

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 «Стакан 74.26»
з використанням CALS-технологій

08-26.МКР.019.00.000 ПЗ

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

Сторожук М.С. _____

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

Петров О.В. _____

«___» _____ 2020 р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. АТМ

Галушак О.О. _____

«___» _____ 2020 р.

Вінниця ВНТУ – 2020 року

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

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

ПОГОДЖЕНО

Головний технолог

керівник або заступник

ПрАТ «Вінницький завод «Маяк»

назва підприємства чи установи

Марчук А.В.

підпис

ініціали та прізвище

«05» жовтня 2020 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

зав. кафедри ТАМ

д.т.н., професор Козлов Л.Г.

(підпис)

«05» жовтня 2020 р.

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Сторожуку Максиму Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

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

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

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

2. Строк подання студентом МКР: 10 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до МКР: деталь «Стакан 74.26», матеріал Сталь 45 Л
ГОСТ 1050-74, програма випуску N = 4000 шт. на рік

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): креслення деталі, креслення заготовки, ТП механічної обробки деталі, карта налашки на операцію, розмірний аналіз ТП, розробка тривимірної моделі деталі «Стакан 74.26», 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	Петров О.В., доцент кафедри ТАМ		
Економічна частина	Лесько О.Й., професор кафедри ЕПВМ		
Охорона праці та безпека життєдіяльності	Віштак І.В., доцент кафедри БЖДПБ		

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

(підпис)

Сторожук М.С.

Керівник МКР

(підпис)

Петров О.В.

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.....	31
1.5 Висновки до технологічної частини.....	51
2 ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ «СТАКАН 74.26».....	52
2.1 Розробка тривимірної моделі деталі у CAD-системі.....	52
2.2 Аналіз деталі на міцність у CAD/CAE-системі.....	54
2.3 Удосконалення конструкції деталі.....	58
2.4 Розробка у CAD/CAM-системі програми обробки деталі на верстаті з ЧПК.....	61
2.5 Створення переходів та операцій ТП у PDM-системі.....	66
2.6 Висновки до розділу 2.....	69
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	70
3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	70
3.2 Прогнозування витрат на розробку нового технічного рішення.....	73
3.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	79
3.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності... ..	81
3.5 Висновки до економічної частини.....	85
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	87
4.1 Аналіз умов праці.....	87
4.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	87
4.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи.....	92

4.4 Пожежна безпека.....	93
4.5 Висновки до розділу 4.....	95
ВИСНОВКИ.....	96
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	97
ДОДАТКИ.....	100
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 «Стакан 74.26».

У технологічній частині проведено аналіз призначення деталі та аналіз технологічності деталі, визначено тип виробництва, спроектовано заготовку, розглянуто технологічний процес механічної обробки деталі «Стакан 74.26», визначено припуски на механічну обробку та режими різання.

У другому розділі розроблено інтегроване інформаційне середовище технологічної підготовки виробництва деталі «Стакан 74.26» 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 "Glass 67.71".

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 "Glass 67.71" 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 "Glass 67.71" component is developed on the basis of CAD / CAE / CAM and PDM systems.

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

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

ВСТУП

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

Головна мета, яка переслідується підприємством при впровадженні CALS-технологій – це мінімізація витрат протягом всього життєвого циклу виробу, підвищення його якості та конкурентоспроможності, а також підвищення ефективності та конкурентоспроможності самих промислових підприємств. Досягається цей результат за рахунок істотного скорочення термінів освоєння виробництва нових виробів, поліпшення якості цих виробів і технічної документації, що подається в електронному вигляді, забезпечення високого рівня сервісу і логістичної підтримки на всіх стадіях життєвого циклу виробу або продукту. CALS-технології є потужним знаряддям, яке застосовується на високотехнологічних підприємствах для підвищення ефективності робіт, що виконуються в ході життєвого циклу продукту. Підвищення ефективності досягається завдяки інтегрованості і наступності інформації. А також завдяки тому, що характеристики багатьох деталей створювалися раніше виробів, опису систем, процесів, верстатів і устаткування, задіяних при його виготовленні, зберігаються в уніфікованому електронному вигляді і доступні будь-якому користувачеві незалежно від його місцезнаходження.

Актуальність теми.

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

процесів управління технологічною підготовкою виробництва є найменш формалізованою.

Аналіз останніх робіт Зільберберга Л.І., Молочника В.І., Яблочнікова Є.І. та інших в області управління етапами життєвого циклу промислових виробів показує, що в даний час зусилля вчених зосереджені в основному на вирішенні проблем автоматизації процесів управління виробництвом, залишаючи відкритим питання автоматизації управління технологічною підготовкою виробництвом.

