

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 «КРИШКА 38.61»
З ВИКОРИСТАННЯМ CALS-ТЕХНОЛОГІЙ**

08-26.МКР.002.00.000 ПЗ

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

Осадчук В.Д. _____

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

Лозінський Д.О. _____

« ____ » _____ 2021 р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. АТМ

Цимбал С.В. _____

« ____ » _____ 2021 р.

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.
ініціали та прізвище

підпис

«10» березня 2021 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

зав. кафедри ТАМ

д.т.н., професор Козлов Л.Г.

_____ (підпис)

«10» березня 2021 р.

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Осадчуку В'ячеславу Дмитровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Технологічна підготовка виробництва деталі «Кришка 38.61» 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 «09» березня 2021 року №64.

2. Строк подання студентом МКР: 15 червня 2021 року

3. Вихідні дані до МКР: деталь «38.61», матеріал Сталь 45
ГОСТ 1050-88, програма випуску N = 4000 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 наладки на операцію, розмірний аналіз ТП, розробка тривимірної моделі деталі «Кришка 38.61», 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	11.03.21	
Економічна частина	Мацкевічус С.С., старший викладач кафедри ЕПВМ	11.03.21	
Охорона праці та безпека життєдіяльності	Дембіцька С.В., професор кафедри БЖДПБ	11.03.21	

7. Дата видачі завдання «10» березня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	22.03.21	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	05.04.21	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	17.05.21	
4	Розв'язання поставлених задач	07.06.21	
5	Формулювання висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	07.06.21	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	07.06.21	
7	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	07.06.21	
8	Попередній захист МКР	09.06.21	
9	Перевірка роботи на плагіат	11.06.21	
10	Нормоконтроль МКР	15.06.21	
11	Рецензування МКР	17.06.21	
12	Захист МКР	22.06.21	

Студент

(підпис)

Осадчук В.Д.

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 Вибір способу виготовлення заготовки.....	19
1.4 Розробка маршруту механічної обробки.....	30
1.5 Висновки до технологічної частини.....	51
2 ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА	
ДЕТАЛІ «КРИШКА 38.61».....	52
2.1 Коротка характеристика обраної CAD-системи.....	52
2.2 Розробка тривимірної моделі деталі у CAD-системі.....	52
2.3 Аналіз деталі на міцність у CAD/CAE-системі.....	54
2.4 Удосконалення конструкції деталі.....	58
2.5 Розробка у CAD/CAM-системі програми обробки деталі на верстаті з	
ЧПК.....	61
2.6 Створення переходів та операцій ТП у PDM-системі.....	66
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 Технічні рішення з безпечного виконання роботи.....	88
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	92

4.3 Висновки до розділу 4.....	99
ВИСНОВКИ.....	100
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	101
ДОДАТКИ.....	104
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 «Кришка 38.61».

У технологічній частині проведено аналіз призначення деталі та аналіз технологічності деталі, визначено тип виробництва, спроектовано заготовку, розглянуто технологічний процес механічної обробки деталі «Кришка 38.61», визначено припуски на механічну обробку та режими різання.

У другому розділі розроблено інтегроване інформаційне середовище технологічної підготовки виробництва деталі «Кришка 38.61» 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 "Sleeve 38.61".

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 " Sleeve 38.61" 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 " Sleeve 38.61" 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 – безперервна інформаційна підтримка життєвого циклу виробу) 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 світовому ринку продукція, яка не оснащена системою електронної документації і не володіє засобами інтегрованої логістичної підтримки постпвиробничих стадій життєвого циклу, буде повністю витіснена. До будь-якого високотехнологічного виробу пред'являється ряд жорстких вимог, задоволити які неможливо без впровадження CALS-технологій.

Актуальність теми.

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 одним із пріоритетних напрямків розвитку промисловості України.

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.

Таким чином, побудови інформаційного середовища на основі CALS-технологій для потреб вітчизняних промислових виробництв, методів

автоматизованого управління технологічною підготовкою виробництва в інтегрованому інформаційному середовищі з урахуванням особливостей конкретних виробництв та можливістю адаптуватись до змінних потоків інформації в умовах реальних виробництв є актуальною задачею.

Зв'язок роботи з державними науковими програмами, планами, темами.

Магістерську роботу виконано відповідно до науково-дослідної тематики кафедри «Технологія та автоматизація машинобудування» (ТАМ) Вінницького національного технічного університету (ВНТУ) згідно з науково-дослідною роботою кафедри №17К2/17 «Розробка, дослідження та покращення характеристик гідроприводів технологічних та мобільних машин з пропорційним керуванням» (2017-2019 рр.).

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 «Кришка 38.61» у вузлі;
- визначити тип виробництва та рівень технологічності деталі «Кришка 38.61»;
- спроектувати конструкцію заготовки деталі «Кришка 38.61»;
- виконати проектування типових послідовностей обробки поверхонь заготовки та операційного технологічного процесу виготовлення деталі «Кришка 38.61»;
- визначити режими різання;
- виконати у CAD-системі тривимірну модель деталі «Кришка 38.61»;
- провести у CAD/CAE-системі аналіз на міцність конструкції деталі «Кришка 38.61»;

- розробити програму обробки деталі «Кришка 38.61» на верстаті з ЧПК у CAD/CAM-системі;
- виконати нормування технологічних операцій;
- розробити у PDM-системі ТП виготовлення деталі «Кришка 38.61»;
- провести розрахунок та аналіз економічної доцільності виготовлення деталі «Кришка 38.61»;
- 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 «Кришка 38.61» 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 твердотільного моделювання в середовищі сучасних автоматизованих CAD/CAE/CAM та PDM-систем.

Наукова новизна одержаних результатів:

- отримав подальший розвиток метод підвищення міцності виробу за рахунок введення та удосконалення конструктивних елементів на основі комплексного використання аналітичного та імітаційного моделювання.

Практичне значення одержаних результатів:

1. Спроековано заготовку деталі «Кришка 38.61» та технологічний процес механічної обробки її виготовлення, який за умови програми випуску обсягом 4000 шт на рік забезпечує термін окупності вкладених коштів протягом 4,85 років.

2. На базі CALS-технологій розроблено інформаційну модель управління технологічною підготовкою виробництва деталі «Кришка 38.61», функціонування якої здійснюється у інтегрованому інформаційному середовищі.

3. Розроблено CAD/CAM-системі програму обробки деталі «Кришка 38.61» 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 аналіз видів ланок ланцюгів [13].

Апробація результатів роботи. Основні результати роботи розглядалися на І науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області, відбулася 10-12 березня, 2021 р., м. Вінниця.

Публікації. Матеріал магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано у 1 праці, 1 – теза доповідей регіональної конференції [13].

1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

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 «Кришка 38.61» і занесені до таблиці 1.1.

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 $T_{шт-к}$

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

де φ_K – коефіцієнт

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=85; l=132	D=85; l=132	D=85; l=132	D=105; l=90	D=105; l=90	D=105; l=90
$T_{осн}$, 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					

5. Для кожного переходу механічної обробки необхідна кількість верстатів

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

де $N = 4000$ шт. – річна програма випуску деталі «Кришка 38.61»;

$T_{шт.к.}$ – 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 – середньосерійне.

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;

$$Q_{\delta} = \frac{F_{\delta}}{T_{шт-\kappa_{сер}} \cdot \eta_3}, [\text{шт}] \quad (1.7)$$

де $T_{шт-\kappa_{сер}}$ – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.; η_3 – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

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

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

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

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

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

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

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_{\delta} = \frac{4000}{254} = 15, \text{ (шт.)}$$

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).

$$n = \frac{4000 \cdot 6}{254} = 60, \text{ (шт).}$$

Отже тип виробництва – середньосерійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 60 шт.

1.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі

Деталь «Корпус 28.61» (рис. 1.1) виготовляється зі сталі 45 і входить до складу гідроприводу мобільної робочої машини. Аналіз робочого креслення показав, що найбільш точними поверхнями є внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 50H7^{(+0,025)}$ та $\varnothing 55,69^{(+0,035)}$, різьба M108 6g що використовується для ущільнення штоку циліндра який рухається в гідроциліндрові; два отвори, що використовуються для закручування «Корпус 16.83» в циліндр. Таким чином, поверхня різьби M108 6g – це основні конструкторські бази. $\varnothing 50H7^{(+0,025)}$ та торець (лівий) $\varnothing 90$, $\varnothing 55,6H9^{(+0,035)}$, отвори $\varnothing 8,8$ слугують для загвинчування кришки в корпус гідроциліндр це допоміжні конструкторські бази. Вільна поверхня – $\varnothing 108$, 45° фаска.

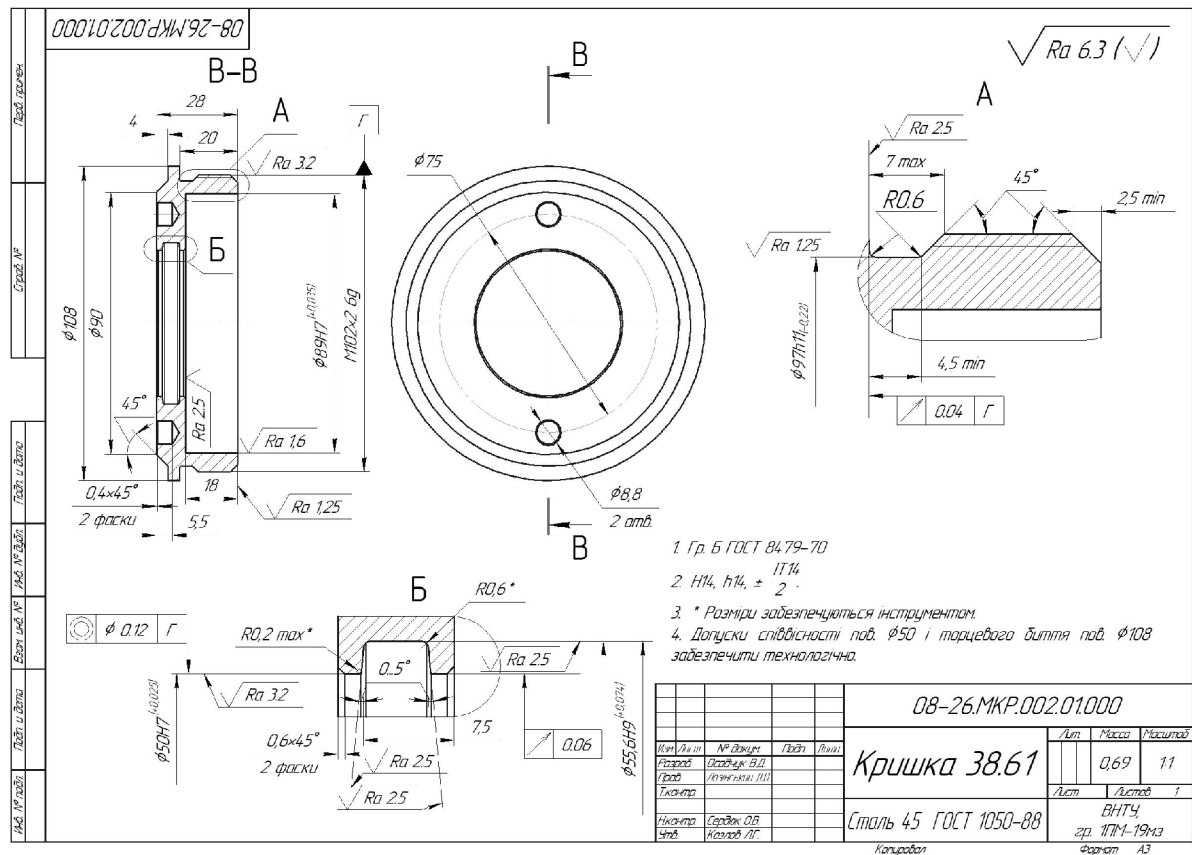


Рисунок 1.1 – Креслення деталі «Корпус 38.61»

Конструкція деталі в цілому технологічна. Деталь має хороші базові поверхні для виконання більшості операцій механічної обробки. При виконанні токарної попередньої обробки – це $\phi 90$ та його торець (лівий), при остаточній обробці деталі – отвір $\phi 50H7^{(+0,025)}$. Для виробництва деталі передбачений матеріал-замінник, яким є сталь 20.

Вказані на кресленні деталі якості точності механічної обробки відповідають параметрам шорсткості. Вони можуть бути забезпеченими на верстатах з числовим програмним керуванням.

Вимоги взаємного розташування оброблених поверхонь вказані у відповідності з їх службовим призначенням, також можуть бути забезпеченими при механічній обробці, оскільки геометричні похибки верстатів, на яких виконується обробка, нижчі цих відхилень.

Вказані на кресленні розміри деталі можуть бути проконтрольовані безпосередньо, перешкод для контролю не існує.

Серед поверхонь деталі є такі, які можуть бути використані при базуванні. До таких поверхонь можна віднести ущільнюючі отвори, $\varnothing 50H7$ тощо. Застосування штучних технологічних баз не є виправданим, оскільки існує достатня кількість баз для встановлення на них деталі під час механічної обробки.

Заготовка, з якої виготовляється деталь, виготовляється методом штампування. Виходячи з конструктивних особливостей та програми випуску деталі, що аналізується, найбільш оптимальним методом є штампування на гарячостампувальних автоматах. Цей метод дозволяє отримати низьку шорсткість, порівняно з іншими методами штампування, а також забезпечує добрий економічний ефект.

Разом з тим мають місце деякі нетехнологічні елементи в конструкції деталі:

- внутрішня діаметральна поверхня $\varnothing 50H7$, $\varnothing 55,6H9$ – важкооброблювана, оскільки на неї встановлено досить високі норми точності і шорсткості;
- два паза, призначених для орієнтування деталі у складальній одиниці;
- фаски $4 \times 45^\circ$, нетехнологічно.

Таблиця 1.2 – Визначення коефіцієнту уніфікації

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Шорсткість	Різь метрична
28 *	$\varnothing 108$	45° * (3 пов.)	6,3 * (5 пов.)	M102-6g
20 *	$\varnothing 97H11$	5° *	3,2 * (2 пов.)	
18 *	$\varnothing 90$ *		2,5 * (5 шт.)	
7,5*	$\varnothing 89H7(-0,035)$		1,6 *	
7	$\varnothing 75$ *		1,25 *(2 шт.)	
5,5	$\varnothing 55,6H9(+0,074)$			
4,5 *	$\varnothing 50 *H7(+0,025)$			
4*	$\varnothing 8,8$ (2 шт.)			
	R 0,6 (4 шт.)			
	R 0,2 (2 шт.)			
Σ заг. = 8	Σ заг. = 9	Σ заг. = 4	Σ заг. = 15	Σ заг. = 1
Σ уніф. = 6	Σ уніф. = 2	Σ уніф. = 4	Σ уніф. = 15	Σ уніф. = 1

Примітка: позначення «*» мають уніфіковані розміри.

$$K_{ye} = \frac{Q_{ey}}{Q_e} = \frac{28}{37} = 0,76;$$

Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів;

Q_e – загальна кількість елементів.

Таблиця 1.3 – Визначення коефіцієнту точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
7 ($\varnothing 50H7(+0,025)$; $\varnothing 89H7(-0,035)$;))	2	$7 \cdot 2 = 14$
9 ($\varnothing 55,6H9(+0,074)$)	1	$9 \cdot 1 = 9$
11 ($\varnothing 97H11$)	1	$11 \cdot 1 = 11$
14 (28;20;18;7,5;7;5,5;4,5;4; $\varnothing 108$; $\varnothing 90$; $\varnothing 75$; $\varnothing 8,8$)	12	$14 \cdot 12 = 168$
Сума	16	202

$$K_{\dot{\sigma}} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{12,6} = 0,92;$$

де

$$T_{cp} = \frac{\sum \dot{\sigma}_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{202}{16} = 12,6;$$

де T_i – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі;

n_i – кількість поверхонь деталі з точністю відповідно за 1..19 квалітетами.

Таблиця 1.4 – Коефіцієнт шорсткості поверхні

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,25(4,5; $\varnothing 89H7(-0,035)$)	2	$1,25 \cdot 2 = 2,5$
1,6(18)	1	$1,6 \cdot 1 = 1,6$
2,5 ($\varnothing 89H7(-0,035)$; $\varnothing 97H11$; $\varnothing 55,6H9(+0,074)$)	5	$2,5 \cdot 5 = 12,5$
3,2 ($\varnothing 50H7(+0,025)$; M102-6g)	2	$3,2 \cdot 2 = 6,4$
6,3 ($\varnothing 108$; $\varnothing 90$; $\varnothing 8,8$; 4)	5	$6,3 \cdot 5 = 31,5$
Сума	15	54,5

$$K_{\varnothing} = \frac{1}{\varnothing_{\text{н\ddot{o}}}} = \frac{1}{3,63} = 0,28;$$

де Ш_{cp} – середня шорсткість поверхні, мкм.

$$\varnothing_{\text{н\ddot{o}}} = \frac{\sum \varnothing_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{54,5}{15} = 3,63;$$

де Ш_i – шорсткість оброблених поверхонь даної деталі, мкм;

n_i – кількість поверхонь, що мають шорсткість, яка відповідає числовому значенню параметра R_a , мкм.

Висновок: $K_y=0,96>0,6$; $K_T=0,91>0,8$; $K_{\text{ш}}=0,13<0,32$. Отже деталь «Корпус 16.83» за кількісними та якісними показниками є технологічною.

1.3 Вибір способу виготовлення заготовки

1.3.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Після визначення типу серійності виробництва на першому етапі проектування, слід уточнити визначення його згідно рекомендаційних даних:

Кількість оброблених деталей $N = 4000$ шт.

Маса деталі $m = 0,69$ кг.

Згідно з [8], заданою річною програмою випуску деталей, масою деталей, встановлюємо, що тип виробництва – середньосерійне.

Орієнтуючись на робоче креслення деталі, масу та серійність виробництва встановлюємо метод одержання заготовки – штамповка, так як деталь виготовляється з матеріалу Сталь 45. Можливі способи одержання поковки:

- Кування;
- Гаряче штампування на молотах;
- Гаряче штампування на гвинтових пресах;
- Штампування видавлюванням на гідравлічних пресах.

Проаналізувавши різні способи отримання заготовок і врахувавши серійність виробництва деталі, її форму обираємо такі способи отримання поковки на горизонтально-кувальних машинах та на кривошипних гарячоштампувальних пресах, які є досить продуктивними способами, забезпечують достатню точність і шорсткість поверхонь, низькі припуски. Дозволяють отримувати поковки довгої та циліндричної форми. При використанні цих способів технологічний процес можна автоматизувати.

1.3.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення

Клас точності вибирається в залежності від обладнання і типу виробництва: для КГШП – Т4-Т5, приймаємо Т4; для ГШГП – Т4-Т5, приймаємо Т5.

Група сталі призначається по заданому матеріалу деталі і легуючих елементів в її складі: КГШП – М2; ГШГП – М2.

Ступінь складності призначається в залежності від співвідношення маси поковки, яка рахується попередньо, і маси найменшої простої геометричної фігури, яка описує деталь. Цією фігурою є циліндр, розміри якого дорівнюють габаритним розмірам деталі, збільшених на 5%.

$$G_{\phi} = 2,2 \text{ кг.}$$

$$G_n = G_d \cdot K_p = 0,69 \cdot 2 = 1,38 \text{ кг,}$$

де K_p – коефіцієнт, що залежить від конфігурації деталі $K_p = 1,8 \dots 2,2$ [1].

$$C = \frac{G_n}{G_{\phi}} = \frac{1,38}{2,2} = 0,63.$$

Отримали степінь складності для КГШП - С2; для ГШГП – С2.

Оскільки деталь є простої конфігурації, без вигинів, то поверхня роз'єму буде плоскою П.

Вихідний індекс визначимо в залежності від маси, марки сталі, ступеня складності та класу точності поковки, необхідний для наступного призначення

основних припусків, допусків та допустимих відхилень. Отримали для КГШП - 12; для ГШГП – 14.

Вибір припусків. Основний припуск встановлюємо залежно від вихідного індексу, розміру та шорсткості оброблюваної поверхні (згідно робочого креслення деталі) за таблицями. В даному випадку слід зазначити, що шорсткість на зовнішню циліндричну поверхню Ra і на торець Ra 6,3.

Додатковий припуск на зміщення по поверхні роз'єднання штампа вибираємо із таблиць залежно від маси поковки та класу точності.

Додатковий припуск для врахування вигнутості і відхилення від площинності, прямолінійності знаходимо аналогічним шляхом залежно від класу точності та найбільшого габаритного розміру. Загальний припуск є сумою припусків основного з додатковими.

Розрахунок розмірів штампованої заготовки. Враховуючи розраховані припуски, знаходимо розміри. Штампування на КГШП:

$$\varnothing 108 + (1,8+0,2+0,4) \cdot 2 = \varnothing 112,8 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 89 - (1,7+0,2+0,4) \cdot 2 = \varnothing 84,4 \text{ (мм);}$$

$$28 + (1,6+0,4) \cdot 2 = 32 \text{ (мм);}$$

$$18 + 1,6+0,4 = 20 \text{ (мм).}$$

Штампування на ГШГП:

$$\varnothing 108 + (2,3+0,3+0,5) \cdot 2 = \varnothing 114,2 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 50 - (2,0+0,3+0,5) \cdot 2 = \varnothing 44,4 \text{ (мм);}$$

$$28 + (1,8+0,5) \cdot 2 = 32,6 \text{ (мм).}$$

Вибір допусків. Допуски розмірів (таблиця 1.5). Призначаємо залежно від вихідного індексу та розмірів штампованої заготовки за допомогою табличних

даних. Отриманий результат перше значення вказує загальне поле допуску, а друге – його несиметричний розподіл.

Таблиця 1.5 – Розрахунок розмірів штапованої заготовки

Вхідні дані	КГШП				ГШП		
Клас точності	Т4				Т5		
Марка матеріалу	М2				М2		
Ступінь складності	С2				С2		
Індекс	12				14		
Конфігурація поверхні роз'єму штампа	П				П		
Розрахункові розміри, мм							
Припуски:	∅108	∅89Н7 ^(+0,035)	28	18	∅108	∅50Н7 ^(+0,035)	28
Основні	1,8	1,7	1,6	1,6	2,3	2,0	1,8
Додаткові: на зміщення по поверхні роз'єму штампа	0,2	0,2	-	-	0,3	0,3	-
для врахування вигнутості і відхилення від площинності, прямолінійності	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
Розміри заготовок, мм							
	∅112,8	∅84,4	32	20	∅114,2	∅44,4	32,6
Допуски: розмірів	2,4 ^{+1,6} _{-0,9}	2,3 ^{+1,4} _{-0,8}	2 ^{+1,3} _{-0,7}	2 ^{+1,3} _{-0,7}	3,1 ^{+2,1} _{-1,1}	2,8 ^{+1,8} _{-1,0}	2,3 ^{+1,6} _{-0,9}
зміщення по поверхні роз'єму штампа	0,5				0,6		
по вигнутості від площинності і прямолінійності	0,8				1,0		
радіусів заокруглень	1,0				2,0		
величина залишко-вого облою	0,7				0,8		
висота облою	4,0				4,0		
від концентричності отворів	1,0				1,5		

Допуски на зміщення по поверхні роз'єднання штампа та залишкового облою. Вибираємо в залежності від маси штампованої заготовки та класу точності у відповідності із таблицею у літературі.

Допуски на вигнутість, відхилення від площинності і прямолінійності, на радіальне биття. Для плоских поверхонь встановлюємо за найбільшим розміром штампованої заготовки та класом точності. Для циліндричних поверхонь враховується радіальне биття, яке за величиною приймаємо рівне одержаному значенню в даному пункті.

Допуск на радіус заокруглень. Припустимо, що величина зовнішнього і внутрішнього радіуса не перевищує 4мм (що скоріше за все так і є), тоді в залежності від обраного припущення та класу точності обираємо шукану величину із таблиць.

Допуск на висоту облою. Оскільки штампування здійснюється у закритих штампах, тому такий параметр не встановлюється.

Вибір конструктивних елементів. Радіуси заокруглень.

На всі перетини поверхонь поковок призначають радіуси заокруглень, що зменшують концентрацію напружень в кутах ривчаків штампа, поліпшують заповнення порожнини штампа і зменшують зношення гострих кутів і країв штампів.

Розрізняють два види радіусів заокруглень штампів: внутрішні $r_{вн}$, і зовнішні $r_{зв}$. Радіуси заокруглень повинні мати достатню величину. Чим більша глибина порожнини штампа, заповнюваної витискуванням, тим складніше одержати малий радіус заокруглення в поковці.

Отже, враховуючи масу поковки та глибину порожнини, призначаємо радіуси заокруглень, що становлять $r = 4\text{мм}$.

Нахили. Штампувальні нахили встановлюємо на поверхнях, що розташовані паралельно руху молота. Нахили служать для полегшення заповнення порожнини штампа і виймання поковки.

