 673 \text{ (об/хв)}.$$

6. Визначимо потужність різання при заданих режимах різання $N_{таб}=1,4$ кВт.

Ефективна потужність верстата на шпинделі:

$$N_{в} = N_{дв} \cdot \eta = 1,5 \cdot 0,8 = 1,2 \text{ кВт}; N_{таб} < N_{в}.$$

Умови по обробці різанням виконуються.

7. Основний (машинний) час складає:

$$I = \frac{L_{p.x.} \cdot i}{n \cdot S} = \frac{32 \cdot 1}{500 \cdot 0.2} = 0.32 \text{ (хв).}$$

де $L_{p.x.} = Lg + y + \Delta = 10 + 4 + 3 = 17 \text{ мм.}$

Режими різання для інших операцій визначаємо аналогічно.

Дані розрахунків записуємо в табл. 1.19.

Таблиця 1.22 – Розрахунок режимів різання

Операції, переходи	Розрахункові розміри		припуск	Режими різання			Твс, хв.	То, хв.
	Д/В	Lp.x		S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв		
005 Токарно-револьверна з ЧПК								
Точити торець 1	Ø75	7,5	1,5	0,25	90,1	204	0,32	0,5
Точити пов. 2 попередньо	Ø38,6	55	1,4	0,25	82,4	196		1,21
Точити пов. 2 остаточно	Ø39,5	55	0,6	0,15	75,2	182		1,22
Точити пов. 2 остаточно	Ø40	55	0,5	0,15	75,2	182		1,29
Точити канавку 3	b = 3	3	0,5	0,2	67,2	168		0,11
010 Токарно-револьверна з ЧПК								
Точити торець 1	Ø56,2	5	1,5	3,9	25,3	251	0,28	0,33
Точити пов. 2 попередньо	Ø 53,2	44,5	1,1	0,15	106,5	264		1,32
Точити пов 2 попередньо	Ø 51,5	44,5	0,7	0,15	106,5	264		1,32
Точити пов 2 остаточно	Ø 50,5	44,5	0,7	0,15	106,5	264		1,41
Точити канавку 3	b = 3	3	0,5	0,2	67,2	168		0,11
Точити пов. 4 однократно	Ø35	3	1,4	0,25	92,2	234		0,28
Точити фаску 5	1×45°	1	1	0,15	61,3	224		0,04
015 Фрезерна з ЧПК								
Фрезерувати пов. 1 однократно	50	45	7,5	0,5	12,3	84	0,22	2,12
Центрувати 7 отв. 2	Ø1	1	1	0,2	15,1	128		0,44
Свердлити 7 отв. 2	Ø6,5	3	3,25	0,2	20,4	135		0,74
020 Внутрішньошліфувальна								
Шліфувати пов. 1	Ø40	55	0,2	0,05	136,1	456	0,18	0,32
025 Горцекруглошліфувальна								
Шліфувати пов. 1	Ø50	44,5	0,2	0,05	142,8	468	0,18	0,41

1.5 Висновки до технологічної частини

Отже, визначено тип виробництва і форму організації роботи та аналіз конструкції та технологічності деталі «Корпус 59.37», вибрано спосіб виготовлення заготовки, а також розроблено маршрут механічної обробки деталі «Корпус 59.37».

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ «КОРПУС 59.37»

2.1 Розробка тривимірної моделі деталі у САD-системі

Для побудови основи тривимірної моделі деталі «Корпус 59.37» було використано операцію обертання і в якості ескізу взятий вигляд «фланця» у перерізі, де враховані повністю контур деталі та усі фаски. Ескіз та результат роботи операції представлено на рис. 2.1.

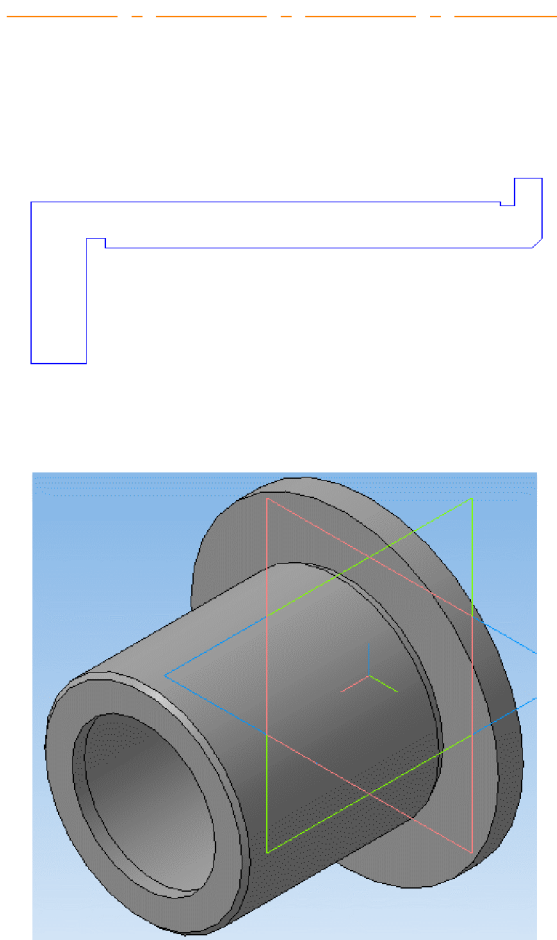


Рисунок 2.1 – Побудова основи моделі за допомогою операції обертання

Для побудови 5 отворів $\varnothing 6,5$ мм та лиски створено ескіз на торцевій поверхні та за допомогою операції вирізанням побудовано 5 наскрізних отворів та лиску. Ескіз та результат роботи операції представлено на рис. 2.2.

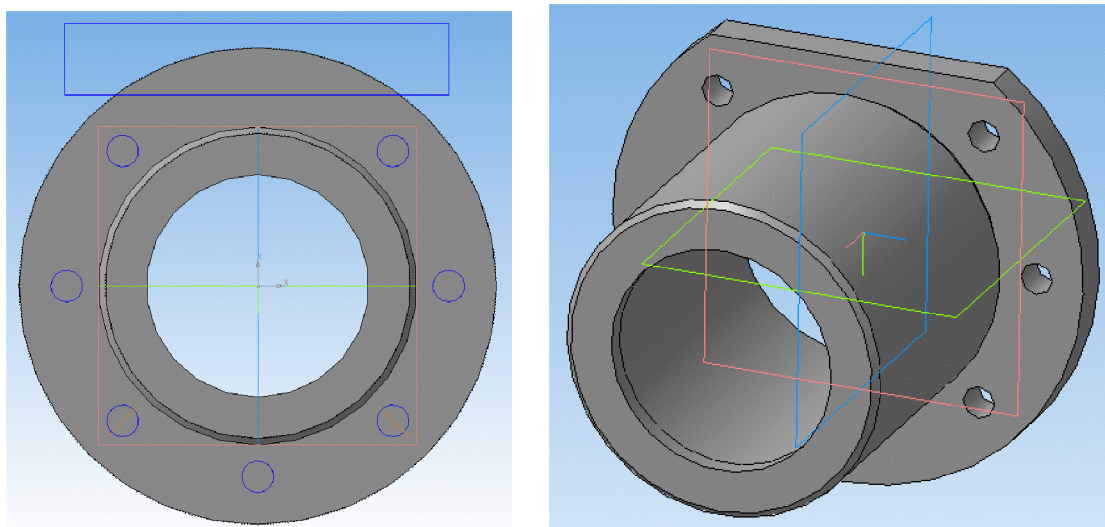


Рисунок 2.2 – Побудова отворів за допомогою операції вирізання

Таким чином, в результаті отримано тривимірну модель деталі «Корпус 59.37», загальний вигляд та алгоритм (дерево) побудови якої представлено на рис. 2.3.

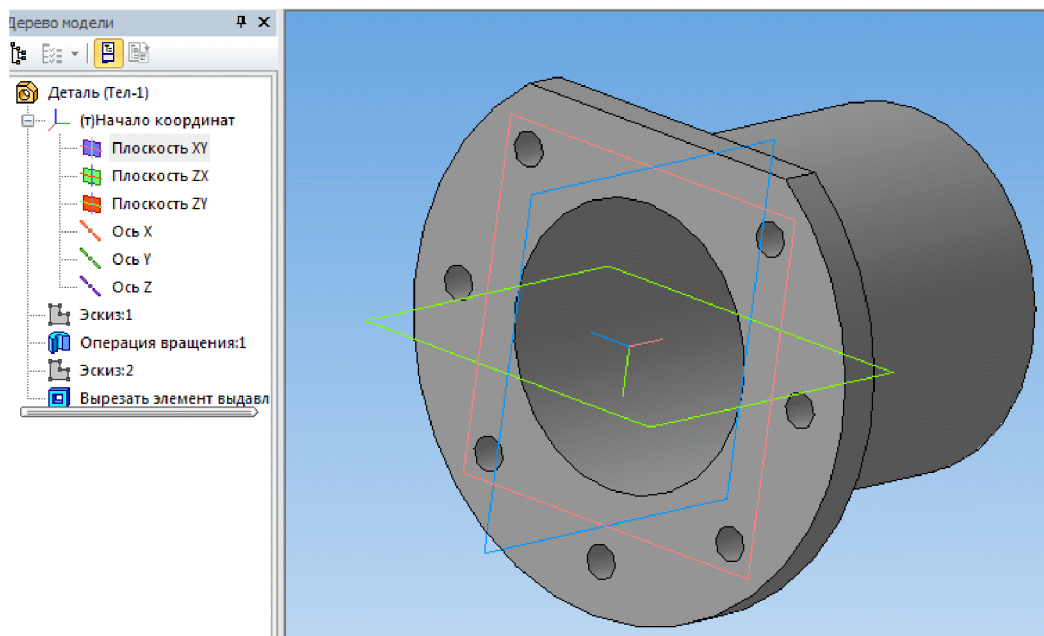


Рисунок 2.3 – Тривимірна модель деталі «Корпус 59.37»

2.2 Аналіз деформації поверхні деталі у CAD/CAE-системі

Деталь сприймає середні по величині статичні і вібраційні навантаження. Основною опорною поверхнею служить основа, яка дозволяє фіксувати деталь в основному вузлі за допомогою кріпильних елементів, передбачених в конструкції (торцева поверхня 1). Найбільші навантаження будуть виникати внаслідок дії елементів вузла на стінки внутрішнього отвору 2 (рис. 2.4).

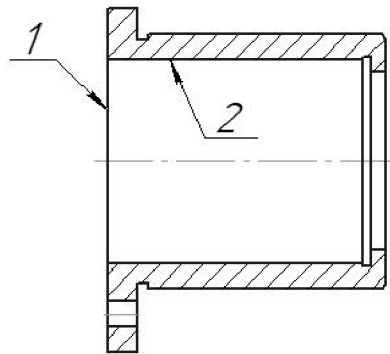


Рисунок 2.4 – Поверхні деталі «Корпус 59.37», які перевірятимуться на міцність

Будь-який вид аналізу здійснюється у декілька етапів. Перерахуємо необхідні для виконання аналізу кроки. Для здійснення розрахунків необхідно:

- 1) побудувати тривимірну модель виробу;
- 2) створити «Задачу». Задача створюється для одного або декількох дотичних твердих тіл («клеюве» з'єднання);
- 3) визначити матеріал моделі;
- 4) згенерувати кінцево-елементну сітку;
- 5) накласти граничні умови, що визначають суть фізичного явища, що підлягає аналізу;
- 6) виконати розрахунок;
- 7) проаналізувати результати.

Крок 1. Підготовка об'ємної твердотільної моделі виробу

Для виконання аналізу необхідно мати тривимірну твердотільну модель виробу. Модель може бути побудована користувачем в середовищі тривимірного моделювання T-FLEX CAD. Це може бути «робоча» модель, що містить проєкції і оформлені робочі креслення, бере участь у складі збірки, або використовується для розрахунку траєкторій ЧПК обробки.

Використовуючи команду T-FLEX CAD «Файл|Імпортувати», для аналізу можна завантажити в систему модель, створену в іншій системі об'ємного моделювання (рис.2.5).

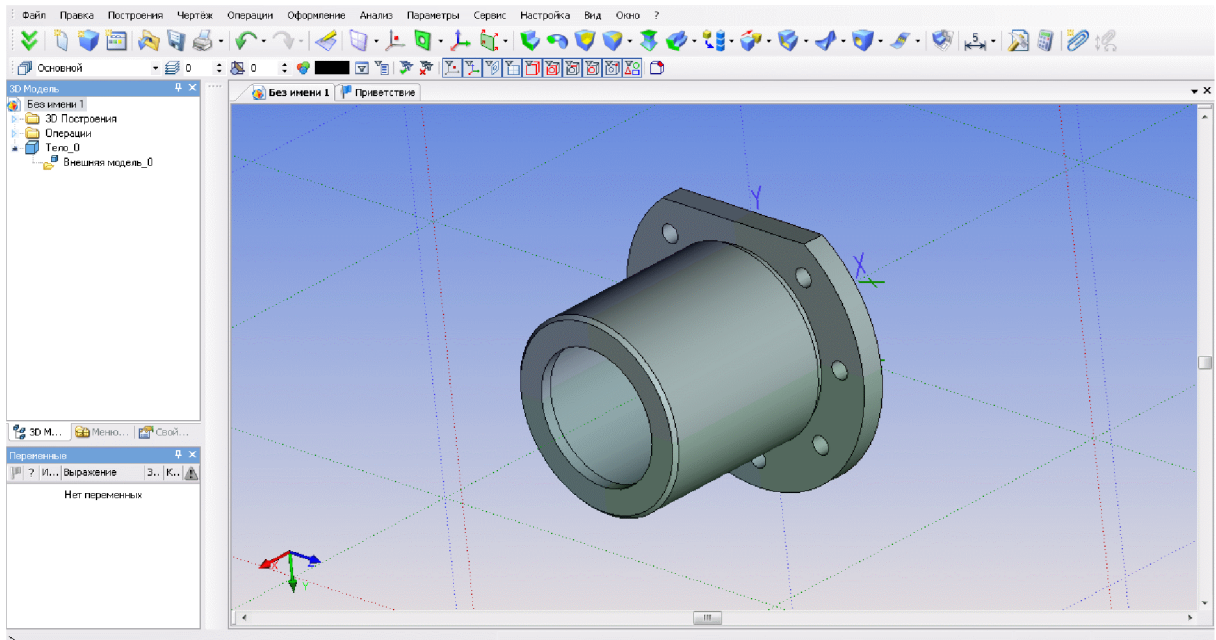


Рисунок 2.5 – Початкова конструкція

Крок 2. Створення «Задачі»

Після того, як тривимірна модель виробу була побудована в T-FLEX CAD 3D або імпортована в систему (рис 2.5), можна приступати до підготовки кінцево-елементної моделі. Будь-який вид розрахунку в T-FLEX Аналізі починається із створення «Задачі» за допомогою команди «Нова задача» меню «Аналіз» T-FLEX CAD («Аналіз|Новая Задача|Конечно-элементный анализ»). При створенні задачі користувач визначає її тип («Статичний аналіз», «Частотний аналіз», «Аналіз Стійкості», «Тепловий аналіз»). Крім того, якщо в

сцені присутнє більше одного твердого тіла, необхідно вказати, для якого з тіл сцени ми створюємо задачу (2.6).

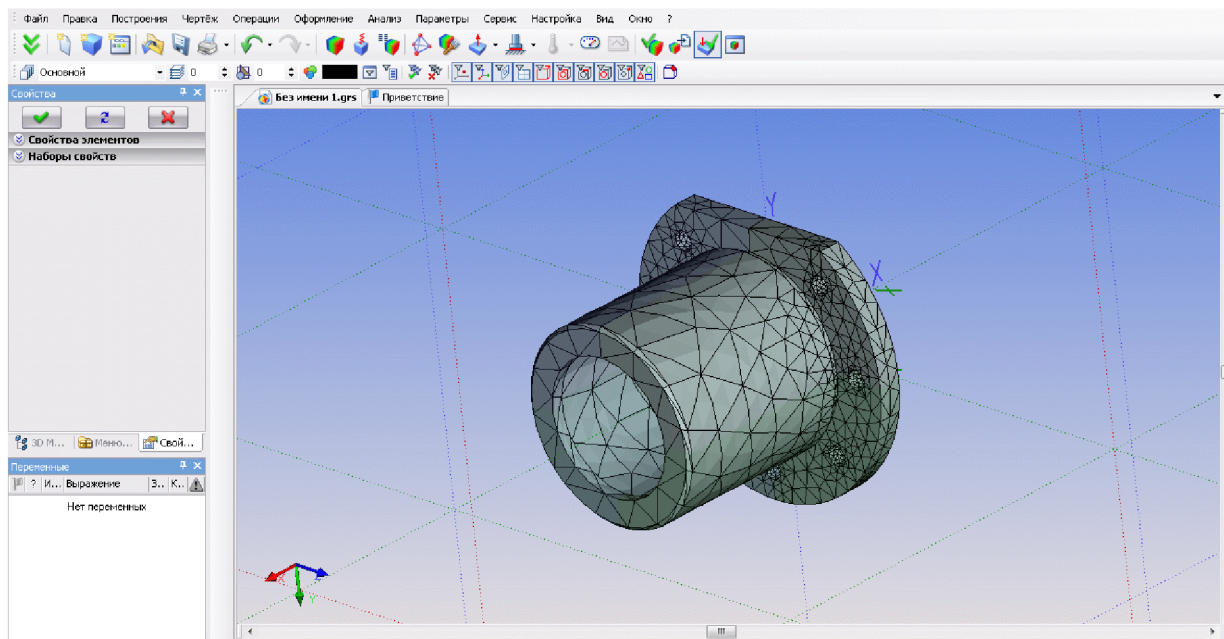


Рисунок 2.6 – Сітка деталі, побудована методом кінцевих елементів

Створимо для нашої модельної деталі задачу типу «Статичний аналіз».


За умовчанням, при створенні нової задачі включений режим автоматичного запуску команди

«Анализ|Сетка» стосовно знов створеної задачі. Тому, після успішного створення задачі з'явиться діалог управління настройками генерації кінцево-елементної сітки, після закінчення якого ми одержимо сіткову модель з тетраедрів, апроксимуючу твердотільну модель виробу.

Крок 3. Призначення матеріалу

Для того, щоб здійснювати які-небудь розрахунки з твердотільною моделлю деталі необхідно визначити матеріал, з якого вона виготовлена.

У T-FLEX Аналізі є дві можливості задання матеріалу для виконання аналізу. За умовчанням, в розрахунку використовуються характеристики матеріалу «з операції». Призначення матеріалу для тривимірної моделі здійснюється у вікні властивостей операції. Для перевірки або зміни матеріалу в

цьому випадку потрібно викликати вікно параметрів операції з контекстного меню по  на тривимірному тілі, створеному операцією, або на ім'я операції у вікні задач.

Окрім стандартної бібліотеки матеріалів T-FLEX CAD, для розрахунку може бути використаний матеріал з бази матеріалів T-FLEX Аналізу. Доступ до бази матеріалів Аналізу для поточної задачі здійснюється по команді «Анализ|Материал» або з контекстного меню дерева задач, що відображається у вікні задач (рис 2.7).

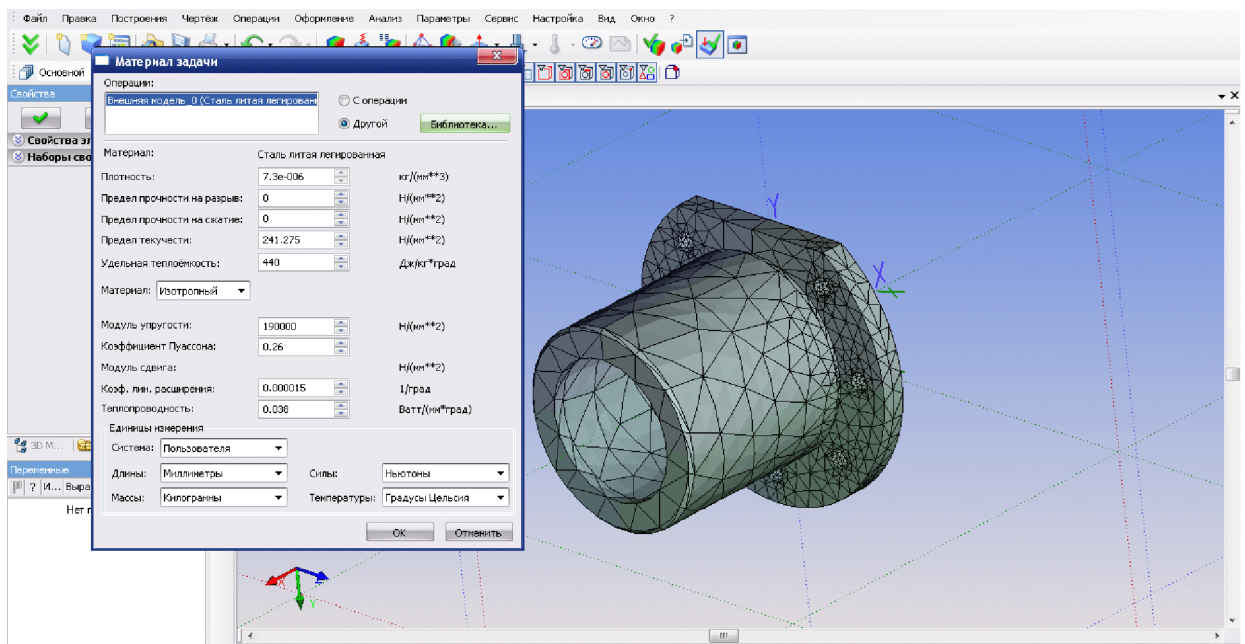



Рисунок 2.7 – Призначення матеріалу

Крок 4 Накладення граничних умов. Задання закріплень

Для успішного вирішення фізичної задачі в кінцево-елементній постановці крім створення кінцево-елементної сітки, необхідно коректно визначити і так звані «граничні умови». У статичі їх роль виконують закріплення і прикладені до системи зовнішні навантаження.