Тому розробка методів побудови інформаційного середовища на основі CALS-технологій для вимог вітчизняних промислових виробництв, методів автоматизованого управління технологічною підготовкою виробництва в інтегрованому інформаційному середовищі з урахуванням специфічних особливостей конкретних виробництв та можливістю адаптуватись до змінних потоків інформації в умовах реальних виробництв є актуальною задачею.

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

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати такі завдання:

- провести огляд службового призначення та умов роботи деталі у вузлі;
- визначити тип виробництва та рівень технологічності заданої деталі;
- спроектувати конструкцію заготовки;
- виконати проектування типових послідовностей обробки поверхонь заготовки та операційного технологічного процесу виготовлення деталі;
- визначити режими різання;
- виконати тривимірну модель деталі у CAD-системі;

- провести аналіз на міцність конструкції деталі у CAD/CAE-системі;
- розробити у CAD/CAM-системі програму обробки деталі на обладнанні з ЧПК;
- виконати нормування технологічних операцій;
- розробити ТП виготовлення деталі у PDM-системі;
- провести розрахунок та аналіз економічної доцільності виготовлення деталі;
- провести аналіз умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

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

Предмет дослідження – технологічний процес механічної обробки деталі «Стакан 74.26» та методи, технології та програмні засоби систем автоматизації технологічної підготовки промислових виробництв.

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

Наукова новизна одержаних результатів:

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

Практичне значення одержаних результатів:

1. Розроблено заготовку деталі «Стакан 74.26» та технологічний процес механічної обробки її виготовлення, який за умови програми випуску обсягом 4000 шт на рік забезпечує термін окупності вкладених коштів протягом 2,94 років.

2. На базі CALS-технологій розроблено інформаційну модель управління технологічною підготовкою виробництва деталі «Стакан 74.26», що здатна функціонувати у інтегрованому інформаційному середовищі.

3. Розроблено керуючу програму обробки деталі «Стакан 74.26» на верстаті з ЧПК.

Особистий внесок здобувача. Основні результати досліджень отримані автором самостійно. Мета та завдання досліджень узгоджені з науковим керівником. В працях, що опубліковані у співавторстві автору належать: виконано розрахунки параметрів безшумної передачі [32].

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи розглядались на XLVIII 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 22 березня, 2019 рік, м. Вінниця.

Публікації. Матеріал магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано у 1 праці, 1 – теза доповідей регіональної конференції [32].

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:

- масове виробництво $K_{з.о.} = 1$;
- великосерійне виробництво $1 < K_{з.о.} \leq 10$;
- середньосерійне виробництво $10 < K_{з.о.} \leq 20$;
- дрібносерійне виробництво $20 < K_{з.о.} \leq 40$.

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 «Стакан 25.73» 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 наближено визначено тип виробництва, як серійний

4. Визначено $T_{шт-к}$

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

де φ_K – коефіцієнт.

Таблиця 1.1 – Зміст технологічних переходів

	Точити торець	Точити поверхню	Розточити отвір	Точити торець	Точити поверхню
Формула для розрахунку $T_{осн} \cdot 10^{-3}$ хв	0,052(D-d)	0,2dl	0,2dl	0,052(D-d)	0,17dl
Параметри обробки, мм	D=146; l=176	D=218; l=10	D=146; l=73,5	D=148; l=218	D=176; l=107
$T_{осн}$, хв	0,5	0,44	2,15	3,11	1,33
φ_k	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
$T_{шт.к.}$, хв	0,65	0,572	2,795	1,729	4,043
m_p	0,02	0,02	0,09	0,05	0,13
P	1	1	1	1	1
$\eta_{з.ф.}$	0,02	0,02	0,09	0,13	0,05
O	40	40	8,89	16	6,15
$K_{з.о.}$	22,208				

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 «Стакан 25.73»;

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

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

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

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 $\sum O_i$:

$$\sum O_i = 40 + 40 + 8,89 + 6,15 + 16 = 111,04 \text{ (шт.)}$$

10. Розраховано сумарну кількість прийнятих верстатів $\sum P = 5$

11. Встановлено коефіцієнт закріплення $K_{з.о.}$

$$K_{з.о.} = 111,04 / 5 = 22,208$$

Всі розрахункові дані занесені до таблиці 1.1.

Згідно отриманого коефіцієнта закріплення операцій тип виробництва – серійне.

Доцільність вибору групової чи потокової форми організації роботи визначається шляхом порівняння потрібного добового випуску виробів N_d і розрахункової добової продуктивності лінії Q_d . Якщо $N_d < Q_d$, то потокову лінію використовувати недоцільно.

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

де 254 кількість робочих днів в року;

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

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 i -го переходу, хв.; $\sum n_i$ – сумарна кількість виконуваних переходів.