Штампувальні нахили поділяються на зовнішні α , що відносяться до поверхонь, по яких між поковкою і стінкою штампа утворюються зазори внаслідок теплової усадки при остиганні поковки, і внутрішні β , що відносяться до поверхонь, які при остиганні поковки виявляються щільно посадженими на виступи штампа.

Штампувальні нахили залежать від форми і розмірів порожнини штампа в плані, його глибини, матеріалу поковки, способу штампування, наявності виштовхувачів.

Приймаємо згідно таблиць такі нахили:

- для КГШП: зовнішні для матриці – 3° , внутрішні для матриці - 2° ;
- зовнішні для пуансона – 1° , внутрішні для пуансона – 1° .
- для ГШГП: зовнішні – 4° , внутрішні – 6° .

Положення лінії роз'єму. При штампуванні на КГШП будемо мати горизонтальну лінію роз'єму, вона проходить по її вісі.

При штампуванні на ГШГП будемо мати горизонтальну лінію роз'єму, що буде проходити по вісі деталі.

Намітки отвору. При наявності в деталі порожнини чи отвору проектують намітку отвору. При штампуванні таких поковок у найбільш важких умовах працюють виступи штампів, названі знаками. Внаслідок їх малої стійкості порожнини діаметром менше 30 мм при гарячому штампуванні не виконують. В даному випадку внутрішній діаметр становить $\varnothing 50$ мм, тому необхідність у виготовленні наміток є.

Для варіанту КГШП робимо намітку наскрізну. А для варіанту ГШГП робимо перемичку з розкосом при відношенні $h/d_{\text{очн}}=18/84,4=0,21<0,4$, для другого отвору $h/d_{\text{очн}}=10/44,4=0,23<0,4$ при цьому мінімальна та максимальна товщини відповідно рівні $0,65s$ та $1,35s$, де:

$$s = 0,45\sqrt{d_{\text{очн}} - 0,25D_n} - 5 + 0,6 = 0,45\sqrt{84,4 - 0,25 \cdot 108 - 5} + 0,6 = 3,9.$$

Частина матеріалу видаляється пробиванням на іншому штампі, що збільшує собівартість заготовки.

1.3.3 Оформлення ескізів обох варіантів заготовок

Для способу отримання поковки на КГШП заготовка буде така:

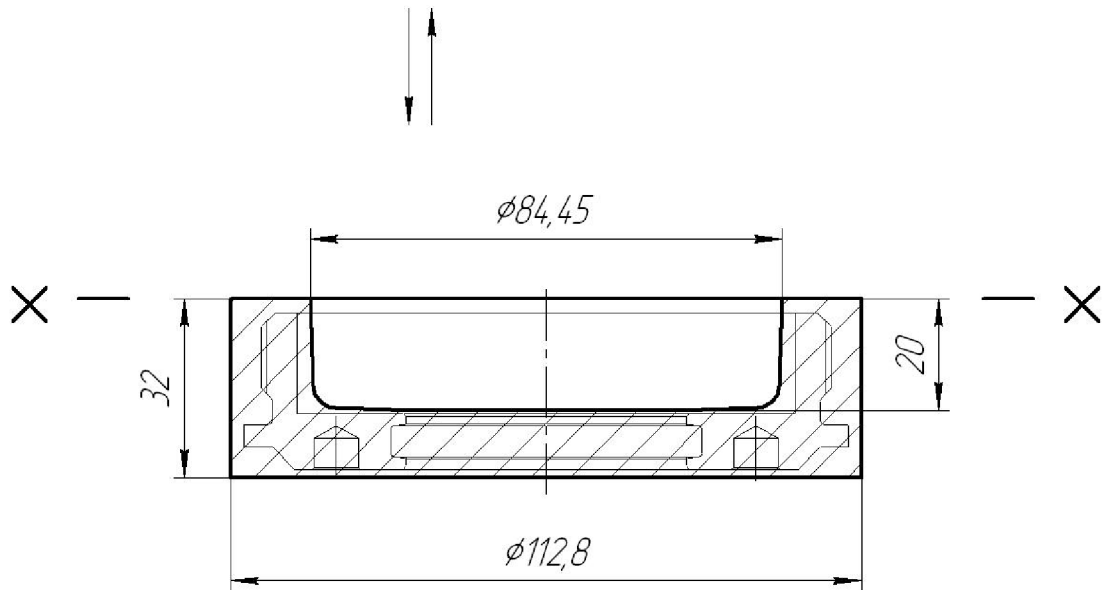


Рисунок 1.2 – Ескіз заготовки, виготовленої на КГШП

а на ГШП буде така:

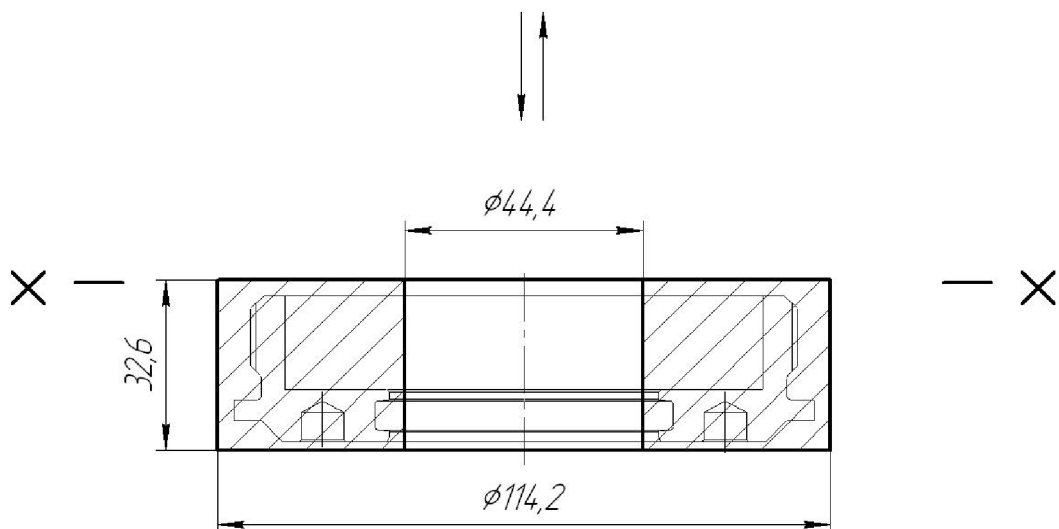


Рисунок 1.3 – Ескіз заготовки, виготовленої на ГШП

1.3.4 Призначення технічних вимог на заготовки

Технічні вимоги призначаються для кожного з альтернативних способів отримання заготовки.

Штамповка на КГШП:

1. Клас точності – Т4, група сталі – М2, ступінь складності – С2.
2. Невказані штампувальні нахили $1...4^\circ$, радіуси 4 мм.
3. Допустимий заусенець 4 мм.
4. Допустимі зміщення по площині роз'єму 0,5.
5. Невказані допуски радіусів заокруглень 1,0 мм.
6. Твердість матеріалу 54 – 60 HRC.

Штамповка на ГШГП:

1. Клас точності – Т5, група сталі – М2, ступінь складності – С2.
2. Невказані штампувальні нахили $4...6^\circ$, радіуси 4 мм.
3. Допустимий заусенець 4 мм.
4. Допустимі зміщення по площині роз'єму 0,6.
5. Невказані допуски радіусів заокруглень 2,0 мм.
6. Твердість матеріалу 54 – 60 HRC.

1.3.5 Визначення маси і коефіцієнтів використання матеріалу для обох варіантів заготовки

Для варіанту ковки на КГШП:

МЦХ	
Деталь	
Заданные параметры	
Материал	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
Плотность материала	$\rho_0 = 0.007820 \text{ г/мм}^3$
Расчетные параметры	
Масса	$M = 1655.702226 \text{ г}$
Площадь	$S = 35857.525425 \text{ мм}^2$
Объем	$V = 211726.627350 \text{ мм}^3$
Центр масс	$X_c = 0.000000 \text{ мм}$
	$Y_c = -20.959827 \text{ мм}$
	$Z_c = 0.000000 \text{ мм}$

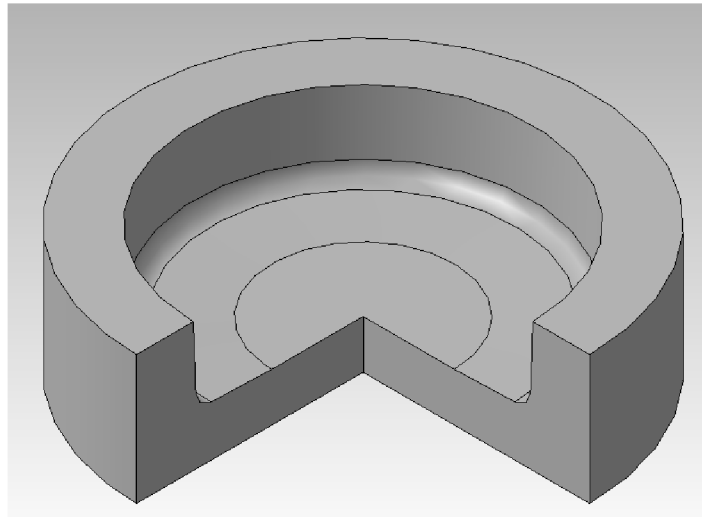


Рисунок 1.4 – Тривимірна модель поковки на КГШП

Коефіцієнт використання матеріалу γ визначається за наступною формулою:

$$\gamma = \frac{Q_{\text{ааò}}}{Q_{\text{çäã}}} = \frac{0,69}{1,66} = 0,42.$$

Для варіанту штамповки на ГШГП:

МЦХ	
Деталь	
Заданные параметры	
Материал	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
Плотность материала	$\rho_0 = 0.007820 \text{ г/мм}^3$
Расчетные параметры	
Масса	$M = 2216.526093 \text{ г}$
Площадь	$S = 33632.320605 \text{ мм}^2$
Объем	$V = 283443.234376 \text{ мм}^3$
Центр масс	$X_c = 0.000000 \text{ мм}$
	$Y_c = -10.004952 \text{ мм}$
	$Z_c = 0.000000 \text{ мм}$

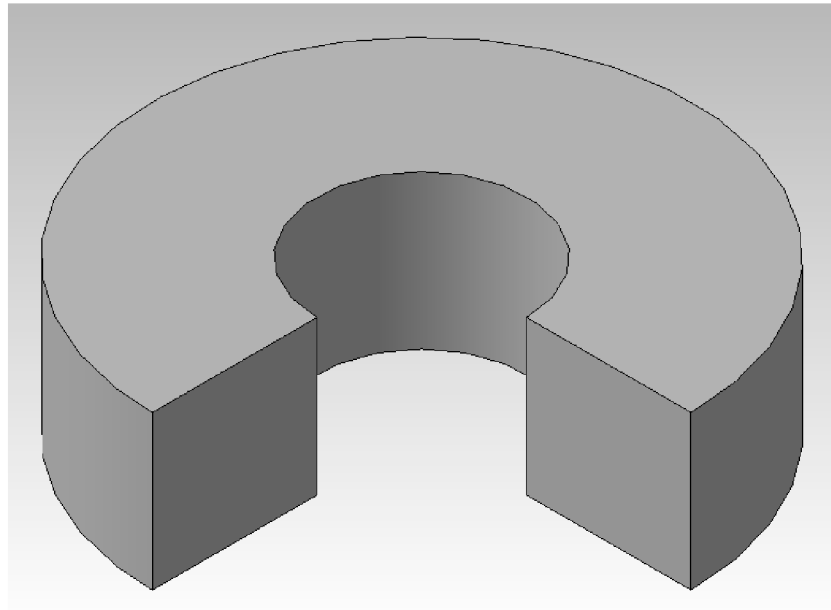


Рисунок 1.5 – Тривимірна модель поковки на ГШГП

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$\gamma = \frac{Q_{\text{адо}}}{Q_{\text{саа}}} = \frac{0,69}{2,2} = 0,31.$$

Отже, коефіцієнт використання матеріалу для способу виготовлення поковки на ГШГП є більшим.

1.3.6 Техніко-економічне порівняння бож варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

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

Вартість заготовки визначаємо за формулою:

$$C_{\text{заг.}} = \left(\frac{Q_{\text{заг.}}}{1000} \cdot C_{\text{шт.}} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II} \right) - \left(\frac{Q_{\text{заг.}} - Q_{\text{дет.}}}{1000} \right) \cdot C_{\text{відх.}}, \text{ [грн]} \quad (1.9)$$

де $C_{шт}$ – базова вартість 1т штамповки;

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок;

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки;

K_B – коефіцієнт, що враховує масу заготовки, вибираємо згідно;

K_{II} – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва;

$C_{відх}$ – вартість 1 т стружки, для сталі $C_{відх} = 24$.

Призначаємо коефіцієнти:

$$C_{шт} = 13730, K_T = 1, K_M = 1, K_C = 0,84, K_B = 0,87, K_{II} = 1,0$$

– для штампування на КГШПІ:

$$C_{заг1} = \frac{1,66}{1000} \cdot 13730 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 0,87 \cdot 1,0 - \frac{(1,66 - 0,69)}{1000} \cdot 490 = 16,18 \text{ (грн.)}$$

– для штампування на ГШГПІ:

$$C_{заг2} = \frac{2,2}{1000} \cdot 13730 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 0,87 \cdot 1,0 - \frac{(2,2 - 0,69)}{1000} \cdot 490 = 21,33 \text{ (грн.)}$$

Враховуючи, що партія заготовок становить $N = 4000$ шт., визначаємо економічний ефект:

$$E = (C_{заг1} - C_{заг2}) \cdot N = (21,33 - 16,18) \cdot 4000 = 20600 \text{ (грн.)}$$

Економічний ефект по матеріалу:

$$E_M = (Q_{заг1} - Q_{заг2}) \cdot N \cdot C_{відх} = (2,2 - 1,66) \cdot 4000 \cdot 490 / 1000 = 1058,4 \text{ (грн.)}$$

Сумарна економічна ефективність буде рівною

$$E - E_M = 20600 + 1058,4 = 19541,6 \text{ (грн)}.$$

Отже, за коефіцієнтом використання і за собівартістю дешевшим є штампування на КГШП, але за собівартістю послідуєчих операцій воно є дорожчим хоча дуже незначно, тобто *кращим способом отримання заготовки є штампування на КГШП.*

1.4 Розробка маршруту механічної обробки

1.4.1 Розрахунок кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 102g6$. Вибір кількості ступенів механічної обробки інших поверхонь з підвищеними вимогами точності.

Зовнішня циліндрична поверхня: $\varnothing 102 g6^{-0,012}_{-0,034}$.

Допуск заготовки – ТЗ = 4000 мкм;

Допуск деталі – ТД = 35 мкм;

Тоді:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_3}{T_D} = \frac{4000}{35} = 114,3.$$

Для вибору кількості ступенів механічної обробки скористаємось формулою:

$$n = \lg \varepsilon_{\Sigma} / 0,46. \quad (1.16)$$

Тоді:

$$n = \lg 114,3 / 0,46 = 4,5.$$

Враховуючи рекомендації [2], за якими: для першого ступеня чорнової обробки досяжними є величини уточнення $\varepsilon < 6$; для проміжних ступенів напівчистої обробки $\varepsilon = 3 \dots 4$, для ступенів чистої обробки $\varepsilon = 1.5 \dots 2$. Враховуємо, що чорнової обробки не буде. Відповідно визначаємо, що для досягнення необхідної точності отвору необхідно здійснити два переходи механічної обробки, при яких уточнення складатиме:

$$\varepsilon_1 = 4; \varepsilon_2 = 3; \varepsilon_3 = 2,5; \varepsilon_4 = 1,5.$$

Допуски на переходах механічної обробки будуть рівні:

$$T_1 = \frac{1000}{4} = 250 \text{ мкм (IT12)};$$

$$T_2 = \frac{250}{3} = 83,3 \text{ мкм (IT9)};$$

$$T_3 = \frac{83,3}{2,5} = 33,32 \text{ мкм (IT7)};$$

$$T_4 = \frac{32,32}{1,5} = 22 \text{ мкм (IT6)}$$

Тобто для отримання необхідних параметрів необхідно використати точіння попереднє, точіння остаточне, шліфування попереднє і остаточне. Аналогічно розраховуємо кількість ступенів механічної обробки інших поверхонь, а результати записуємо у таблицю 1.6.

Таблиця 1.6 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Поверхневий розмір	Загальне уточнення	Кількість ступенів механічної обробки	Допуск, мкм	Вид механічної обробки	Квалітет
M102g6 _(^{-0,012}_{-0,034})	$\varepsilon = \frac{1000}{22} = 72,7$	$\varepsilon_1 = 4$ $\varepsilon_2 = 3$ $\varepsilon_3 = 2,5$ $\varepsilon_4 = 1,5$	$T_1 = 1000/4 = 250$ $T_2 = 250/3 = 83,3$ $T_3 = 83,3/2,5 = 33,32$ $T_4 = 33,32/1,5 = 22$	Точіння попереднє Точіння остаточне Нарізати різьбу попереднє Нарізати різьбу остаточне	12 9 7 6

Продовження таблиці 1.6

Поверхневий розмір	Загальне уточнення	Кіл-ть ступенів механічної обробки	Допуск, мкм	Вид механічної обробки	Квалітет
$\varnothing 5,8H11(+0,075)$	$\varepsilon = \frac{1000}{75} = 63,14$	$\varepsilon_1=4$ $\varepsilon_2=2,5$ $\varepsilon_3=1,2$ $\varepsilon_4=1,11$	$T_1=1000/4=250$ $T_2=250/2,5=100$ $T_3=100/1,2=83,3$ $T_4=83,3/1,11=75$	Точіння попереднє Точіння остаточне Шліфування попереднє Шліфування остаточне	12 9 8 8
$\varnothing 50H7(+0,025)$	$\varepsilon = \frac{1000}{25} = 40$	$\varepsilon_1=5$ $\varepsilon_2=2,5$ $\varepsilon_3=2$ $\varepsilon_4=1,6$	$T_1=1000/5=200$ $T_2=200/2,5=80$ $T_3=80/2=40$ $T_4=40/1,6=25$	Точіння попереднє Точіння остаточне Нарізати різьбу попередньо Нарізати різьбу остаточно	12 9 8 7
$\varnothing 55,6H9(-0,074)$	$\varepsilon = \frac{1000}{74} = 13,5$	$\varepsilon_1=5$ $\varepsilon_2=2$ $\varepsilon_3=1,35$	$T_1=1000/5=200$ $T_2=200/2=100$ $T_2=200/1,35=74$	Точіння попереднє Точіння остаточне Шліфування однократне	12 10 9
$5,5H12(+0,12)$	$\varepsilon = \frac{1000}{12} = 62,5$	$\varepsilon_1=5$ $\varepsilon_2=3,5$ $\varepsilon_3=2,5$ $\varepsilon_4=1,9$	$T_1=1000/5=200$ $T_2=200/3,5=57,14$ $T_3=57,14/2,5=22,85$ $T_4=22,85/1,9=12$	Точіння попереднє Точіння остаточне Шліфування попереднє Шліфування остаточне Шліфувати	14 13 13 12

1.4.2 Вибір чистових та чорнових технологічних баз

При виборі чистових баз ми маємо мінімізувати похибку базування на отримувані розміри. Для обробки зовнішніх поверхонь валу ми закріплюємо деталь в центрах з упором у торець. На рис. 1.6 представлена схема базування на чистові технологічні бази.

Дана схема базування забезпечить співпадіння всіх технологічних баз з вимірвальними, а тому дозволить уникнути похибок базування на всі розміри.

Також використання даної схеми базування дозволить забезпечити принцип постійності технологічних баз на всіх точних операціях технологічного процесу.

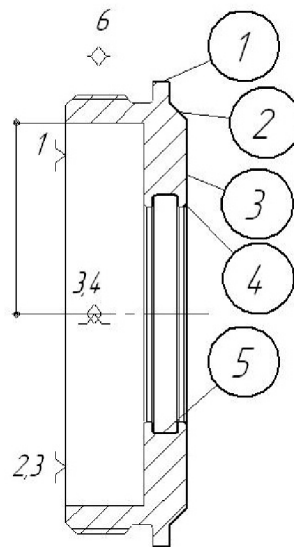


Рисунок 1.6 – Схеми базування деталі на токарній обробці

На рисунку 1.7 показано схему базування на чорнові технологія бази. Як видно з рисунка, на першій операції необхідно провести обробку чистових баз, а саме габаритних торців та центрових отворів. Таким чином потрібно на першій операції виконати базування заготовки на основні конструкторські бази.

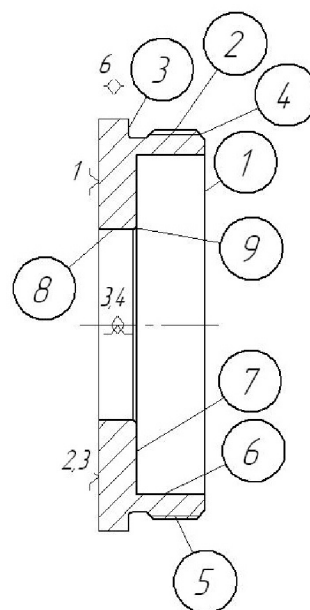
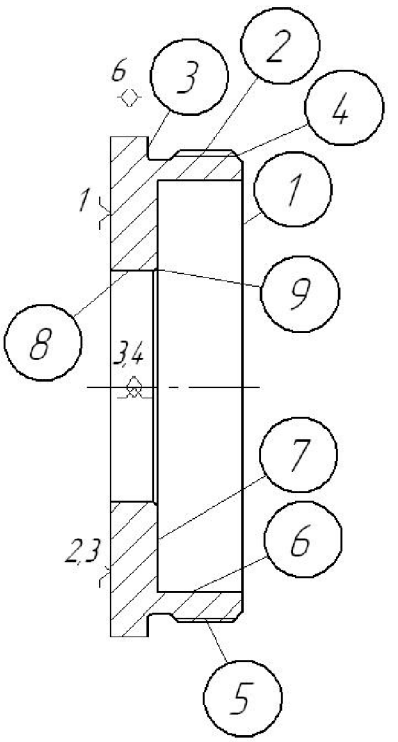
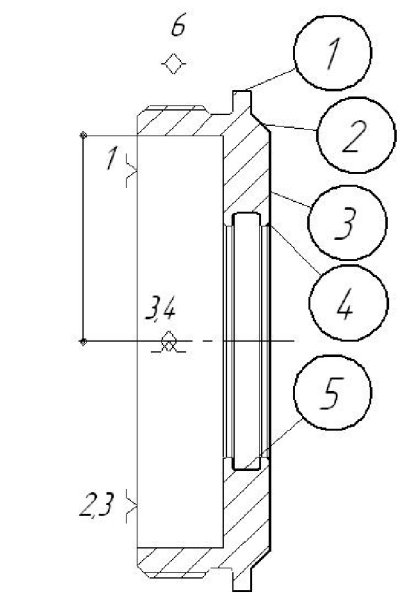


Рисунок 1.7 – Схема вибору чорнових баз

1.4.3 Проектування маршруту механічної обробки

Таблиця 1.7 – Маршрут механічної обробки деталі

№	Назва і зміст операції	Схема базування	Тип і модель обладнання
005	<p><u>Токарна з ЧПК</u></p> <p>1. ВЗД.</p> <p>2. Підрізати торець 1 попередньо і остаточно.</p> <p>3. Точити поверхню 2 попередньо і остаточно.</p> <p>4. Підрізати торець 3 попередньо і остаточно.</p> <p>5. Точити фаску 4 однократно.</p> <p>6. Нарізати різьбу 5 попередньо і остаточно.</p> <p>7. Розточити поверхню 6 попередньо і остаточно.</p> <p>8. Підрізати торець 7 попередньо і остаточно.</p> <p>9. Розточити отвір 8 попередньо і остаточно.</p> <p>10. Точити фаску 9 однократно.</p>		<p>Токарний верстат з ЧПК 16К20Ф3</p>
010	<p><u>Токарна з ЧПК</u></p> <p>1. ВЗД.</p> <p>2. Точити поверхню 1 попередньо і остаточно.</p> <p>3. Точити конічну поверхню 2 однократно.</p> <p>4. Підрізати торець 3 попередньо і остаточно.</p> <p>5. Точити фаску 4 однократно.</p> <p>6. Точити канавку 5 однократно.</p>		<p>Токарний верстат з ЧПК 16К20Ф3</p>

Продовження таблиці 1.7

№	Назва і зміст операції	Схема базування	Тип і модель обладнання
015	Свердлильна 1. ВЗД. 2. Свердлити 2 отвори 1.		Вертикально свердлильний верстат 2P135Ф2

1.4.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

Допуски технологічних розмірів визначаються виходячи з точності механічної обробки. Таблиці економічної точності на металорізальних верстатах наведені у відповідних таблицях. Згідно цим таблицям середня точність однократної обробки відповідає 14-му квалітету. Тому приймаємо допуски розмірів після чорнової (однократної) обробки по 14-му квалітету і записуємо в таблицю 1.8.