Для завдання закріплень в T-FLEX Аналізі передбачені три команди: «**Полное закрепление**», «**Частичное закрепление**» і «**Контакт**». Команда «Анализ|Ограничение| **Повне закріплення**» застосовується до вершин, граней і ребер моделі. Вона визначає, що даний елемент тривимірному тіла повністю

нерухомий, тобто зберігає своє первинне розташування і не міняє свого положення під дією прикладених до системи навантажень. Використовуючи команду «Анализ|Ограничение|Полное закрепление», вкажемо з допомогою  нерухому грань нашої моделі – торцеву поверхню $\varnothing 150$ мм (рис 2.8).

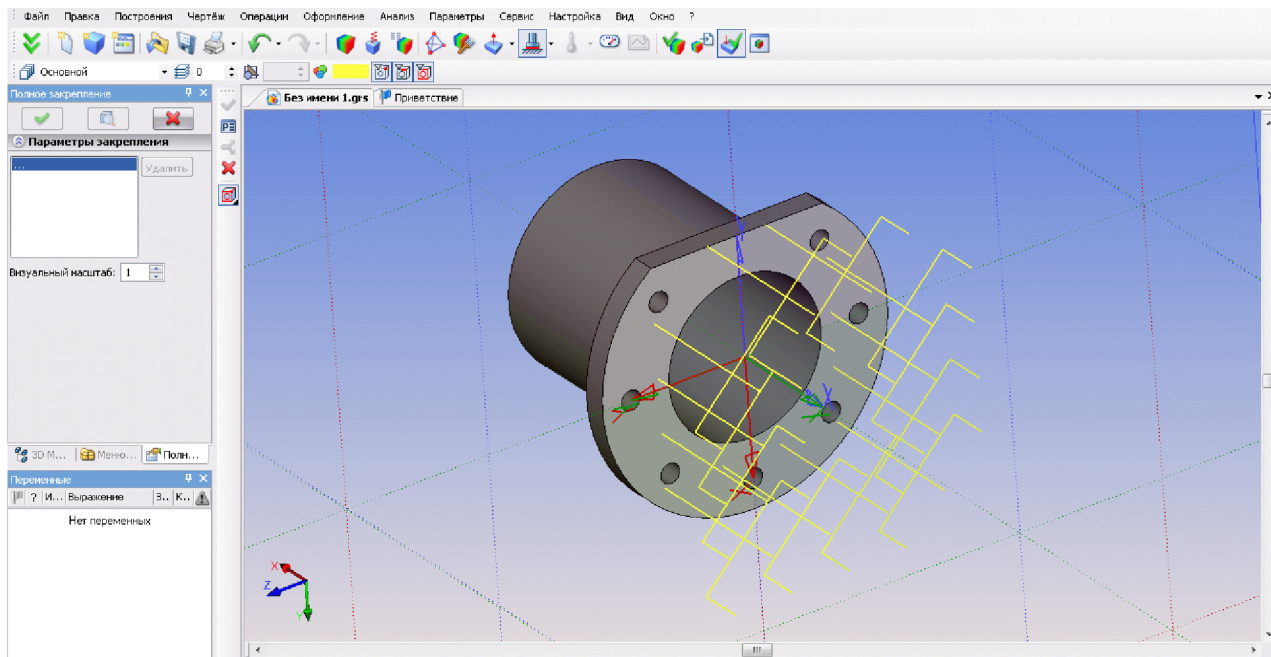


Рисунок 2.8 – Надання основі моделі повного закріплення

Після завершення команди створення навантаження на тривимірній моделі виробу з'являється умовне відображення створених навантажень у вигляді умовних позначень, прикладених до відповідних елементів моделі.

Після успішного завершення команди задання навантажень в дереві задач є в наявності всі чотири елементи, необхідні для виконання розрахунку:

- сітка;
- матеріал;
- закріплення;
- навантаження.

Крок 5. Виконання розрахунку

Після створення кінцево-елементної сітки і накладення граничних умов можна ініціалізувати команду «Анализ|Расчет» і запустити процес формування

систем лінійних рівнянь (СЛАР) алгебри і їх рішення.

Доступ до команди «Розрахунок» можна також дістати з контекстного меню відповідної задачі в дереві задач, що відображається у вікні задач.

Режими для формування СЛАР і методи їх рішення вибираються автоматично процесором T-FLEX Аналіз. Користувач може самостійно змінити опції розрахунку в діалозі властивостей задачі, який за умовчанням відкривається перед початком розрахунку.

В процесі рішення СЛАР доступний діалог з відображенням етапів розрахунку (рис. 2.9).

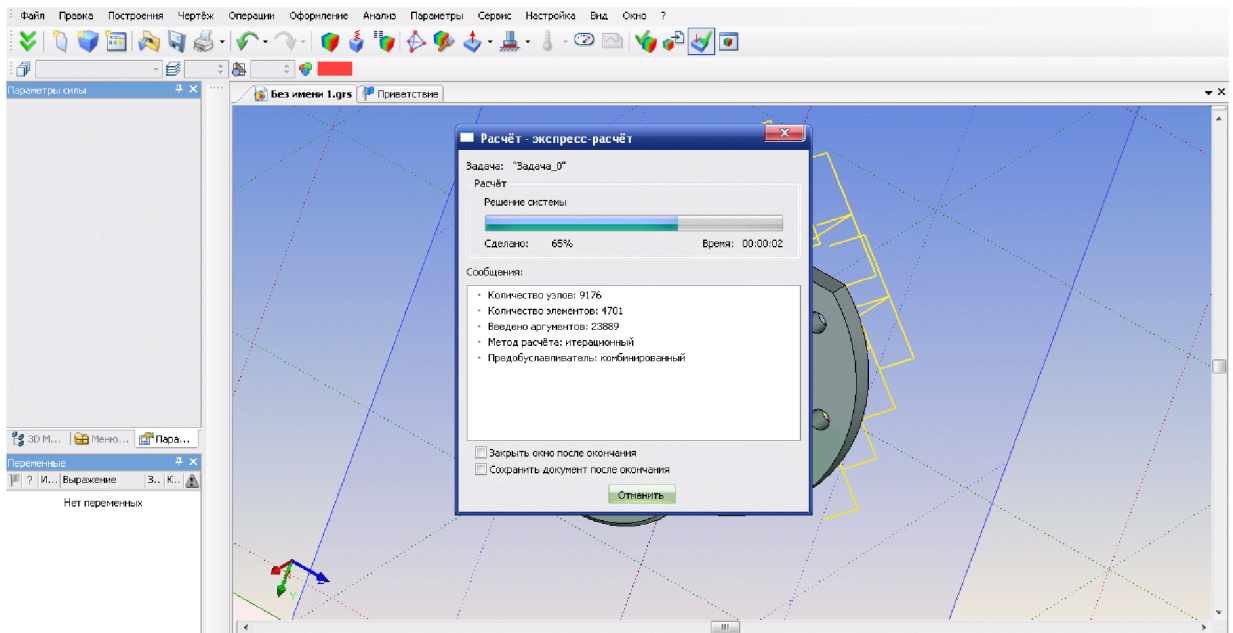



Рисунок 2.9 – Процес статичного аналізу

Результати розрахунку відображаються в дереві задач. Доступ до результатів забезпечується з контекстного меню для вибраної в дереві задач задачі по команді «Відкрити» або «Відкрити в новому вікні», а також по . Візуалізація результатів здійснюється в окремому 3D вікні T-FLEX CAD (рис. 2.10).

Результати розрахунку показують, що модуль переміщення має максимальне значення $4,395 \cdot 10^{-8}$ м, що є незначним переміщенням. Тому, деталь буде працювати при такому навантаженні і не потребує додаткових конструкторських модернізацій.

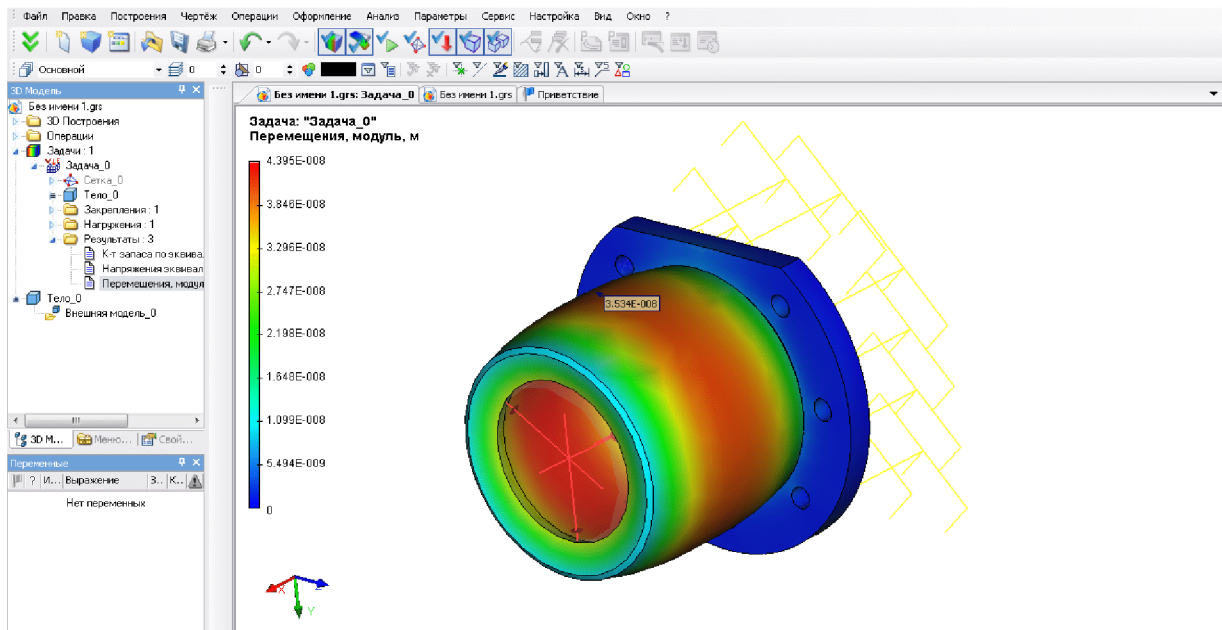


Рисунок 2.10 – Результати аналізу (модуль переміщень)

В нашому випадку при моделюванні використані дуже значні навантаження (близько 500 Н) і при цьому коефіцієнт запасу становив 3,3, тому при підвищенні навантаження на вісь досліджуваного отвору може виникнути руйнація або ж критичне зменшення ресурсу роботи.

Для уникнення такої небажаної ситуації потрібно:

- використати матеріал, який має більшу межу міцності;
- застосувати термообробку деталі;
- додати ребра жорсткості;
- зміцнити конструкцію шляхом збільшення товщини стінок.

2.3 Удосконалення конструкції деталі

Як видно з рис. 2.10, у конструкції деталі є зони можливої підвищеної деформації під час експлуатації деталі. Зокрема це товщина стінки циліндричної поверхні деталі. Можливо дані ділянки треба укріпити за допомогою потовщення ширини стінки. При цьому слід звертати увагу не тільки на збільшення міцності конструкції, але і на маси (габаритів) деталі, які можуть збільшитись в результаті

потовщення. Для цього необхідно провести дослідження.

Пропонується розглянути параметри ширини стінки a та довжини стінки b на діапазонах:

- $a = 8 \dots 12$ мм;
- $b = 48 \dots 56$ мм.

За прикладом розрахунку міцності, представленого у п.п. 2.2 проведено розрахунки та аналіз залежності модуля переміщення t від конструктивних параметрів деталі «Корпус 59.37» у запропонованих діапазонах. Графіки отриманих залежностей представлені на рис. 2.11-2.12.

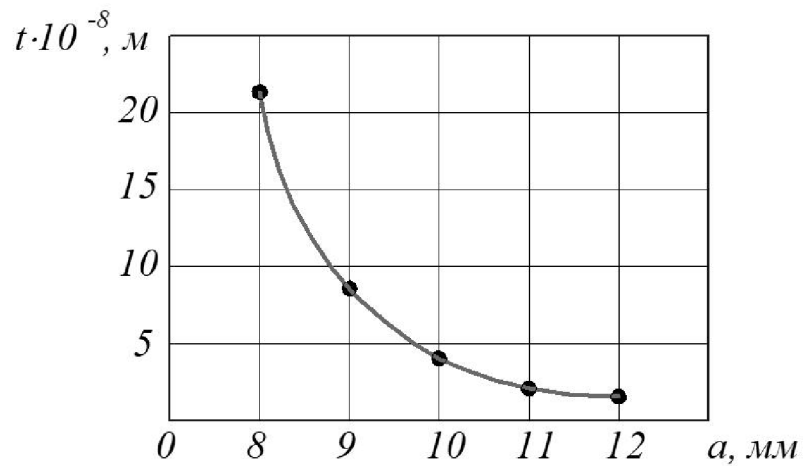


Рисунок 2.11 – Залежність модуля переміщення від ширини стінки a

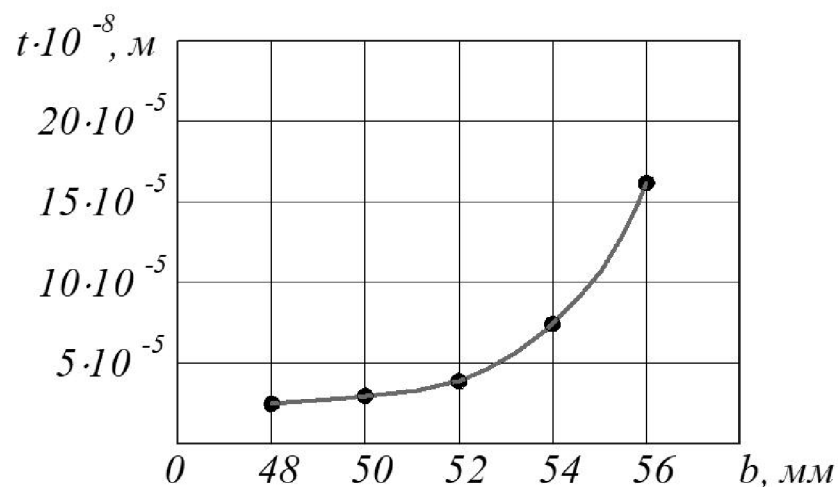


Рисунок 2.12 – Залежність модуля переміщення від довжини стінки b

З рисунку 2.11 видно, що в результаті збільшення ширини стінки значення модуля переміщення зменшується. Тоді як з рисунку 2.12 видно, що зі збільшенням довжини стінки значення модуля переміщення збільшується. Для обґрунтованого вибору значень зміцнюючі елементів необхідно визначити їх вплив збільшення маси деталі.

В результаті виконання тривимірних моделей деталі «Корпус 59.37» з конструктивними елементами у вигляді збільшення ширини стінки та її довжини на заданих діапазонах значень – $a = 8 \dots 12$ мм та $b = 48 \dots 56$ мм, отримано залежності маси деталі від параметрів зміцнюючі елементів, що представлені на рис. 2.13-2.14.

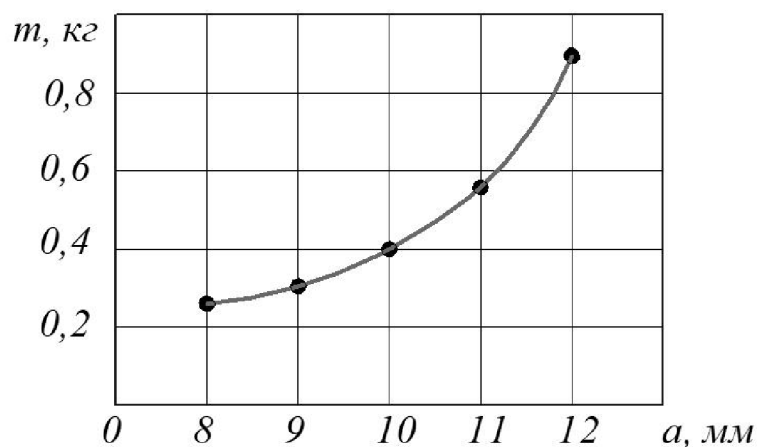


Рисунок 2.13 – Залежність маси деталі від ширини стінки a

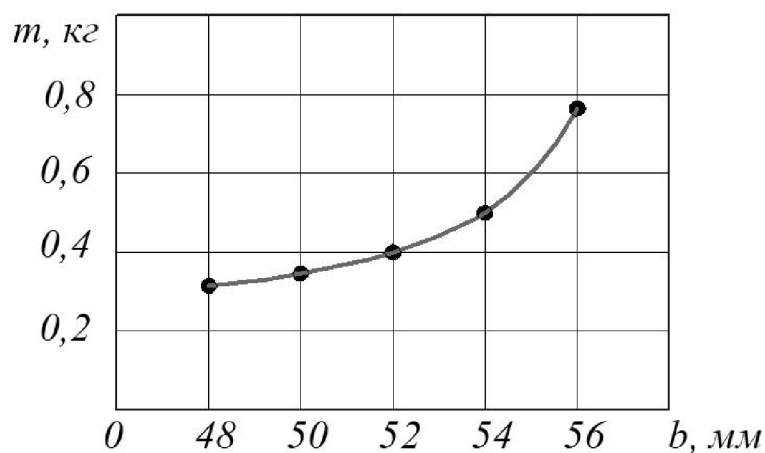


Рисунок 2.14 – Залежність маси деталі від довжини стінки b

З рисунків 2.13-2.14 видно, що в результаті збільшення значень параметрів зміцнюючі елементи маса деталі збільшується.

Виходячи із отриманих залежностей можна рекомендувати для зміцнення елемента циліндричної частини деталі збільшити ширину стінки $a = 11$ мм, а довжину стінки зменшити $b = 50$ мм.

2.4 Розробка програми обробки деталі на верстаті з ЧПК

Перед розробкою програми для обробки поверхні деталі на верстаті з ЧПК виконаємо імпорт тривимірної моделі деталі «Корпус 59.37» з CAD-системи Компас V15 у CAD-систему Cimatron використовуючи проміжний формат конвертації *.sat. Результат імпортування представлено на рис. 2.15.

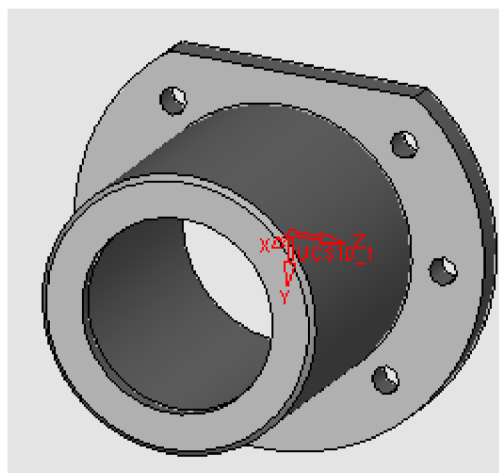


Рисунок 2.15 – Тривимірна модель деталі «Корпус 59.37»
у CAD-системі Cimatron

Після створення тривимірної моделі файл автоматично передається у модуль технології обробки на обладнаннях з ЧПК. Для цього необхідно у меню “File” вибрати функцію “Export” → To CNC (рис. 2.16).