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{шт-\kappa_i} = (0,65 + 0,572 + 2,795 + 4,043 + 1,729) / 5 = 1,95 \text{ (хв.)}$$

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_{\partial} = \frac{2030}{1,95 \cdot 0,8} = 1296 \text{ (шт.)}$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_{\partial} = \frac{4000}{254} = 16 \text{ (шт.)}$$

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).

$$n = \frac{4000 \cdot 6}{254} = 95 \text{ (шт).}$$

Отже тип виробництва – серійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 95 шт.

1.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі

Деталь «Стакан 74.26» (рис. 1.1) служить напрямною та фланцем в складі вузла обладнання для переробки продуктів хімічної промисловості. Випускається в умовах серійного виробництва. В деталі немає необхідності спрощувати її конструкцію, оскільки вона не має важкооброблюваних місць для обробки чи експлуатації.

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

Допустимі відхилення розмірів, шорсткості, відхилення геометричної форми та взаємного розташування поверхонь відповідають призначенню деталі і не суперечать один одному. Усі розміри на кресленні контролюються стандартними вимірювальними інструментами.

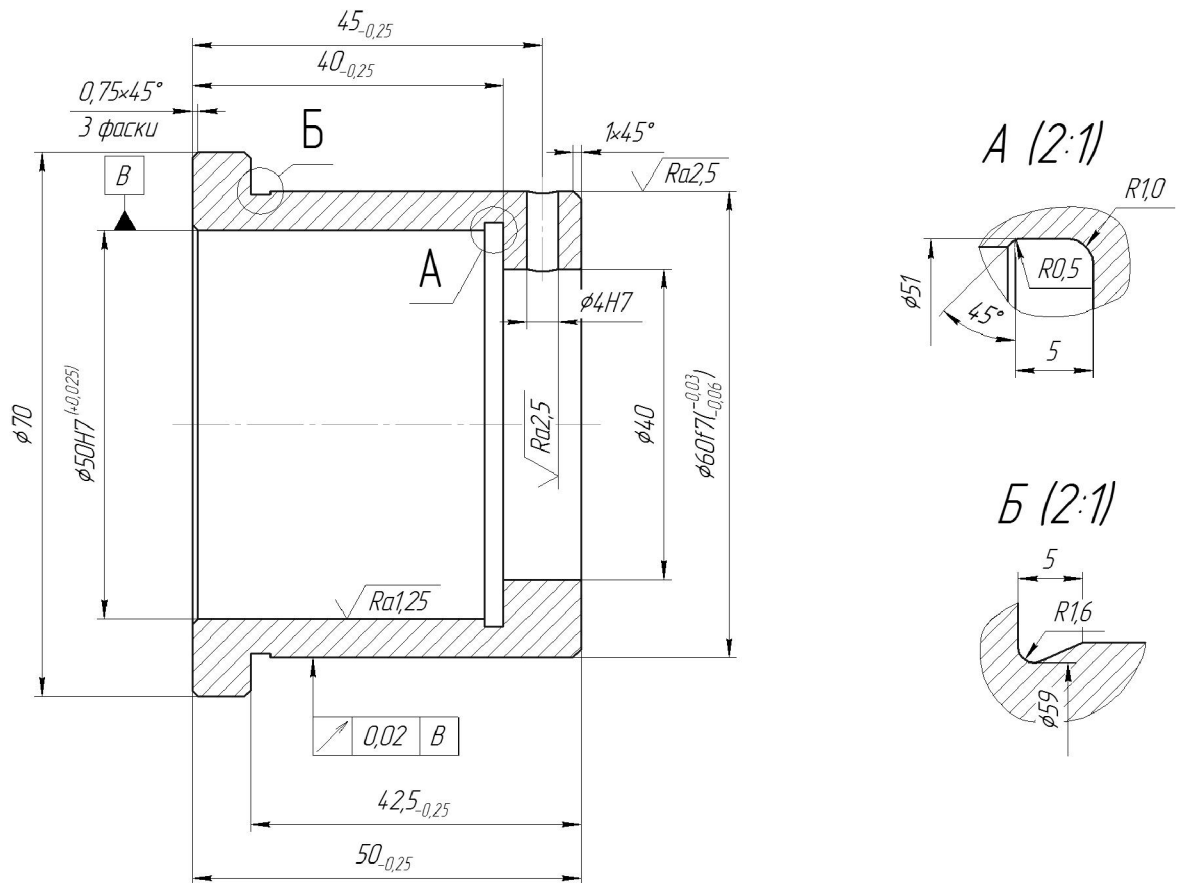


Рисунок 1.1 – Деталь «Стакан 74.26»

Для базування можна використовувати наступні поверхні: торці від $\varnothing 70$, $\varnothing 60f7$. Введення штучних технологічних баз непотрібно.

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

Деталь середніх габаритів та технологічна за більшістю параметрів.