Таблиця 1.8 – Значення допусків технологічних розмірів

Отримуваний технологічний розмір	Квалітет точності	Попереднє значення допуску, мм	Остаточне значення допуску, мм
B1	12	0,3	0,3
B2	12	0,25	0,25
B3	10	0,12	0,12
B4	10	0,1	0,1
B5	10	0,1	0,1
B6	10	0,07	0,07

$T(z_1) = 1,2 \text{ мм}; T(z_2) = 1,2 \text{ мм}; T(z_3) = 1,4 \text{ мм}; T(z_4) = 1,8 \text{ мм};$

Розмірна схема технологічного процесу розміщена на рисунку 1.8.

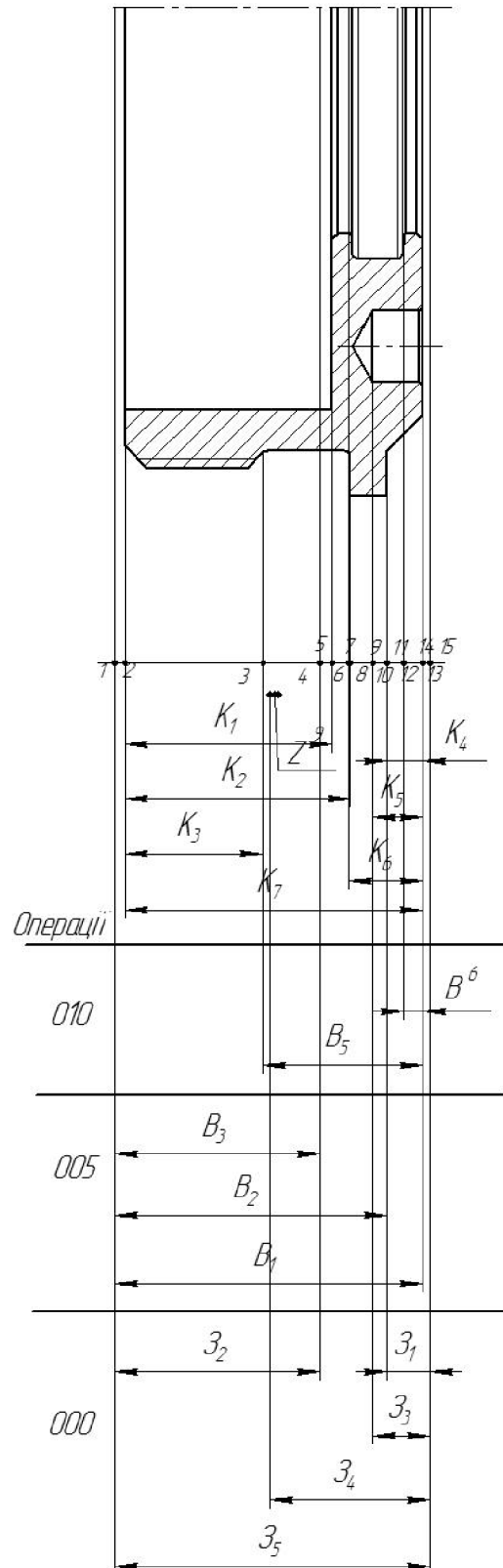


Рисунок 1.8 – Розмірна схема технологічного процесу

Похідний граф розміщений на рисунку 1.9 (а), вихідний граф розміщений на рисунку 1.9 (б), суміщений граф розміщений на рисунку 1.10.

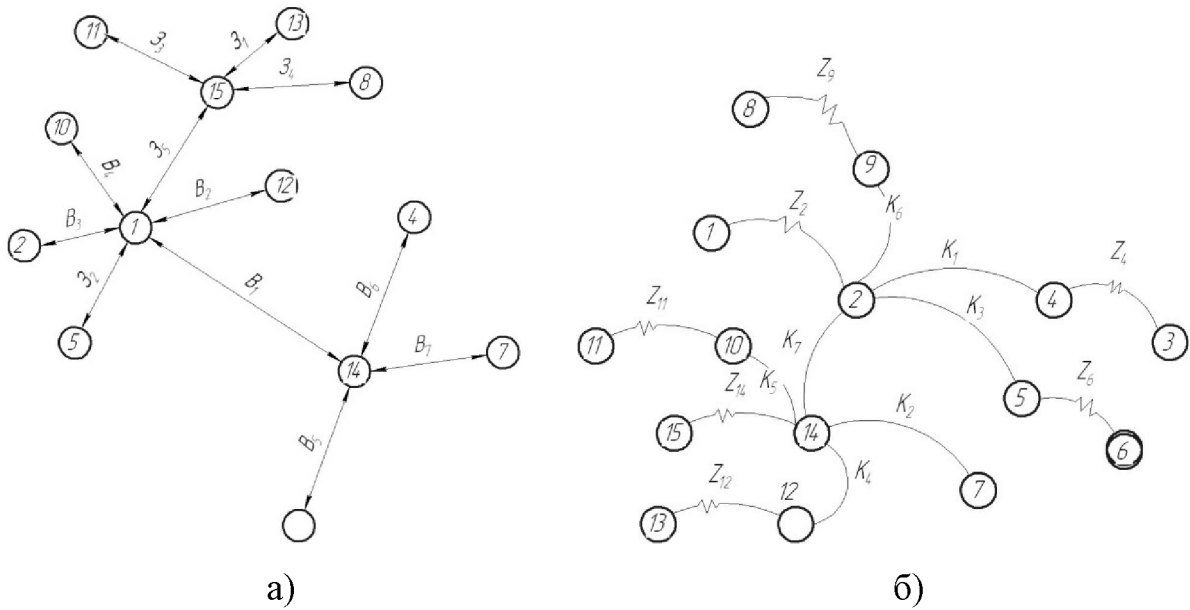


Рисунок 1.9 – Похідний граф-дерево (а) та вихідний граф-дерево (б)

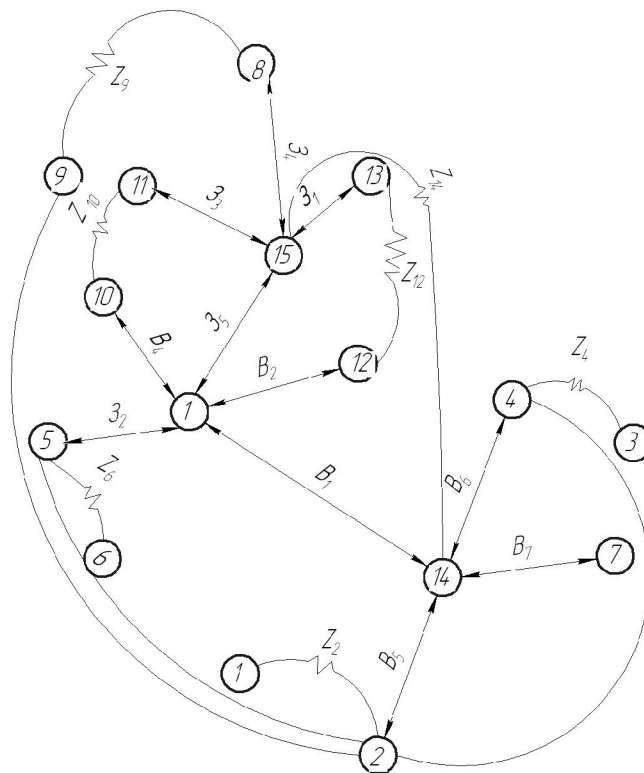


Рисунок 1.10 – Суміщений граф-дерево

Таблиця 1.9 – Рівняння технологічних розмірів ланцюгів

№ п/п	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$B7 - K7 = 0$	$K7 = B7$	B7
2	$B1 - B5 - Z2 = 0$	$Z2 = B1 - B5$	B1
3	$B1 - B2 - K4 = 0$	$K4 = B1 - B2$	B2
4	$B5 - B6 - K1 = 0$	$K1 = B5 - B6$	B5
5	$32 - K3 - Z6 = 0$	$K3 = 32 - Z6$	32
6	$31 - K4 - Z14 = 0$	$Z14 = 31 - K4$	31
7	$35 - 34 + Z9 - K7 - Z2 = 0$	$K7 = 35 - 34 + Z9 - Z2$	34
8	$B1 - B3 - K5 = 0$	$K5 = B1 - B3$	B3
9	$35 - B2 - 31 = 0$	$B2 = 35 - 31$	35

Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція (за необхідністю) допусків технологічних розмірів і (або) маршруту механічної обробки.

Рівняння 1: $K7 = B7 = 70^{+0,74}$ (мм);

Рівняння 2: $Z2 = B1 - B5$.

Мінімальне значення вихідної ланки можна знайти з вихідного рівняння розмірного ланцюга, підставивши в це рівняння мінімальні значення збільшувальних ланок (у вихідному рівнянні зі знаком “ - “) і максимальні зменшувальних ланок (у вихідному рівнянні зі знаком “ + “). З урахуванням цього запишемо рівняння 4 у вигляді: $Z2_{\min} = B1_{\max} - B5_{\min}$.

Невідомою ланкою є B1, відносно неї запишемо рівняння з урахуванням збільшувальних і зменшувальних ланок:

$$B1_{\max} = Z2_{\min} + B5_{\min} = 1,1 + 66 = 67,1 \text{ (мм)},$$

$$B1_{\min} = B1_{\max} - T(B1) = 67,1 - 0,3 = 66,8 \text{ (мм)},$$

$$Z2_{\max} = B1_{\min} - B5_{\max} = 66,8 - 67,74 = 0,94 \text{ (мм)}.$$

Рівняння 3: $K4 = B1 - B2$.

Невідомою ланкою є B2, відносно неї запишемо рівняння з урахуванням збільшувальних і зменшувальних :

$$B2 = B1 - K4 = 67,1 - 10,74 = 56,36 \text{ (мм)},$$

$$K4_{\min} = B2_{\max} - T(K4) = 56,36 - 0,25 = 10,11 \text{ (мм)}.$$

Оскільки конструкторський розмір К4 отримується не безпосередньо як технологічний розмір, а є результатом виконання технологічних розмірів В1 і В2, то для перевірки можливості досягнення необхідної точності розміру К4 визначимо фактичне максимальне значення цього розміру:

$$[B2_{\max}]_{\text{факт}} = B1_{\max} - K4_{\min} = 67,1 - 10,11 = 56,99 \text{ (мм)}.$$

Поле розсіювання розміру К4 складатиме:

$$\delta(B2) = [B2_{\max}]_{\text{факт}} - B2_{\min} = 56,99 - 56,74 = 0,25 \text{ (мм)}$$

Оскільки $\delta(B2) < T(B2)$, то можна зробити висновок, що точність розміру К4 забезпечується.

Рівняння 4: $K1 = B5 - B6$.

$$B5_{\max} = B6_{\max} + K1_{\min} = 46,74 - 20 = 66,74 \text{ (мм)},$$

$$B5_{\min} = B5_{\max} - T(B5) = 66,74 - 0,1 = 66,64 \text{ (мм)},$$

$$[K1_{\max}]_{\text{факт}} = B5_{\max} - B6_{\min} = 66,74 - 46,64 = 20,1 \text{ (мм)}.$$

Поле розсіювання розміру К1 складатиме:

$$\delta(K1) = [K1_{\max}]_{\text{факт}} - K1_{\min} = 20,1 - 20 = 0,1 \text{ (мм)}.$$

Оскільки $\delta(K1) < T(K1)$, то можна зробити висновок, що точність розміру К4 забезпечується.

Рівняння 5: $K3 = 32 - Z6$.

$$32_{\max} = K3_{\max} + Z6_{\min} = 16,24 + 2.0 = 18.24 \text{ (мм)},$$

$$32_{\min} = 32_{\max} - T(32) = 18,24 - 0,1 = 18,14 \text{ (мм)},$$

$$[K3_{\max}]_{\text{факт}} = 32_{\max} - Z6_{\min} = 18.14 - 2.0 = 16.14 \text{ (мм)}.$$

Поле розсіювання розміру K1 складатиме:

$$\delta(K3) = [K3_{\max}]_{\text{факт}} - K3_{\min} = 16.24 - 16.14 = 0,1 \text{ (мм)}.$$

Оскільки $\delta(K3) < T(K3)$, то можна зробити висновок, що точність розміру K3 забезпечується.

Рівняння 6: $Z14 = 31 - K4$.

$$31_{\max} = K4_{\max} - Z14_{\min} = 10 - 1.4 = 11.4 \text{ (мм)},$$

$$31_{\min} = 31_{\max} - T(31) = 11.4 - 0,07 = 11.33 \text{ (мм)},$$

$$[K4_{\max}]_{\text{факт}} = 31_{\max} - Z14_{\min} = 11.33 - 1.4 = 9.93 \text{ (мм)}.$$

Поле розсіювання розміру K2 складатиме:

$$\delta(K4) = [K4_{\max}]_{\text{факт}} - K4_{\min} = 10 - 9.93 = 0,1 \text{ (мм)}.$$

Оскільки $\delta(K4) < T(K4)$, то можна зробити висновок, що точність розміру K4 забезпечується.

Рівняння 7: $K7 = 35 - 34 + Z9 - Z2$.

$$34_{\min} = 35_{\max} - K7_{\min} - Z9_{\min} + Z2_{\min},$$

$$34_{\min} = 35_{\max} - K7_{\min} - Z9_{\min} - Z2_{\min} = 70,8 - 34,9 - 1,4 + 1,1 = 35.6 \text{ (мм)},$$

$$34_{\max} = 34_{\min} + T(34) = 35.6 + 1,8 = 37.4 \text{ (мм)},$$

$$34 = (34_{\min} + 34_{\max})/2 \pm T(34)/2 = (35.6 + 37.4)/2 \pm 0,6 = 36.5 \pm 0,6 \text{ (мм)},$$

$$Z9_{\max} = 34_{\min} - 35_{\max} + K7_{\max} + Z4_{\max} = 35.6 - 70.8 + 34.9 - 1.4 = 1,7 \text{ (мм)}.$$

Рівняння 8: $K5 = B1 - B3$.

$$B3_{\min} = B1_{\max} - K5_{\min}$$

$$B3_{\min} = B1_{\max} - K5_{\min} = 67.1 - 22 = 45,1 \text{ (мм)},$$

$$B3_{\max} = B3_{\min} + T(B3) = 45,1 + 0.1 = 45.2 \text{ (мм)},$$

$$K5_{\max}]_{\text{факт}} = B1_{\max} - B3_{\min} = 67.1 - 45.2 = 21.9 \text{ (мм)}.$$

Поле розсіювання розміру $K1$ складатиме:

$$\delta(K5) = [K5_{\max}]_{\text{факт}} - K5_{\min} = 22 - 21.9 = 0,1 \text{ (мм)}.$$

Оскільки $\delta(K5) < T(K5)$, то можна зробити висновок, що точність розміру $K5$ забезпечується.

Рівняння 9: $B2 = 35 - 31$.

$$35_{\min} = B2_{\min} + 31_{\min}$$

$$35_{\min} = B2_{\min} + 31_{\min} = 56.99 + 11.33 = 45.66 \text{ (мм)},$$

$$35_{\min} = 35_{\max} - T(35) = 45.66 - 1,8 = 47.46 \text{ (мм)},$$

$$34 = (34_{\min} + 34_{\max})/2 \pm T(34)/2 = (45.66 + 47.46)/2 \pm 0,9 = 46.56 \pm 0,9 \text{ (мм)}.$$

Таким чином, в результаті виконання розмірного аналізу технологічного процесу механічної обробки фланця визначені технологічні розміри $B1 - B6$, розміри вихідної заготовки $31 - 34$. Це дозволяє забезпечити знаходження дійсних значень всіх конструкторських розмірів $K1 - K5$ в межах полів допусків.

1.4.7 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

Визначення значень R і T проводимо відповідно до рекомендацій наведених в [3], враховуючи, що для заготовки дані параметри рівні відповідно

150 і 200 мкм. При попередньому точінні приймаємо $R_Z=50$ мкм, $T=50$ мкм, а при остаточному точінні відповідно $R_Z=30$ мкм, $T=30$ мкм, при попередньому шліфуванні $R_Z=10$ мкм, $T=20$ мкм, при остаточному шліфуванні $R_Z=5$ мкм, $T=15$ мкм. Визначенні значення зносимо у таблицю 1.10.

Сумарне значення просторових відхилень згідно (3) визначається:

$$\rho = \sqrt{(\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2)}, [\text{мкм}] \quad (1.11)$$

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;

$\rho_{\text{ц}}$ – похибка центрування;

$$\rho_{\text{жол}} = \Delta_k L, [\text{мкм}] \quad (1.12)$$

де L - відстань від оброблюваного перерізу до найближчої опори, 65 мм;

Δ_k - питома кривизна заготовок, 0,8 мкм/мм;

Отже:

$$\rho_{\text{жол}} = 0,8 \cdot 0,31 = 0,25 \text{ (мкм)}.$$

Оскільки даний розмір формується за допомогою штампу, то відхилення за рахунок неспівпадінням полу матриць в КГШП : $\rho_{\text{зм}} = 0,7$ мм.

Враховуємо радіальне биття оброблюваної поверхні в результаті похибки центрування:

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{\left(\frac{\delta_s}{2}\right)^2 + 0,25^2}; [\text{мм}] \quad (1.13)$$

де δ_s – допуск на поверхні, які використовуються в якості базових на торарно-револьверній операції,

$$\rho_{\Pi} = \sqrt{\left(\frac{1.0}{2}\right)^2 + 0,25^2} = 0,559 \text{ (мм)};$$

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{(\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2 + \rho_{\text{II}}^2)} = \sqrt{(0,0025^2 + 0,7^2 + 0,559^2)} = 0,896 \text{ (мм)}.$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1}, \text{ [мкм]} \quad (1.14)$$

- після попереднього точіння $\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_{\text{заг}} = 54 \text{ мкм}$,
- після остаточного точіння $\rho_2 = 0,04 \cdot 0,896 = 36 \text{ мкм}$,
- після попереднього шліфування $\rho_3 = 0,02 \cdot 0,896 = 18 \text{ мкм}$,
- так як значення ρ_4 дуже маленьке, ним можна знехтувати.

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

$$2Z_{i\text{min}} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i), \text{ [мкм]} \quad (1.15)$$

Мінімальний припуск:

Під точіння:

Попереднє $2Z_{1\text{min}} = 2 \cdot (150 + 200 + 896) = 2 \cdot 1246 \text{ (мкм)}$,

Остаточне $2Z_{2\text{min}} = 2(50 + 50 + 54) = 2 \cdot 154 \text{ (мкм)}$,

під шліфування:

попереднє $2Z_{3\text{min}} = 2 \cdot (30 + 30 + 36) = 2 \cdot 96 \text{ (мкм)}$,

остаточне $2Z_{4\text{min}} = 2 \cdot (10 + 20 + 18) = 2 \cdot 48 \text{ (мкм)}$.

Розрахункові розміри. При остаточному шліфуванні маємо отримати розмір вказаний на кресленні:

$$d_4=49,975 \text{ (мм)}.$$

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

Для шліфування:

Попереднього $d_3=49,975-2\cdot 0,048=49,879 \text{ (мм)},$

Для точіння:

Остаточного $d_2=49,879-2\cdot 0,096=49,687 \text{ (мм)},$

Попереднього $d_1=49,687-2\cdot 0,154=49,379 \text{ (мм)},$

Для заготовки $d_{\text{загот}}=49,379-2\cdot 1,247=46,885 \text{ (мм)}.$

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

Для остаточного шліфування згідно креслення допуск складає 16 мкм. Для попереднього шліфування згідно 7 квалітету допуск рівний 25 мкм, для остаточного точіння згідно 9 квалітету допуск – 62 мкм, для попереднього точіння згідно 12 квалітету допуск – 250 мкм, для заготовки допуск становить 1000 мкм, що визначено згідно ГОСТ 7505-74 для штамповок на КГШП.

Граничні розміри. Найменші граничні розміри отримуються по розрахунковим розмірам заокругленим до точності допуску відповідного переходу. Максимальні граничні розміри визначаються шляхом додавання допусків до найменших граничних розмірів відповідних переходів.

Тобто:

$$d_{\text{max4}} = 49,975 - 0,016 = 49,959 \text{ (мм)},$$

$$d_{\text{max3}} = 49,879 - 0,025 = 49,854 \text{ (мм)},$$

$$d_{\text{max2}} = 49,687 - 0,062 = 49,625 \text{ (мм)},$$

$$d_{\text{max1}} = 49,379 - 0,250 = 49,129 \text{ (мм)},$$

$$d_{\max \text{ загот}} = 46,885 - 1,0 = 45,885 \text{ (мм)}.$$

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

Отже, для остаточного шліфування:

$$2Z_{\min 4} = 49,975 - 49,879 = 0,096 \text{ (мм)},$$

$$2Z_{\max 4} = 49,959 - 49,854 = 0,105 \text{ (мм)}.$$

для попереднього шліфування:

$$2Z_{\min 3} = 49,879 - 49,687 = 0,192 \text{ мм} = 192 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\max 3} = 49,854 - 49,625 = 0,229 \text{ мм} = 229 \text{ (мкм)}.$$

для остаточного точіння:

$$2Z_{\min 2} = 49,687 - 49,379 = 0,308 \text{ мм} = 308 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2} = 49,625 - 49,129 = 0,496 \text{ мм} = 496 \text{ (мкм)}.$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 1} = 49,379 - 46,885 = 2,494 \text{ мм} = 2494 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\max 1} = 49,129 - 45,885 = 3,244 \text{ мм} = 3244 \text{ (мкм)}.$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 1.12.

Таблиця 1.12 – Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку поверхні $\varnothing 50H7$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 50H7$	Елементи припуску, мкм			Розрах. припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розрах діаметр d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничне значення припуску, мкм	
	R_z	T	ρ				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}^{np}$	$2Z_{\max}^{np}$
Заготовка	150	200	897		46,885	1000	46,885	45885		
<u>Точіння:</u> попереднє	50	50	54	2·1247	49,379	250	49,379	49,129	2494	3244
остаточне	30	30	36	2·154	49,687	62	49,687	49,625	308	496
<u>Шліфуван-</u> <u>-ня:</u> попереднє	10	20	18	2·96	49,879	25	49,879	49,854	192	229
остаточне	5	15		2·48	49,975	16	49,975	49,959	96	105
Всього									3090	4074

На основі даних розрахунку будемо схему графічного розташування припусків і допусків по обробці поверхні $\varnothing 50H7$ (рис. 1.11).

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

$$2Z_{0\min}=0,096+0,192+0,308+2,494=3,090 \text{ мм}=3090 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{0\max}=0,105+0,229+0,496+3,244=4,074 \text{ мм}=4074 \text{ (мкм)}.$$

Загальний номінальний припуск:

$$Z_{0\text{ном}}=2Z_{0\min}+H_z-H_d=3090+1000-16 = 4074 \text{ (мкм)}$$

$$d_{\text{зном}}=d_{\text{дном}}+Z_{0\text{ном}} =49,975-4,074 = 45,901 \text{ (мм)}.$$

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 1} - 2Z_{\min 1} = 3244 - 2494 = 750 \text{ (мкм)},$$

$$\delta_{\text{заг}} - \delta_1 = 1000 - 250 = 750 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 496 - 308 = 188 \text{ (мкм)},$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 250 - 62 = 188 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 229 - 192 = 37 \text{ (мкм)},$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 62 - 25 = 37 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\max 4} - 2Z_{\min 4} = 105 - 96 = 9 \text{ (мкм)},$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 25 - 16 = 9 \text{ (мкм)},$$

отже, розрахунки виконані вірно і не потребують уточнення.

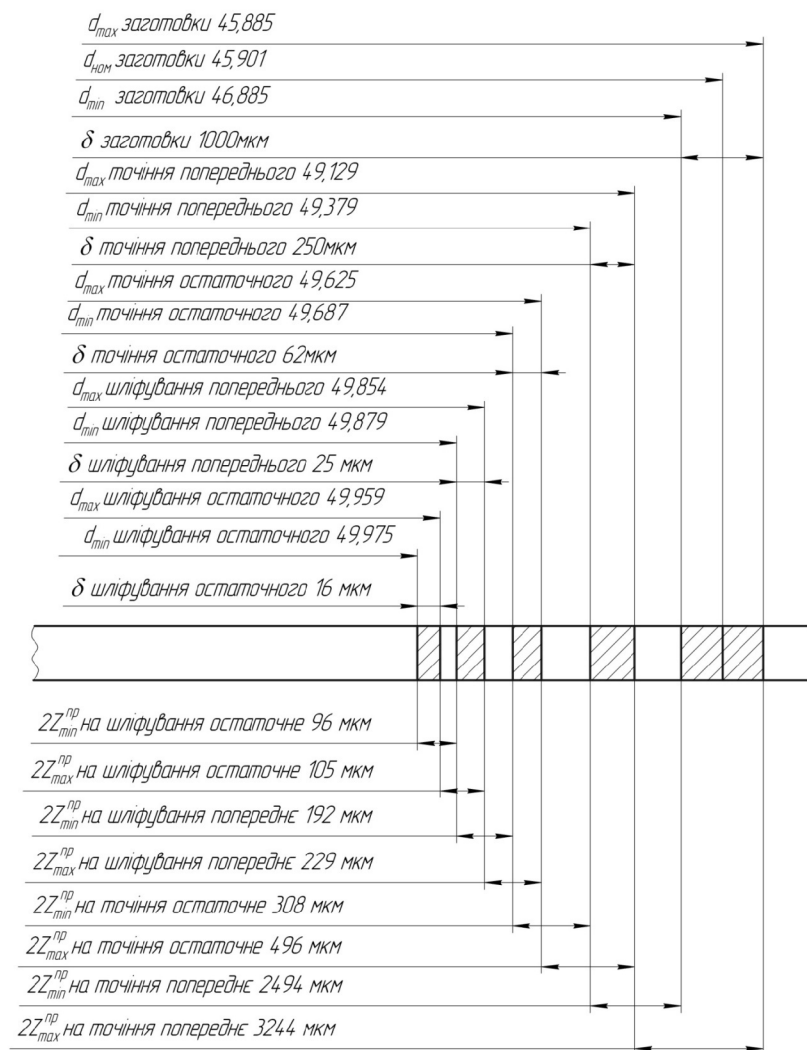


Рисунок 1.11 – Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку отвору $\text{Ø}50\text{H}7$ кришки

1.4.8 Визначення режимів різання

Приведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для точіння зовнішньої поверхні та свердління отворів.