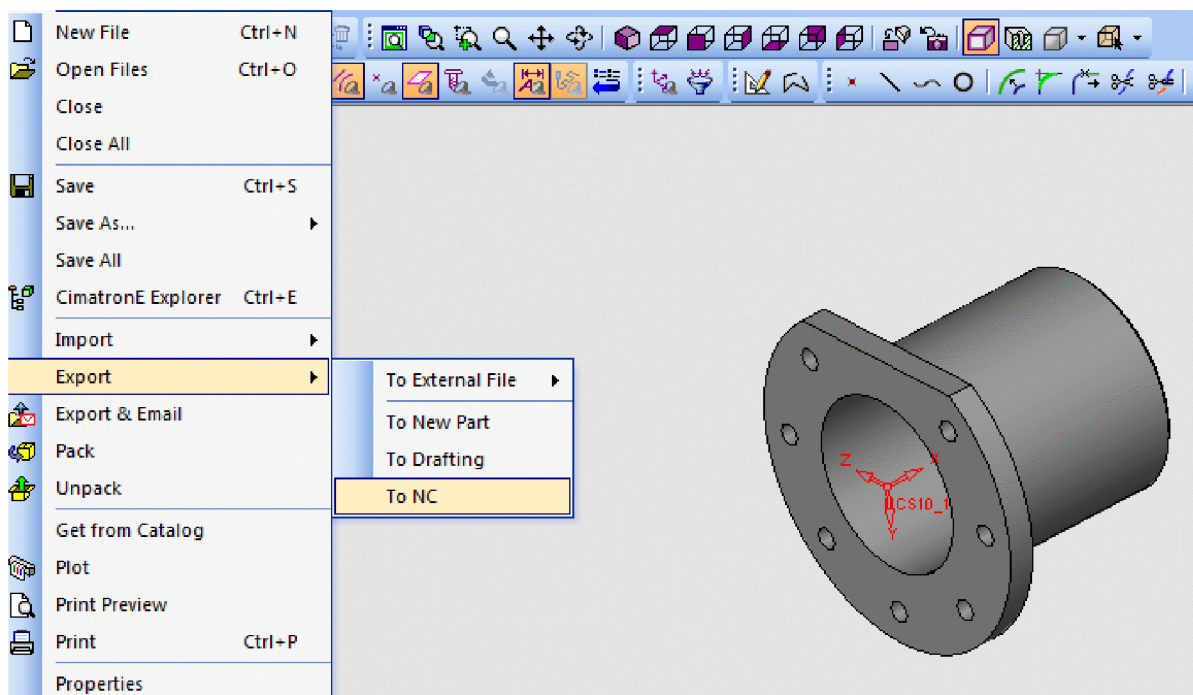


Рисунок 2.17 – Экспорт в документ ЧПК

У модулі ЧПК задаємо модель та заготовку моделі деталі. Оскільки, планується виконати обробку 5 отворів $\varnothing 6,5$ мм, то завантажуюємо утиліту “Q - сверление”. Створюємо траєкторію (рис. 2.18).

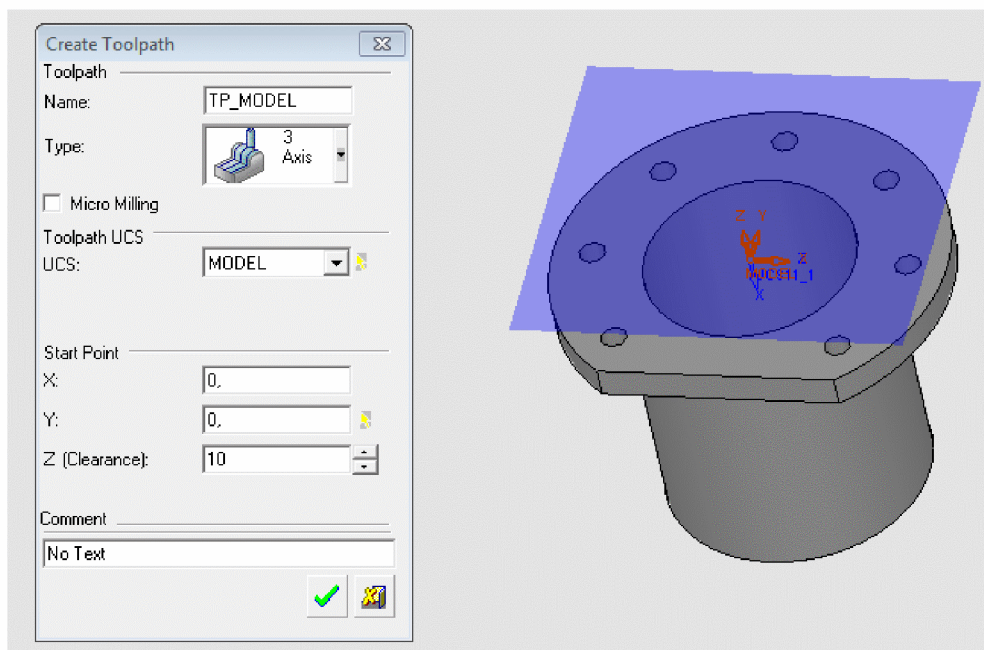


Рисунок 2.18 – Створення траєкторії

Задаємо контури деталі (рис. 2.19).

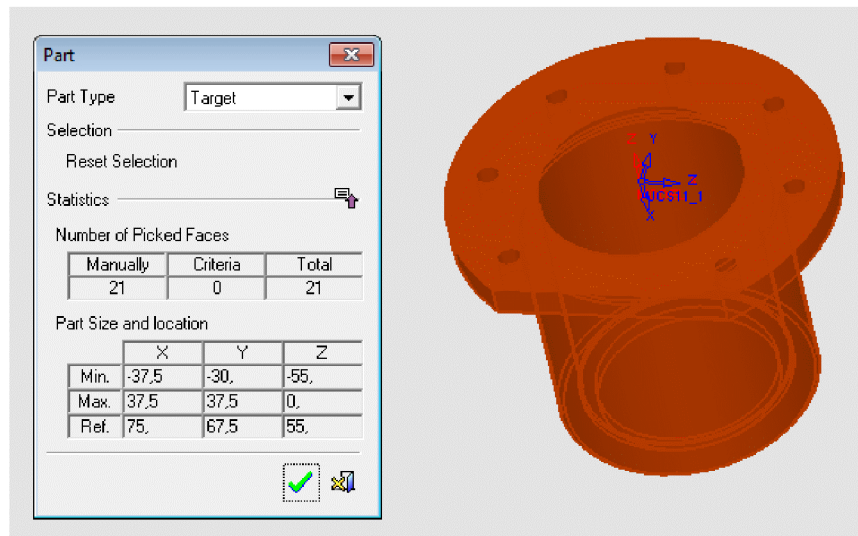


Рисунок 2.19– Створення контурів деталі

Задаємо контури заготовки (рис. 2.20).

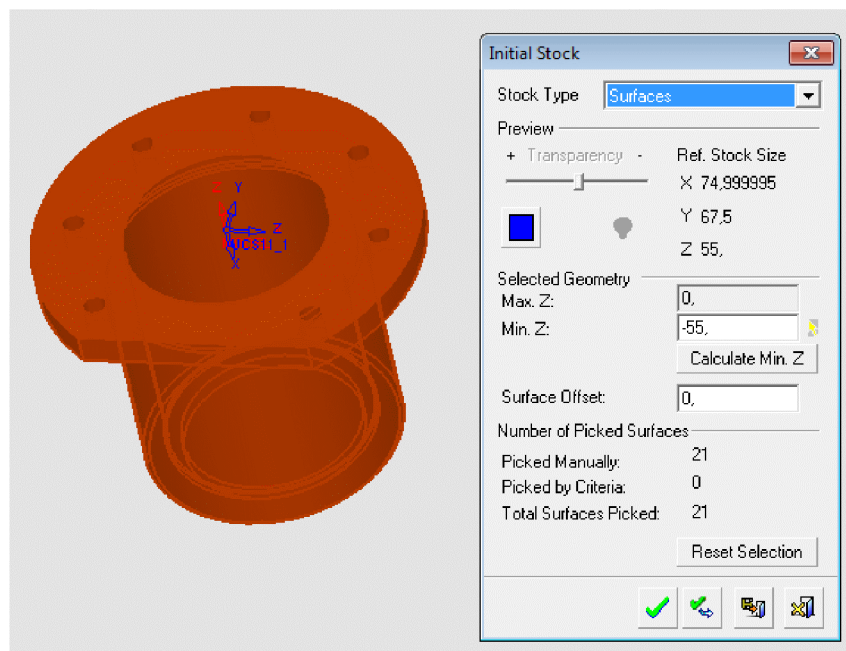


Рисунок 2.20 – Створення контурів заготовки

Створюємо “групу” отворів. “Група” отворів створюється автоматично з автоматичним визначенням форми та параметрів. Задаємо послідовність обробки 5 отворів $\varnothing 6,5$ (рис. 2.21).

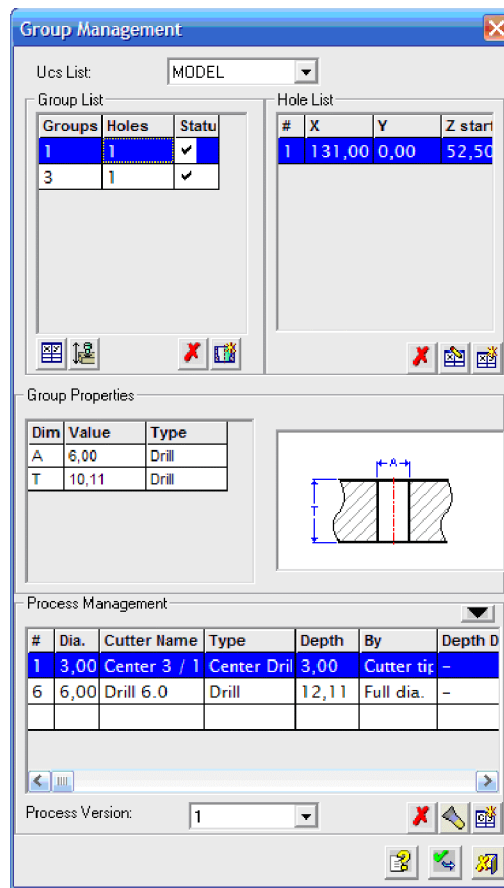


Рисунок 2.21 – Проектування послідовності обробки 5 отворів $\varnothing 6,5$

Для отримання та обробки отвору програма автоматично підбирає необхідний інструмент з власної бази даних, або може запросити відкоректувати або доповнити типорозміри інструментів. Для операцій, які планується виконати будуть використовуватися такі інструменти:

Центрувальне свердло (рис. 2.22) та спіральне свердло (2.23).

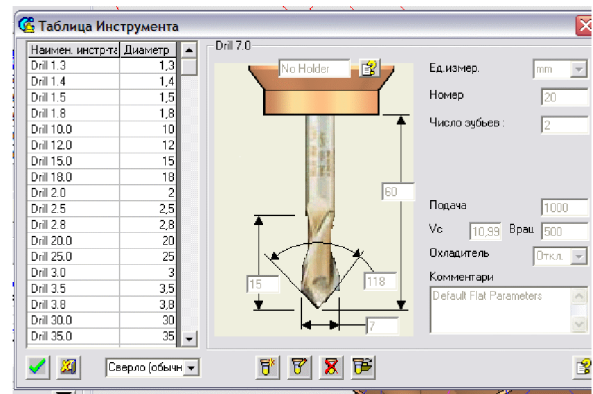
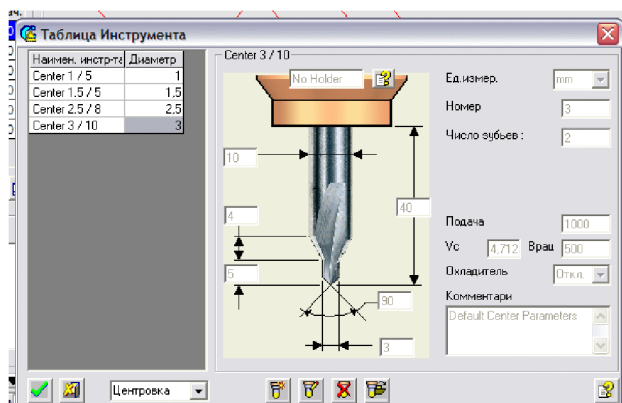


Рисунок 2.22 – Центрувальне свердло

Рисунок 2.23 – Спіральне свердло

Після завершення вибору інструментів створюємо траєкторію руху інструментів (рис. 2.24) з відповідним постпроцесором (рис. 2.25).

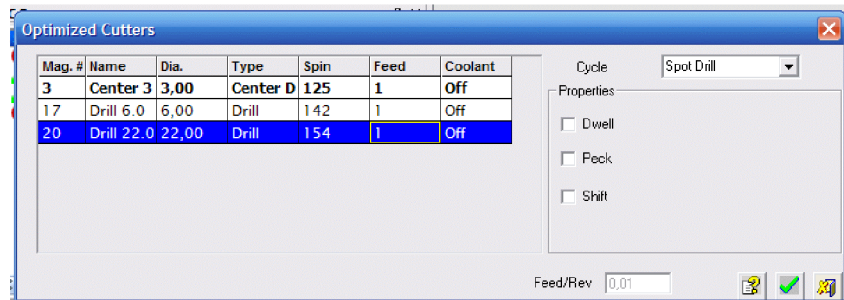


Рисунок 2.24 – Вибір траєкторії руху інструментів

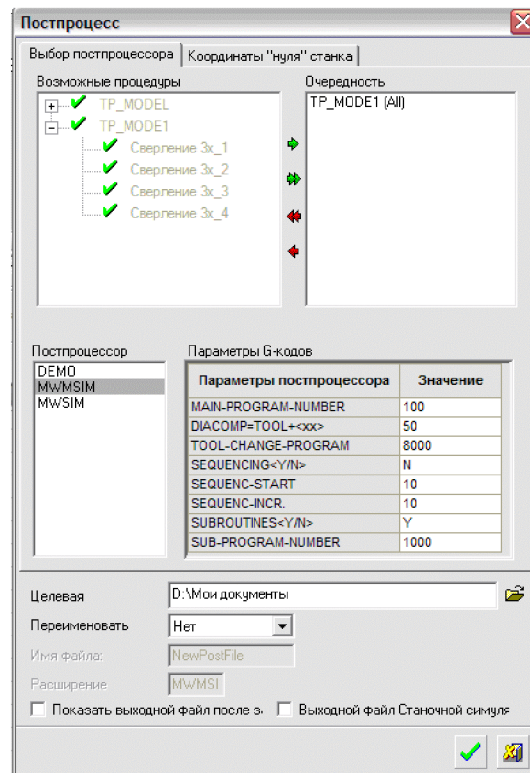


Рисунок 2.25 – Вибір пост процесора для проектування траєкторії руху інструмента

Для запису програми для обладнання з ЧПК використовуємо «Редактор отчёта по настройкам ЧПУ». Після вибору відповідного постпроцесора програма-редактор видає у текстовому режимі програму для обладнання з ЧПК.

В результаті проектування програми обробки деталі «Корпус 59.37» на верстаті з ЧПК отримана програма, що представлена у додатку Б.

2.5 Створення переходів та операцій ТП у PDM-системі

Побудова ТП виготовлення деталі «Корпус» буде виконана у PDM-системі КОМПАС-АВТОПРОЕКТ на основі маршруту механічної обробки, наведеного у додатку Б. Принципи проектування технологічних процесів в КОМПАС-АВТОПРОЕКТ універсальні і основані на використанні часто повторюваних технологічних рішень, що зберігаються на різних рівнях ієрархії – це застосування архівів групових, типових технологій, бібліотек операцій і переходів. З цієї точки зору САПР технологічних процесів є, перш за все, системою управління базами даних (СУБД). Від того, як реалізовані функції обробки даних, від їх логічних взаємозв'язків залежить решта показників системи.

На рис. 2.26 показано етап реєстрації деталі «Корпус 59.37» у АВТОПРОЕКТ-СПЕЦИФІКАЦІЯ, що виконується перед проектуванням технологічного процесу.

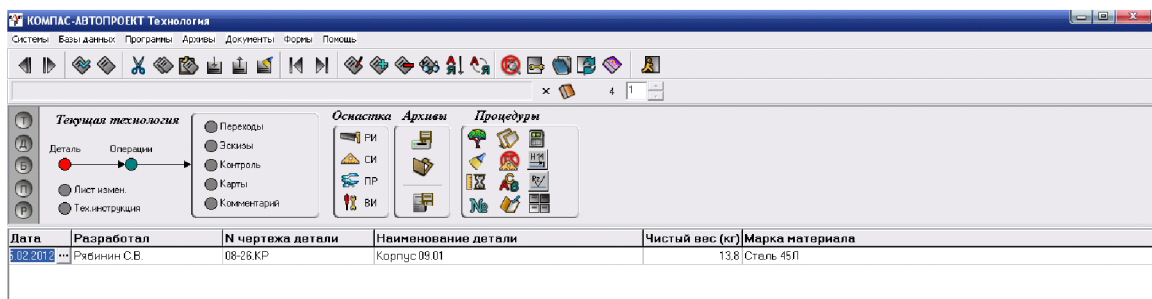


Рисунок 2.26 – Реєстрація деталі «Корпус 59.37» у модулі АВТОПРОЕКТ-СПЕЦИФІКАЦІЯ

Після введення даних про деталь вносяться відомості про зміст технологічного маршруту у вигляді операцій механічної обробки (рис. 2.27). Назви та зміст операцій вибираються автоматично з переліку наявних баз даних.

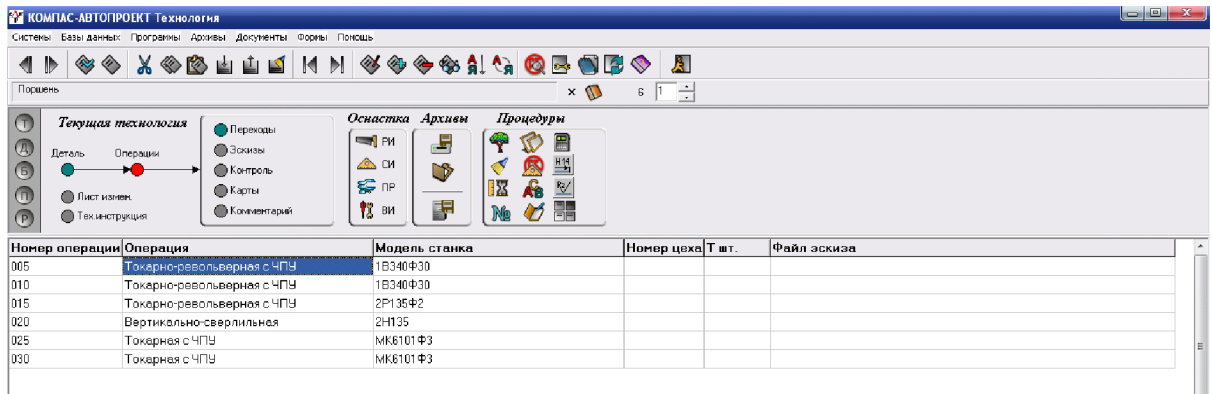


Рисунок 2.27 – Розробка операцій маршруту механічної обробки

Після введення переліку операцій механічної обробки детально вносяться дані про зміст кожної операції з вибором специфіки та виконуваних розмірів кожного окремого переходу (рис. 2.28).

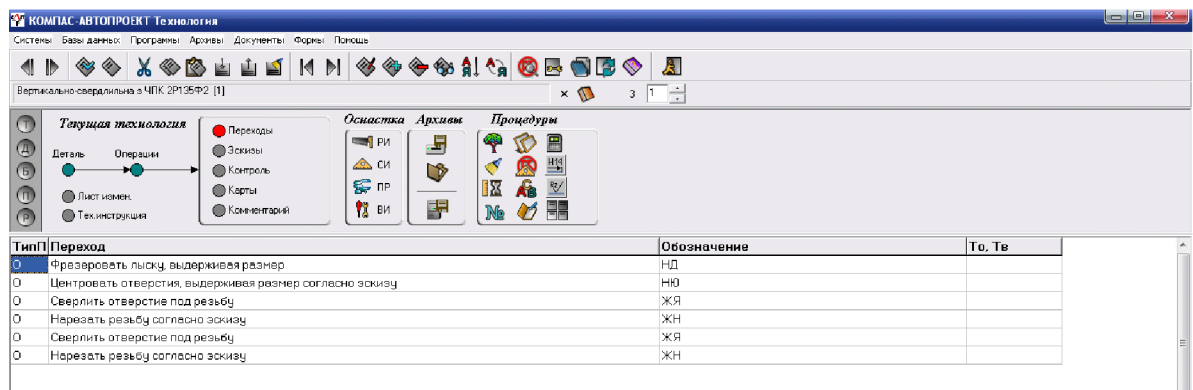


Рисунок 2.28 – Розробка переходів операцій маршруту механічної обробки

Таким чином, до системи АВТОПРОЕКТ-ТЕХНОЛОГІЯ внесені відомості про маршрут механічної обробки деталі «Корпус» у вигляді операцій та описом їх переходів.

Після введення даних про зміст переходів операцій механічної обробки можна розрахувати режими різання на кожному переході. Для цього кожний перехід додатково уточнюється внесенням параметрів режимів різання: ширина, довжина, матеріал ріжучої частини інструмента і т.д. (рис. 2.29).