Деталь «Стакан 74.26» має нескладну зовнішню форму. Вона не містить глухих отворів, всі отвори виконуються на прохід. Але вона містить ряд точних поверхонь, зокрема отвір $\varnothing 4H7$ та циліндричні поверхні $\varnothing 50H7$ та $\varnothing 60f7$. Проте

всі норми точності можуть бути отримані в результаті обробки з одного установа поверхонь та виконання принципу суміщення вимірювальної і технологічних баз.

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

1 Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

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

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

Таблиця 1.2 – Лінійні та діаметральні розміри

Кутовий розмір	Уніфікований розмір	Діаметральний розмір	Уніфікований розмір	Лінійний розмір	Уніфікований розмір	Шорсткість	Уніфікована шорсткість
45 (3 пов)	+	Ø70	–	50	+	1,25	+
		Ø60	+	45	+	2,5 (2 пов)	+
		Ø59	–	42,5	–	6,3 (6 пов.)	+
		Ø51	–	40	+		
		Ø50	+	5 (2 пов)	+		
		Ø40	+	1	+		
		Ø4	+	0,75 (3 пов)	+		
		R1	+				
		R1,6	+				
		R0,5	+				

Таблиця 1.3 – Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

Розміри						Шорсткість	
Діаметральні		Лінійні		Кутові		Ш	Ш _y
<i>P</i>	<i>P_y</i>	<i>P</i>	<i>P_y</i>	<i>P</i>	<i>P_y</i>		
10	7	10	9	3	3	9	9
$Q_e=32, Q_{ye}=25$						$K_y = \frac{25}{32} = 0.78$	

Коефіцієнт точності обробки згідно ГОСТ 18831-73:

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

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

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

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

Таблиця 1.4 – Коефіцієнт точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
7	3(Ø4, Ø50H7, Ø60f7)	7·3=21
14	17	14·17=238
Всього	20	259

$$T_{cp} = \frac{259}{20} = 12.95, \quad K_T = 1 - \frac{1}{12.95} = 0.9228$$

Коефіцієнт шорсткості поверхні згідно ГОСТ 18831-73:

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

де Ш_{cp} – середня шорсткість поверхні, яку можна визначити:

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

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

Таблиця 1.5 – Коефіцієнт шорсткості поверхні

Шорсткість R_a , мкм	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,25	1	$1,25 \cdot 1 = 1,25$
2,5	2	$2,5 \cdot 2 = 5$
6,3	17	$6,3 \cdot 17 = 107,1$
$Ш_{cp} = \frac{113,35}{20} = 5,67, K_T = \frac{1}{5,67} = 0,176$		113,35

Отже виконуються умови: $K_y > 0,6$, $K_T > 0,8$, $K_{ш} < 0,32$, тобто деталь за кількісними показниками технологічна. Таким чином, деталь технологічна за якісними та кількісними показниками.

1.3 Вибір способу виготовлення заготовки

Програма випуску деталі «Стакан 74.26» згідно завдання становить $N = 4000$ штук на рік. Таким чином, враховуючи та масу деталі – 0,44 кг визначаємо, що тип виробництва – середньосерійний [12].

1.3.1 Вибір можливих способів виготовлення заготовки

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

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

1.3.2 Розрахунок розмірів заготовок для двох варіантів її виготовлення

При виборі прийнятих параметрів вхідних даних керуємося примітками до таблиць, де приведені рекомендації по призначенню параметрів точності з врахуванням типу виробництва і складності заготовки. Так як виробництво середньосерійне і вилівок середньої складності приймаємо середні наближені до більш точних значень з вибраних діапазонів параметрів точності. Дані вносимо до таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Характеристика способів лиття

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

Клас розмірної точності виливка призначаємо враховуючи спосіб лиття, найбільший габаритний розмір виливка (70 мм), тип матеріалу – Сталь 45Л:

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

Ступінь жолоблення елементів виливка призначаємо згідно відношення найменшого розміру елемента виливка до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента виливка). Найбільший розмір – 70 мм, найменший – 5 мм, отже, відношення – $5/70 = 0,071$:

- при литті в облицьований кокіль: 4-7;
- в оболонкові форми: 6-9.

Ступінь точності поверхонь виливка призначаємо з врахуванням способу лиття, найбільшого габаритного розміру виливка (70 мм) і матеріал – Сталь 45Л:

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

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

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

Клас точності маси виливка призначаємо, враховуючи спосіб лиття та номінальну масу виливка. Маса деталі $Q_{дет} = 0,44$ кг. Враховуючи коефіцієнт використання матеріалу (для лиття в облицьований кокіль $\gamma = 0,75$, а для лиття в оболонкові форми $\gamma = 0,9$), то маси заготовки будуть: для лиття в облицьований кокіль – $Q_{заг} = 0,59$ кг і для лиття в оболонкові форми – $Q_{заг} = 0,49$ кг. Оскільки визначена маса виливків складає від 1 до 10 кг для обох способів і тип матеріалу Сталь 45Л, то:

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

Ряд припусків призначаємо з врахуванням ступеня точності поверхні.