Аналітичний розрахунок режимів різання для свердління отвору розпочинається із визначення глибини різання, яка рівна половині діаметру отвору, який свердлиться і в даному випадку складає 4,4 мм.

Подачу рекомендують приймати в межах від 0,05 до 0,08 мм/об при заданих умовах обробки. Приймаємо подачу рівною 0,08 мм/об.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m t^{x_v} S^{y_v}} K_v, \text{ [м/хв]} \quad (1.16)$$

де T - стійкість інструменту, 50 хв;

C_v, x_v, y_v, m, q_v – коефіцієнти і показники степені в формулі для розрахунку швидкості різання. Згідно з [13] вони рівні:

$$C_v=9,8; x_v=0; y_v=0,5; m=0,2, q_v=0,4.$$

K_v – загальний поправочний коефіцієнт, який є добутком цілого ряду коефіцієнтів, які враховують реальні умови механічної обробки:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv}. \quad (1.17)$$

Всі складові відображають вплив певного фактора на швидкість різання:

K_{Mv} - якість оброблюваної поверхні, 2,03;

K_{uv} – матеріал ріжучої частини, 0,8 (ВК6);

K_{lv} –глибину отвору, що свердлиться, 1.

Отже загальний поправочний коефіцієнт:

$$K = 2,03 \cdot 0,8 \cdot 1 = 1,63.$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{9,8 \cdot 8,8^{0,4}}{50^{0,2} \cdot 4,4^0 \cdot 0,25^{0,5}} \cdot 1,63 = 35,3 \text{ (м/хв)}.$$

Крутний момент при свердлінні розраховується за формулою:

$$M = C_M \cdot D^{q_M} \cdot S^{y_M} \cdot K_p, \text{ [Н}\cdot\text{м]} \quad (1.18)$$

де C_M , q_M , x_M , y_M – коефіцієнти і показники степені для розрахунку крутного моменту при свердлінні. Вони рівні:

$$C_M = 0,03; q_M = 2; x_M = 0; y_M = 0,8.$$

Коефіцієнт K_p рівен коефіцієнтові K_{MP} і рівний одиниці. З урахуванням цього крутний момент:

$$M = 0,03 \cdot 8,8^2 \cdot 0,08^{0,8} \cdot 0,85 = 0,26 \text{ (Н}\cdot\text{м)}.$$

Осьова сила при свердлінні визначається за формулою:

$$P_o = C_p D^{q_p} S^{y_p} K_p, \text{ [Н]} \quad (1.19)$$

де C_p , q_p , x_p , y_p – коефіцієнти і показники степені для розрахунку осьової сили при свердлінні. Вони рівні: $C_p = 68$; $q_p = 1$; $x_p = 0$; $y_p = 0,7$.

З урахуванням цього осьова сила:

$$P_o = 68 \cdot 8,8^1 \cdot 0,08^{0,7} \cdot 0,85 = 86,8 \text{ (Н)}.$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N = M \cdot n / 975, \text{ [кВт]} \quad (1.20)$$

де n – число обертів інструмента, що становить:

$$n = 1000 \cdot 35,3 / 3,14 \cdot 8,8 = 1278 \text{ (об/хв.)}$$

Потужність:

$$N = 1278 \cdot 0,26 / 975 = 0,34 \text{ (кВт)}.$$

Аналогічно можуть бути визначені режими різання для всіх інших переходів. Результати розрахунків режимів різання представлені у табл. 1.127.

Таблиця 1.12 – Режими різання

Назва переходу, операції	Глибина різання, мм	Подача, мм/об	Швидкість різання, м/хв	Частота обертання шпинделя, об/хв	Потужність різання, кВт
005 – Токарна з ЧПК					
Точити торець 1 попередньо	1,50	1,50	5,9645	175,88	5,37
Точити торець 1 остаточно	0,50	0,40	11,5502	340,59	1,16
Точити пов. 2 (двічі) попередньо	1,25	1,50	5,9645	175,88	4,47
Точити пов. 2 остаточно	0,5	0,40	11,5502	357,13	1,16
Точити торець (двічі) 3 попередньо	5,00	0,30	13,33703	393,28	10,6
Точити торець 3 остаточно	1,00	0,15	18,86141	556,19	1,69
Точити пов. 4 однократно	2,50	0,40	11,5502	360,63	5,82
Нарізати різь пов. 5 однократно	2,00	0,80	8,167228	255	5,83
Розточити пов. 6 попередньо	0,80	0,60	9,430703	337,46	2,12
Розточити пов. 6 остаточно	0,15	0,25	14,60998	522,79	0,3
Точити торець 7 попередньо	1,00	1,50	5,9645	213,43	3,58
Точити торець 7 остаточно	0,50	0,40	11,5502	413,3	1,16
Точити пов. 8 попередньо	1,00	0,50	10,33082	658,01	2,5
Точити пов. 8 остаточно	0,25	0,20	16,33446	1040,4	0,46
Точити пов. 9 однократно	0,20	0,50	10,33082	658,01	0,5

Продовження таблиці 1.12

010 – Токарна з ЧПК					
Точити пов. 1 попередньо	1,00	1,00	7,3	215,41	3,14
Точити пов. 1 остаточно	0,50	0,50	10,3	304,64	1,25
Точити пов. 2 однократно	1,50	0,80	8,17	289	4,37
Точити торець 3 попередньо	1,00	0,80	8,17	289	2,92
Точити торець 3 остаточно	0,50	0,60	9,43	333,71	1,33
Точити пов. 4 однократно	0,20	0,50	10,3	658,01	0,5
Точити канавку 5 однократно	5,60	0,10	23,1	1471,4	8,31
015 – Вертикально-свердлильна					
Центрувати пов. 1 однократно (2 отв.)	2,00	0,20	16,3	1040,4	3,72
Свердлити пов. 1 однократно (2 отв.)	5,50	0,15	18,9	750,85	9,31

1.5 Висновки до технологічної частини

Отже, визначено тип виробництва і форму організації роботи та аналіз конструкції та технологічності деталі «Кришка 38.61», вибрано спосіб виготовлення заготовки, а також розроблено маршрут механічної обробки деталі «Кришка 38.61».

2 ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ «КРИШКА 38.61»

2.1. Коротка характеристика обраної САD-системи

Для розробки тривимірної моделі деталі використаємо програму КОМПАС-3D V12. Проектування нової деталі починається із створення основи шляхом вставки у файл готової моделі деталі або виконання операції над ескізом (або декількома ескізами). При цьому доступні наступні типи операцій: Видавлювання ескізу в напрямі, перпендикулярному його площині. Операції видавлювання і обертання є окремими випадками кінематичної операції. При видавлюванні траєкторія переміщення ескізу-перетину є відрізком прямої лінії, а при обертанні – дугу кола (або повне коло). Кожна операція має додаткові опції, що дозволяють варіювати правила побудови тіла. Після створення основи деталі виконується «приклеювання» або «вирізування» додаткових об'ємів. Кожний з них є елементом, утвореним за допомогою перерахованих вище операцій над новими ескізами. При виборі типу операції потрібно відразу вказати, створюваний елемент відніматиметься з основного об'єму або додаватиметься до нього. Прикладами віднімання об'єму з деталі можуть бути різні отвори, проточки, канавки, а прикладами додавання об'єму – бобишки, виступи, ребра. Для створення об'ємного елемента підходить не будь-яке зображення в ескізі.

2.2 Алгоритм побудови тривимірної моделі деталі «Кришка 38.61»

Для побудови основи тривимірної моделі деталі «Кришка 38.61» було використано операцію обертання і якості ескізу взятий вигляд «кришки» у перерізі, де враховані повністю контур деталі, отвір та усі фаски. Ескіз та результат роботи операції представлено на рис. 2.1.

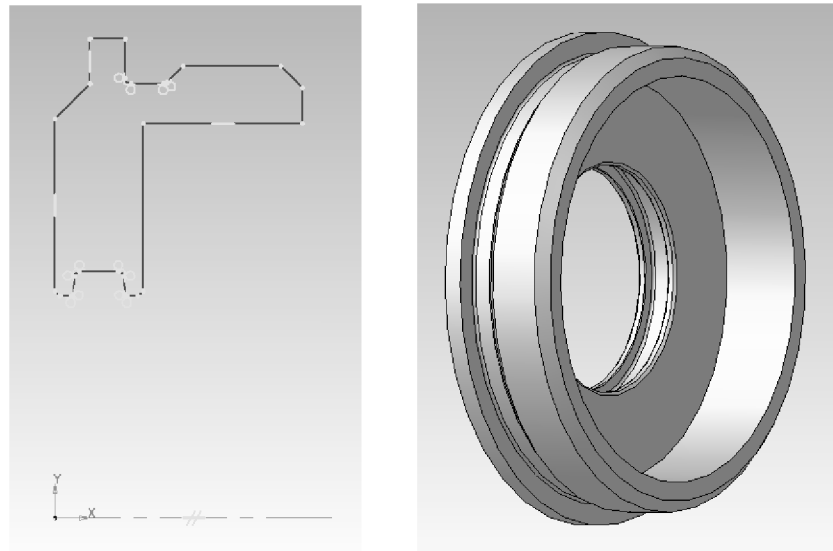


Рисунок 2.1 – Побудова основи моделі операцією обертання

Наступним кроком було створення отвору на лівому торці деталі «Кришка 38.61». Для цього на лівому торці деталі вибрана команда «Отверстие», після чого . Ескіз та результат роботи операції представлено на рис. 2.2.

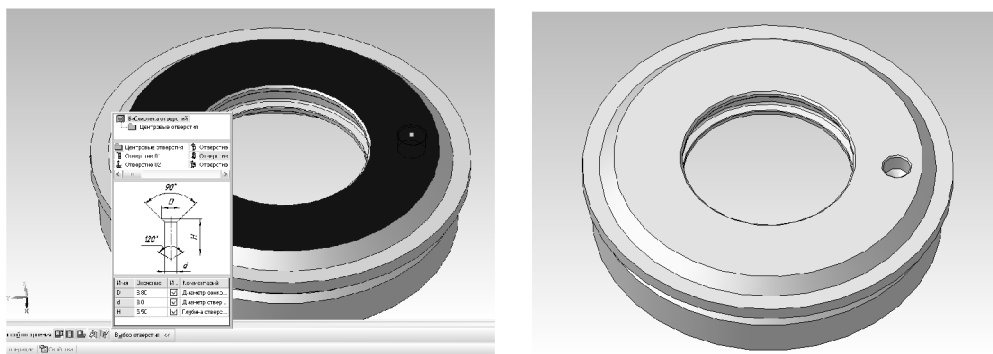


Рисунок 2.2 – Побудова отвору $\varnothing 8,8$ мм

Після створення одного отвору була вибрана команда «Массив по сетке» що дало змогу створити ще один отвір. Ескіз та результат роботи операції представлено на рис. 2.3.

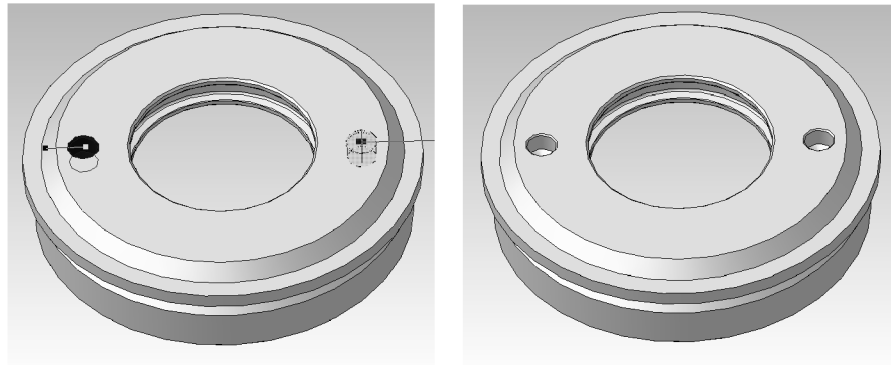


Рисунок 2.3 – Побудова копії отвору $\varnothing 8,8$ мм

Таким чином, в результаті було отримано тривимірну модель деталі «Кришка 38.61», загальний вигляд та алгоритм (дерево) побудови якої представлено на рис. 2.4.

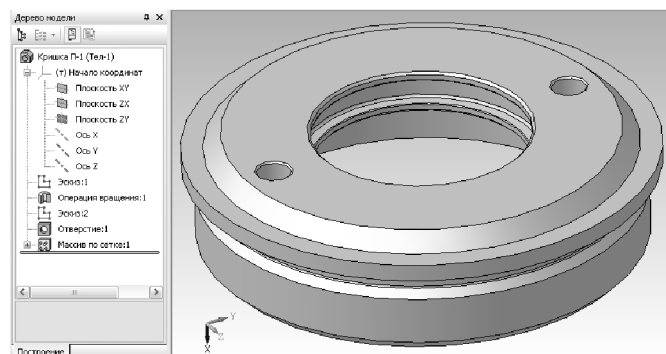


Рисунок 2.4 – Тривимірна модель деталі «Кришка 38.61»

2.3 Аналіз деталі на міцність у CAD/CAE-системі

Для аналізу конструкції деталі на міцність скористаємося CAD/CAE-системою T-FLEX та її додатком «Аналіз».

Роботу розпочинаємо з імпортування тривимірної моделі деталі, яка розроблена системі КОМПАС. Для цього використаємо проміжний формат *.igs. Використовуючи команду T-FLEX CAD «Файл/Імпортувати» завантажуюмо тривимірну модель деталі «Кришка 38.61» (рис. 2.5).

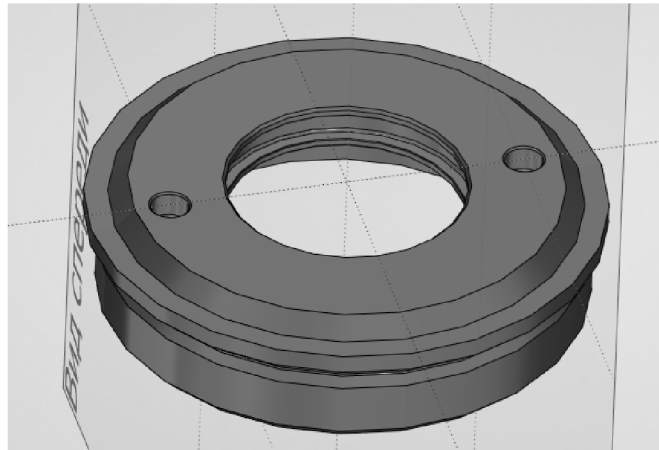


Рисунок 2.5 – Імпортована тривимірна модель деталі «Кришка 38.61»

Після того, як тривимірна модель виробу була імпортована в T-FLEX CAD 3D, 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 визначаємо її тип – «Конечно-элементный анализ». Далі вказуємо модель чи поверхню моделі, яку буде піддаватися аналізу. Вибираємо всю модель вцілому (рис. 2.6).

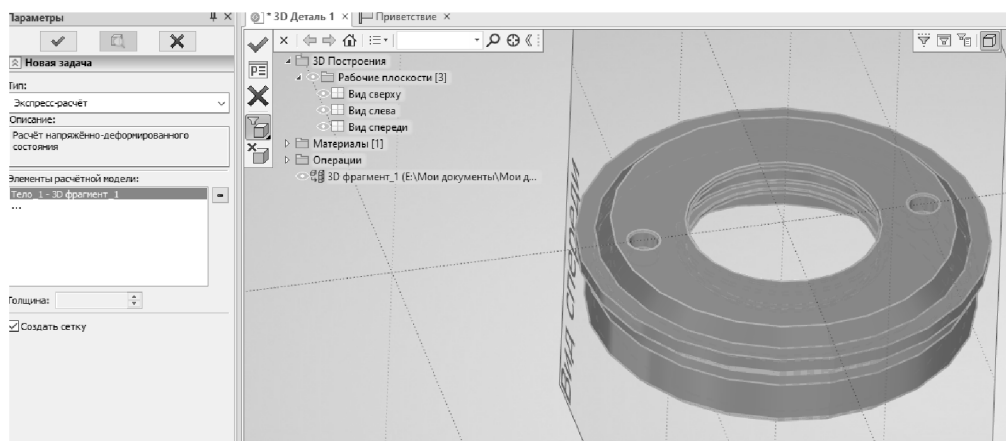


Рисунок 2.6 – Початок роботи додатку «Аналіз» у T-FLEX CAD

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 утворюється сіткова модель з тетраедрів, апроксимуючу тривимірну модель виробу (рис. 2.7).

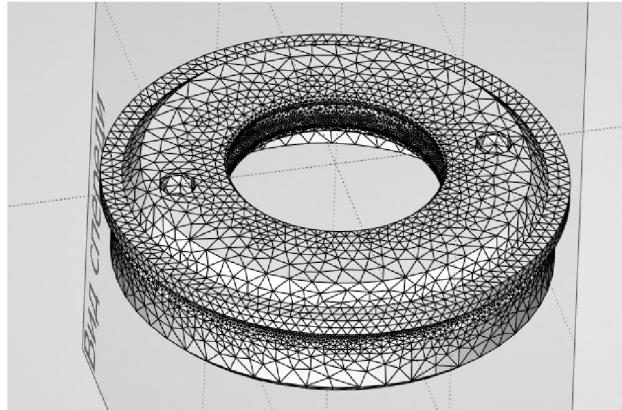


Рисунок 2.7 – Сітка деталі, побудована методом кінцевих елементів

Для визначення закріплень в додатку «Аналіз» передбачені три команди: «Полное закрепление», «Частичное закрепление» і «Контакт». Команда «Анализ ⇒ Ограничение ⇒ Полное закрепление» застосовується до вершин, граней і ребер моделі. Вона визначає, що даний елемент тривимірного тіла повністю нерухомий, тобто зберігає своє первинне розташування і не міняє свого положення під дією прикладених до системи навантажень.

Навантаження буде складати 750 Н та прикладатиметься до поверхні деталі зі шліцьовим з'єднанням імітуючи дію сил під час роботи деталі у вузлі (рис. 2.8).

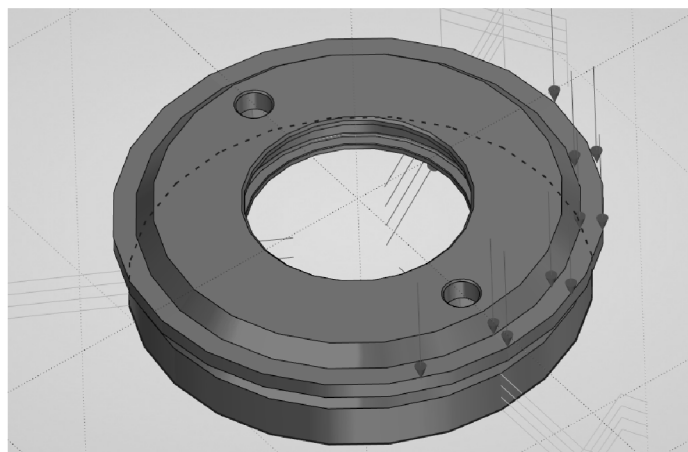


Рисунок 2.8 – Вибір поверхонь моделі деталі для навантаження

Вкажемо нерухому грань моделі – в даному випадку використаємо базову поверхню деталі – два отвори (рис. 2.9).

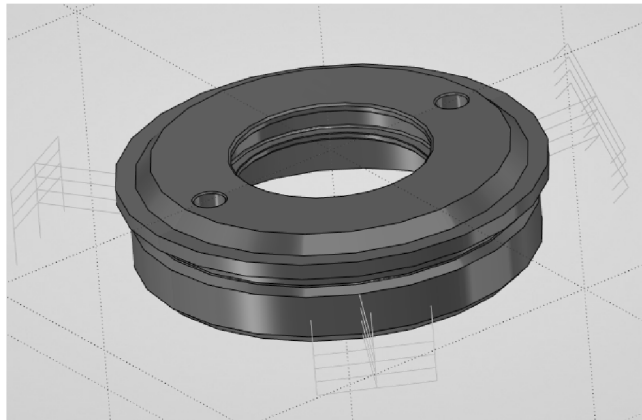


Рисунок 2.9 – Вибір поверхонь моделі деталі для закріплення

Після вибору аповерхонь закріплення та навантаження моделі деталі, необхідно вибрати матеріал деталі із бази матеріалів додатку «Аналіз». Відповідно завдання на роботу вибираємо Сталь 45 ГОСТ 1050-88.

Після виконання всіх необхідних операцій виконується розрахунок. 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» (рис. 2.10).

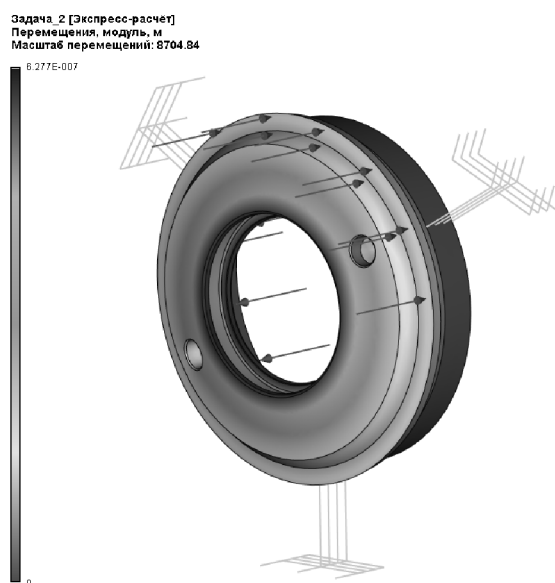


Рисунок 2.10 – Результати аналізу (модуль переміщень)

Результати розрахунку показують, що модуль переміщення має максимальне значення $6,28 \cdot 10^{-7}$ м. тобто немає загрози руйнівного деформування ділянок деталі, що підсвічуються світлішим кольором. Доцільним є провести дослідження щодо можливості зменшення маси деталі до величини, достатньої витримувати задані навантаження.

2.4 Удосконалення конструкції деталі

Як видно з рис. 2.10, у конструкції деталі є зонами 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 діаметру внутрішньої циліндричної поверхні b на діапазонах: $a = 8 \dots 12$ мм; $b = 85 \dots 93$ мм (рис. 2.11).

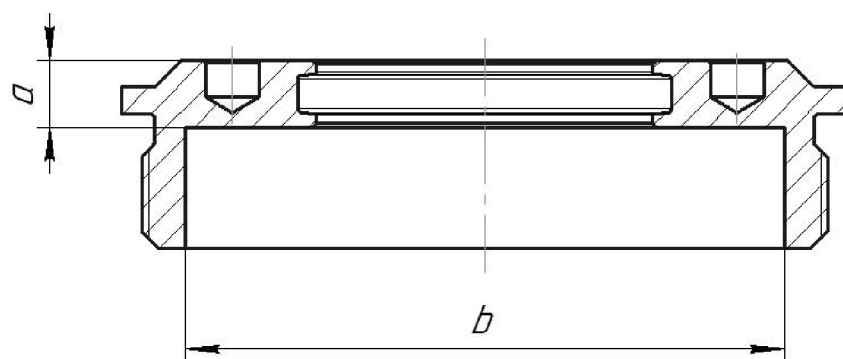


Рисунок 2.11 – Поверхні деталі «Кришка 38.61», які перевірятимуться на міцність

За прикладом розрахунку міцності, представленого вище, проведено розрахунки та аналіз залежності модуля переміщення t від конструктивних

параметрів деталі «Кришка 38.61» у запропонованих діапазонах. Графіки отриманих залежностей представлені на рис. 2.12-2.13.