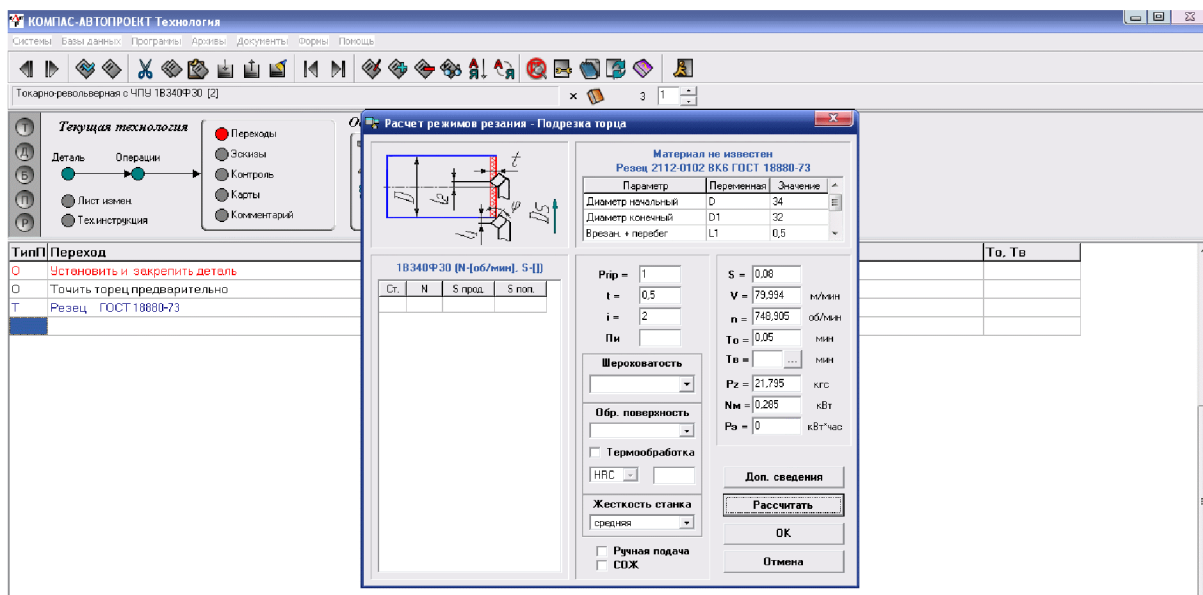


Рисунок 2.29 – Розрахунок режимів різання на операції 005 переходах 2-5

Після введення параметрів процесу різання можна провести розрахунок норм часу за допомогою послідовного автоматичного вибору параметрів виконуваного переходу на операції механічної обробки. Для цього слід вибрати вид механічної обробки із переліку бази даних системи АВТОПРОЕКТ-ТЕХНОЛОГИЯ (рис. 2.30).

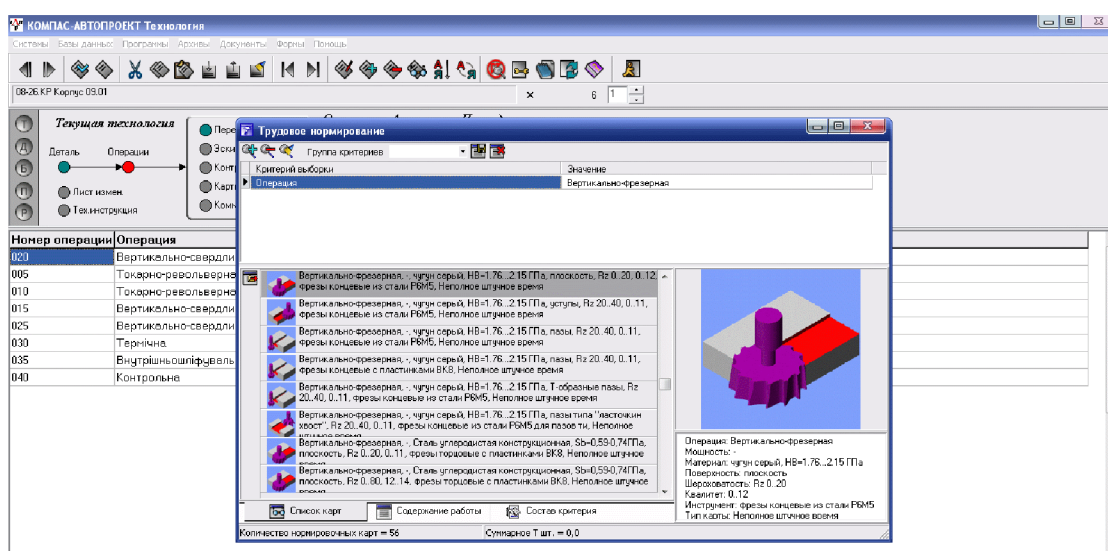


Рисунок 2.30 – Вибір виду механічної обробки із переліку бази даних

Потім уточнюються параметри інструменту та умов обробки на виконуваний операції (рис. 2.31).

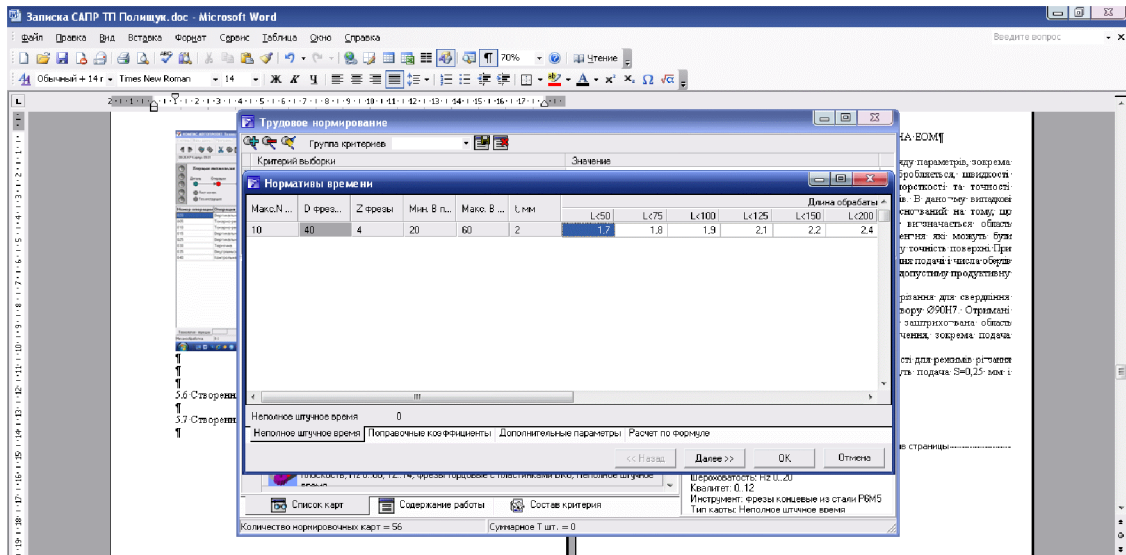


Рисунок 2.31 – Уточнения параметров обработки

В результаті отримаємо значення величин норм часу на виконуваному переході, що автоматично буде внесено у перелік змісту переходів та операцій маршруту механічної обробки.

Після розробки операцій механічної обробки та розрахунку режимів різання і норм часу автоматично формуються технологічна документація – маршрутна карта, операційна карта та відомість оснастки, що представлені у додатку В.

2.6 Висновки до розділу 2

Отже, розроблено тривимірну модель деталі «Корпус 59.37» у CAD-системі Компас, виконано її аналіз на міцність у CAD/CAE-системі T-Flex CAD, що дозволило удосконалити її конструкцію. Розроблено програму обробки деталі «Корпус 59.37» на верстаті з ЧПК у CAD/CAM-системі Сimatron, а також створено переходи та операції технологічного процесу механічної обробки деталі «Корпус 59.37» у PDM-системі Автопроект.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності. В результаті оцінювання робиться висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого її впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х експертів, які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ю критеріями, наведеними в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою

Продовження таблиці 3.1.

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки пові-домлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки потрібно звести в таблицю за зразком таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Савуляк В.В.	Сухоруков С.І.	Дерібо О.В.
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	2
2	1	2	2
3	2	3	3
4	2	2	2
5	3	4	3
6	2	2	1
7	2	2	2
8	3	3	3
9	2	4	2
10	2	3	3
11	4	3	4
12	4	4	4
Сума балів	СБ ₁ =28	СБ ₂ =34	СБ ₃ =31
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{28 + 34 + 31}{3} = 31$		

Згідно [25] розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

Характеризуючи виріб та ринок його реалізації висвітлюємо наступні питання.

Даний виріб має нову конструкцію та має забезпечити потребу споживачів у швидкому реагуванні та економії енергії.

Ринками збуту продукції можуть бути промислові регіони України.

Потенційними покупцями нового товару можуть бути малі та середні машинобудівні та ремонтні підприємства з одиничним та серійним виробництвом. Також деяка кількість підприємств може замінити старе або менш ефективне обладнання пропонованим.

Оскільки загальний ресурс роботи пропонованого пристрою є досить великим, тому будемо вважати, що його покупка підприємством буде разовою. Також оцінивши новизну, та техніко економічні показники можна припустити що пристрій буде зберігати свою актуальність протягом 5 років.

3.2 Прогнозування витрат на розробку нового технічного рішення

Капітальні витрати на розробку нового рішення складаються з відповідних витрат і розраховуються за формулою:

$$K = Z_0 + Z_p + Z_{\text{дод}} + Z_n + A_{\text{обл}} + M + K_e + V_{\text{ЕЛ}} + V_{\text{ін}}, \quad (3.1)$$

де Z_0 – основна заробітна плата розробників, грн.;

Z_p – основна заробітна плата робітників, грн.;

$Z_{\text{дод}}$ – додаткова заробітна плата робітників, грн.;

Z_n – нарахування на заробітну плату розробників, грн.;

$A_{\text{обл}}$ – амортизація обладнання та приміщень для розробки, грн.;

M – витрати на матеріали, грн.;

K_e – витрати на комплектуючі, грн.;

$V_{\text{ел}}$ – витрати на електроенергію для розробки технічного рішення, грн.;

$V_{\text{ін}}$ – інші витрати, грн.

Витрати на основну заробітну плату розробників розраховують за формулою:

$$Z_0 = \frac{M \cdot t}{T_p}, [\text{грн}] \quad (3.2)$$

де M_{mi} – місячний посадовий оклад конкретного розробника, грн.;

t_i – число днів роботи конкретного розробника, грн.;

T_p – середнє число робочих днів в місяці, $T_p = 21 \dots 23$ дні.

Проведені розрахунки зведені до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
Керівник проекту	9000	428,6	24	10286,4
Інженер-конструктор	7000	333,3	10	3333
			Всього	$Z_0 = 13619,4$

Витрати на основну заробітну плату робітників за відповідними найменуваннями робіт розраховують за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_t \cdot t_i, [\text{грн}] \quad (3.3)$$

де C_t – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн./год;

t_i – час роботи робітника на визначеній i -й технологічній операції при виготовленні одного виробу, год.;

$$C_t = \frac{M_M \cdot K_i}{T_p \cdot t_{зм}}, [\text{грн}] \quad (3.4)$$

де M_M – розмір мінімальної місячної заробітної плати, грн. (5000 грн.) :

K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду. Величина чинних тарифних коефіцієнтів робітників відповідних розрядів для бюджетної сфери наведена в [2];

T_p – середнє число робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 21 \dots 23$ дні;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

Оскільки принципова схема нового пристрою вже відома, можна скласти приблизний перелік основних деталей та операцій для їх виготовлення.

Результаті розрахунків представлені у таблиці 3.4.

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10...12% від суми основної заробітної плати розробників та робітників за формулою:

$$Z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}} (Z_p + Z_o) = 0,12 \cdot (11,5 + 13619,4) = 1635,71 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 3.4 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт (механічна обробка на верстаті)	Трудомісткість, год.	Коефіцієнт	Розряди робіт	Погодинна тарифна ставка	Величина оплати, грн.
Токарно-револьверний з ЧПК 1В340Ф30	0,072	1,37	4 (Ki = 1,35)	52,53	3,78
Токарно-револьверний з ЧПК 1В340Ф30	0,08	1,37	4 (Ki = 1,35)	52,53	4,2
Фрезерна з ЧПК 2Р135Ф2	0,055	1,37	4 (Ki = 1,35)	52,53	2,89
Внутрішньо-шліфувальний 3К227В	0,005	1,37	4 (Ki = 1,35)	52,53	0,26
Торцекругло-шліфувальний ХП4-104Ф2Н	0,007	1,37	4 (Ki = 1,35)	52,53	0,37
Всього					$Z_p = 11,5$

Нарахування на заробітну плату розробників та робітників розраховується як 22 % від суми основної та додаткової заробітної плати розробників і робітників за формулою:

$$Z_H = H_{zn} (Z_p + Z_o + Z_{дод}) = 0,22 \cdot (11,5 + 13619,4 + 1635,71) = 3358,65 \text{ (грн.)}$$

Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання та приміщенням можуть бути розраховані з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою.

$$A_{обл} = \frac{Ц \cdot H_a \cdot T}{100 \cdot 12}, \quad (3.5)$$

де Ц – загальна балансова вартість всього обладнання, комп'ютерів, приміщень тощо, що використовувались для виконання даного етапу роботи, грн;

H_a – річна норма амортизаційних відрахувань (10...25)%, для нашого випадку можна прийняти $H_a = 15\%$.

T – термін, використання обладнання, приміщень тощо, місяці.

Результати розрахунків представлені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Амортизаційні відрахування

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн.
Оф. приміщення	90000	15	2	2250
Вироб. прим.	250000	15	1	3125
Комп'ютери	12000	4	2	300
Верстат внутрішньо-шліфувальний ЗК227В	100000	10	1	1562
Верстат токарно-револьверний з ЧПК 1В340Ф30	140000	10	1	1750
Верстат вертикально-свердлильний 2Р135Ф2	140000	10	1	1750
Верстат торцециркуло-шліфувальний ХШ4-104Ф2Н	100000	10	1	1562
Всього:				$A_{\text{обл}} = 12299$

Витрати на матеріали, у вартісному вираженні розраховуємо окремо по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{ej}, \quad (3.6)$$

де H_j – норма витрат матеріалу j -го найменування, кг;

n – кількість видів матеріалів;

C_j – вартість матеріалу j -го найменування, грн./кг;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1, 1 \dots 1, 15$);

B_j – маса відходів j -го найменування, кг;

C_{ej} – вартість відходів j -го найменування, грн./кг.

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу	Ціна за кг., грн.	Витрач., кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн.	Коеф.	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Сталь 45Л	29,5	3,6	0,23	3,9	1,15	30,8
Всього						30,8

Витрати на комплектуючі виробу, які використовують при розробці одиниці нового технічного рішення, розраховуються, згідно їх номенклатури, за формулою:

$$K_e = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j, \quad (3.7)$$

де H_j – кількість комплектуючих;

C_j – покупна ціна комплектуючих;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j=1,1 \dots 1,15$).

Таблиця 3.7 – Витрати на комплектуючі

Найменування інструменту	Кількість	Ціна за штуку, грн.	Сума, грн.
Різець розточний №1	15	15,00	247,50
Різець розточний №2	10	20,00	220,00
Зенківка	10	22,00	121,00
Зенкер	5	25,00	137,50
Свердлило спіральне	3	7,50	24,75
Всього			750,75

Враховуючи коефіцієнт витрат на транспортування витрати на комплектуючі дорівнюватимуть $K_e = 750,75 \cdot 1,1 = 825,83$ грн.

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$B_e = B \cdot П \cdot \Phi \cdot K_{\Pi}, \quad (3.8)$$

де B – вартість 1 кВт-год. Електроенергії ($B = 2,55$ грн./кВт);

P – установлена потужність обладнання, кВт;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, годин;

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт використання потужності; $K_{\text{п}} < 1$.

Таблиця 3.8 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт.	Тривалість роботи, год.	Коефіцієнт використання потужності	Сума, грн.
Освітлення офісних приміщень	0,8	420	0,95	813,96
Освітлення вироб. приміщень	2	25	0,95	121,13
Комп'ютерна техніка	1	420	0,7	695,18
Верстати та інше обладнання	23	0,219	0,9	11,56
				$B_e = 1641,83$

Інші виробничі витрати доцільно прийняти як (100...300)% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які приймали участь в розробці нового технічного рішення. Величину витрат розраховують за формулою:

$$B_{in} = 2 (3_p + 3_o) = 2 \cdot (11,5 + 13619,4) = 27261,8 \text{ (грн.)}$$

Тоді визначаємо вкладення на розробку конструкторського технічного рішення відповідно до формули (3.1) будуть дорівнювати:

$$K = 13619,4 + 11,5 + 1635,71 + 3358,65 + 12299 + 30,8 + 825,83 + \\ + 1641,83 + 27261,8 = 63605,79 \text{ (грн.)}$$

Виконуємо розрахунок загальних витрат на виконання даної роботи.

Загальна вартість всієї наукової роботи визначається за $B_{\text{заг}}$ формулою:

$$B_{\text{заг}} = \frac{B_{\text{ін}}}{\alpha}, \quad (3.9)$$

де α – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даного етапу роботи, у відповідних одиницях, в данному випадку $\alpha = 0,9$.

Тоді

$$B_{\text{заг}} = B_{\text{ін}} / \alpha = 27261,8 / 0,9 = 30290,9 \text{ (грн)}.$$

Виконуємо прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів виконаної наукової роботи. Прогнозування загальних витрат ZB на виконання та впровадження результатів виконаної наукової роботи здійснюється за формулою:

$$ZB = B_{\text{заг}} / \beta = 30290,9 / 0,7 = 43272,7 \text{ (грн)}.$$

де $\beta = 0,7$ – коефіцієнт, який характеризує етап (стадії розробки промислового зразка) виконання даної роботи.

3.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

За приблизними розрахунками на виконання науково-дослідної роботи та впровадження її результатів, а також отримання прибутків необхідно 6 місяці.

Позитивний ефект прогнозується одразу після впровадження розробки у виробництво, і за рахунок досить якісної зміни характеристик у порівнянні із аналогами актуальність нова розробка буде мати у продовж, мінімум, п'яти років.

В результаті дослідження виробництв де використовується схожі вироби, можна припустити, що впровадження нової розробки дозволить у порівнянні з аналогами збільшити кількість оброблюваних деталей на 20% за перший рік, на

15% в другий, та на 10% у кожен послідуєчий за рахунок збільшення швидкості та якості роботи.

Приблизний час роботи виробу в рік (за умови використання в дві зміни) складає 3000 год., одна година технологічної обробки деталей для аналогів коштує 20 грн., а прибуток складає 8 грн./год. З цих даних можна розрахувати економічний ефект від впровадження розробки на підприємстві.

Розрахунок проводимо за формулою:

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta\Pi_{\text{я}} \cdot N + \Pi_{\text{я}} \Delta N)_i, \quad (3.10)$$

де $\Delta\Pi_{\text{я}}$ – покращення основного якісного показника від впровадження результатів розробки у даному році, $\Delta\Pi_{\text{я}} = 20 \cdot 0,4 = 8$ грн;

N – основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

ΔN – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки;

$\Pi_{\text{я}}$ – основний якісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки;

n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки.

Збільшення чистого прибутку протягом першого року (значення ділимо на два, оскільки прибуток отримується із середини року):

$$\Delta\Pi_1 = 0,5 \cdot (8 \cdot 3000 + (8 + 8) \cdot 3000 \cdot 0,2) = 16800 \text{ (грн.)}$$

Збільшення чистого прибутку протягом другого року:

$$\Delta\Pi_2 = 8 \cdot 3000 + (8 + 8) \cdot 3000 \cdot 0,2 \cdot 1,15 = 35040 \text{ (грн.)}$$

Збільшення чистого прибутку протягом третього року:

$$\Delta\Pi_3 = 8 \cdot 3000 + (8 + 8) \cdot 3000 \cdot 0,2 \cdot 1,15 \cdot 1,1 = 36144 \text{ (грн.)}$$

Збільшення чистого прибутку протягом четвертого року:

$$\Delta\Pi_4 = 8 \cdot 3000 + (8 + 8) \cdot 3000 \cdot 0,2 \cdot 1,15 \cdot 1,1^2 = 37358,4 \text{ (грн.)}$$

Збільшення чистого прибутку протягом п'ятого року:

$$\Delta\Pi_5 = 8 \cdot 3000 + (8 + 8) \cdot 3000 \cdot 0,2 \cdot 1,15 \cdot 1,1^3 = 38694,24 \text{ (грн.)}$$

3.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Основними показниками, які визначають доцільність фінансування наукової розробки певним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених інвестицій та термін їх окупності. Розрахунок ефективності вкладених інвестицій передбачає проведення таких робіт.

1. Розраховують теперішню вартість інвестицій PV, що вкладаються в наукову розробку. Такою вартістю ми можемо вважати прогнозовану величину загальних витрат ЗВ на виконання та впровадження результатів дослідження, що складає 43272,7 грн. Для спрощення подальших розрахунків будують вісь часу, на яку наносять всі платежі (інвестиції та прибутки), що мають місце під час виконання науково-дослідної роботи та впровадження її результатів. Платежі показуються у ті терміни, коли вони здійснюються.