- при литті в облицьований кокіль: 4-7;
- в оболонкові форми: 4-7.

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

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

Значення параметрів для вибору та розрахунку розмірів заготовки внесені до таблиць 1.7 та 1.8.

Таблиця 1.7 – Розміри заготовки при литті в облицьований кокіль

Розрахункові розміри	Ø40 ^{+0,62}	Ø50H7 ^{+0,025}	Ø60f7 ^(-0,03/-0,06)	Ø70-0.74	40-0,25	42,5-0,25	50-0,25
Допуски							
Розмірів	2,2	2,4	2,4	2,8	2,2	2,4	2,4
Форми чи розміщення	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Зміщення по площині роз'єму	1,4	1,4	1,4	1,4	–	–	–
Зміщення через перекіс стержня	0,9	0,9	–	–	0,9	–	–
Допуски маси	20%						
Допуски нерівностей	0,64						
Загальний допуск	2,4	2,4	2,4	3,2	2,4	2,4	2,4
Припуски							
Припуск мінімальний	0,6						
Припуск загальний	2,1	3,6	3,6	2,5	2,1	2,1	2,1
	Кількість переходів механічної обробки						
По точності розмірів	1	3	3	1	1	1	1
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	–	–	3	–	–	–	–
Прийнята кількість переходів	1	3	3	1	1	1	1
Розміри заготовки	Ø35,8	Ø42,8	Ø67,2	Ø75	37,9	40,4	52,1

Таблиця 1.8 – Розміри заготовки при литті в оболонковій формі

Розрахункові розміри	Ø40 ^{+0,62}	Ø50H7 ^{+0,025}	Ø60f7 ^(-0,03/-0,06)	Ø70-0.74	40-0,25	42,5-0,25	50-0,25
Допуски							
Розмірів	3,6	4,0	4,0	4,4	3,6	4,0	4,0
Форми чи розміщення	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Зміщення по площині роз'єму	2,2	2,2	2,2	2,2	–	–	–
Зміщення через перекіс стержня	1,4	1,4	–	–	1,4	–	–
Допуски маси	32%						
Допуски нерівностей	0,64						
Загальний допуск	4,0	4,0	4,0	5,0	4,0	4,0	4,0
Припуски							
Припуск мінімальний	0,6						
Припуск загальний	3,0	4,8	4,8	3,4	3,0	3,0	3,0
	Кількість переходів механічної обробки						
По точності розмірів	1	3	3	1	2	2	2
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	–	–	3	–	–	–	–
Прийнята кількість переходів	1	3	3	1	2	2	2
Розміри заготовки	Ø34	Ø40,4	Ø69,6	Ø76,8	37	39,5	53

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

Допуск форми і розміщення – враховуючи ступінь жолоблення (лиття в облицьований кокіль – 6, в оболонкові форми – 7) і номінальний розмір нормованої ділянки.

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

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

Допуск зміщення площини роз'єму – вибирається на рівні класу розмірної точності виливка за номінальним розміром найбільш тонкої із стінок виливка, що виходить на лінію роз'єднання півформ або перетинаючи її. При литті в облицьований кокіль і литті в оболонкові форми це зміщення буде впливати на діаметральні розміри $\phi 40$ мм, $\phi 50$ мм, $\phi 60$ мм та $\phi 70$ мм враховуючи клас розмірної точності виливка по номінальному розміру найбільш тонкої зі стінок виливка, які виходять на роз'єм.

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

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

Вибір припусків. Мінімальний припуск призначаємо залежно від ряду припусків [12]: при литті в облицьований кокіль мінімальний припуск (для ряду припусків б) становить 0,6 мм; при литті в оболонкові форми (для ряду припусків б) – 0,6 мм.

Загальний припуск на механічну обробку назначають для ліквідації похибки розмірів, форми і розміщення, нерівностей і дефектів оброблюваної

поверхні, що формуються при виготовленні виливка і послідовних переходів її обробки з метою підвищення точності оброблюваного елемента виливка. Значення загального припуску вибираємо в залежності від кількості переходів механічної обробки. Тому для вибору загального припуску спочатку потрібно визначити кількість механічної обробки кожної із оброблюваних поверхонь.

Кількість переходів механічної обробки в залежності від необхідної точності розмірів оброблюваної деталі визначаємо згідно [14].