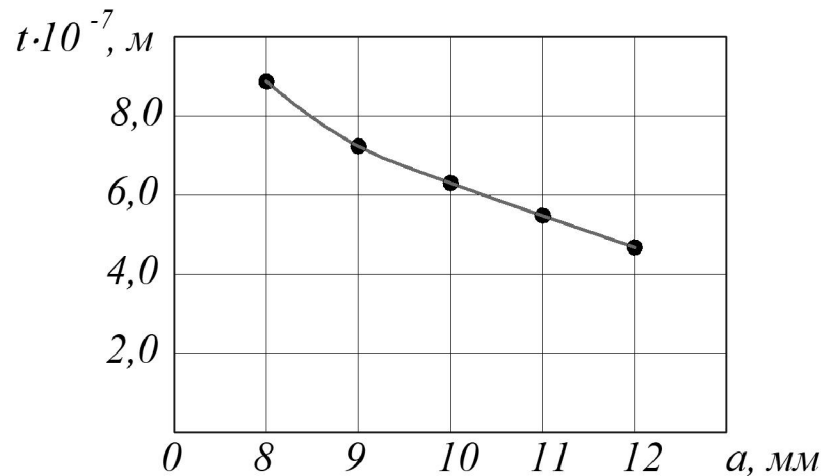


Рисунок 2.12 – Залежність модуля переміщення від ширини стінки a

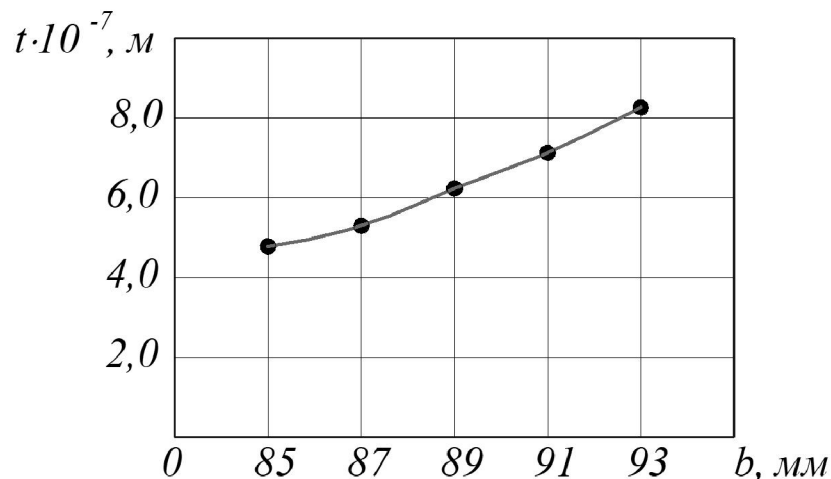


Рисунок 2.13 – Залежність модуля переміщення від діаметра b

З рисунку 2.12 видно, що в результаті збільшення ширини стінки значення модуля переміщення зменшується. А з рисунку 2.13 також видно, що зі збільшенням діаметра внутрішньої циліндричної поверхні значення модуля переміщення збільшується. Для обґрунтованого вибору значень зміцнюючих елементів необхідно визначити їх вплив збільшення маси деталі.

В результаті виконання тривимірних моделей деталі «Кришка 38.61» з конструктивними елементами у вигляді збільшення ширини стінки та величини

внутрішнього діаметра на заданих діапазонах значень – $a = 8 \dots 12$ мм; $b = 85 \dots 93$ мм, отримано залежності маси деталі від параметрів зміцнюючих елементів, що представлені на рис. 2.14-2.15.

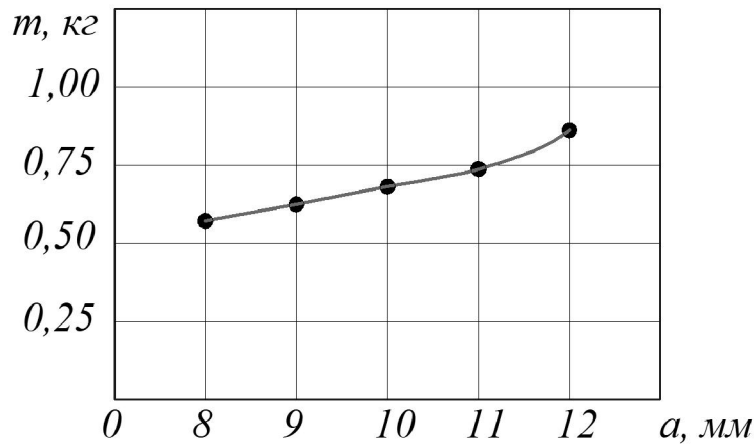


Рисунок 2.14 – Залежність маси деталі від ширини стінки a

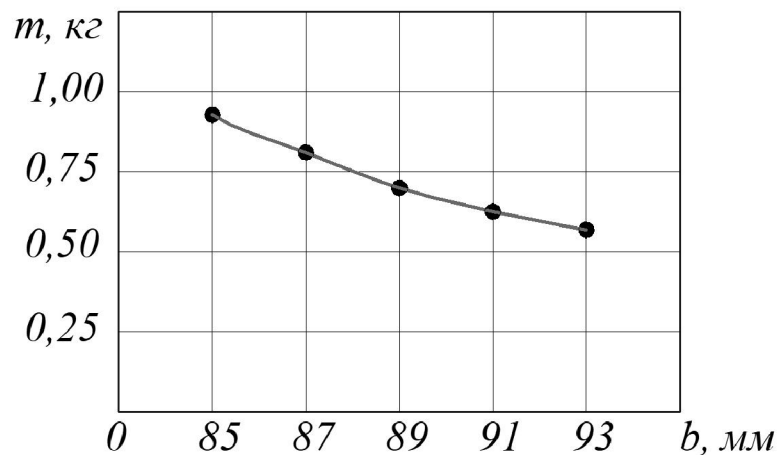


Рисунок 2.15 – Залежність маси деталі від діаметра b

З рисунків 2.14-2.15 видно, що в результаті збільшення значень параметрів зміцнюючих елементів маса деталі збільшується.

Виходячи із отриманих залежностей можна рекомендувати для зміцнення елемента циліндричної частини деталі зменшити ширину стінки $a = 9$ мм, а величину діаметра внутрішньої циліндричної поверхні збільшити $b = 90$ мм, що забезпечує достатню міцність і зменшення маси деталі

2.5 Розробка у CAD/CAM-системі програми обробки деталі на верстаті з ЧПК

Перед розробкою програми для обробки поверхні деталі на верстаті з ЧПК розробимо тривимірну модель деталі «Кришка 38.61» у CAD/CAM-системі Cimatron. Результат розробки представлено на рис. 2.16.

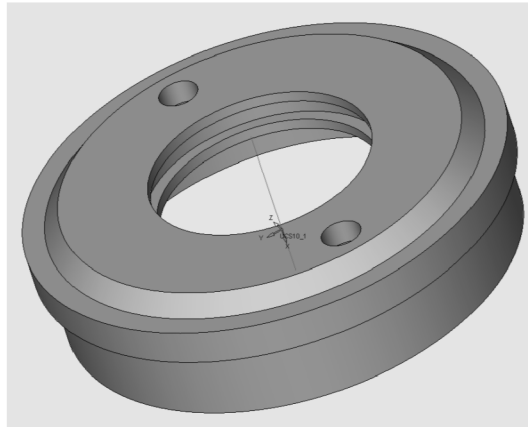


Рисунок 2.16 – Тривимірна модель деталі «Кришка 38.61» у системі Cimatron

Після створення тривимірної моделі файл автоматично передається у модуль технології обробки на обладнаннях з ЧПК. Для цього необхідно у меню «Файл» вибрати функцію «Експорт» → в документ ЧПК (рис. 2.17).

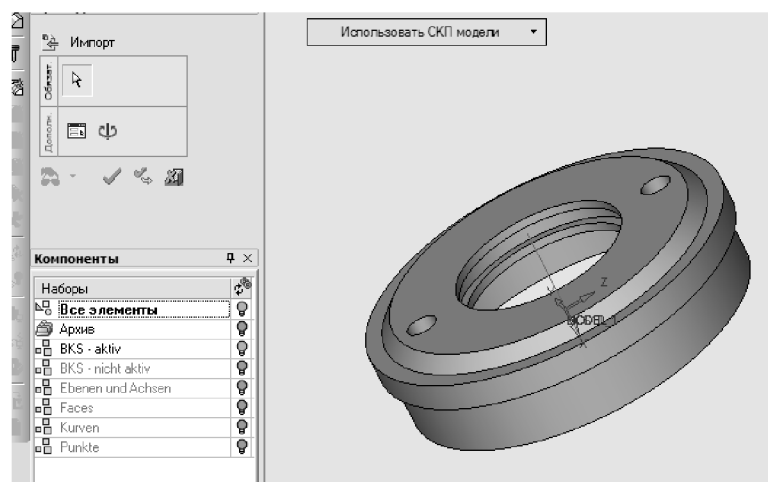


Рисунок 2.17 – Тривимірна модель деталі «Корпус 16.83» експортована в документ ЧПК

У модулі ЧПК задаємо модель та заготовку моделі деталі. Оскільки, планується виконати серію операцій отримання та обробки двох отворів $\varnothing 8,8$ мм, то завантажуюємо утиліту “Q - сверление”. Створюємо траєкторію (рис. 2.18).

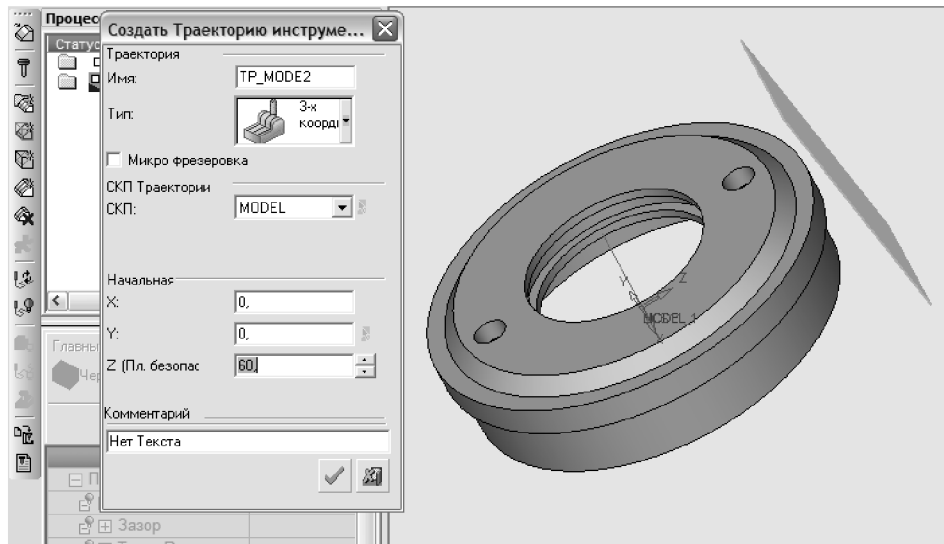


Рисунок 2.18 – Створення траєкторії

Задаємо контури деталі (рис. 2.19).

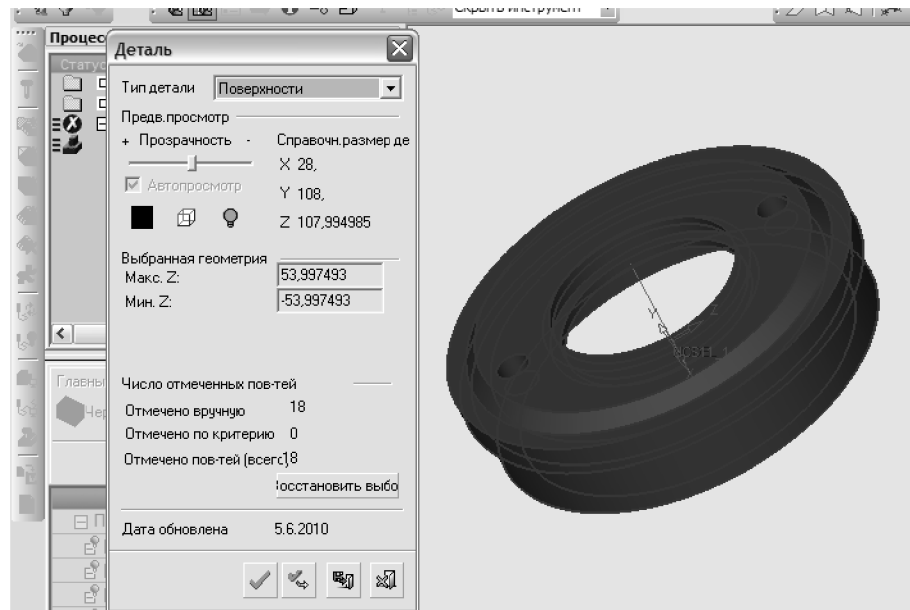


Рисунок 2.19 – Створення контурів деталі

Задаємо контури заготовки (рис. 2.20).

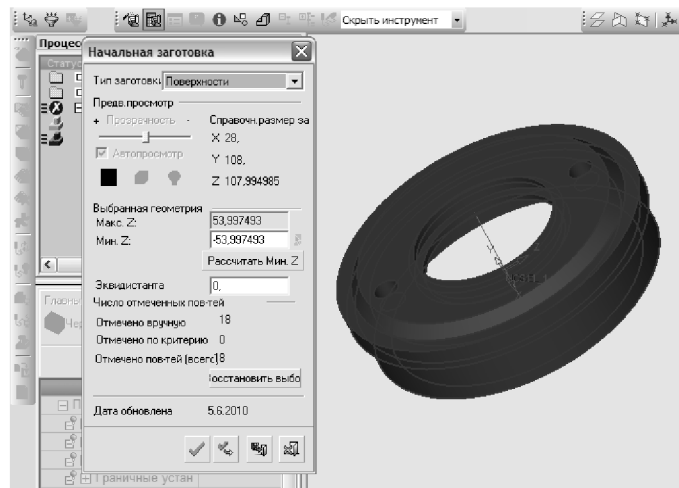


Рисунок 2.20 – Створення контурів заготовки

Створюємо “групу” отворів. “Група” отворів створюється автоматично з автоматичним визначенням форми та параметрів. Задаємо послідовність обробки отворів діаметрами $\varnothing 8,8$ мм (рис. 2.21).

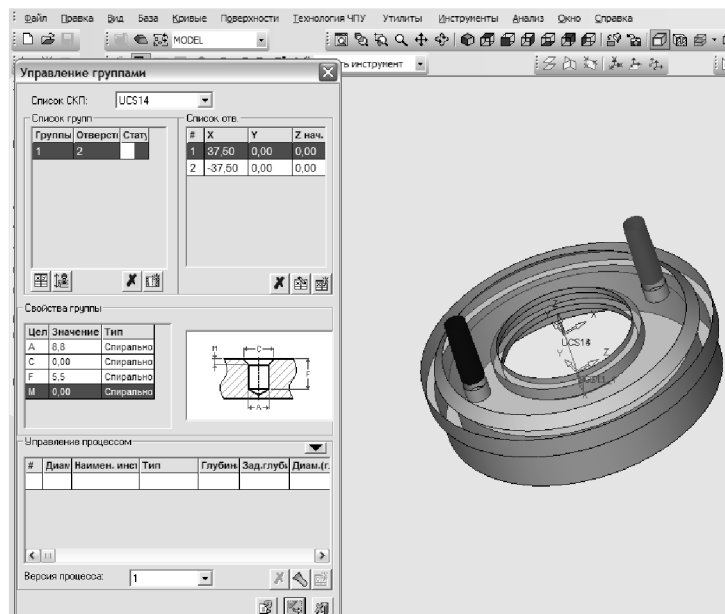


Рисунок 2.21 – Проектування послідовності обробки отворів

В даному випадку створена група отворів: $\varnothing 8,8$.

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), спіральне свердло (2.238) та зенкер (рис. 2.24).

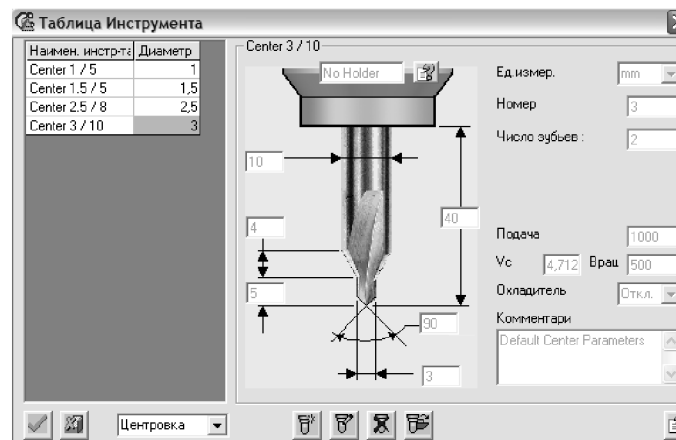


Рисунок 2.22 – Центрувальне свердло

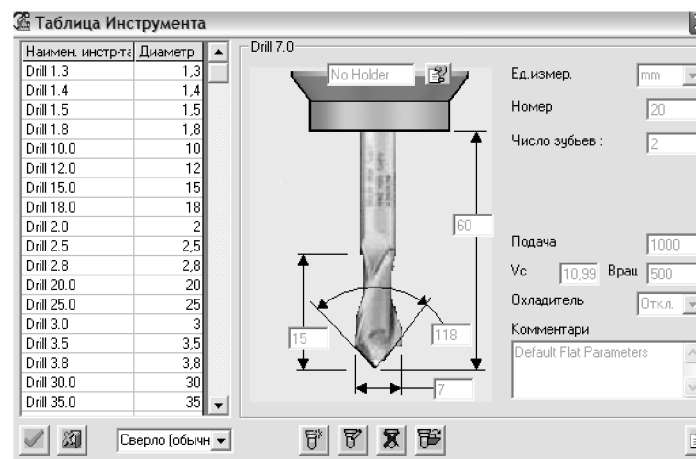


Рисунок 2.23 – Спіральне свердло

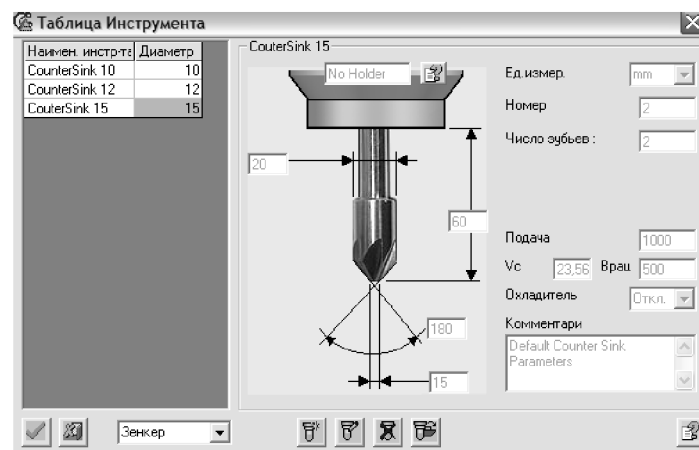


Рисунок 2.24 – Зенкер

Після завершення вибору інструментів створюємо траєкторію руху інструментів (рис. 2.25) з відповідним постпроцесором (рис. 2.26).

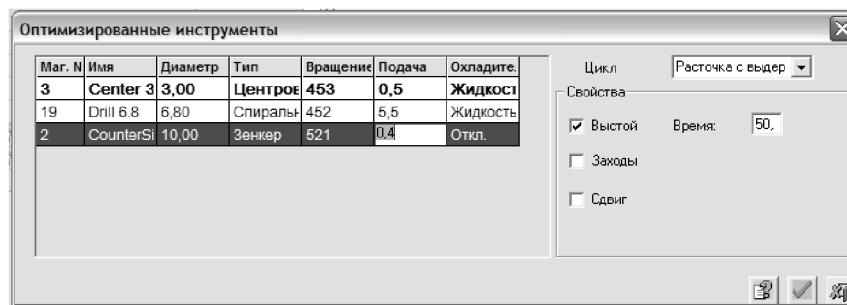


Рисунок 2.25 – Вибір траєкторії руху інструментів

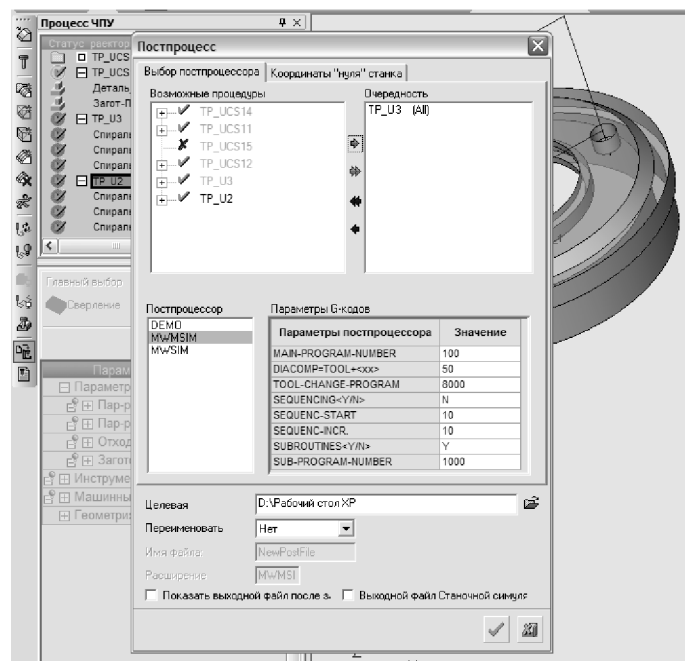


Рисунок 2.26 – Вибір постпроцесора для проектування траєкторії руху інструмента

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 «Кришка 38.61» на верстаті з ЧПК отримана програма, що представлена у додатку Г.

2.6 Створення переходів та операцій ТП у PDM-системі

Побудова ТП виготовлення деталі «Кришка 38.61» буде виконана виконана у PDM-системі КОМПАС-АВТОПРОЕКТ на основі маршруту механічної обробки, наведеного у додатку Б.

Принципи проектування технологічних процесів в КОМПАС-АВТОПРОЕКТ універсальні і ґрунтовані 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. 2.27 показано етап реєстрації деталі «Кришка 38.61» у АВТОПРОЕКТ-СПЕЦИФІКАЦІЯ, що виконується перед проектуванням технологічного процесу.

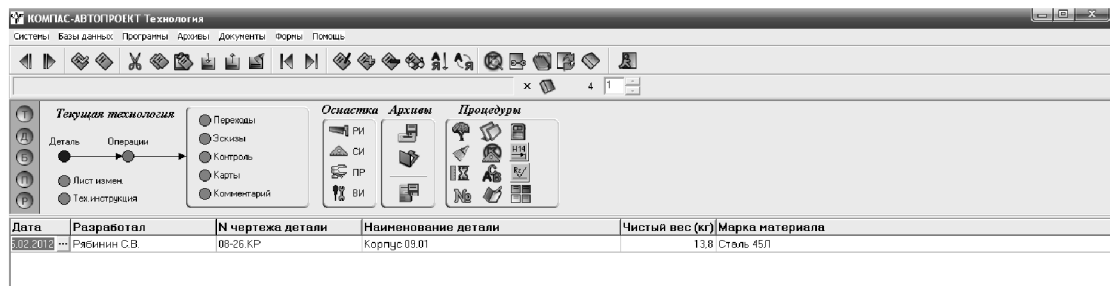


Рисунок 2.27 – Реєстрація деталі «Кришка 38.61» у модулі АВТОПРОЕКТ-СПЕЦИФІКАЦІЯ

Після введення даних про деталь вносяться відомості про зміст технологічного маршруту у вигляді операцій механічної обробки (рис. 2.28). Назви та зміст операцій вибираються автоматично з переліку наявних баз даних.

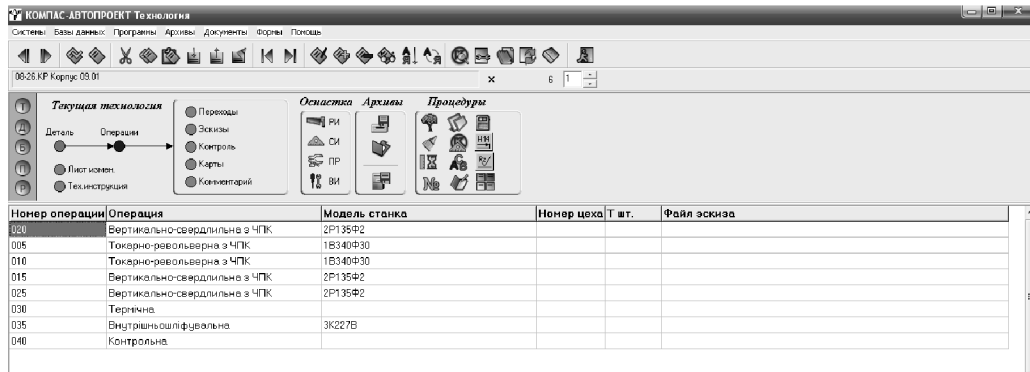


Рисунок 2.28 – Розробка операцій маршруту механічної обробки

Після введення переліку операцій механічної обробки детально вносяться дані про зміст кожної операції з вибором специфіки та виконуваних розмірів кожного окремого переходу (рис. 2.29).