Отже загальні витрати ЗВ на виконання та впровадження результатів роботи становлять 43272,7 грн. Результати вкладених у наукову розробку інвестицій почнуть виявлятися через шість місяців і впродовж п'яти років від початку розробки впровадження.

Тоді рисунок, що характеризує рух платежів (інвестицій та додаткових прибутків) буде мати вигляд, наведений на рисунок 3.1.

Розраховуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій $E_{\text{абс}}$. Для цього користуються формулою:

$$E_{abc} = (ПП - PV), \quad (3.11)$$

де ПП – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство (організація) від реалізації результатів наукової розробки, грн;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 3B$, грн.

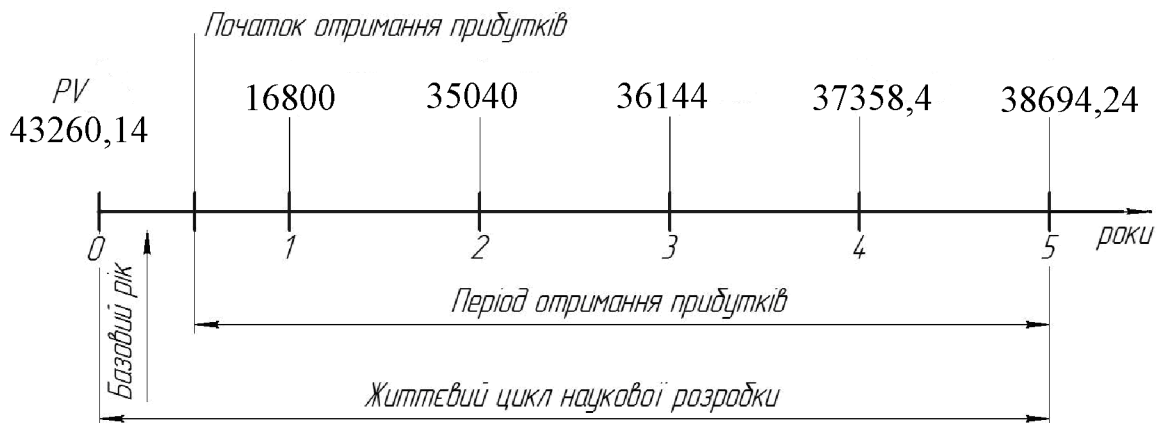


Рисунок 3.1 – Вісь часу з фіксацією платежів, що мають місце під час розробки та впровадження результатів НДДКР

У свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків ПП розраховується за формулою:

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (3.12)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДДКР, грн;

t – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої НДДКР, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,1;

t – період часу (в роках) від моменту отримання чистого прибутку до точки «0».

Якщо $E_{abc} \leq 0$, то результат від проведення наукових досліджень та їх

впровадження буде збитковим і вкладати кошти в проведення цих досліджень ніхто не буде.

Якщо $E_{abc} > 0$, то результат від проведення наукових досліджень та їх впровадження принесе прибуток, але це також ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлений у фінансуванні даного проекту (роботи).

Розрахуємо абсолютну ефективність інвестицій, вкладених у реалізацію проекту. Домовимося, що ставка дисконтування τ дорівнює 0,1.

Таким чином, отримаємо:

$$ПП = \frac{16800}{(1+0,1)^2} + \frac{35040}{(1+0,1)^3} + \frac{36144}{(1+0,1)^4} + \frac{37358,4}{(1+0,1)^5} + \frac{38694,24}{(1+0,1)^6} = 109948,58 \text{ (грн)}.$$

Тоді $E_{abc} = (109948,58 - 40889,2) = 69059,38$ грн.

Оскільки $E_{abc} > 0$, то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів НДДКР може бути доцільним.

Розраховуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій E_v . Для цього користуються формулою:

$$E_v = T_{ж} \sqrt[1 + \frac{E_{abc}}{PV}]{} \quad (3.13)$$

де E_{abc} – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, грн;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = ZB$, грн;

$T_{ж}$ – життєвий цикл наукової розробки, роки.

Далі, розрахована величина E_v порівнюється з мінімальною (бар'єрною) ставкою дисконтування τ_{\min} , яка визначає ту мінімальну дохідність, нижче за яку інвестиції вкладатися не будуть. У загальному вигляді мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування τ_{\min} визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (3.14)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2020 році в Україні $d = (0,7...0,15)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05...0,1)$, але може бути і значно більше.

Якщо величина $E_B > \tau_{\text{мін}}$, то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки. В іншому випадку фінансування наукової розробки здійснюватися не буде.

Спочатку спрогнозуємо величину $\tau_{\text{мін}}$. Припустимо, що за даних умов $\tau_{\text{мін}} = 0,1 + 0,05 = 0,15$.

Тоді відносна (щорічна) ефективність вкладних інвестицій в проведення наукових досліджень та впровадження їх результатів складе:

$$A_a = \sqrt[5]{1 + \frac{A_{\text{дан}}}{PV}} - 1 = \sqrt[5]{1 + \frac{69059,38}{40889,2}} - 1 = 0,219 \text{ або } 21,9 \%$$

Оскільки $E_B = 21,9\% > \tau_{\text{мін}} = 0,15 = 15\%$, то інвестора може зацікавити вкладання капіталу в дану розробку.

Розраховуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій. Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій $T_{\text{ок}}$ можна розрахувати за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{1}{E_B}. \quad (3.15)$$

Якщо $T_{\text{ок}} < 3...5$ -ти років, то фінансування даної наукової розробки в принципі є доцільним. В інших випадках потрібні додаткові розрахунки та обґрунтування. Термін окупності вкладених у реалізацію проекту інвестицій $T_{\text{ок}}$ складе:

$$T_{\text{ок}} = 1 / 0,219 = 3,89 \text{ років,}$$

що свідчить про можливу доцільність фінансування даної розробки.

3.5 Висновки до економічної частини

При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено комерційний потенціал дослідження та розраховано кошторис капітальних витрат на розробку нового технічного рішення, на його виробництво та впровадження, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення.

Комерційний потенціал дослідження за результатами опитування експертів було визначено як вище середнього. Визначення капітальних витрат на розробку нового технічного рішення включало витрати на основну заробітну плату розробників (13619,4 грн.) і робітників (11,5 грн. на виготовлення одиниці продукції), а також додаткову заробітну плату (1635,71 грн.), амортизацію обладнання (12299 грн), витрати на електроенергію (2379,97 грн), матеріали (30,8 грн. на одиницю продукції) і таке інше. В розрахунку економічної ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової роботи, що склали 43272,7 грн., спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність (21,9%/рік) вкладених інвестицій і періоду їх окупності (3,89 років). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової роботи оскільки вона є економічно доцільною.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИЙ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз умов праці

На ділянці діють небезпечні та шкідливі виробничі фактори фізичної, хімічної та психофізичної груп.

Фізичні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- рухомі машини та механізми, рухомі частини виробничого обладнання;
- підвищена запиленість та загазованість робочої зони;
- підвищена температура поверхонь обладнання та матеріалів;
- підвищена або понижена температура повітря робочої зони;
- гострі кромки, заусениці та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів, обладнання;
- недостатня освітленість робочої зони;
- відсутність або нестача природного освітлення;
- підвищена або понижена вологість повітря;
- підвищений рівень шуму на робочому місці. Хімічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- загально токсичні;
- подразнюючі.

Ці фактори виникають внаслідок застосування в виробництві змащувально-охолоджувальних рідин для нормальної роботи ріжучого інструменту і можуть бути причиною хронічних та гострих отруень; в зв'язку з цим санітарні правила при роботі із змащувально-охолоджувальними рідинами (ЗОР) і технологічними мастилами (ТМ) передбачають наступний перелік хімічних з'єднань, які потребують гігієнічного контролю, в повітрі робочої зони при експлуатації ЗОР (водорозчинних та на основі масел) та ТМ: аерозоль мастила, вуглеводи граничні та неграничні, окись вуглецю – при застосуванні ЗОР на основі мастила, а також супроводжуючі газовиділення: сірчастий вуглець, хлористий вуглевод, триетаноламін, нітрат натрію, трьохвалентний хром, жирні ефіри, акролеїн,

меркаптани, формальдегід, вищі спирти. Їх граничне допустима концентрація повинна не перевищувати (1мг/м^3).

4.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Виробнича санітарія визначається як система організаційних, технічних засобів, які забезпечують захист або зменшують дію на робітника шкідливих факторів.

Виробнича санітарія - це правильна організація освітлення робочих місць, організація вентиляції, фарбопокриття стін і обладнання у відповідності з санітарно-технічними нормами .

Освітлення на дільниці механічного цеху відповідає нормам виробничої санітарії і складає 2 000 (лм), а загальна освітленість - 200(лм). Освітлення виконується по системі природного освітлення. При проектуванні дільниці цеха механічної обробки встановлюється загально обмінна приточно-витяжна вентиляція, яка відповідає вимогам виробничої санітарії: недопущення забруднення повітря приміщення пилом, газами, які утворюються при виконанні виробничих процесів, забезпечення нормального повітряного складу з використанням раціональних вентиляційних установок. В нашому цеху застосовується рециркуляція повітря, яка особливо зручна при холодній порі року. При рециркуляції частина повітря, яка видаляється з приміщення, після відповідного очищення від виробничих шкідливостей, знову йде у приміщення.

Таблиця 4.1 – Оптимальні та допустимі значення мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура		Вологість		Шв. руху повітря	
		Оптимальні	Допустимі	Оптимальні	Допустимі	Оптимальні	Допустимі
Холодний	II б	15-19	15-21	60-75	75	0,2-0,4	0,4
Теплий	II б	20,25	16-27	60-75	70	0,2-0,4	0,2-0,5

ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони згідно з ГОСТ 12.1.005-88 приведені в табл. 4.2.

Викиди в атмосферу із системи вентиляції слід розташовувати на відстані від приймальних пристроїв не менше 10 м по горизонталі, або 6 м по вертикалі при цьому горизонтальній відстані менше 10м. Викиди із систем місцевих відсмоктувачів слід розміщувати на висоті не менше 2 м над найвищою точкою кривлі, а викиди аварійної вентиляції - не менше 3 м від рівня землі.

Таблиця 4.2 – Гранично допустима концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої

Назва речовини	ГДК, мг/м	Клас небезпеки	Агрегатний стан
Бензин-розчинник	100	4	П
Окис міді	10	4	А
Сірчана кислота	12	А	А
Свинець та його неорганічні з'єднання	0,01	1	А
Уайт-спірит	600	4	П

Обладнання на дільниці пофарбовано відповідно нормам машинобудування НОВ-2 „Кольори фарбування металорізальних верстатів”. Станини верстатів пофарбовані у світло-зелені кольори; рухома частина - у креманий; внутрішні частини огорожень рухомих частин верстатів, лампи, сигналізуючи про порушення технологічного процесу, кнопки, рукоятки вимикачів, а також аварійні кнопки - у червоний. Переплетення світлових проїомів, стіни над рівнем 2,5-3 (м) пофарбовані у білий колір, так як біла поверхня відбиває більш як 80% падаючого світла, створюючи добру освітленість. Панелі пофарбовані у світло-зелений колір.

4.2.2 Освітлення

При виконанні в приміщенні робіт Пб розряду слід приймати систему комбінованого освітлення $E=2000$ (лк).

Характеристика зорової роботи - високої точності; найменший розмір об'єкту від 0,15 (мм) до 0,3(мм); розряд та під розряд зорової роботи Пб; освітленість при комбінованому освітлені 2000 (лк).

Освітлення робочої поверхні, що здійснюється світильниками загального освітлення в системі комбінованого освітлення повинно складати 10(%) від тієї, що нормується для комбінованого освітлення при тих джерелах світла, що використовуються для місцевого освітлення. При цьому найменші і найбільші значення освітленості приймаються згідно табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Граничні значення освітленості

Лампи	Освітленість від світла заг. освітл. в системі комінов., лк	
	найбільша	найменша
Газорозрядні	500	150
Розжарювання	100	50

Для загального освітлення в системі комбінованого слід передбачити, як правило, газорозрядні лампи незалежно від типу джерела світла місцевого освітлення.

При проектуванні загального освітлення (незалежно від системи освітлення) на підставі техніко-економічних розрахунків, слід приймати мінімально нерівномірність освітленості в зоні розташування робочих місць, при цьому відношення максимальної освітленості до мінімальної не повинно перевищувати для робіт I - III розрядів при люмінесцентних лампах 1,5; при інших джерелах світла – 2.

При виконанні в приміщеннях робіт 1-V розрядів освітленість проходів та дільниць де роботи не виконуються, повинна складати не менше 25(%) освітленості, що створюються світильниками загального освітлення на

робочому місці, але не менше 75(лк) при газорозрядних лампах.

Для місцевого освітлення повинні бути передбачені світильники з непросвічуючими відбивачами, які мають захисний кут не менше 30°.

Коефіцієнт пульсації освітленості при освітленні приміщень газорозрядними лампами, які живляться змінним струмом частотою 50(Гц), не повинен перевищувати значень приведених в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Коефіцієнт пульсації освітленості

Система освітлення	Коефіцієнт пульсації освітленості, %, при розрядах зорової роботи 1,11
Комбіноване загальне	20
Комбіноване місцеве	10

Аварійне освітлення передбачається, якщо відключення робочого освітлення може викликати:

- порушення норм обслуговування обладнання;
- тривале порушення технологічного процесу
- порушення роботи пристроїв вентиляції і кондиціонування повітря для виробничих приміщень.

Розрахунок природнього освітлення

Попередній розрахунок площі світлових проїомів проводимо по бічному освітленні приміщення за формулою:

$$S_0 = \frac{e_i \cdot K_\varphi \cdot \hat{E}_{\text{за}} \cdot \xi_0 \cdot S_n}{\tau_0 \cdot r_1 \cdot 100}, [\text{M}^2] \quad (4.1)$$

де S_0 – площа світлових проїомів, (м)

$S_n = 20-40 = 800(\text{м}^2)$ – площа полу приміщення;

e_n – нормативне значення КЕО, Єц = 1,26;

K_3 – коефіцієнт запасу, приймаємо $K_3 = 1.3$, так як роботи виконуються в

інструментальному, механічному цеху;

ξ_0 – світлова характеристика вікна, приймаємо $\xi_0 = 20,5$, так як відношення $l_{\text{п}}/B=40/6=6,7$;

$K_{\text{зд}}$ – коефіцієнт, що враховує затемнення вікон навпротистоячими будівлями; приймаємо $K_{\text{зд}} = 1.1$, так як затемнення вікон навпроти стоячими будівлями $P/H_{\text{зд}}=2$; $\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5$ коефіцієнт світлопропускання;

τ_1 – коефіцієнт світло пропускання матеріалу, приймаємо $X_i=0,9$, так як вид світлопропускаючого матеріалу - органічне прозоре скло.

τ_2 – коефіцієнт, що враховує витрати світла в рамках світло прийому; приймаємо $\tau_2 = 0,6$, так як рами для вікон та фонарів подвійні (розділені);

τ_3 – коефіцієнт, що враховує витрати світла у несучих конструкціях, $\tau_3 = 1$ при бічному освітленні;

τ_4 – коефіцієнт, що враховує витрати світла у сонцезахисних пристроях, $\tau_4 = 1$ при регулюючих жалюзі і шторах;

τ_5 – коефіцієнт, що враховує витрати світла у запитній сітці, $\tau_5 = 0,9$.

r_1 – коефіцієнт, що враховує підвищення КЕО, приймаємо $r_1 = 4,45$.

Отже, $\tau_0 = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,486$.

$$S_0 = \frac{1,26 \cdot 1,3 \cdot 20,5 \cdot 1,1}{0,486 \cdot 4,45 \cdot 100} \cdot 800 = 59 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Розрахунок коефіцієнта природного освітлення при бічному освітленні виконуємо за формулою:

$$e_p^B = (E_{\sigma} \cdot q \cdot E_{s_0} \cdot R) \cdot r \cdot \frac{\tau_0}{K_3} \quad (4.2)$$

де E_B – геометричний КЕО в розраховує мій точці, який враховує пряме світло неба:

$$E_{\sigma} = 0,01 \cdot (n_1 - n_2), \quad (4.3)$$

де n_1 – кількість променів на поперечному перерізі, по графіку I А.М.Данилюка $n_1 = 0,5$;

n_2 – кількість променів у плані приміщення, $n_2 = 33$;

q – коефіцієнт, що враховує нерівномірну яскравість захмареного неба, приймаємо $q = 0,5$.

$E_{зд}$ – геометричний КЕО в розраховує мій точці, що враховує світло, яке відбивається від навпроти стоячих будівель:

$$E_{зд} = 0,01 \cdot (n_1 - n_2), \quad (4.4)$$

де n_1 – кількість променів від навпроти стоячої будівлі на поперечному перерізі, за графіком I А.М. Данилюка приймаємо $n_1 = 0,2$;

n_2 – кількість променів у плані приміщення, за графіком II А.М. Данилюка приймаємо $n_2 = 25$;

R – коефіцієнт, що враховує відносну яскравість навпроти стоячої будівлі; в залежності від оздоблювального матеріалу фасаду навпроти стоячої будівлі (цегла) та її індексу в плані:

$$Z_1 = \frac{l_n \cdot l}{(h+l) \cdot a} = \frac{20 \cdot 19}{(10+19) \cdot 2,1} = 6, \quad Z_1 = \frac{H \cdot l}{(h+l) \cdot h_1} = \frac{4 \cdot 19}{(10+19) \cdot 4} = 0,65.$$

за таблицею коефіцієнт $R = 0,205$. Отже: $E = 0,01 (0,5 - 33) = 1,05(\%)$;

$E = 0,01 \cdot (0,2 - 25) = 0,5(\%)$;

$$e_P^B = (1,05 \cdot 0,5 + 0,5 \cdot 0,255) \cdot 4,45 \cdot \frac{0,468}{1,3} = 1,4\%.$$

Таким чином $e_P^B = 1,4(\%) > e_n = 1,26(\%)$, отже вибрані розміри світлових проїомів забезпечують вимоги нормативів по природньому освітленню приміщення.

4.2.3 Шум і вібрації

В зв'язку з шумом який виникає в процесі різання дільницю необхідно розміщувати в ізольованому приміщенні. При розміщенні дільниці в цеху в окремій кабіні стіни необхідно облицьовувати звуопоглинаючими матеріалами з коефіцієнтом звукопоглинання не нижче 0,7. Для захисту органів слуху від шуму необхідно застосовувати антифони.

Таблиця 4.5 – Нормативні рівні звукового тиску на дільниці

Робочі місця	Рівні звукового тиску в Дб у октавних смугах із середньгеометричними частинами Гц									Еквівалентний рівень звуку Дб (А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виконання всіх видів робіт на постійних місцях у виробничих	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Амплітуду коливань при вібраціях вимірюють з допомогою електричних віброметрів АИН- 4. Орієнтовані заміри вібрацій виконують механічними вібрографами.

Вібрації знижуються при використанні амортизаторів, змащувальних матеріалів та реактивних гасників пульсації. Особливе значення в боротьбі з вібрацією мають фундаменти виробничих будівель, а також фундаменти під устаткуванням. На робітників може діяти локальна і загальна вібрація.

Локальна передається через руки, загальна через підшви ніг. Загальна вібрація категорії “а”, критерій оцінки - границя зниження продуктивності. Норми вібрацій приведено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Норми вібрацій

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дій	Нормативні коректовані по частоті та еквівалентні значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			$a_{нм}/c^2$	$La_{нДб}$	$V_{н} \cdot 10^2 м/с$	$L_{VнДб}$
Локальна		$X_n, Г, 2_n$	2,0	125	2,0	112
Загальна	3 типа		0,1	100	0,2	90

4.3 Електробезпека

Представлена ділянка по небезпеці ураження електричним струмом відноситься до особливо небезпечних приміщень. Тут існує струмопровідна підлога і можливе одночасне торкання оператором до заземлених механізмів та металевих корпусів електрообладнання. До електрообладнання висуваються наступні вимоги:

1). Необхідність занулення, що запобігає ураженню електричним струмом оператора Згідно «ПУЕ» занулення являється ефективною мірою захисту при живленні електрообладнання 3-х фазних і 4-х провідних мереж (220/380) з глухо заземленою нейтраллю живильного трансформатора напругою до 1000 В;

2). В електричній схемі обладнання має бути передбачено блокуючий пристрій на випадок падіння або збільшення напруги в мережі живлення.

Виробниче обладнання повинне забезпечуватись засобами аварійної сигналізації. Органи управління повинні забезпечувати надійність пусків і швидкість зупинки, але мають бути простими в користуванні, оператор не повинен прикладати великих зусиль для їх переміщення. Також органи керування повинні бути відповідним чином марковані, або мати відповідні написи.

Органи аварійного керування «СТОП» повинні бути забарвлені в червоний колір та мати зручну форму для аварійного відключення.