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

лиття в облицьований кокіль: для розміру $\text{Ø}40^{+0,62}$ допуск розмірів виливка 2,2 мм, допуск розмірів деталі 0,062 мм, співвідношення $0,62/2,2 = 0,26$, отже, 1 перехід (чорнова обробка). Аналогічно вибираємо для всіх інших розмірів:

$$\text{Ø}40^{+0,62} - 0,62/2,2 = 0,26 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка);}$$

$$\text{Ø}50\text{H}7^{+0,025} - 0,025/2,4 = 0,01 \rightarrow 3 \text{ переходи (чистова обробка);}$$

$$\text{Ø}60\text{f}7 \left(\begin{smallmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{smallmatrix} \right) - 0,03/2,4 = 0,013 \rightarrow 3 \text{ переходи (чистова обробка);}$$

$$\text{Ø}70_{-0,74} - 0,74/2,8 = 0,23 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка);}$$

$$40_{-0,25} - 0,25/2,2 = 0,11 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка);}$$

$$42,5_{-0,25} - 0,25/2,4 = 0,1 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка);}$$

$$50_{-0,25} - 0,25/2,4 = 0,1 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка).}$$

лиття в оболонкові форми: для розміру $\text{Ø}40^{+0,62}$ допуск розмірів виливка 3,6 мм, допуск розмірів деталі 0,062 мм, співвідношення $0,62/3,6 = 0,17$, отже, 1 перехід (чорнова обробка). Аналогічно вибираємо для всіх інших розмірів:

$$\text{Ø}40^{+0,62} - 0,62/3,6 = 0,17 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка);}$$

$$\text{Ø}50\text{H}7^{+0,025} - 0,025/4,0 = 0,0063 \rightarrow 3 \text{ переходи (чистова обробка);}$$

$$\text{Ø}60\text{f}7 \left(\begin{smallmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{smallmatrix} \right) - 0,03/4,0 = 0,0075 \rightarrow 3 \text{ переходи (чистова обробка);}$$

$$\text{Ø}70_{-0,74} - 0,74/4,4 = 0,17 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка);}$$

$$40_{-0,25} - 0,25/3,6 = 0,07 \rightarrow 2 \text{ переходи (напівчистова обробка);}$$

$$42,5_{-0,25} - 0,25/4,0 = 0,063 \rightarrow 2 \text{ переходи (напівчистова обробка);}$$

$50_{-0,25} - 0,25/4,0 = 0,063 \rightarrow 2$ переходи (напівчистова обробка).

Загальний припуск призначаємо, враховуючи загальний допуск вилівка, від кінцевої обробки і ряд припуску. При литті в облицьований кокіль для розміру $\varnothing 40^{+0,62}$: загальний допуск 3,0 мм, чорнова обробка, ряд припусків 6 \rightarrow загальний припуск становить 3,0 мм. Аналогічно вибираємо і для інших розмірів.

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

При литті в облицьований кокіль:

- розмір $\varnothing 40^{(+0,62)}$ загальний припуск становить 2,1 мм:

$$\varnothing 40 - (2,1 \cdot 2) = \varnothing 35,8 \text{ мм};$$

- розмір $\varnothing 50\text{H}7^{+0,025}$ загальний припуск становить 3,6 мм:

$$\varnothing 50 - (3,6 \cdot 2) = \varnothing 42,8 \text{ мм};$$

- розмір $\varnothing 60\text{f}7^{(-0,03 / -0,06)}$ загальний припуск становить 3,6 мм:

$$\varnothing 60 + (3,6 \cdot 2) = \varnothing 67,2 \text{ мм};$$

- розмір $\varnothing 70_{-0,74}$ загальний припуск становить 2,5 мм:

$$\varnothing 70 + (2,5 \cdot 2) = \varnothing 75 \text{ мм};$$

- розмір $40_{-0,25}$ загальний припуск становить 2,1 мм:

$$40 - 2,1 = 37,9 \text{ мм};$$

- розмір $42,5_{-0,25}$ загальний припуск становить 2,1 мм:

$$42,5 - 2,1 = 40,4 \text{ мм};$$

- розмір $50_{-0,25}$ загальний припуск становить 2,1 мм:

$$50 + 2,1 = 52,1 \text{ мм}.$$

При литті в оболонкові форми:

- розмір $\varnothing 40^{(+0,62)}$ загальний припуск становить 3,0 мм:

$$\varnothing 40 - (3,0 \cdot 2) = \varnothing 34 \text{ мм};$$

- розмір $\varnothing 50\text{H}7^{+0,025}$ загальний припуск становить 4,8 мм:

$$\varnothing 50 - (4,8 \cdot 2) = \varnothing 40,4 \text{ мм};$$

- розмір $\varnothing 60\text{f}7^{(-0,03 / -0,06)}$ загальний припуск становить 4,8 мм:

$$\varnothing 60 + (4,8 \cdot 2) = \varnothing 69,6 \text{ мм};$$

- розмір $\varnothing 70_{-0,74}$ загальний припуск становить 3,4 мм:

$$\varnothing 70 + (3,4 \cdot 2) = \varnothing 76,8 \text{ мм};$$

- розмір $40_{-0,25}$ загальний припуск становить 3,0 мм: $40 - 3,0 = 37,0$ мм;

- розмір $42,5_{-0,25}$ загальний припуск становить 3,0 мм: $42,5 - 3,0 = 39,5$ мм;

- розмір $50_{-0,25}$ загальний припуск становить 3,0 мм: $50 + 3,0 = 53,0$ мм.