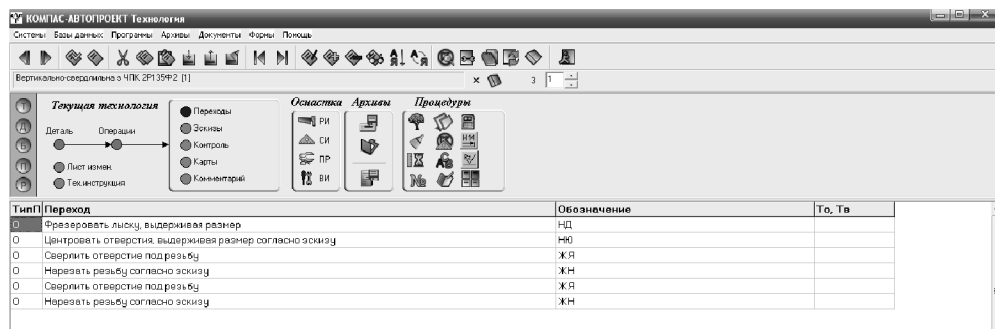


Рисунок 2.29 – Розробка переходів операцій маршруту механічної обробки

Таким чином, до системи АВТОПРОЕКТ-ТЕХНОЛОГІЯ внесені відомості про маршрут механічної обробки деталі «Кришка 38.61» у вигляді операцій та описом їх переходів.

Розрахунок режимів різання на переходах 2-7 операції 010.

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. 2.30).

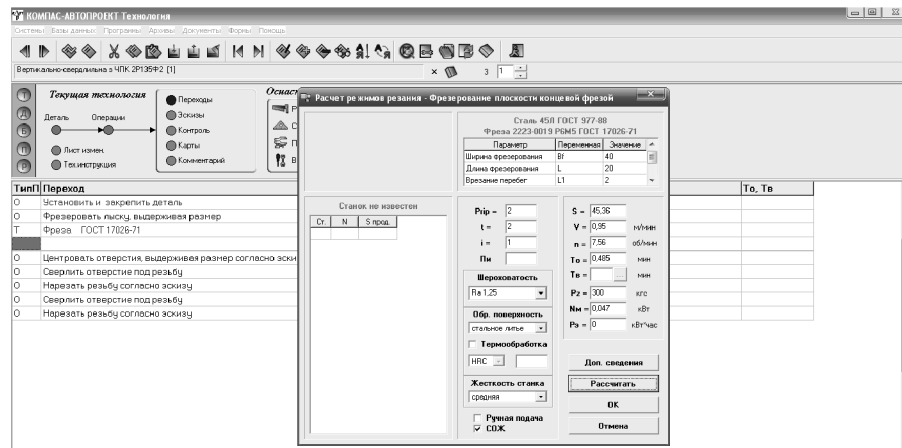


Рисунок 2.30 – Розрахунок режимів різання на операції 010 переходах 2-7

Розрахунок норм часу.

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. 2.31).

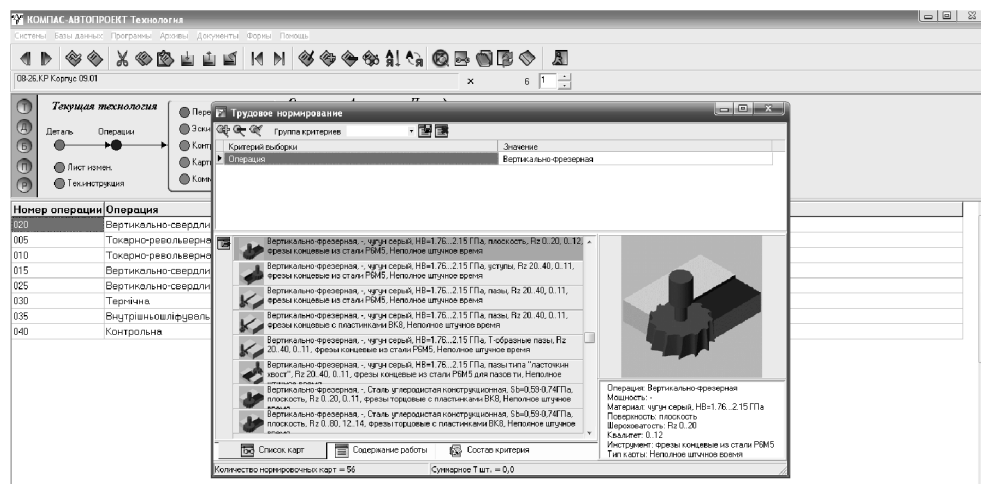


Рисунок 2.31 – Вибір виду механічної обробки із переліку бази даних

Потім уточнюються параметри інструменту та умов обробки на виконуваний операції (рис. 2.32).

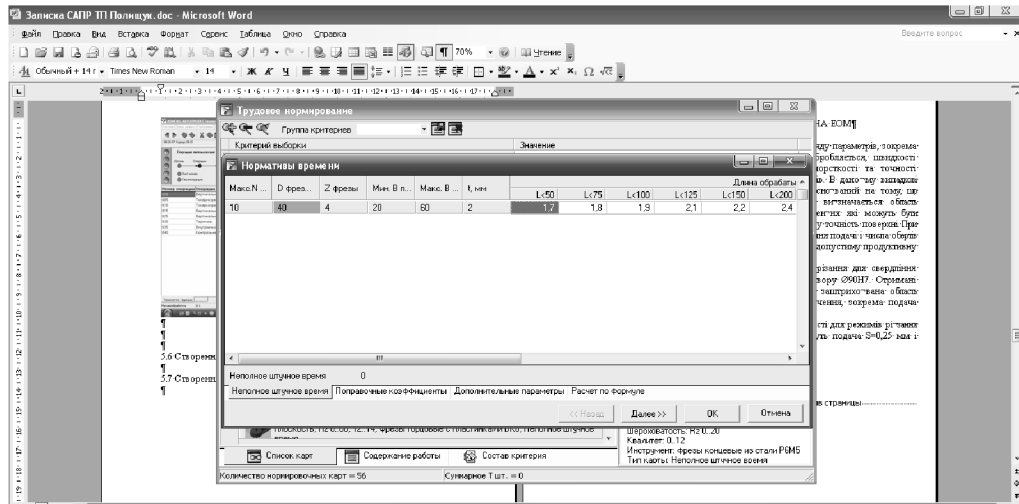


Рисунок 2.32 – Уточнения параметров обработки

В результаті отримаємо значення величин норм часу на виконуваному переході, що автоматично буде внесено у перелік змісту переходів та операцій маршруту механічної обробки (рис. 2.33).

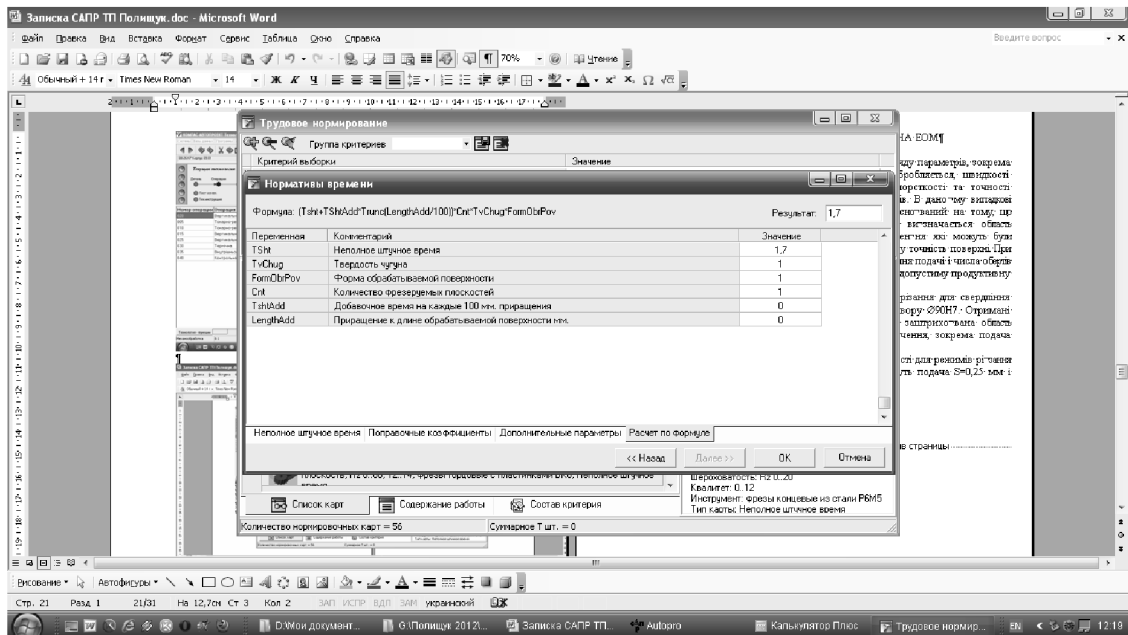


Рисунок 2.33 – Результаты расчета норм часу на выполняемом переходе

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

2.6 Висновки до розділу 2

Отже, розроблено тривимірну модель деталі «Кришка 38.61» 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 «Кришка 38.61» на верстаті з ЧПК у CAD/CAM-системі Cimatron, а також створено переходи та операції технологічного процесу механічної обробки деталі «Кришка 38.61» 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 повідомлення 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.	Лозінський Д.О.	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:

$$K = Z_0 + Z_p + Z_{\text{доп}} + Z_n + A_{\text{обл}} + M + K_v + B_{\text{ЕЛ}} + B_{\text{ін}}, \quad (3.1)$$

де Z_0 – основна заробітна плата розробників, грн.;

Z_p – основна заробітна плата робітників, грн.;

$Z_{\text{доп}}$ – 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_v – витрати на комплектуючі, грн.;

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

$B_{\text{ін}}$ – 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	10000	454,5	24	10908
Інженер-конструктор	8000	363,6	10	3636
			Всього	$3_0 = 14544$

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

$$3_p = \sum_{i=1}^n C_t \cdot t_i, [\text{грн}] \quad (3.3)$$

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.;

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

де M_M – розмір мінімальної місячної заробітної плати, грн. (6000 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_{zm} – 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.

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 16К20Ф3	0,053	1,37	4 (Ki = 1,35)	63,04	3,34
Токарно-револьверний з ЧПК 16К20Ф3	0,072	1,37	4 (Ki = 1,35)	63,04	4,54
Вертикально-свердлильний 2Р135Ф2	0,006	1,37	4 (Ki = 1,35)	63,04	0,38
Всього					$Z_p = 8,26$

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

$$Z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}} (Z_p + Z_o) = 0,12 \cdot (8,26 + 14544) = 1746,27 \text{ (грн.)}$$

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

$$Z_H = H_{\text{zn}} (Z_p + Z_o + Z_{\text{дод}}) = 0,22 \cdot (8,26 + 14544 + 1746,27) = 3585,68 \text{ (грн.)}$$

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

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

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

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

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
Токарно-револьверний з ЧПК 16К20Ф3	100000	10	1	1562
Токарно-револьверний з ЧПК 16К20Ф3	100000	10	1	1562
Вертикально-свердлильний 2Р135Ф2	100000	10	1	1562
Всього:				$A_{обл} = 10361$

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 45	29,5	0,922	0,122	3,9	1,15	30,8
Всього						30,8

Витрати на комплектуючі вироби, 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:

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

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

Π – установлена потужність обладнання, кВт;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, годин;

K_{Π} – коефіцієнт використання потужності; $K_{\Pi} < 1$.

Таблиця 4.8 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт.	Тривалість роботи, год.	Коефіцієнт використання потужності	Сума, грн.
Освітлення офісних приміщень	0,8	420	0,95	267,17
Освітлення вироб. приміщень	2	25	0,95	33,76
Комп'ютерна техніка	1	420	0,7	246,08
Верстати та інше обладнання	21,5	0,138	0,9	6,8
				$B_e = 553,81$

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:

$$B_{in} = 2 (Z_p + Z_o) = 2 \cdot (8,26 + 14544) = 29104,52 \text{ (грн.)}$$

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

$$K = 14544 + 8,26 + 1746,27 + 3585,68 + 10361 + 30,8 + 825,83 + \\ + 553,81 + 29104,52 = 60760,17 \text{ (грн.)}$$

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 даному випадку $\alpha = 0,9$.

Тоді

$$B_{\text{заг}} = B_{\text{ін}} / \alpha = 29104,52 / 0,9 = 32338,35 \text{ (грн)}.$$

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:

$$ZB = B_{\text{заг}} / \beta = 32338,35 / 0,7 = 46197,64 \text{ (грн)}.$$

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 провадження 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 46197,64 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 46197,64 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 $E_{абс}$. Для цього користуються формулою:

$$E_{абс} = (ПП - PV), \quad (3.11)$$

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.

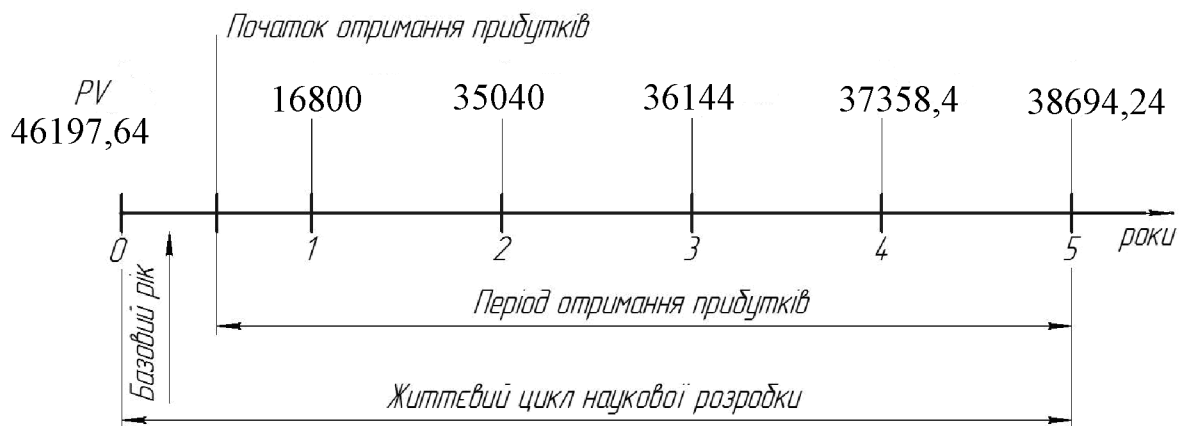


Рисунок 3.1 – Вісь часу з фіксацією платежів, що мають місце під час розробки та впровадження результатів НДДКР

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

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

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 $E_{abc} = (109948,58 - 46197,64) = 63750,94$ 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:

$$E_v = \tau \sqrt[3]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} \quad (3.13)$$

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

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 3В$, грн;

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

Далі, розрахована величина E_B 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 2021 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 $E_B > \tau_{\min}$, то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки. В іншому випадку фінансування наукової розробки здійснюватися не буде.

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

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

$$E_e = T_{ж} \sqrt[5]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1 = 5 \sqrt[5]{1 + \frac{63750,94}{46197,64}} - 1 = 0,189 \text{ або } 18,9 \%$$

Оскільки $E_B = 18,9\% > \tau_{\min} = 0,15 = 15\%$, 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 $T_{ок}$ можна розрахувати за формулою:

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

Якщо $T_{ок} < 3 \dots 5$ -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 $T_{ок}$ складе:

$$\dot{O}_{ie} = \frac{1}{0,189} = 4,85 \text{ років,}$$

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 (14544 грн.) і робітників (8,26 грн. на виготовлення одиниці продукції), а також додаткову заробітну плату (1746,27 грн.), амортизацію обладнання (10361 грн), витрати на електроенергію (553,81 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 46197,64 грн., спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність (18,9%/рік) вкладених інвестицій і періоду їх окупності (4,85 років). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової роботи оскільки вона є економічно доцільною.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Безпечна поведінка на виробництві залежить не тільки від професійних знань, навичок і здібностей, а й значною мірою від мотивів поведінки працівника. Відповідно управляти діями людини можна тільки за допомогою управління її мотивами. В обмін за свою працю працівники очікують не тільки високої оплати, а й створення умов для особистісного росту, отримання задоволення від власної роботи, інших компенсацій, які адекватні професійному рівню та відповідають особистим інтересам.

Завдання мотивації в області охорони праці в першу чергу полягає в підвищенні зацікавленості персоналу в строгому дотриманні встановлених регламентів, а також в організації та удосконаленні працезохоронних процесів.

На працівника в процесі організації технологічної підготовки виробництва, згідно ГОСТ 12.0.003-74 [1], могли мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні:

- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена чи понижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищена чи понижена вологість повітря;
- підвищений рівень електромагнітного випромінювання;
- підвищена чи понижена іонізація повітря;
- недостатня освітленість робочої зони;
- відсутність чи нестача природного освітлення.

2. Психофізіологічні:

- статичне перевантаження;
- розумове перевантаження;
- емоційні перевантаження.

Відповідно до наведених факторів здійснюємо планування щодо безпечного виконання роботи.

4.1 Технічні рішення з безпечного виконання роботи

Робоче місце працівника машинобудівного підприємства повинно бути організоване і оснащено відповідно до затверджених проектів, або технологічних інструкцій і карт технологічного процесу, інструкціями з експлуатації устаткування, а також з урахуванням вимог безпеки в складі конкретного виробничого завдання, що видається безпосереднім керівником робіт.

До самостійної роботи в виробничому цеху допускаються особи, які досягли 18-літнього віку, навчені по відповідній (спеціальній) програмі, здали іспити кваліфікаційній комісії; які пройшли медичний огляд, вступний інструктаж і первинний інструктаж на робочому місці з питань охорони праці і методах безпечної роботи за спеціальністю. Працівник повинний мати кваліфікаційний документ (посвідчення або свідоцтво) про одержання їм відповідної професійної підготовки.

До виконання робіт у замкнутому просторі, на висоті та інших роботах з підвищеною небезпекою допускаються працівники, які досягли 18-літнього віку, мають кваліфікацію не нижче 4-го розряду і стаж роботи за професією не менше двох років, та пройшли первинний інструктаж на новому робочому місці з питань охорони праці і методах безпечної роботи та отримали наряд-допуск.

До роботи з вантажопідйомними механізмами можуть бути допущені особи, які досягли 18 років, спеціально навчені, які здали іспит кваліфікаційній комісії і мають посвідчення на право виконання робіт.

Працівник при напрямку (призначенні) у цех і перед допуском до роботи зобов'язаний одержати від безпосереднього керівника робіт (майстра або начальника ділянки, цеху), інструктажі з безпеки праці з урахуванням особливостей підприємства, цеху, ділянки, робочого місця і вимогами безпеки в складі карт (маршрутних, операційних) технологічного процесу, технічних умов

і вимог у робочій документації інструкцій з експлуатації устаткування (у тому числі нестандартизованого), механізованого інструменту і пристосувань, вантажопідйомних і транспортних засобів, Правилами пожежної безпеки, Правилами внутрішнього трудового розпорядку підприємства тощо.

Допуск до роботи в разі потреби оформляється наказом по підприємству (цеху) і видачею посвідчення (з фотокарткою власника), що підтверджує проходження навчання і перевірки знань з питань охорони праці, відповідно до протоколу кваліфікаційної комісії. Посвідчення повинне знаходитись у власника під час роботи і пред'являтися за вимогою керівника робіт (майстра або начальника ділянки, цеху), інженера Служби охорони праці підприємства, працівника пожежно-технічної частини підприємства тощо.

Інструкція з охорони праці видається керівником робіт (майстром або начальником ділянки чи цеху) працівнику під розпис у журналі реєстрації інструктажу для вивчення при первинному інструктажі на робочому місці та з наступним використанням при виконанні робіт і повинна зберігатися в доступному місці для працюючого, визначеного керівником.

Працівник цеху має знати (на прикладі 4-ого кваліфікаційного розряду):

- пристрій і принцип дії у устаткування, що обслуговується та способи контролю роботи устаткування;
- правила ремонту, складання і монтажу устаткування;
- вимоги безпеки в складі технологічних інструкцій за видами робіт, що виконуються;
- вимоги безпеки в складі інструкцій з експлуатації застосованого устаткування, машин, технічних засобів, пристосувань, інструменту;
- Правила пожежної безпеки;
- Правила внутрішнього трудового розпорядку підприємства;
- небезпечні і шкідливі виробничі фактори при виконанні робіт і засоби захисту від їхнього впливу.

Працівник має вживати заходів обережності на території підприємства, при перебуванні в цеху, на ділянці, у робочій зоні, перед початком роботи, при перевірці готовності до дії устаткування, технічних засобів, механізованого інструмента, різних пристосувань, а також застосовуваних вантажопідійомних машин, керованих з підлоги, перед пуском будь-яких механізмів або пристроїв, під час роботи і по її закінченні, в аварійних ситуаціях.

Крім того, він має знати про можливий вплив на нього небезпечних і шкідливих виробничих факторів (фізичних, хімічних, психофізіологічних), у тому числі:

- підвищеного рівня шуму і вібрації на робочому місці;
- підвищеного вмісту пилу і загазованості повітря робочої зони;
- машин, що рухаються і механізмів, рухливих частин механізмів, технічних засобів, пристроїв, систем, устаткування, конвеєра, стендів;
- виробів, що переміщуються, заготівель, матеріалів, вантажів, інструменту;
- падіння інструменту, пристосувань, оснащення, виробів, заготівель, матеріалів, вантажів;
- осколків і частин інструменту;
- гострих крайок, задирок і шорсткості на поверхнях заготівель, деталей, вузлів механізмів (складальних одиниць), агрегатів, апаратури і різних технічних засобів (пристроїв), устаткування, механізмів, машин, інструментів;
- підвищеної чи зниженої температури повітря робочої зони, поверхонь механізмів, устаткування, технічних засобів, пристроїв, систем;
- підвищеної чи зниженої вологості і рухливості повітря;
- підвищеного значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- підвищеного рівня напруженості статичної електрики;
- відсутності або недостатності природного світла та освітленості робочої зони;
- розташування робочого місця на значній висоті щодо поверхні підлоги;

- токсичних, хімічних, канцерогенних та дратівних небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що проникають в організм людини через органи подиху шлунково-кишковий тракт чи шкірні покриви і слизові оболонки;
- фізичних перевантажень (статичних, динамічних);
- нервово-психічних перевантаженнях (перенапруга аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження}.

Працівник машинобудівного підприємства зобов'язаний:

- знати і виконувати вимоги нормативних актів про охорону праці, правила і заводські інструкції з безпечної експлуатації машин, механізмів, устаткування, технічних засобів, механізованого інструмента;
- знати і вміти користуватися засобами колективного захисту (ЗКЗ) і засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), згідно Типовим нормам безкоштовної видачі спеціального одягу, спеціального взуття й інших засобів індивідуального захисту;
- дотримуватись вимог та обов'язків з охорони праці, передбачених колективним договором (угодою, трудовим договором) і Правилами внутрішнього трудового розпорядку підприємства;
- проходити у встановленому порядку попередні і періодичні медичні огляди;
- взаємодіяти з керівником робіт (майстром або начальником ділянки, цеху) при організації безпечних і нешкідливих умов праці, особисто вживати посильних заходів по усуненню будь-якої виробничої ситуації, що створює погрозу його життю, а також здоров'ю оточуючих його людей і навколишньому природному середовищу, повідомляти про небезпеку керівника робіт;
- виконувати тільки ту роботу, що йому доручена, за умови, що безпечні способи виконання йому відомі;
- бути уважним, не відволікатися на сторонні справи, розмови і не відволікати інших;
- не допускати на своє робоче місце сторонніх осіб без дозволу керівника робіт (майстра або начальника ділянки, цеху);

- знати і вміти користуватися засобами пожежогасіння;
- вміти надавати першу допомогу потерпілим від електричного струму, при пораненні, опіках, обмороженні, непритомності, тепловому і сонячному ударі, отруєннях;
 - при нещасливому випадку негайно надати першу допомогу потерпілому, повідомити про те, що трапилося адміністрацію підприємства і лікаря і, якщо можливо, забезпечити збереження обстановки для розслідування;
- не доторкатися до електроустаткування: електроосвітлювальних щитків, арматури загального освітлення, електропроводів, клем і інших струмоведучих частин, пристрів електроживлення, не відкривати дверцята електророзподільних шаф і не знімати огороження і захисні кожухи струмоведучих частин устаткування і пристроїв електроживлення;
- про всі несправності електроустаткування негайно повідомляти керівника робіт (майстра або начальника ділянки, цеху), чергового електрика (електромонтера) і не приступати до роботи на цьому електроустаткуванні до усунення несправностей;
- палити на ділянці (у цеху) тільки в спеціально відведених для паління місцях.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

В даному пункті розглянуто організацію праці проектувальника та умови виробничого приміщення, де розроблялася схема технологічної підготовки виробництва досліджуваної деталі.

4.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат приміщення – стан внутрішнього середовища приміщення, що надає вплив на людину, що характеризується показниками температури повітря і огорожувальних конструкцій, вологістю і рухливістю повітря.