4.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

4.3.1 Техніка безпеки

До роботи повинен допускатися обслуговуючий персонал, що добре знає технічний процес, пройшов підготовку за правилами експлуатації обладнання, пралами техніки безпеки та гігієни.

Вентиляція, що відсмоктує, повина бути постачена пиловловлюючим фільтром. Необхідно стежити за своєчасним очищенням пиловловлюючого фільтра.

Робота приміщення, у яких здійснюється обробка із застосуванням бензину, спирту, ацетону повинні бути знеструмлені.

Особи, відповідальні за роботу обладнання, повині знати, що включення категорично забороняється:

- а) при несправній системі блокування;
- б) зі знятими захисними кожухами на механізмі обертання;
- в) при несправній системі електроживлення;
- г) при несправній системі водоохолодження.

Для забезпечення умов безпеки роботи і для запобігання неправильних дій обслуговуючого персоналу, що можуть привести до аварії і виходу з ладу устаткування, передбаченні блокування.

Додаткові заходи безпеки роботи з конкретними матеріалами повинні бути зазначені у відповідних технологічних інструкціях.

Кожен споживач зобов'язаний (у залежності від конкретних умов) розробити свою інструкцію з техніки безпеки.

Електробезпека. За ступінню електробезпеки приміщення відноситься до категорії особливо небезпечних умов по ураженню людей електричним струмом так, як в цьому відділенні присутні такі небезпечні фактори: струмопровідна підлога; струмопровідний пил.

Для захисту від ураження електрострумом обираємо такі засоби: занулення; подвійна ізоляція.

Занулення – навмисне електричне з'єднання з нульовим проводом металевих не струмонесучих частин, які можуть опинитись під напругою.

При зануленні провідників мають бути вибрані таким чином, що при замиканні на корпусах виникає струм короткого замикання, що забезпечує вимикання автомата чи плавлення плавкої вставки – запобіжника.

Подвійна ізоляція – електроізоляція, що складається з двох частин: робочої і додаткової ізоляції. Категорія виробництва за небезпекою ураження електрострумом визначається за ГОСТ 112.1.013-78, відповідний захист за ГОСТ 12.1.030-81.

Корпус будь –якої електроустановки необхідно занулювати.

4.3.2 Пожежна безпека

Роботи повинні проводитися у відповідності зі СНП 11-90-81, СНіП 11-2-80, з типовими правилами пожежної безпеки для промислових підприємств.

Категорія виробництв по пожежній небезпеці варто приймати по спеціальних відомчих переліках, затверджених міністерствами у встановленому порядку. Місця, відведені для установки устаткування повинні бути очищені від легкозаймистих матеріалів у радіусі не менше 5м.

Таблиця 4.6 – Ступінь вогнестійкості, допустима кількість поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку будівлі

Категорія будівлі	Допустима кількість поверхів	Ступінь	Площа поверху в межах пожежного		
			Одноповерхові	Багатоповерхових	
				2 поверхи	3 і більше
Г	6	Не обмеж.	Не обмеж.	Не обмеж.	Не обмеж.

Таблиця 4.7 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у год.) і максимальні межі розповсюдження полум'я по них (у см.) для даного ступеня вогнестійкості будівель

Ступінь вогнестійкості	Стіни				Колони	Сходчати площадки і клітки, косоури	Плити, настили інші несучі конструкцій перекриття	Елементи перекриття	
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі				Плити настили	Балки, ферми, рамки
Па	1/0	0,5/0	0,25/40	0,25/40	0,25/0	1/0	0,25/0	0,25/25	0,25/0

Найбільш прийнятним способом пожежегасіння є спосіб розбавлення. Він полягає у тому, що при концентрації кисню в повітрі до 14-18% горіння припинеться. Для пожежегасіння використовують рідку вуглекислоту. В якості ручних вуглекислотних вогнегасників застосовують ОУ-2, ОУ-5 та ОУ-8.

Отже, проведено аналіз стану охорони праці на робочому місці, де відбуватиметься технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус 59.37», що забезпечило безпечні умови праці під час роботи.

4.5 Висновки до розділу 4

Розроблено заходи забезпечення умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях під час виготовлення деталі «Корпус 59.37». Розглянуто організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, а також організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи. Крім цього проведено аналіз умов пожежної безпеки під час виготовлення деталі «Корпус 59.37».

ВИСНОВКИ

Отже в результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи визначено, що деталь «Корпус 59.37» є технологічною, а тип виробництва деталі – середньосерійний. На основі розрахованих техніко-економічних показників способів отримання заготовки деталі «Корпус 59.37» визначення, що найраціональнішим є спосіб лиття в облицьований кокіль. Виконано проектування послідовностей обробки поверхонь заготовки та операційного технологічного процесу виготовлення деталі з отриманням технологічних карт.

Проведено технологічну підготовку виробництва деталі «Корпус 59.37» на основі застосування CAD-системи КОМПАС V15, CAD/CADE-системи T-Flex v15, CAD/CAM-системи Cimatron E7 та PDM-системи АВТОПРОЕКТ 9.4, що дозволило отримати інтегровану інформаційну модель виробу. Проведено удосконалення міцності деталі «Корпус 59.37» за рахунок використання її інформаційної моделі.

В магістерській кваліфікаційній роботі розраховані основні економічні показники забезпечення виготовлення деталі «Корпус 59.37», що дозволило забезпечити економічний ефект від реалізації вкладених інвестиції з періодом окупності 3,89 років. Розроблено заходи забезпечення умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях під час виготовлення деталі «Корпус 59.37».

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Балакшин Б. С. Основы технологии машиностроения / Б. С. Балакшин. — М. : Машиностроение, 1969. — 358 с.
2. Барановський Ю.В. Режимы резания металлов: Справочник. [Ю. В. Барановський, Л. А. Брахман, Ц. З. Бродский и др.] ; / под ред. Ю.В. Барановського. — М. : Машиностроение, 1972. — 407 с.
3. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. — Минск : Вышэйшая школа, 1983.— 256 с.
4. Гусев А. А. Технология машиностроения (специальная часть) [А. А. Гусев, Е. Р. Ковальчук, Н. М. Колесов и др.]. — М. : Машиностроение, 1986. — 480 с.
5. Допуски и посадки. Справочник в 2 ч. / [Мягков В. Д., Палей М. А., Романов А. Б. и др.]. — Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, Ч. 1. — 1983. — 543 с.
6. Допуски и посадки : справочник в 2 ч. / [Мягков В. Д., Палей М. А., Романов А. Б. и др.]. — Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, Ч. 2.— 1983. — 448 с.
7. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Літї заготовки: навчальний посібник / [Ж. П.Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський та ін.]. — Вінниця : ВНТУ, 2009. — 199 с.
8. Комиссаров В. И. Точность, производительность и надежность в системе проектирования технологических процессов / В. И. Комиссаров, В. И. Леонтьев. М. : Машиностроение, 1985. – 224 с.
9. Маталин А. А. Технология машиностроения / А. А. Маталин. – Л. : Машиностроение, 1985. — 496 с.
10. Обработка металлов резанием. Справочник технолога. / [Панов А. А., Аникин В. В., Бойм Н. Г. и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988. – 736 с.

11. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с программным управлением. Часть II. Нормативы режимов резания. – М. : Экономика, 1990. – 473 с.

12. Автоматизація розрахунку сили закріплення заготовок для операцій фрезерування [електронний ресурс] / О.В. Петров, Р.В. Кукіль, І.В. Піта, В.В. Бабак// XLIX науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області, відбулася 18-29 травня, 2020. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2020/paper/view/9911/8269>.

13. Безопасность производственных процессов: Справочник / Под общ. Ред. С.В.Белова. – М.: Машиностроение, 1985. - 448с.

14. Справочник по гигиене труда. Под ред. Карпова Б.Д., Ковшило В.Е. –Л.: Медицина, 1976, 536с.

15. Справочник по охране труда на промышленном предприятии / К.Н. Ткачук и др.. – К.: Техника, 1991. – 285с.

16. Комп'ютерне проектування технологічного оснащення. Курсове проектування : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 125 с.

17. Станочные приспособления: Справочник. Т.1. / Под редакцией Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 592 с.

18. Станочные приспособления: Справочник. Т.2. / Под редакцией Б.Н. Вардашкина, В.В. Данилевского и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 656 с.

19. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1983. – 278 с.

20. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – М.: Машиностроение, 1971. – 564 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

ПОГОДЖЕНО
Головний технолог

керівник або заступник

ПрАТ «Вінницький завод «Маяк»

назва підприємства чи установи

підпис

Марчук А.В.

ініціали та прізвище

« ____ » _____ 2020 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

зав. кафедри ТАМ

д.т.н., професор Козлов Л.Г.

(підпис)

« ____ » _____ 2020 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ «КОРПУС 59.37»
З ВИКОРИСТАННЯМ CALS-ТЕХНОЛОГІЙ

08-26.МКР.016.00.000 ТЗ

Керівник роботи: к.т.н., доцент каф. ТАМ

Лозінський Д.О. _____

« ____ » _____ 2020 р.

Виконавець: студент 2 курсу, групи 1ПМ-19м
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Піта І.В. _____

« ____ » _____ 2020 р.

Вінниця ВНТУ 2020

1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)

а) потреба у технологічній підготовці та подальшого виготовлення деталі «Корпус 59.37» в умовах заданої програми виробництва;

б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

2. Мета і призначення МКР

а) мета – розробка методів та систем автоматизації технологічної підготовки виробництва на основі інформаційних технологій в галузі автоматизації управління технічними даними промислового виробу;

б) призначення розробки – використанні у інтегрованому інформаційному середовищі виробничого процесу.

3. Вихідні дані для виконання МКР

Технічне креслення та річна програма випуску деталі «Корпус 59.37».

4. Вимоги до виконання МКР

У роботі необхідно представити креслення деталі, креслення заготовки, базовий та модернізований маршрути механічної обробки деталі, карта наладки, розмірний аналіз, тривимірна модель деталі, розробка програми обробки деталі на верстаті з ЧПК, аналіз на міцність деталі, аналіз міцності деталі, розробка технологічної документації.

5. Етапи МКР та очікувані результати

№ етапу	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Огляд літературних джерел наукового та технічного характеру за темою роботи	10.10.20 р.	02.11.20 р.	Формування мети та задач роботи
2	Підготовка технологічного розділу	10.10.20 р.	02.11.20 р.	Об'єкт дослідження, розділ 1
3	Підготовка розділу технологічної підготовки виробництва деталі	02.11.20 р.	16.11.20 р.	Розділ 2, публікація результатів
4	Підготовка економічної частини	02.11.20 р.	16.11.20 р.	Розділ 3
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	02.11.20 р.	16.11.20 р.	Розділ 4
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	16.11.20 р.	27.11.20 р.	пояснювальна записка

6. Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстративні матеріали, відзив наукового керівника, відзив рецензента, анотації до МКР українською та іноземною мовами.

7. Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів графічної та розрахункової документації МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, затвердженою наказом ректора.

8. Вимоги до оформлення МКР

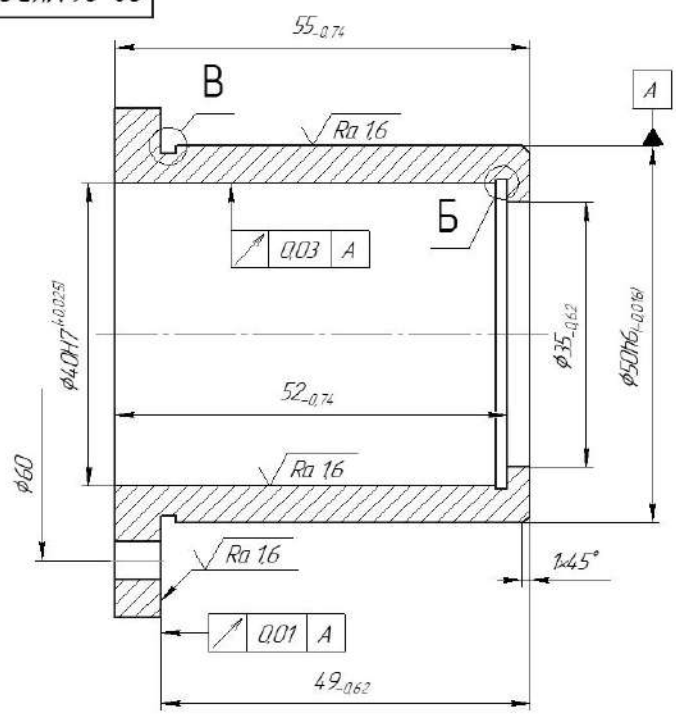
Вимоги викладені в «Положенні про порядок підготовки магістрів у Вінницькому національному технічному університеті» з урахуванням змін, що подані у бюлетені ВАК України № 9-10, 2011р. та на основі ДСТУ 3008:2015.

9. Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом відсутні.

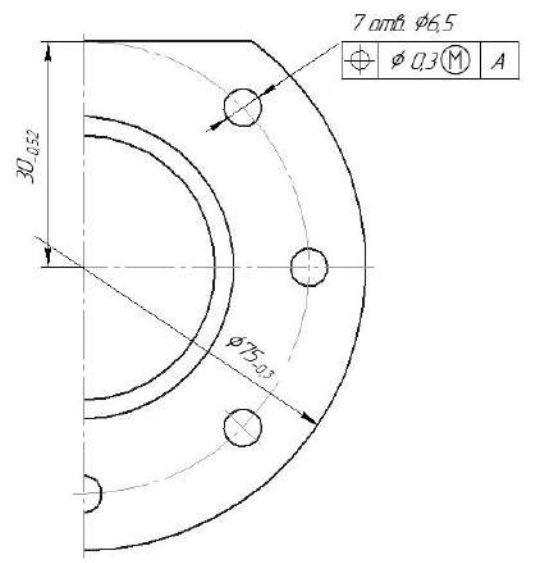
Додаток Б

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

08-26.MKP.016.00.001

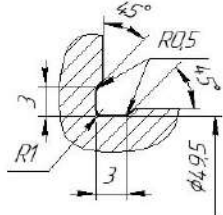
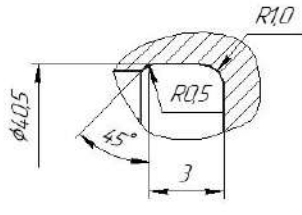


$\sqrt{Ra 6,3}$ (✓)



Б (4:1)

Б (4:1)



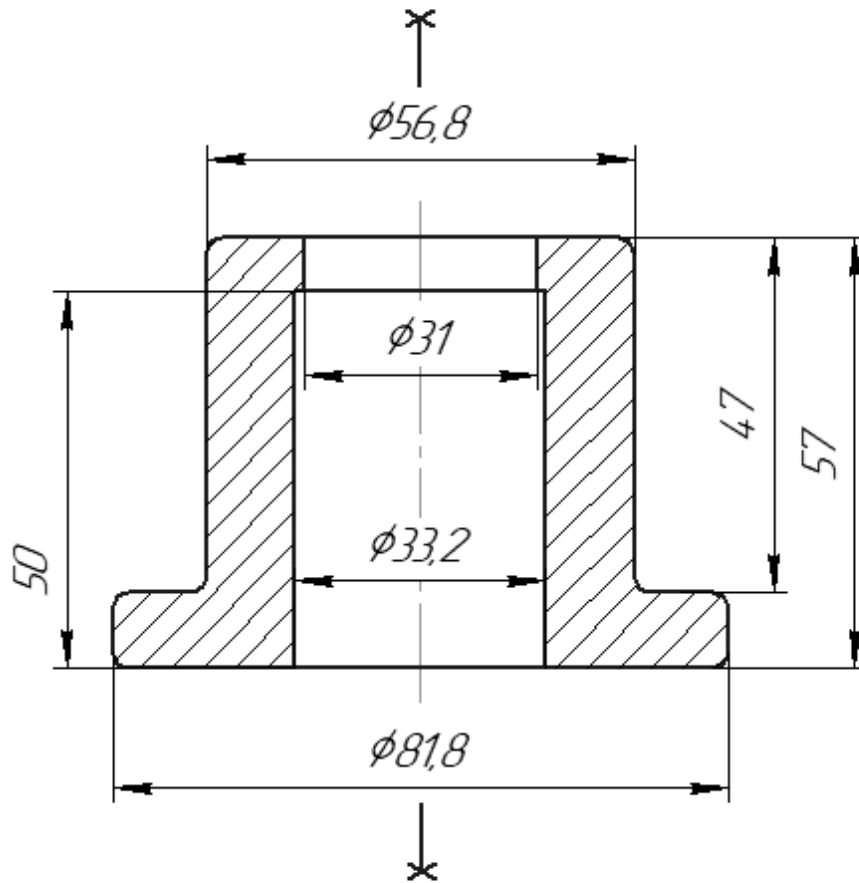
1 H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$

				08-26.MKP.016.00.001		
				Корпус 59.37		
				Сталь 45/ГОСТ 1050-88		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса
Разработ.	Титов В.				04	11
Проб.	Лазарский Д.О.				Листов	1
Т.контр.					ВНТУ	
Исполн.	Серебряк О.В.				зр. 11М-19М	
Утв.	Козлов П.Г.				Формат А3	

Копировал

08-26.МКР.016.00.002

✓ Ra 25 (✓)

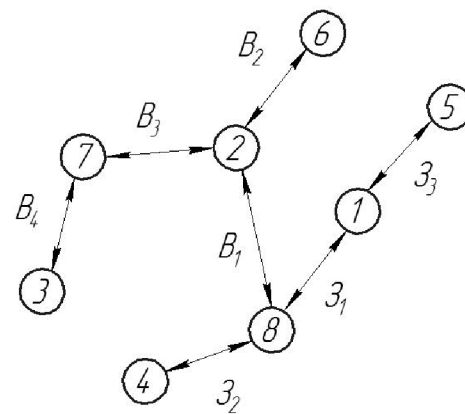
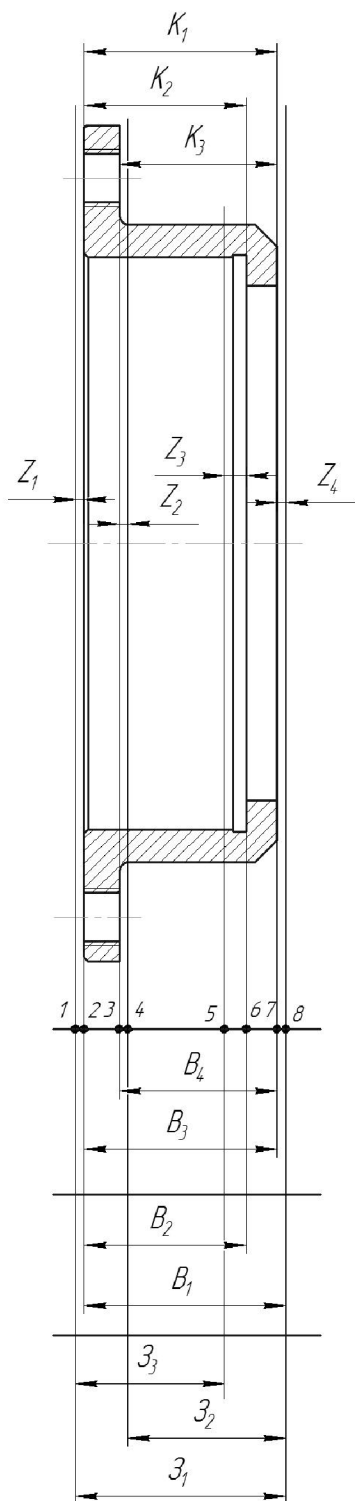


1. Точність вилівка 10 – 6 – 12 – 10 зм. 0,4 ГОСТ 26645–85.
2. Маса 0,4 – 3,4 – 0,5 – 0,96 ГОСТ 26645–85.
3. Невказані радіуси заокруглень 3 мм, формувальні нахили 0°41'.

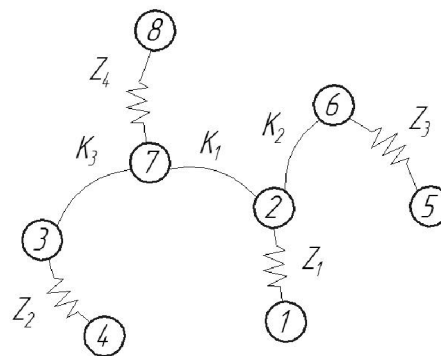
Перв. примен.					08-26.МКР.016.00.002											
Справ. №																
Подп. и дата					08-26.МКР.016.00.002											
Инв. № вкл.					1. Точність вилівка 10 – 6 – 12 – 10 зм. 0,4 ГОСТ 26645–85. 2. Маса 0,4 – 3,4 – 0,5 – 0,96 ГОСТ 26645–85. 3. Невказані радіуси заокруглень 3 мм, формувальні нахили 0°41'.											
Взам. инв. №					08-26.МКР.016.00.002 Стакан 59.37 (вилівок)											
Подп. и дата					<table border="1"> <tr> <td>Лит.</td> <td>Масса</td> <td>Масштаб</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,96</td> <td>1:1</td> </tr> <tr> <td>Лист</td> <td colspan="2">Листов 1</td> </tr> </table>			Лит.	Масса	Масштаб		0,96	1:1	Лист	Листов 1	
Лит.	Масса	Масштаб														
	0,96	1:1														
Лист	Листов 1															
Инв. № подл.					Сталь 45Л ГОСТ 1050–88 ВНТУ, зр. 1ПМ-19М											
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Сердюк О.В. Козлов Л.Г.											
Разраб.	Піта І.В.				Копировал											
Пров.	Лозінський Д.О.				Формат А4											
Т.контр.																
Н.контр.	Сердюк О.В.															
Утв.	Козлов Л.Г.															