1.3.3 Вибір радіусів заокруглень, нахилів, товщини стінок та інших конструктивних елементів заготовки.

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

Мінімальну товщину стінок вибираємо за рекомендаціями [12] в залежності матеріалу, маси вилівка, і від способу лиття. Для литих заготовок товщину стінок можна визначити в залежності від сплаву та приведенного габариту деталі згідно з графіками [2].

Приведений габарит визначається за формулою:

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

де L, B, H – відповідно довжина (70 мм), ширина (70 мм) та висота (50 мм) деталі. Тоді $N = (2 \cdot 70 + 70 + 50)/4 = 65$. Для сталевих литих заготовок при $N \geq 8$ товщину стінок можна приймати 40 мм. Товщина стінок сталевих заготовок, габаритні розміри яких менші 0,5 м, може бути прийнята 1,5-2,0 мм [15].

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

Радіуси заокруглень згідно рекомендацій [8] вибираємо в залежності від співвідношення $(S+S_1)/2$ і від матеріалу вилівка (таблиці 1.9 та 1.10).

Таблиця 1.9 – Радіуси заокруглень в кокiлі

$\frac{(S + S_1)}{2}$	Кут між спряженими елементами	Радіус заокруглень
$(12,2 + 12,2)/2 = 12,2$	90^0	≈ 4
$(12,2 + 11,7)/2 = 11,95$	90^0	≈ 4

Таблиця 1.10 – Радіуси заокруглень лиття в оболонковi форми

$\frac{(S + S_1)}{2}$	Кут між спряженими елементами	Радіус заокруглень
$(13,2 + 13,5)/2 = 13,35$	90^0	≈ 4
$(13,5 + 12,6)/2 = 13,05$	90^0	≈ 4

Формувальні нахили призначаються з метою полегшення видалення моделі з форми і стержня. Нахили встановлюються в залежності від розмірів заглиблень, висоти формоутворюючої поверхні, способу лиття і виду модельного комплексу згідно рекомендаціям [12].

При литті в облицьований кокіль: $h_n = 33,4 \text{ мм} - 0^0 41'$;

При литті в оболонковi форми: $h_n = 33,4 \text{ мм} - 0^0 41'$;

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

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

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

Вихідний діаметр вибирається в залежності від матеріалу виливку – сталь 45Л $d_0 = 10 \text{ мм}$. Тому на отвір $\varnothing 4 \text{ мм}$ призначаємо напуск, який потім видаляємо механічною обробкою.