Робота працівника за енерговитратами відноситься до категорії 1а Нормується мікроклімат на робочому місці розробника згідно ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні передбачено:

1. У холодний період року для обігріву будівлі використовується централізована парова система опалення.
2. Забезпечення допустимих метеорологічних умов праці в приміщенні здійснюється за допомогою системи кондиціонування.
3. Систематичне (раз за зміну) вологе прибирання.

4.2.2. Склад повітря робочої зони

Створенню сприятливих умов в приміщеннях, де людина проводить більшу частину часу, має приділятися величезне значення. І одним з основних напрямків у цій справі є створення комфортної атмосфери, позбавленої підвищеної концентрації шкідливих речовин або вуглекислого газу. Пріоритет забезпечення свіжим повітрям викликаний тим, що для житлових, офісних або громадських приміщень, найбільш гострою проблемою є висока вологість і задуха, сперте повітря і недолік кисню

В приміщенні, де розроблялася схема технологічної підготовки виробництва досліджуваної деталі, можливими шкідливими речовинами у повітрі є фенол, пил, озон та вуглекислий газ. Джерелами цих речовин є офісна техніка. Пил

потрапляє у приміщення ззовні. ГДК шкідливих речовин, згідно ДСН 3.3.6.042-99 які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 2.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Фенол	0,01	0,01	3
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	4
Вуглекислий газ	3	1	4

Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл. 4.3).

Таблиця 2.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється за допомогою системи кондиціонування та вологого прибирання.

4.2.3 Виробниче освітлення

Неправильне освітлення або його нестача, викликає втому центральної нервової системи, негативно впливає на психіку людини. Достатня кількість світла ж навпаки, покращує настрій та підвищує працездатність людини.

У приміщенні, де виконувалася робота використовується штучне загальне (за допомогою люмінесцентних ламп) та природне бічне (за допомогою віконних прорізів) освітлення.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III поясу світлового клімату) при природному та сумісному освітленні відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 зазначені у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Високі точності	Від 0,3 до 0,5	III	г	великий	світлий	800	300	7	2,5	4,2	1,5

Штучне освітлення в приміщенні здійснюється системою загального рівномірного освітлення. У разі переважної роботи з документами, допускається застосування системи комбінованого освітлення (крім системи загального освітлення додатково встановлюються світильники місцевого освітлення).

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

- 1) Систематичне очищення скла від бруду – не рідше двох разів на рік.
- 2) Використання вертикальних жалюзей для регулювання світлового потоку.

4.2.4 Виробничий шум

Дія шуму на організм людини пов'язана головним чином із застосуванням нового, високопродуктивного устаткування, з механізацією або автоматизацією трудових процесів: переходом на великі швидкості при експлуатації різних верстатів і агрегатів. Короткочасний, навіть одноразовий вплив шуму високої інтенсивності може спричинити повну загибель спірального органа або розрив барабанної перетинки, що супроводжується почуттям закладеності та різким болем у вухах. Наслідком баротравми нерідко буває повна втрата слуху.

Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку відображені в ДСН 3.3.6.037-99. Допустимі рівні звукового тиску для виконання роботи наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного широкополосного шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення нормованих рівнів шуму у виробничих приміщеннях та на робочих місцях застосовуються шумопоглинальні засоби, вибір яких обґрунтовується спеціальними інженерно-акустичними розрахунками.

4.2.5. Виробничі випромінювання

Джерелами електромагнітного випромінювання у виробничому приміщенні можуть бути неекрановані робочі елементи високочастотних установок (індуктори, конденсатори, ВЧ-трансформатори, фідерні лінії, батареї конденсаторів, котушки коливальних контурів тощо). Під час експлуатації ВЧ-, ДВЧ-, УВЧ-передавачів на радіо- та телецентрах джерелами електромагнітного

випромінювання є високочастотні генератори, антенні комутатори, пристрої складання потужностей електромагнітного поля, комунікації (від генератора до антенного пристрою), антени.

Підвищений рівень електромагнітних випромінювань шкодить здоров'ю людини. Від цього страждає передусім нервова і серцево-судинна системи, виникають головний біль і перевтома, знижується точність робочих рухів, порушується сон. Електромагнітне випромінювання викликає зміни тиску крові, гіпотонію або гіпертонію.

Електромагнітні випромінювання, випромінювані відеодисплейним терміналом, мають широкий діапазон частот. Відповідно до стандартів, електромагнітне випромінювання повинне бути виміряне в діапазоні частот від 5 Гц до 400 кГц. Гранично допустимі рівні електромагнітного поля для працівника становлять наведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Допустимі параметри електромагнітних неіонізуючих випромінювань і електростатистичного поля

Види поля	Допустимі параметри поля		Допустима поверхнева щільність потоку енергії (інтенсивність потоку енергії), Вт/кв.м
	за електричною складовою (E), В/м	за магнітною складовою (H), А/м	
60 кГц до 3 мГц	50	5	
3 кГц до 30 мГц	20	-	
30 кГц до 50 мГц	10	0,3	
30 кГц до 300 мГц 5	5	-	
300 кГц до 300 гГц	-	-	
Електромагнітне поле оптичного діапазону в ультрафіолетовій частині спектру			
УФ-С (220 – 280 нм)			0,001
УФ-В (280 – 320 нм)	-	-	0,01
УФ-А (320 – 400 нм)			10,0
в видимій частині спектру 400 – 760 нм			10,0
0,76 – 10,0 мкм			35,0 – 70,0
Напруженість електричного поля ВДТ			20кВ/м

Для обмеження впливу ЕМП на працівника слід використовувати лише якісну техніку із сертифікатом якості і дотримуватися встановленого часу роботи за ПК.

Для забезпечення безпеки проектувальника необхідно дотримуватися вимог НПАОП 0.00-7.15-18 та встановленого режиму часу під час роботи з ПК.

4.2.6 Психофізіологічні фактори

Оцінка психофізіологічних факторів під час виконання роботи здійснюється відповідно до Гігієнічної класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

Загальні енергозатрати організму, Вт: до 174.

Робоча поза: вільна зручна поза, можливість зміни пози («сидячи – стоячи») за бажанням працівника; перебування в позі «стоячи» до 40% часу зміни.

Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи – творча діяльність, що вимагає вирішення складних завдань за відсутності алгоритму. Сприймання інформації та їх оцінка – сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій.

Сенсорні навантаження: зосередження (% за зміну) – до 5-75%;

Щільність сигналів (звукові за 1 год) – до 10;

Навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від 50 до 80 %;

Спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) – 4-6 год.

Навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 8 до 10.

Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи; Ступінь ризику для власного життя – вірогідний.

Режим праці: тривалість робочого дня – 8 год.

Змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

За зазначеними показниками важкості та напруженості праці, робота, яка виконується належить до допустимого класу умов праці (напруженість праці середнього ступеня).

4.3 Висновки до розділу 4

Розроблено заходи забезпечення умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях під час виготовлення деталі «Кришка 38.61». 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 «Кришка 38.61».

ВИСНОВКИ

Отже в результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи визначено, що деталь «Кришка 38.61» є технологічною, а тип виробництва деталі – середньосерійний. На основі розрахованих техніко-економічних показників способів отримання заготовки деталі «Кришка 38.61» визначення, що найраціональнішим є спосіб штампування на КГШП. Виконано проектування послідовностей обробки поверхонь заготовки та операційного технологічного процесу виготовлення деталі з отриманням технологічних карт.

Проведено технологічну підготовку виробництва деталі «Кришка 38.61» на основі застосування CAD-систем Solid Works 2016 та КОМПАС V15, CAD/CAE-системи T-Flex, CAD/CAM-системи Cimatron та PDM-системи АВТОПРОЕКТ, що дозволило отримати інтегровану інформаційну модель виробу. Проведено удосконалення міцності деталі «Кришка 38.61» за рахунок використання її інформаційної моделі.

В магістерській кваліфікаційній роботі розраховані основні економічні показники забезпечення виготовлення деталі «Кришка 38.61», що дозволило забезпечити економічний ефект від реалізації вкладених інвестиції з періодом окупності 4,85 років. Розроблено заходи забезпечення умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях під час виготовлення деталі «Кришка 38.61».

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Боженко Л.І Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. - Київ: НМКВО-1990-264с.
2. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов.
3. ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные
4. П.А. Руденко, Ю.А. Харламов, В.М. Плескач Проектирование и производство заготовок в машиностроении. -Киев: „Вьща школа" - 1991 -247 с.
5. Курсовое проектирование по технологій машин ос троения / Под ред. А.Ф. Горбачевича — Мпнск Высшая школа – 1983 – 288 с.
6. Егоров М.Е. и др. Технология машиностроения: Ученик для машиностроительных вузов. – М.: «Высш. Школа» – 1976 – 534 с.
7. Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування: Навч. Посібник. - К. ІСДО-1996-300с
8. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Навч. посібник. - К Виша шк -1993-414с.
9. Справочник технолога-машиностроителя В 2-х т. Т 2 Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова-М.: Машиностроение- 1985-49бс.
10. Ж.П. Дусанюк, С.В. Дусанюк Методичні вказівки до виконання контрольних робіт з дисципліни "Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні" для студентів заочної форми навчання спеціальності 7.090202 «Технологія машинобудування» – ВНТУ, Вінниця – 2000.
11. Технология машиностроения. (специальная часть). / А.А. Гусев, Е.Р. Ковальчук, И.М. Колесов и др. – М.: Машиностроение – 1986 – 480с.
12. Обработка металлов резанием. Справочник. / Под общ. ред. АА. Панова -М.: Машиностроение- 1990-736с.
13. Ланцюгові зубчасті передачі [електронний ресурс] / О.В. Петров, О.О. Завальнюк, В.М. Розгон, В.Д. Осадчук // І 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 10-12 березня, 2021. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2021/paper/view/12485/10405>.

14. Расчеты экономической эффективности новой техники / Под общ. ред. К.М. Великанова . – Л.: Машиностроение, 1983.

15. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навчальний посібник. / [Дусанюк Ж. П., Шиліна О. П., Репінський С. В. та ін.] – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 199 с.

16. Струтинський В.Б. Математичне моделювання процесів та систем механіки: Підручник – Житомир: ЖІТІ, 2001.-612с.

17. Охрана труда в машиностроении / Под ред. Е.Я Юдина, С.В. Белова – М.: Машиностроение, 1985. – 400 с.

18. ГОСТ 12.2.003 – 91. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

19. ГОСТ 12.2.002 – 73. ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.

20. ГОСТ 12.1.030 – 81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, Зануление. Общие требования безопасности, 1987.

21. ГОСТ 12.1.003 – 88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

22. П – 4 – 79/85. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования.

23. ДНАОП 0.03.14 – 83. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих зонах.

24. ГОСТ 12.1.003 – 83. Шум. Общие требования безопасности.

25. ГОСТ 12.1.012 – 90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

26. Пожарная безопасность. Общие требования.

27. ОНТП 24 – 86. Определения категорий помещений и зданий по взрыво пожарной опасности.

28. Митрофанов С.П., Куликов Д.Д., Миляев О.Н., Падун Б.С. Технологическая подготовка гибких производственных систем. / под общ. ред. С.П. Митрофанова. Л.: Машиностроение, 1987. – 352 с.

29. Норенко И.П., Кузьмик П.К. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологий. М.: Изд-во МВТУ. им. Н.С. Баумана, 2002. – 336 с.

30. Зильбербург Л.И., Молочник В.И., Яблочников Е.И. Реинжиниринг и автоматизация технологической подготовки производства в машиностроении. СПб: «Компьютербург», 2003. – 152 с.

31. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «САПР технологічної підготовки машинобудівного виробництва» / Укладачі: О. В. Петров, Л. Г. Козлов, Д. О. Лозінський. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 60 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

ПОГОДЖЕНО

Головний технолог

керівник або заступник

ПрАТ «Вінницький завод «Маяк»

назва підприємства чи установи

Марчук А.В.

підпис

ініціали та прізвище

« ____ » _____ 2021 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

зав. кафедри ТАМ

д.т.н., професор Козлов Л.Г.

(підпис)

« ____ » _____ 2021 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ «КРИШКА 38.61»
З ВИКОРИСТАННЯМ CALS-ТЕХНОЛОГІЙ

08-26.МКР.002.00.000 ТЗ

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

Лозінський Д.О. _____

« ____ » _____ 2021 р.

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

Осадчук В.Д. _____

« ____ » _____ 2021 р.

1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)

а) потреба у технологічній підготовці та подальшого виготовлення деталі «Кришка 38.61» 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 «Кришка 38.61».

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	11.03.21 р.	05.04.21 р.	Формування мети та задач роботи
2	Підготовка технологічного розділу	11.03.21 р.	17.05.21 р.	Об'єкт дослідження, розділ 1
3	Підготовка розділу технологічної підготовки виробництва деталі	11.03.21 р.	07.06.21 р.	Розділ 2, публікація результатів
4	Підготовка економічної частини	11.03.21 р.	07.06.21 р.	Розділ 3
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	11.03.21 р.	07.06.21 р.	Розділ 4
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	01.06.21 р.	07.06.21 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

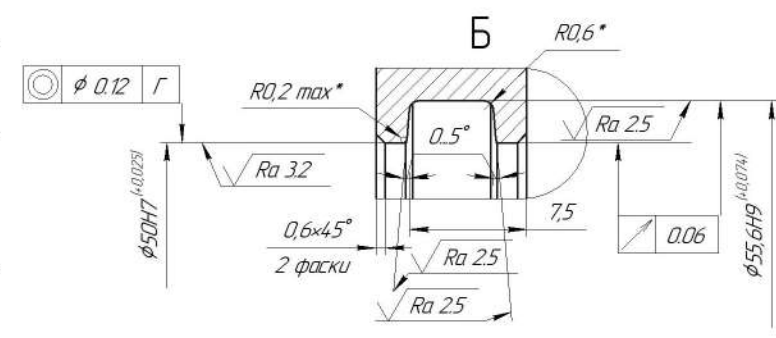
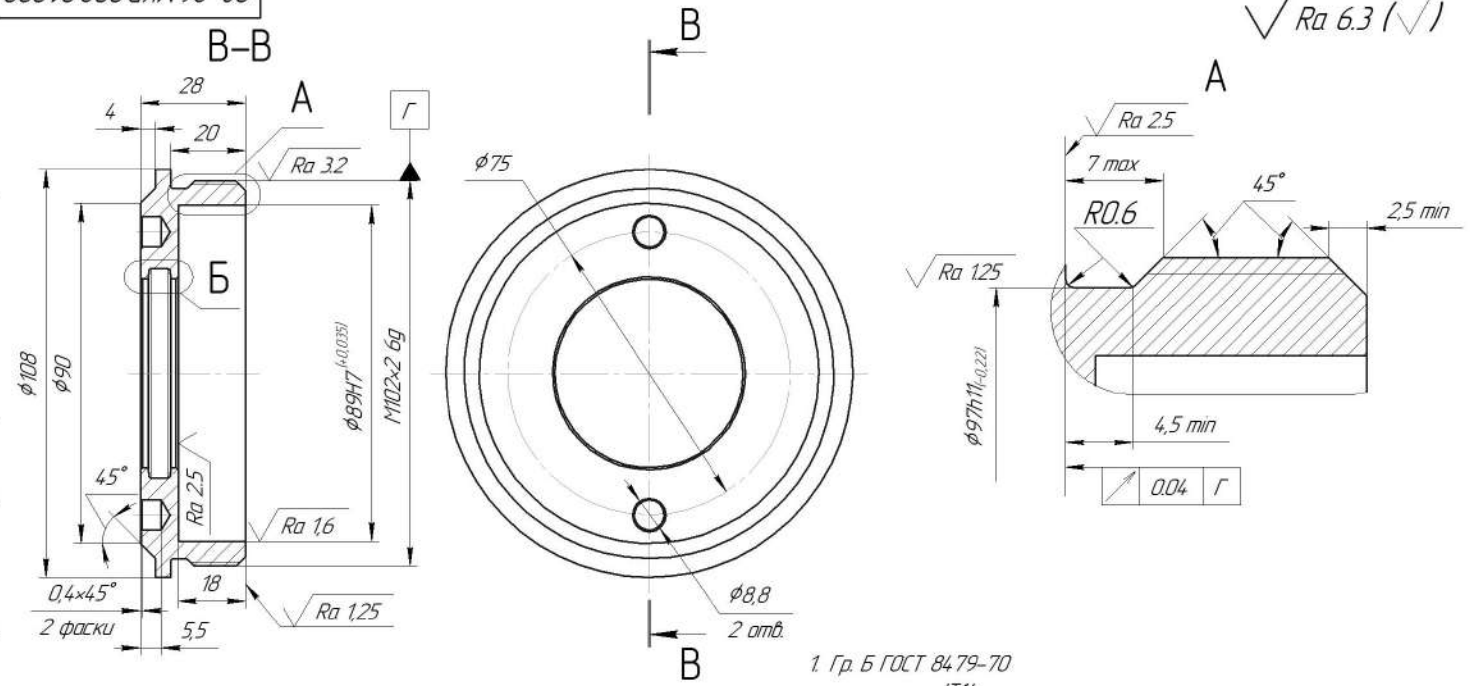
Вимоги викладені в «Положенні про порядок підготовки магістрів у Вінницькому національному технічному університеті» з урахуванням змін, що подані у бюлетені ВАК України № 9-10, 2011р. та на основі ДСТУ 3008:2015.

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

Додаток Б

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

08-26.МКР.002.01.000



1. Гр. Б ГОСТ 8479-70
2. H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.
3. * Розміри забезпечуються інструментом.
4. Допуски співвідносності пов. $\phi 50$ і торцевого діаметра пов. $\phi 108$ забезпечити технологічно.

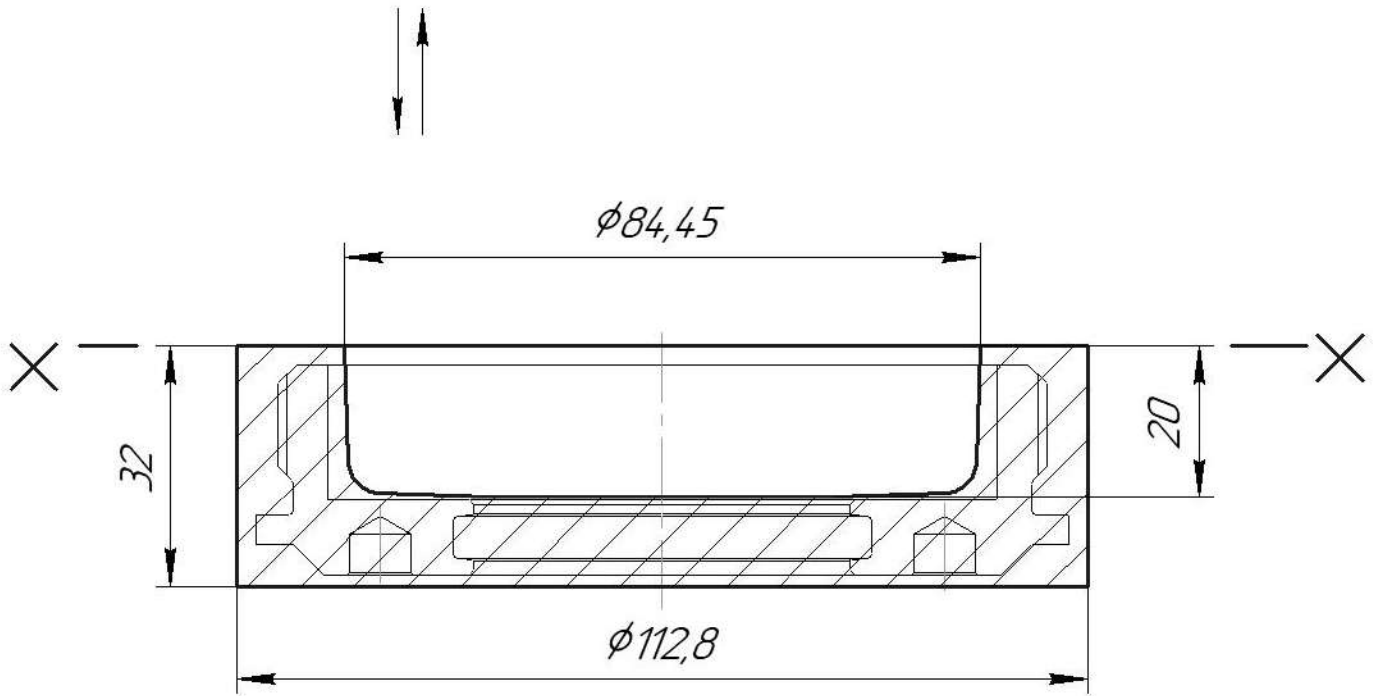
				08-26.МКР.002.01.000		
Вирт	Лист	№ докум.	Підп.	Датум	Лист	Маса
Розроб	Осадчук В.Д.				Кришка 38.61	0,69
Проб	Лозинський В.О.					11
Технік						Лист
Нконтр	Сердюк О.В.				Сталь 45 ГОСТ 1050-88	Листов 1
Чтб	Козлов Л.Г.					ВНТУ, зр. 11/11-19/13
Копія						Формат А3

08-26.МКР.002.02.000

$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\checkmark)}$

Перв. примен.

Справ. №



Штамповка на ГКМ:

1. Клас точності - Т4, група сталі - М2, ступінь складності - С2.
2. Невказані штампувальні нахили 1..4°, радіуси 4 мм.
3. Допустимий заусенець 4 мм.
4. Допустимі зміщення по площині розему 0,5.
5. Невказані допуски радіусів заокруглень 1,0 мм.
6. Твердість матеріалу 54 ... 60 HRC.

Підп. и дата

Инв. № діляк

Взам. инв. №

Підп. и дата

Инв. № подл.

08-26.МКР.002.02.000

Кришка 38.61
(штамповка)

Сталь 45 ГОСТ 1012-88

Лист	Масса	Масштаб
Лист	Листов	1

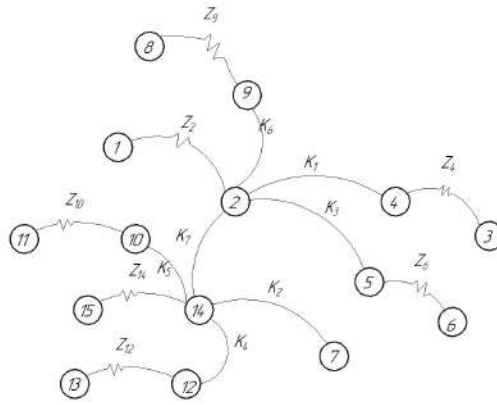
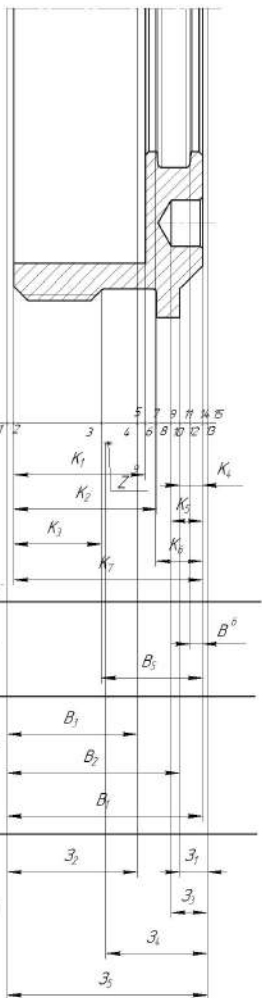
ВНТУ,
гр. ІПМ-19МЗ

Копировал

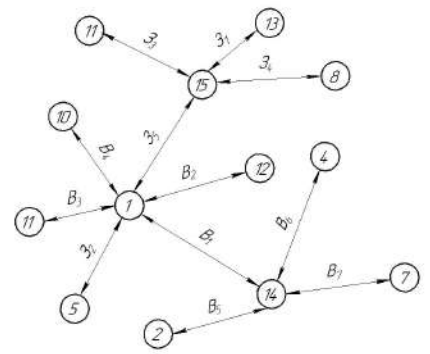
Формат А4

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Осадчук В.Д.		
Пров.		Лозинський Д.О.		
Т.контр.				
Н.контр.		Сердюк О.В.		
Утв.		Козлов Л.Г.		