№ операції	Назва операції та зміст переходів	Операційний ескіз	Обладнання
005	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити торець ① однократно. 3. Точити пов. ② попередньо. 4. Точити пов. ② попередньо. 5. Точити пов. ② остаточно. 6. Точити канавку ③ однократно. 7. Зняти деталь. 		1B340Ф30
010	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити торець ① однократно. 3. Точити пов. ② попередньо. 4. Точити пов. ② попередньо. 5. Точити пов. ② остаточно. 6. Точити канавку ③ однократно. 7. Точити пов. ④ однократно. 8. Точити фаску ⑤. 9. Зняти деталь. 		1B340Ф30
015	<p><u>Фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати пов. ① однократно. 3. Центрувати 7 отв. ②. 4. Свердлити 7 отв. ②. 5. Зняти деталь. 		6P13PФ3
020	<p><u>Внутрішняшлифувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Шліфувати пов. ① 3. Зняти деталь. 		3K227B
025	<p><u>Торцекруглошлифувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Шліфувати пов. ① 3. Зняти деталь. 		XШ4-104Ф2Н

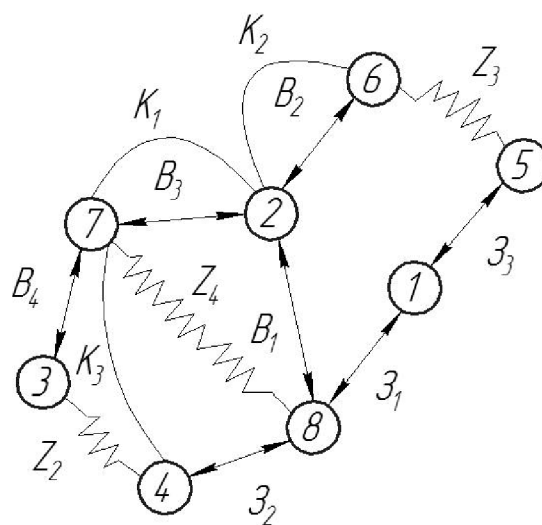
№ операції	Назва операції та зміст переходів	Операційний ескіз	Обладнання
005	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити торець ① однократно. 3. Точити пов. ② попередньо. 4. Точити пов. ② попередньо. 5. Точити пов. ② остаточно. 6. Точити канавку ③ однократно. 7. Зняти деталь. 		1В340Ф30
010	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити торець ① однократно. 3. Точити пов. ② попередньо. 4. Точити пов. ② попередньо. 5. Точити пов. ② остаточно. 6. Точити канавку ③ однократно. 7. Точити пов. ④ однократно. 8. Точити фаску ⑤. 9. Зняти деталь. 		1В340Ф30
015	<p><u>Фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати пов. ① однократно. 3. Центрувати 7 отв. ②. 4. Свердлити 7 отв. ②. 5. Зняти деталь. 		2Р135Ф2
020	<p><u>Внутрішняшлифувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Шліфувати пов. ① 3. Зняти деталь. 		3К227В
025	<p><u>Торцекруглошлифувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Шліфувати пов. ① 3. Зняти деталь. 		ХШ4-104Ф2Н



Вихідне граф-дерево



Похідне граф-дерево



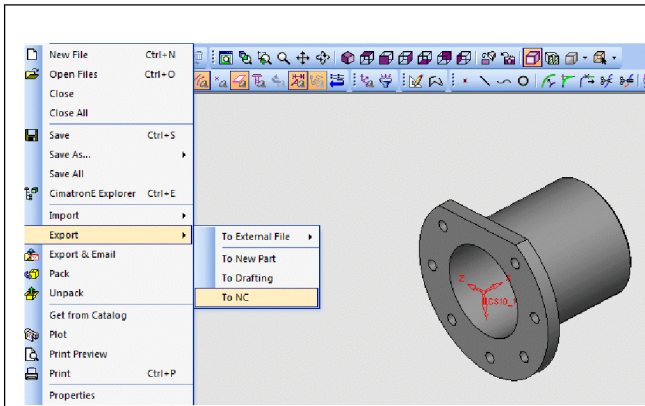
Суміщене граф-дерево

Розмірна схема технологічного процесу

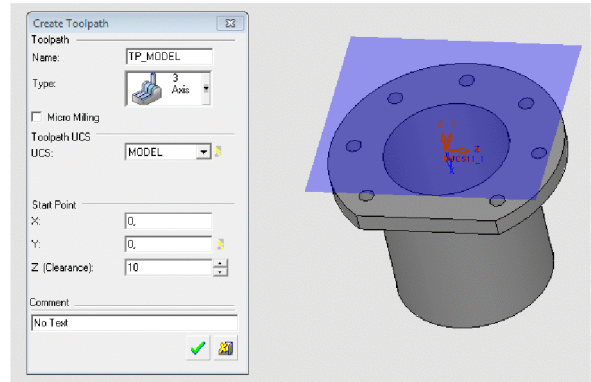
Результати розмірно-точнісного моделювання ТП

Технологічний розмір	Z_1	Z_2	Z_3	B_1	B_2	B_3	B_4	
Квалітет	14	14	14	12	12	12	12	
Остаточне значення допуску, мм	0,74	0,62	0,62	0,25	0,25	0,25	0,25	
Остаточне значення розміру, мм	min	56,2	50,2	56,2	55,6	52	55	49
	max	56,94	50,82	56,82	55,85	52,25	55,25	49,25

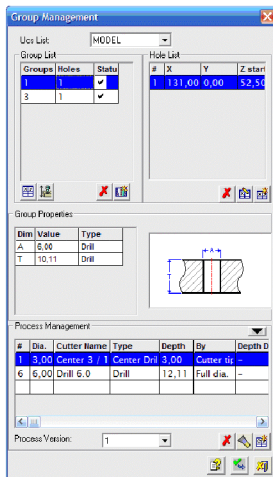
РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС 59.37» НА ВЕРСТАТІ З ЧПК



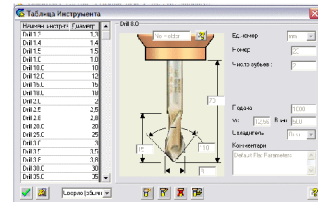
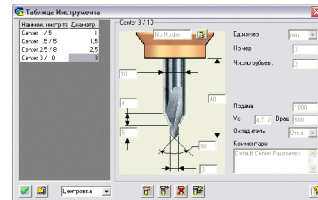
Крок 1. Вибір вихідної тривимірної моделі деталі «Корпус 59.37»



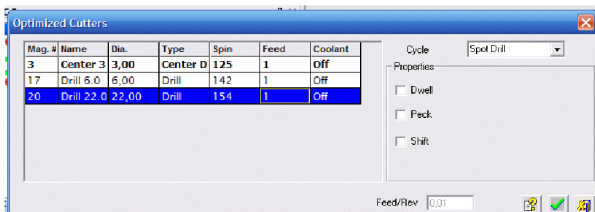
Крок 2. Вибір положення площі координат



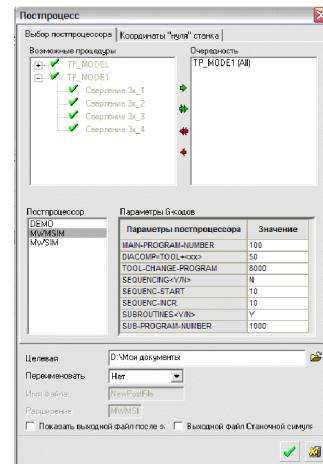
Крок 3. Проектування послідовності обробки отворів



Крок 4. Вибір інструментів для обробки



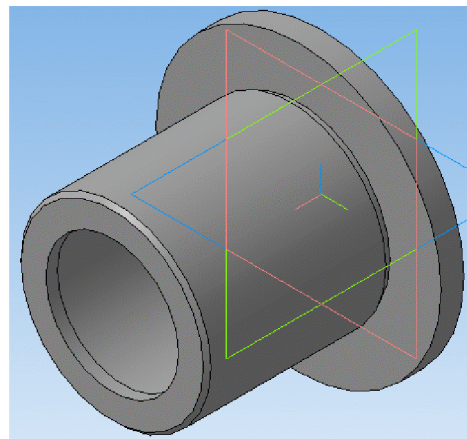
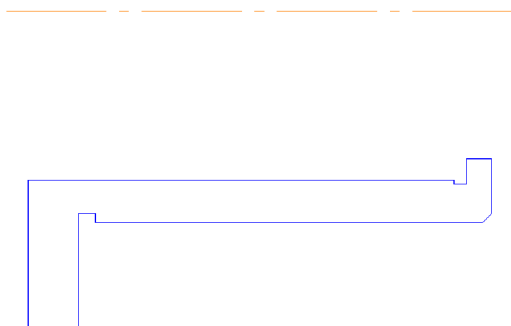
Крок 5. Вибір послідовності, параметрів та траєкторії руху інструментів



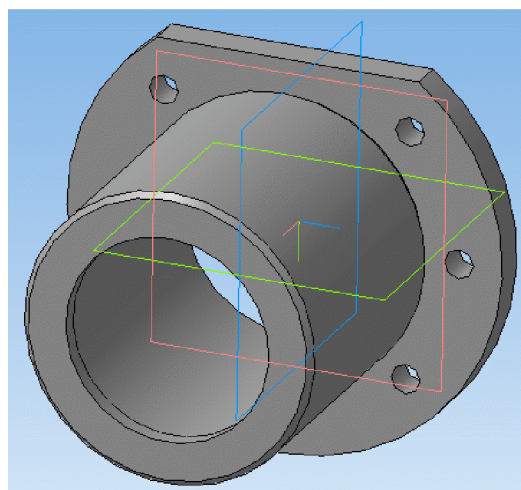
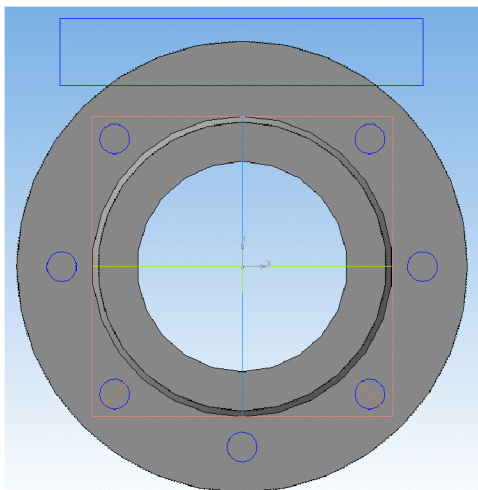
Крок 6. Вибір постпроцесора, проектування та збереження програми обробки

РОЗРОБКА ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ ДЕТАЛІ «КОРПУС 59.37»

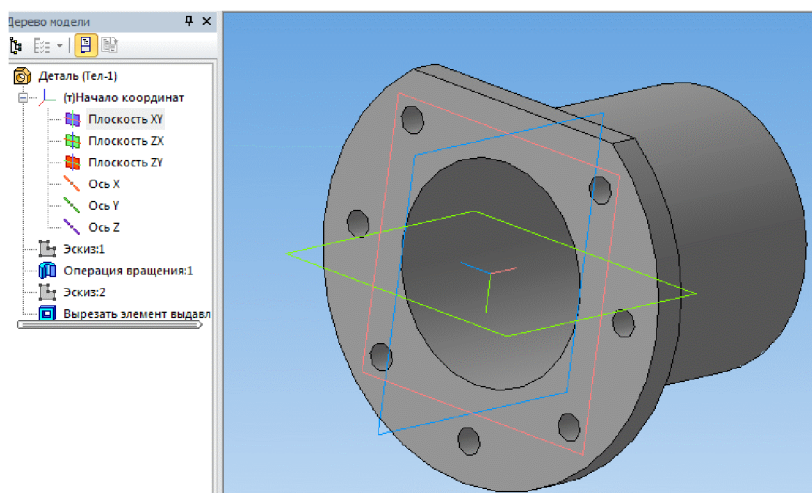
Крок 1. Побудова основи



Крок 2. Вирізання лиски та 7 отворів $\varnothing 6,5$ мм

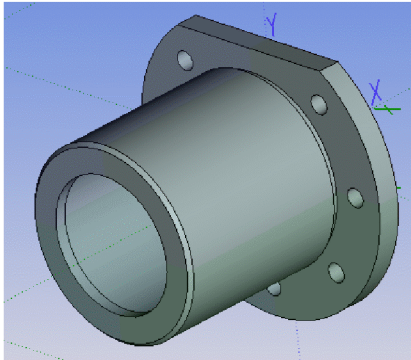


Крок 3. Тривимірна модель деталі

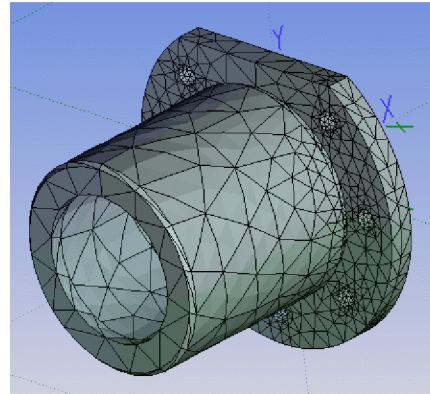


АНАЛІЗ МІЦНОСТІ ДЕТАЛІ «КОРПУС 59.37»

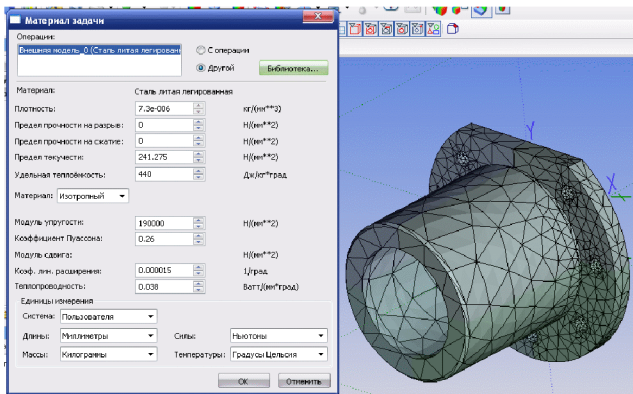
Крок 1. Імпорт деталі у CAD/CAE-систему



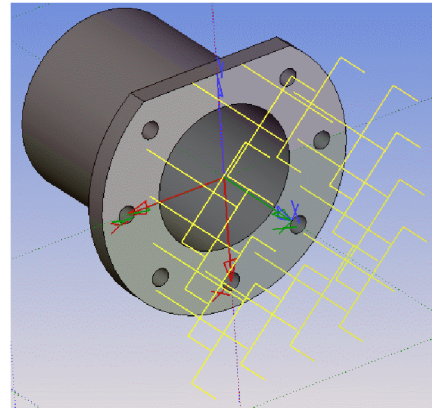
Крок 2. Формування сітки



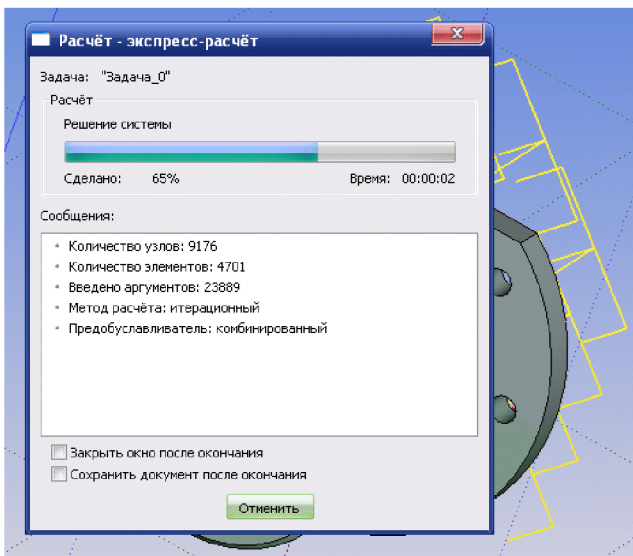
Крок 3. Вибір матеріалу



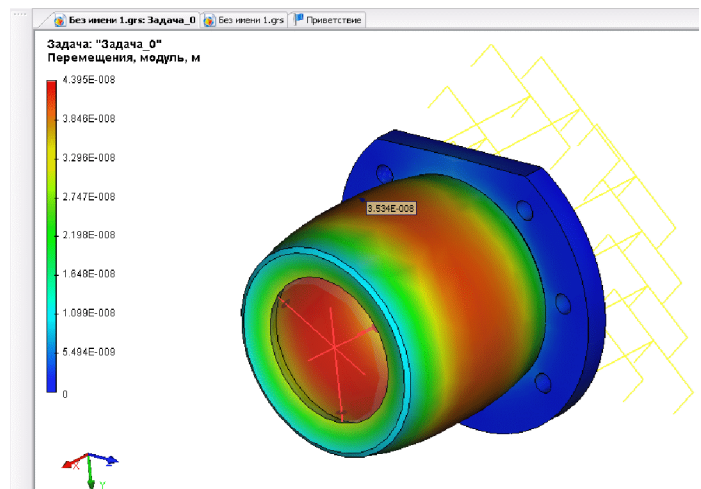
Крок 4. Визначення закріплення та прикладання сили



Крок 5. Розрахунок

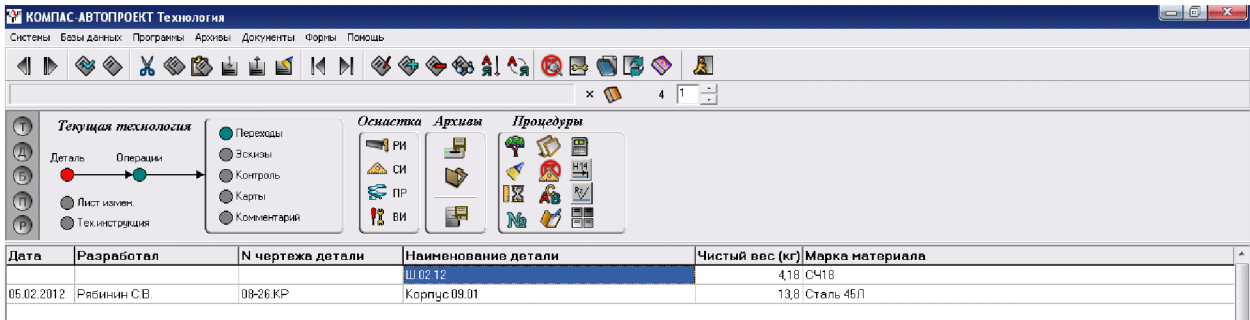


Крок 6. Результат розрахунку

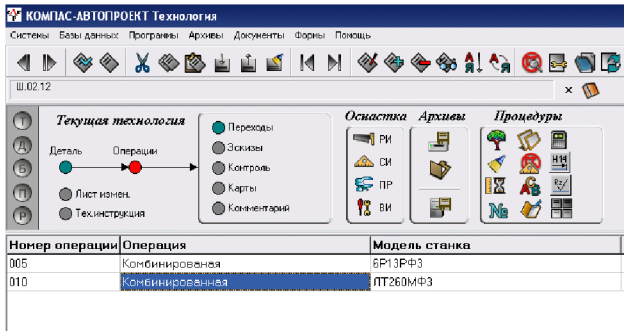


РОЗРОБКА ТП МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС 59.37» У СИСТЕМІ АВТОПРОЕКТ

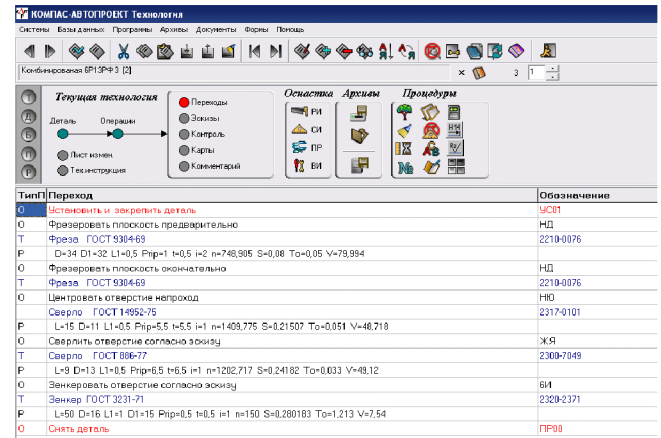
Крок 1. Реєстрація деталі у модулі АВТОПРОЕКТ-СПЕЦИФІКАЦІЯ