№	Назва і зміст операції	Операційний ескіз	Тип і модель обладнання
005	<p><u>Токарна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> ВЗД. Підрізати торець 1 попередньо і остаточно. Точити поверхню 2 попередньо і остаточно. Підрізати торець 3 попередньо і остаточно. Точити фаску 4 однократно. Нарізати різьбу 5 попередньо і остаточно. Розточити поверхню 6 попередньо і остаточно. Підрізати торець 7 попередньо і остаточно. Розточити отвір 8 попередньо і остаточно. Точити фаску 9 однократно. 		<p>Токарний верстат з ЧПК 16К20Ф3</p>
010	<p><u>Токарна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> ВЗД. Точити поверхню 1 попередньо і остаточно. Точити конічну поверхню 2 однократно. Підрізати торець 3 попередньо і остаточно. Точити фаску 4 однократно. Точити канавку 5 однократно. 		<p>Токарний верстат з ЧПК 16К20Ф3</p>
015	<p><u>Свердлильна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> ВЗД. Свердлити 2 отвори 1. 		<p>Вертикально свердлильний верстат 2Р135Ф2</p>



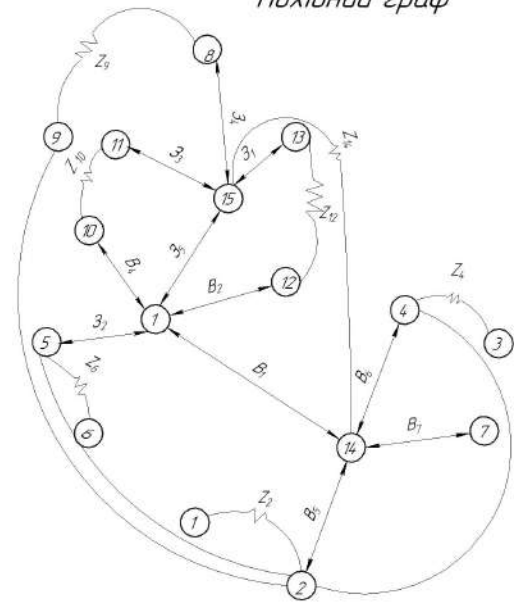
Вихідний граф



Похідний граф

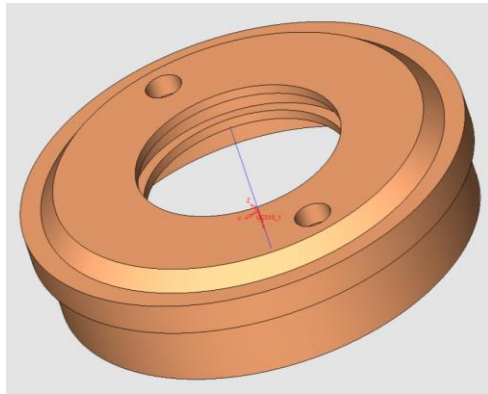
Отримуваний технологічний розмір	Квалітет точності	Попереднє значення допуску, мм	Остаточне значення допуску, мм
B1	12	0,3	0,3
B2	12	0,25	0,25
B3	10	0,12	0,12
B4	10	0,1	0,1
B5	10	0,1	0,1
B6	10	0,07	0,07

№ п/п	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$B7 - K7 = 0$	$K7 = B7$	B7
2	$B1 - B5 - Z2 = 0$	$Z2 = B1 - B5$	B1
3	$B1 - B2 - K4 = 0$	$K4 = B1 - B2$	B2
4	$B5 - B6 - K1 = 0$	$K1 = B5 - B6$	B5
5	$32 - K3 - Z6 = 0$	$K3 = 32 - Z6$	32
6	$31 - K4 - Z14 = 0$	$Z14 = 31 - K4$	31
7	$35 - 34 + Z9 - K7 - Z2 = 0$	$K7 = 35 - 34 + Z9 - Z2$	34
8	$B1 - B3 - K5 = 0$	$K5 = B1 - B3$	B3
9	$35 - B2 - 31 = 0$	$B2 = 35 - 31$	35

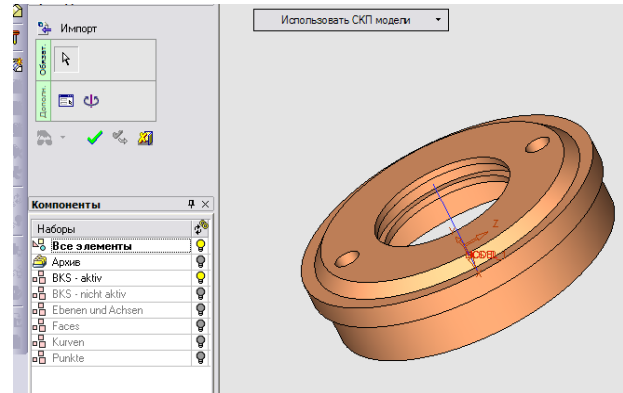


Суміщений граф

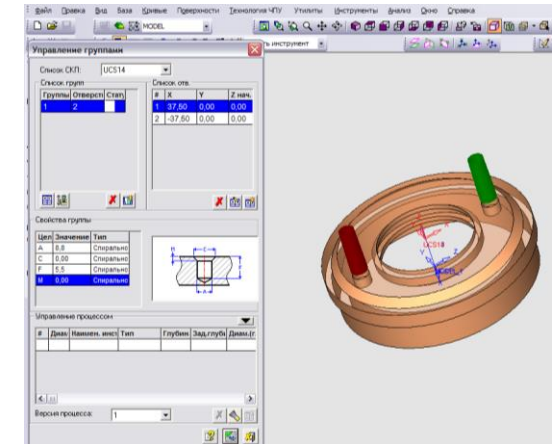
РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «КРИШКА 38.61» НА ВЕРСТАТІ З ЧПК



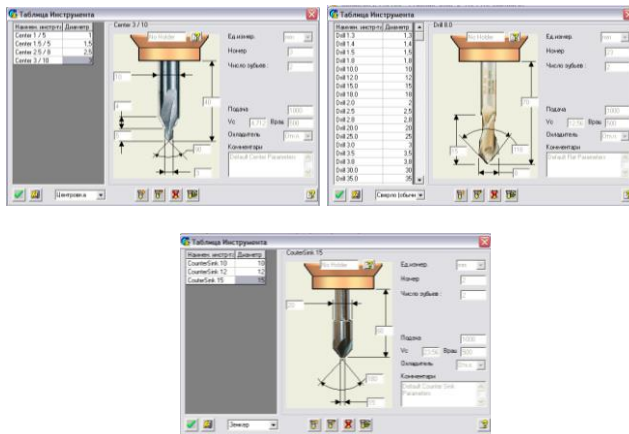
Крок 1. Вибір вихідної тривимірної моделі деталі «Кришка 38.61»



Крок 2. Вибір положення площі координат



Крок 3. Проектування послідовності обробки отворів



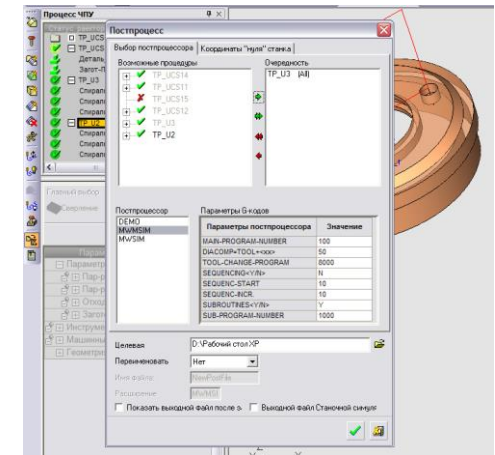
Крок 4. Вибір інструментів для обробки

Оптимизированные инструменты

Маг. N	Имя	Диаметр	Тип	Вращения	Подача	Охлажде.
3	Center 3	3,00	Центроэ	453	0,5	Жидкость
19	Drill 6.8	6.80	Спираль	452	5.5	Жидкость
2	CounterSI	10,00	Зенкер	521	0,4	Откл.

Цикл: Свойства
 Выход
 Заводы
 Сдвиг
 Время: 50.
 Расточка с выдер

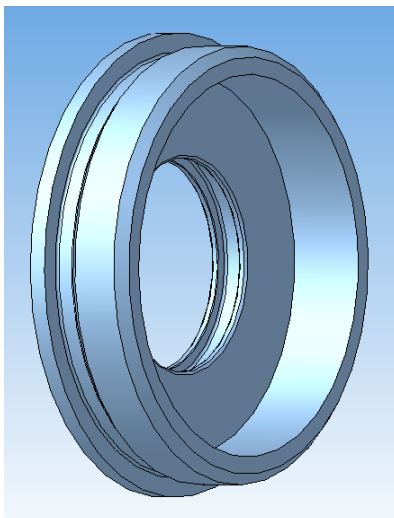
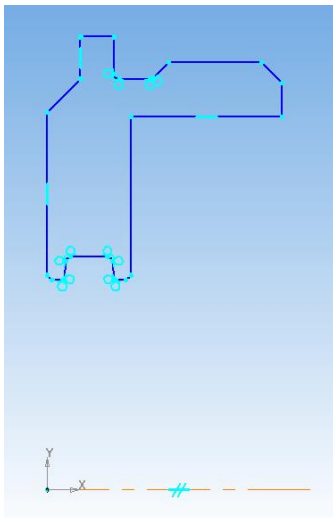
Крок 5. Вибір послідовності, параметрів та траєкторії руху інструментів



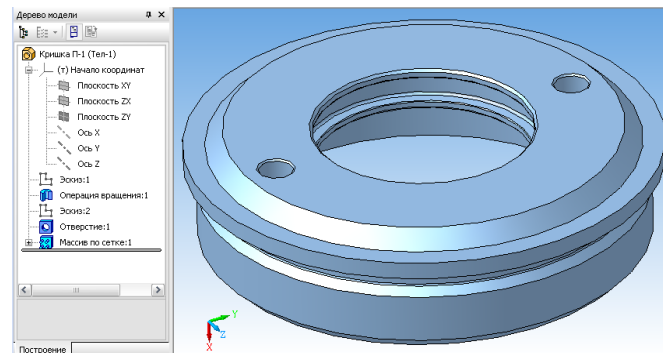
Крок 6. Вибір постпроцесора, проектування та збереження програми обробки

РОЗРОБКА ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ ДЕТАЛІ «КРИШКА 38.61»

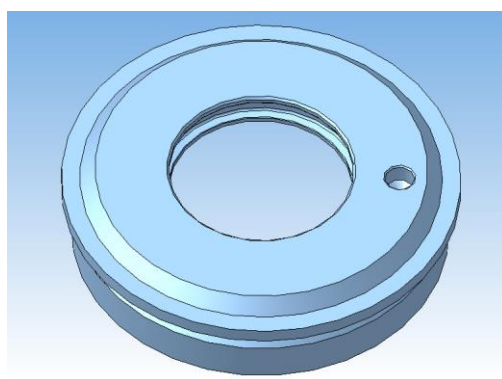
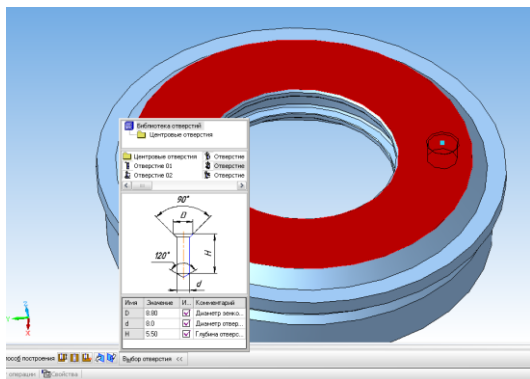
Крок 1. Побудова основи



Крок 3. Тривимірна модель деталі

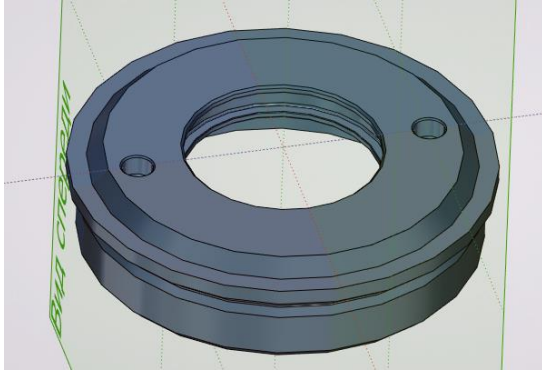


Крок 2. Вирізання 4 отворів $\varnothing 16$ мм

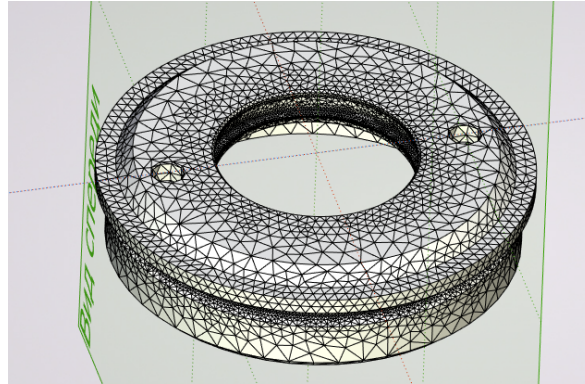


АНАЛІЗ МІЦНОСТІ ДЕТАЛІ «КРИШКА 38.61»

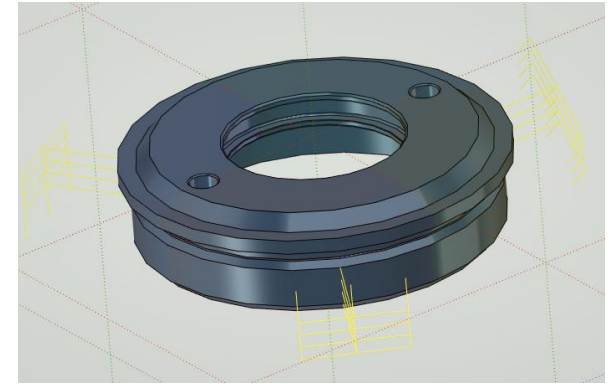
Крок 1. Імпорт деталі у CAD/CAE-систему



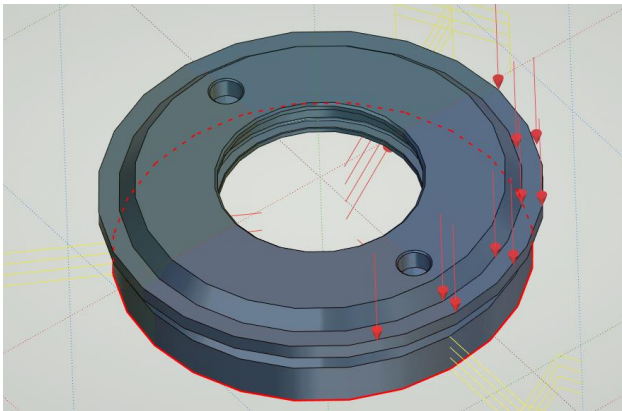
Крок 2. Формування сітки



Крок 3. Вибір поверхонь закріплення



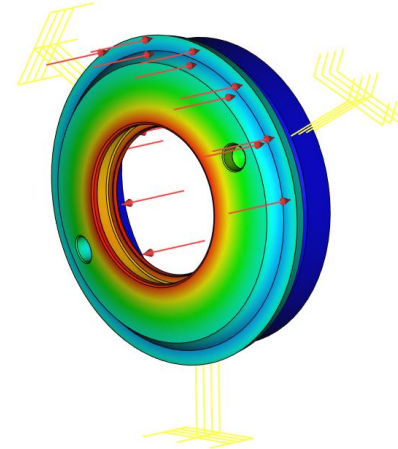
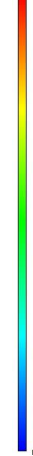
Крок 4. Вибір поверхні прикладання сили



Крок 5 Результат розрахунку

Задача_2 [Експрес-расчет]
Перемещения, модуль, м
Масштаб перемещений: 8704.84

6.277E-007



РОЗРОБКА ТП МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «КРИШКА 38.61» У СИСТЕМІ АВТОПРОЕКТ

Крок 1. Реєстрація деталі у модулі АВТОПРОЕКТ-СПЕЦИФІКАЦІЯ

Дата	Разработал	N чертежа детали	Наименование детали	Чистый вес (кг)	Марка материала
05.02.2012	Рябинин С.В.	08-26.КР	Ш.02.12 Корпус 09.01	13.8	Сталь 45Л

Крок 2. Розробка операцій ТП механічної обробки

Номер операции	Операция	Модель станка
005	Комбинированная	БР13РФ3
010	Комбинированная	ЛТ260МФ3

Крок 3. Розробка переходів операцій ТП механічної обробки

Тип П	Обозначение
O	Установить и закрыть деталь
O	Фрезеровать плоскость предварительно
T	Фреза ГОСТ 9304-69
P	D=34 D1=32 L1=0.5 Rpr=1 t=0.5 i=2 n=748.905 S=0.08 To=0.05 V=79.994
O	Фрезеровать плоскость окончательно
T	Фреза ГОСТ 9304-69
O	Центровать отверстие напроход
P	Сверло ГОСТ 14952-75
P	L=15 D=11 L1=0.5 Rpr=5.5 t=5.5 i=1 n=1409.775 S=0.21507 To=0.051 V=48.718
T	Сверло ГОСТ 886-77
P	L=9 D=13 L1=0.5 Rpr=6.5 t=6.5 i=1 n=1202.717 S=0.24182 To=0.033 V=49.12
O	Зенкеровать отверстие согласно эскизу
T	Зенкер ГОСТ 3231-71
P	L=50 D=16 L1=1 D1=15 Rpr=0.5 t=0.5 i=1 n=150 S=0.280183 To=1.213 V=7.54
O	Снять деталь

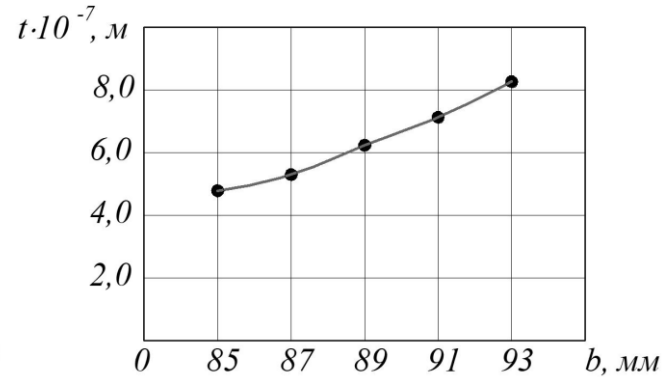
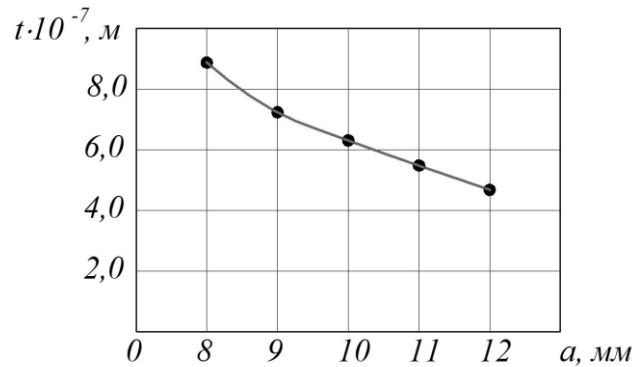
Крок 4. Розрахунок режимів різання

Крок 5. Розрахунок норм часу

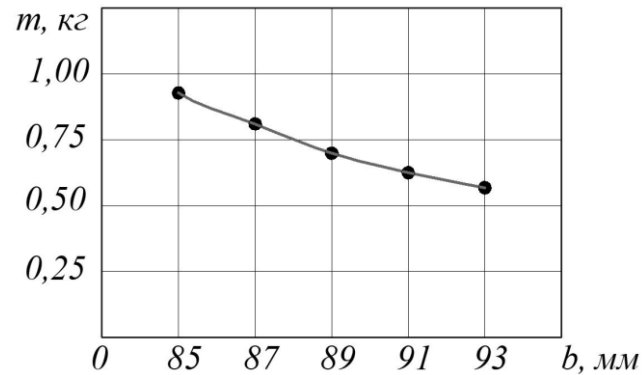
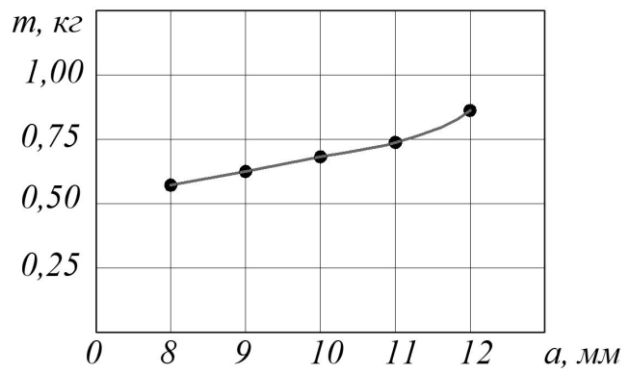
УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ «КРИШКА 38.61»

Діапазон досліджуваних параметрів:

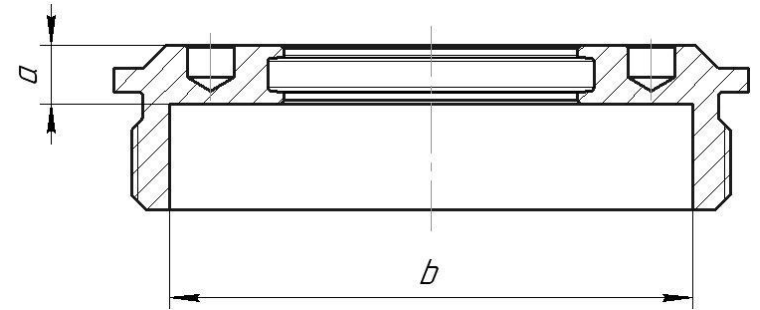
- ширина стінки $a = 8 \dots 12$ мм;
- діаметр внутрішньої циліндричної поверхні $b = 85 \dots 93$ мм.



Залежності величини деформації деталі t від її конструктивних параметрів



Залежності маси деталі m від її конструктивних параметрів



Наявні конструктивні параметри деталі:

$a = 10$ мм, $b = 89$ мм

Рекомендовані конструктивні

параметри деталі:

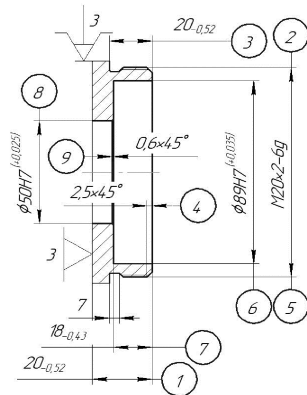
$a = 9$ мм, $b = 90$ мм

Додаток В

ТЕХНОЛОГІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

										2	1
Розробив	Осадчук В.Д.			ВНТУ	08-26.МКР.002.00.000						
Перевірів	Лозінський Д.О.										
Н.контр.	Сердюк О.В.			Кришка 38.61						005	



Наименование операции				Материал			
Токарно-револьверная				Сталь 45 ГОСТ 1050-88			
Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИД		
	кг	4,18					
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы			
16K20Ф3							
То	Тв	Тпз	Тшт.	СОЖ			

Р	ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V
001	Установить деталь							
002	Точить поверхности окончательно							
Т03	ПИ.PDINL3232P15 Резец ТУ 2-035-892-82							
Р04		58	2	0,5	1	0,1309	525,465	95,746
Р05		58	8	0,5	1	0,1309	525,465	95,746
006	Точить поверхности предварительно							
Т07	ПИ.PDINL3232P15 Резец ТУ 2-035-892-82							
Р08		33	5	0,5	1	0,1309	923,544	95,746
Р09		19	11,1	0,5	1	0,1309	923,544	55,127
010	Точить поверхности окончательно							

OK

Операционная карта

Додаток Г

Програма обробки деталі «Кришка 38.61»
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 X-50. Y0. Z-37.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X-1. Y0. Z-37.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE FEED X3. Y0. Z-37.5 B0 C0 F1 BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X-50. Y0. Z-37.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X-50. Y0. Z37.5 B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X-1. Y0. Z37.5 B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE FEED X3. Y0. Z37.5 B0 C0 F1 BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X-50. Y0. Z37.5 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 "DRILL6.8"
MW_TOOL_HLD_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_ARB_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_DEF_APT 6.800000 15. 60. 0.000000 0
MW_TOOL_PROFILE_CHORDAL_TOL 0.1
MW_TOOL_LEN_COMPENSATION 60
MW_MACHMOVE RAPID X-50. Y0. Z-37.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X-1. Y0. Z-37.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE FEED X9.5429 Y0. Z-37.5 B0 C0 F6 BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X-50. Y0. Z-37.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X-50. Y0. Z37.5 B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X-1. Y0. Z37.5 B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE FEED X9.5429 Y0. Z37.5 B0 C0 F6 BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X-50. Y0. Z37.5 B0 C0 F BLK9
MW_OP_END

MW_OP_START
MW_OP_NUMBER 2
MW_OP_COMMENT "No Text"

```
MW_TOOL_NUMBER 2
MW_TOOL_COMMENT "COUNTERSINK10"
MW_TOOL_HLD_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_ARB_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_DEF_APT 10.000000 0. 60. 0.000000 90.0
MW_TOOL_PROFILE_CHORDAL_TOL 0.1
MW_TOOL_LEN_COMPENSATION 60
MW_MACHMOVE RAPID X-50. Y0. Z-37.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X-1. Y0. Z-37.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE FEED X7.5 Y0. Z-37.5 B0 C0 F0 BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X-50. Y0. Z-37.5 B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X-50. Y0. Z37.5 B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X-1. Y0. Z37.5 B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE FEED X7.5 Y0. Z37.5 B0 C0 F0 BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X-50. Y0. Z37.5 B0 C0 F BLK9
MW_OP_END
```