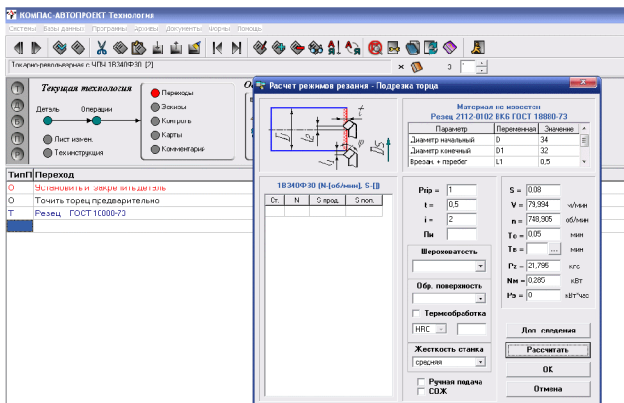
Крок 2. Розробка операцій ТП механічної обробки



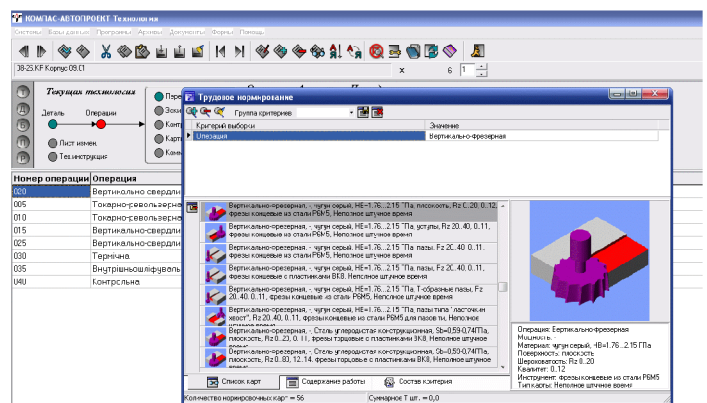
Крок 3. Розробка переходів операцій ТП механічної обробки



Крок 4. Розрахунок режимів різання на



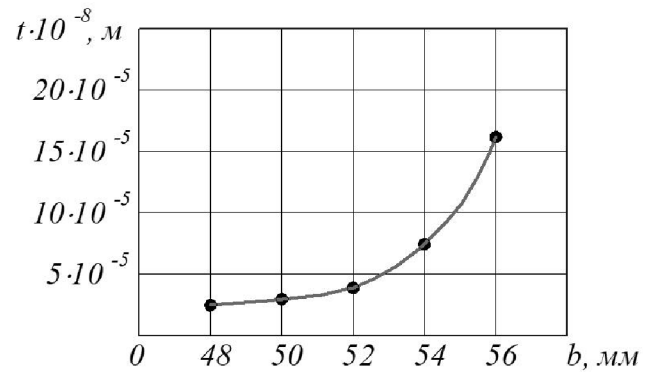
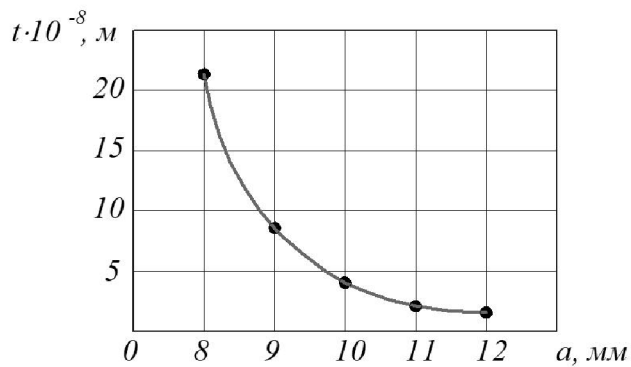
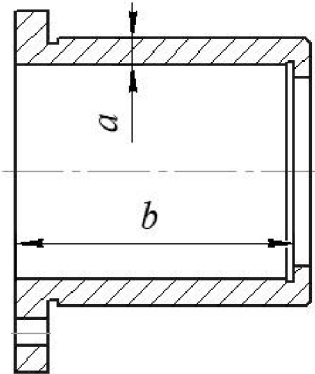
Крок 5. Розрахунок норм часу



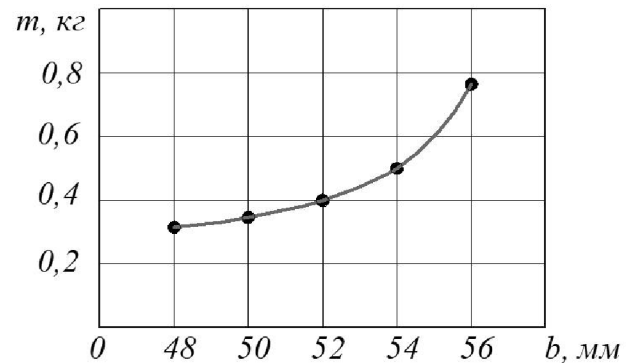
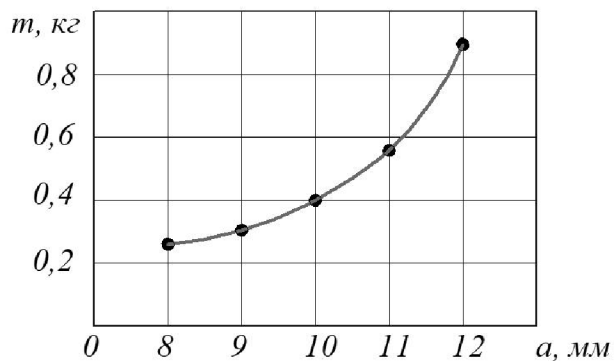
УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ «КОРПУС 59.37»

Діапазон досліджуваних параметрів:

- ширина стінки $a = 8 \dots 12$ мм;
- довжина стінки $b = 48 \dots 56$ мм.



Залежності величини деформації деталі t від її конструктивних параметрів



Залежності маси деталі m від її конструктивних параметрів

Наявні конструктивні параметри деталі: $a = 10$ мм, $b = 52$ мм

Рекомендовані конструктивні параметри деталі: $a = 11$ мм, $b = 50$ мм

Додаток В

ТЕХНОЛОГІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

										2	1									
Розробив	Піта І.В.		03.12.20		ВНТУ		08-26.МКР.016.00.000													
Перевірив	Лозінський Д.О.		03.12.20																	
Н.контр.					Корпус 59.37															005

	Наименование операции				Материал					
	Токарно-револьверна з ЧПК				Сталь 45Л ГОСТ 1050-88					
	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИД				
		кг	0,4							
	Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы					
	1В340Ф30									
	То	ТВ	Тпз	Тшт.	СОЖ					

Р		ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V
O01	Установить деталь								
O02	Точить торцею согласно эскизу						0,009	0	
T03	ПИ.PDINL2525M15 Резец ТУ 2-035-892-82								
P04			150		0,5	1	0,1078	509,209	239,959
O05	Точить поверхность предварительно						0,653	0	
T06	ПИ.PDINL2525M15 Резец ТУ 2-035-892-82								
P07			38	58	0,5	1	0,1078	830,814	99,183
O08	Точить поверхность предварительно						0,653	0	
T09	ПИ.PDINL2525M15 Резец ТУ 2-035-892-82								
P10			39	58	0,5	1	0,1078	830,814	101,793

OK Операционная карта

Дубл.
Взам.
Подл.

2

08-26.МКР.016.00.000

005

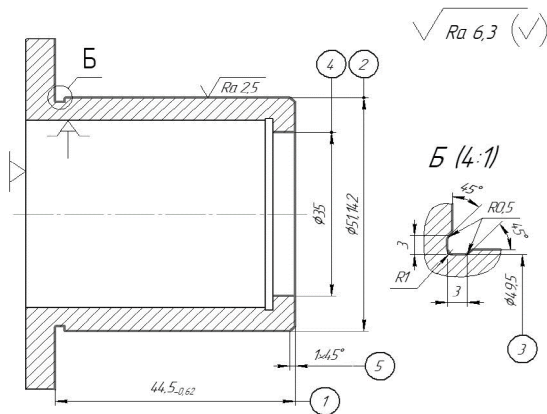
Р	ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V				
001	Точить поверхность окончательно							0,653	0			
T02	РИ.PDINL2525M15 Резец ТУ 2-035-892-82											
P03		40,125	58	0,5	1	0,1078	830,814	104,729				
004	Точить канавки согласно эскизу							0,087	0			
T05	РИ.2136-0701 Резец ГОСТ 18875-73											
P06		40,5		0,5	1	0,07345	498,413	63,415				
007	Снять деталь											
08												
09												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												

ОК

Операционная карта

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

									2	1
Розробив	Піта І.В.		03.12.20	ВНТУ	08-26.МКР.016.00.000					
Перевірив	Лозінський Д.О.		03.12.20							
Н.контр.				Корпус 59.37				010		



Наименование операции

Материал

Токарно-револьверна з ЧПК

Сталь 45Л ГОСТ 1050-88

Твердость

ЕВ

МД

Профиль и размеры

МЗ

КОИД

кг

4,18

Оборудование, устройство ЧПУ

Обозначение программы

1В340Ф30

То

Тв

Тпз

Тшт.

СОЖ

Р	ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V
001	Установить деталь							
002	Точить торец согласно эскизу						0,009	0
T03	ПИ.PDINL2525M15 Резец ТУ 2-035-892-82							
P04		53		0,5	1	0,1078	509,209	84,786
005	Точить поверхность предварительно						0,502	0
T06	ПИ.PDINL2525M15 Резец ТУ 2-035-892-82							
P07		54	44,5	0,5	1	0,1078	830,814	140,944
008	Точить поверхность предварительно						0,502	0
T09	ПИ.PDINL2525M15 Резец ТУ 2-035-892-82							
P10		52,5	44,5	0,5	1	0,1078	830,814	137,029

OK

Операционная карта

Дубл.									
Взам.									
Подл.									

2

08-26.МКР.016.00.000

010

P		ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V	
001	Точить поверхность окончательно								0,502	0
T02	PI.PDINL2525M15 Резец ТУ 2-035-892-82									
P03		51,142	44,5	0,5	1	0,1078	830,814	133,485		
004	Точить канавку согласно эскизу								0,104	0
T05	PI.2136-0701 Резец ГОСТ 18875-73									
P06		51,142		0,5	1	0,07345	498,413	80,079		
007	Точить поверхность согласно эскизу								0,039	0
T08	PI.PDINL2525M15 Резец ТУ 2-035-892-82									
P09		35	3	0,5	1	0,1078	830,814	91,353		
010	Точить фаску согласно эскизу								0,038	0
T11	PI.2136-0710 Резец ГОСТ 18875-73									
P12		51,142	1	1	1	1,017	51,502	8,275		
013	Снять деталь									
14										
15										
16										
17										
18										

OK

Операционная карта

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

												2	1
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	---

Розробив	Піта І.В.		03.12.20
Перевірив	Лозінський Д.О.		03.12.20

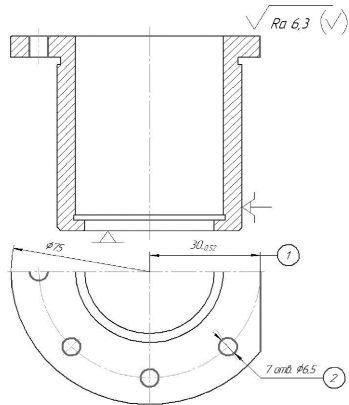
ВНТУ

08-26.МКР.016.00.000

Н.контр.			
----------	--	--	--

Корпус 59.37

015



Наименование операции

Материал

Фрезерна з ЧПК

Сталь 45Л ГОСТ 1050-88

Твердость

ЕВ

МД

Профиль и размеры

МЗ

КОИД

кг

4,18

Оборудование, устройство ЧПУ

Обозначение программы

2P135Ф2

То

Тв

Тпз

Тшт.

СОЖ

Р	ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V
O01	Установить и закрепить деталь							
O02	Фрезеровать лыску согласно эскизу							
T03	РИ.035.2223-1144 Фреза ТУ 2-035-812-81							
P04	12 1							
O05	Центровать 7 отверстий согласно эскизу							
T06	РИ.2317-0003 Сверло ГОСТ 14952-75							
P07	1 1							
O08	Сверлить отверстий согласно эскизу							
T09	РИ.2301-4006 Сверло ГОСТ 2092-77							
P10	6,5 6 3,25 1 0,15707 1600 32,673							

OK

Операционная карта

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

2

08-26.МКР.016.00.000

015

Р

ПИ

D или B

L

t

i

S

n

V

001 *Снять деталь*

02

03

04

05

06

07

08

09

10

11

12

13

14

15

16

17

18

OK

Операционная карта

Додаток Г

ПРОГРАМА ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС 59.37»
НА ВЕРСТАТІ З ЧПК

MW_UNITS_METRIC 1

MW_OP_START
MW_OP_NUMBER 0
MW_OP_COMMENT "No Text"
MW_TOOL_NUMBER 0
MW_TOOL_COMMENT "CENTER3/10"
MW_TOOL_HLD_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_ARB_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_DEF_APT 3.000000 9. 40. 0.000000 0
MW_TOOL_PROFILE_CHORDAL_TOL 0.1
MW_TOOL_LEN_COMPENSATION 40
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z53.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE FEED X36. Y0. Z49.5 B0 C0 F1 BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z53.5 B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE FEED X131. Y0. Z49.5 B0 C0 F1 BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK9
MW_OP_END

MW_OP_START
MW_OP_NUMBER 0
MW_OP_COMMENT "No Text"
MW_TOOL_NUMBER 0
MW_TOOL_COMMENT "CENTER3/10"
MW_TOOL_HLD_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_ARB_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_DEF_APT 3.000000 9. 40. 0.000000 0
MW_TOOL_PROFILE_CHORDAL_TOL 0.1
MW_TOOL_LEN_COMPENSATION 40
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z53.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE FEED X36. Y0. Z49.5 B0 C0 F1 BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z53.5 B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE FEED X131. Y0. Z49.5 B0 C0 F1 BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK9
MW_OP_END

MW_OP_START
MW_OP_NUMBER 0
MW_OP_COMMENT "No Text"
MW_TOOL_NUMBER 0
MW_TOOL_COMMENT "CENTER3/10"
MW_TOOL_HLD_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_ARB_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_DEF_APT 3.000000 9. 40. 0.000000 0
MW_TOOL_PROFILE_CHORDAL_TOL 0.1
MW_TOOL_LEN_COMPENSATION 40
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z53.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE FEED X36. Y0. Z49.5 B0 C0 F1 BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z53.5 B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE FEED X131. Y0. Z49.5 B0 C0 F1 BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK9
MW_OP_END

MW_OP_START

MW_OP_NUMBER 0
MW_OP_COMMENT "No Text"
MW_TOOL_NUMBER 0
MW_TOOL_COMMENT "CENTER3/10"
MW_TOOL_HLD_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_ARB_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_DEF_APT 3.000000 9. 40. 0.000000 0
MW_TOOL_PROFILE_CHORDAL_TOL 0.1
MW_TOOL_LEN_COMPENSATION 40
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z53.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE FEED X36. Y0. Z49.5 B0 C0 F1 BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z53.5 B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE FEED X131. Y0. Z49.5 B0 C0 F1 BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK9
MW_OP_END

MW_OP_START
MW_OP_NUMBER 0
MW_OP_COMMENT "No Text"
MW_TOOL_NUMBER 0
MW_TOOL_COMMENT "CENTER3/10"
MW_TOOL_HLD_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_ARB_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_DEF_APT 3.000000 9. 40. 0.000000 0
MW_TOOL_PROFILE_CHORDAL_TOL 0.1
MW_TOOL_LEN_COMPENSATION 40
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z53.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE FEED X36. Y0. Z49.5 B0 C0 F1 BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z53.5 B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE FEED X131. Y0. Z49.5 B0 C0 F1 BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK9
MW_OP_END

MW_OP_START
MW_OP_NUMBER 0
MW_OP_COMMENT "No Text"
MW_TOOL_NUMBER 0
MW_TOOL_COMMENT "CENTER3/10"
MW_TOOL_HLD_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_ARB_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_DEF_APT 3.000000 9. 40. 0.000000 0
MW_TOOL_PROFILE_CHORDAL_TOL 0.1
MW_TOOL_LEN_COMPENSATION 40
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z53.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE FEED X36. Y0. Z49.5 B0 C0 F1 BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z53.5 B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE FEED X131. Y0. Z49.5 B0 C0 F1 BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK9
MW_OP_END

MW_OP_START
MW_OP_NUMBER 1
MW_OP_COMMENT "No Text"
MW_TOOL_NUMBER 1
MW_TOOL_COMMENT "DRILL6.5"

MW_TOOL_HLD_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_ARB_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_DEF_APT 6.000000 1. 50. 0.000000 0
MW_TOOL_PROFILE_CHORDAL_TOL 0.1
MW_TOOL_LEN_COMPENSATION 50
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z53.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE FEED X131. Y0. Z38.5874 B0 C0 F1 BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8
MW_OP_END

MW_OP_START
MW_OP_NUMBER 2
MW_OP_COMMENT "No Text"
MW_TOOL_NUMBER 2
MW_TOOL_COMMENT "DRILL6.5"
MW_TOOL_HLD_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_ARB_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_DEF_APT 22.000000 40. 80. 0.000000 0
MW_TOOL_PROFILE_CHORDAL_TOL 0.1
MW_TOOL_LEN_COMPENSATION 80
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z53.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE FEED X36. Y0. Z32.4405 B0 C0 F1 BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8
MW_OP_END

MW_OP_START
MW_OP_NUMBER 2
MW_OP_COMMENT "No Text"
MW_TOOL_NUMBER 2
MW_TOOL_COMMENT "DRILL6.5"
MW_TOOL_HLD_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_ARB_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_DEF_APT 22.000000 40. 80. 0.000000 0
MW_TOOL_PROFILE_CHORDAL_TOL 0.1
MW_TOOL_LEN_COMPENSATION 80
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z53.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE FEED X36. Y0. Z32.4405 B0 C0 F1 BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8
MW_OP_END

MW_OP_START
MW_OP_NUMBER 1
MW_OP_COMMENT "No Text"
MW_TOOL_NUMBER 1
MW_TOOL_COMMENT "DRILL6.5"
MW_TOOL_HLD_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_ARB_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_DEF_APT 6.000000 1. 50. 0.000000 0
MW_TOOL_PROFILE_CHORDAL_TOL 0.1
MW_TOOL_LEN_COMPENSATION 50
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z53.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE FEED X131. Y0. Z38.5874 B0 C0 F1 BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8
MW_OP_END

MW_OP_START
MW_OP_NUMBER 2
MW_OP_COMMENT "No Text"
MW_TOOL_NUMBER 2

```
MW_TOOL_COMMENT "DRILL6.5"  
MW_TOOL_HLD_DEF 0 0 0 0 0 0  
MW_TOOL_ARB_DEF 0 0 0 0 0 0  
MW_TOOL_DEF_APT 22.000000 40. 80. 0.000000 0  
MW_TOOL_PROFILE_CHORDAL_TOL 0.1  
MW_TOOL_LEN_COMPENSATION 80  
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8  
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z53.5 B0 C0 F BLK8  
MW_MACHMOVE FEED X36. Y0. Z32.4405 B0 C0 F1 BLK8  
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8  
MW_OP_END
```

```
MW_OP_START  
MW_OP_NUMBER 2  
MW_OP_COMMENT "No Text"  
MW_TOOL_NUMBER 2  
MW_TOOL_COMMENT "DRILL6.5"  
MW_TOOL_HLD_DEF 0 0 0 0 0 0  
MW_TOOL_ARB_DEF 0 0 0 0 0 0  
MW_TOOL_DEF_APT 22.000000 40. 80. 0.000000 0  
MW_TOOL_PROFILE_CHORDAL_TOL 0.1  
MW_TOOL_LEN_COMPENSATION 80  
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8  
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z53.5 B0 C0 F BLK8  
MW_MACHMOVE FEED X36. Y0. Z32.4405 B0 C0 F1 BLK8  
MW_MACHMOVE RAPID X36. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8  
MW_OP_END
```

```
MW_OP_START  
MW_OP_NUMBER 1  
MW_OP_COMMENT "No Text"  
MW_TOOL_NUMBER 1  
MW_TOOL_COMMENT "DRILL6.5"  
MW_TOOL_HLD_DEF 0 0 0 0 0 0  
MW_TOOL_ARB_DEF 0 0 0 0 0 0  
MW_TOOL_DEF_APT 6.000000 1. 50. 0.000000 0  
MW_TOOL_PROFILE_CHORDAL_TOL 0.1  
MW_TOOL_LEN_COMPENSATION 50  
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8  
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z53.5 B0 C0 F BLK8  
MW_MACHMOVE FEED X131. Y0. Z38.5874 B0 C0 F1 BLK8  
MW_MACHMOVE RAPID X131. Y0. Z62.5 B0 C0 F BLK8  
MW_OP_END
```