1.3.4 Оформлення двох ескізів заготовок

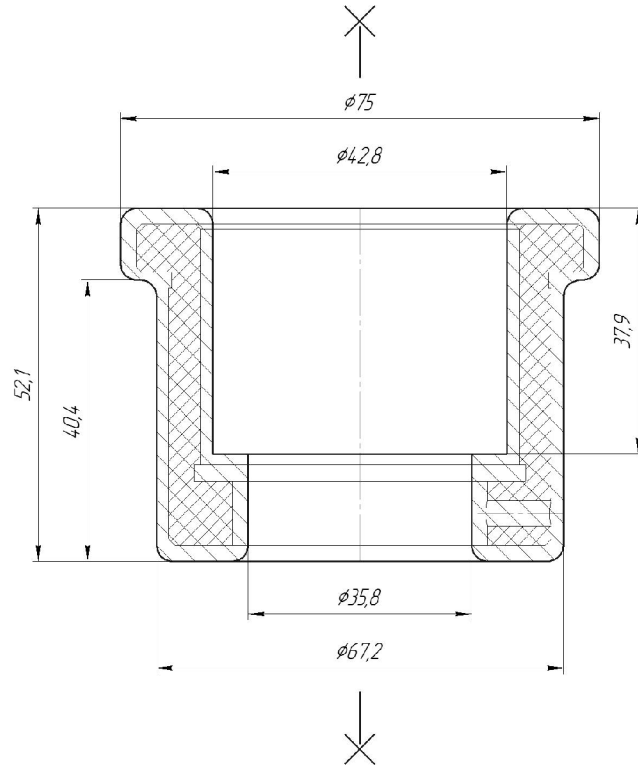


Рисунок 1.2 – Ескіз заготовки, отриманої литтям в облицьований кокіль

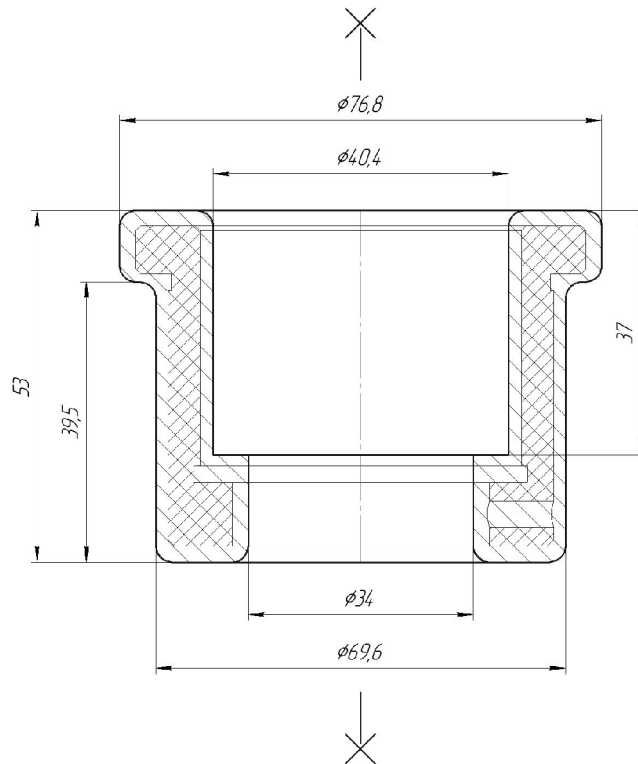


Рисунок 1.3 – Ескіз заготовки, отриманої литтям в оболонковій формі

1.3.5 Призначення технічних вимог на заготовки

Технічні вимоги для заготовки, отриманої литтям в облицьований кокіль:

1. Точність вилівка 10 – 6 – 12 – 10 Зм. 0,64 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 0,44 – 3,6 – 0,6 – 0,59 ГОСТ 26645-85.

Технічні вимоги для заготовки, отриманої литтям в оболонковій формі:

1. Точність вилівка 11 – 7 – 12 – 11 Зм. 0,64 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 0,44 – 4,8 – 0,6 – 0,49 ГОСТ 26645-85.

1.3.6 Розрахунок маси і коефіцієнта використання матеріалу заготовки

Масу заготовки визначимо за допомогою тривимірного моделювання заготовки деталі «Стакан 74.26» у САД-системі Компас за розрахованими розмірами. Після побудови тривимірної моделі заготовки скориставшись функцією «МЦХ моделі» визначимо масу заготовки. Вибірково запишемо інформацію про «МЦХ моделі».

Лиття в облицьований кокіль: Маса $Q_{заг} = 0,68$ кг.

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки: $\gamma = Q_{дет} / Q_{заг} = 0,44 / 0,68 = 0,65$.

Лиття в оболонковій формі: Маса $Q_{заг} = 0,79$ кг.

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки: $\gamma = Q_{дет} / Q_{заг} = 0,44 / 0,79 = 0,56$.

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

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

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

Вартість заготовки визначаємо за формулою:

$$C_{заг.лит} = \frac{Q_{заг}}{1000} \cdot C_{л} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II} - \frac{(Q_{заг} - Q_{дет})}{1000} \cdot C_{відх}, [\text{грн}] \quad (1.17)$$

де $C_{л}$ – базова вартість 1т заготовок, грн, вибираємо згідно [12], враховуючи спосіб одержання литої заготовки;

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок, вибираємо згідно [12], враховуємо спосіб лиття, матеріал заготовки і клас розмірної точності;

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки, вибираємо згідно [12]. Враховуємо спосіб лиття і марку матеріалу;

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки, вибираємо згідно [12]. Дана деталь не складної конфігурації і можна віднести до 3 групи складності, також враховуємо спосіб лиття і матеріал заготовки;

K_B – коефіцієнт, що враховує масу заготовки, вибираємо згідно [12]. Вибираємо згідно способу лиття, маси виливка, матеріалу виливка;

K_{II} – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок, вибираємо згідно [12]. Попередньо визначаємо групу серійності в залежності від способу лиття, маси виливків і об'єму виробництва згідно [12];

$C_{відх}$ – вартість 1 т. відходів, для сталі $C_{відх} = 6000$ грн.

Таблиця 1.11 – Техніко-економічні показники способів лиття

Коефіцієнти	Лиття в облицьований кокіль	Лиття в оболонкові форми
$C_{л}$	22800 грн	24400 грн
K_T	1,0	1,0
K_M	1,18	1,36
K_C	1	1
K_B	1,08	1,1
K_{II}	1,15	1,07

Лиття в облицьований кокіль:

$$C_{\text{заг.лит}} = \frac{0,68}{1000} \cdot 22800 \cdot 1 \cdot 1,18 \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 1,15 - \frac{(0,68 - 0,44)}{1000} \cdot 6000 = 21,28 \text{ (грн).}$$

Лиття в оболонкові форми:

$$C_{\text{заг.лит}} = \frac{0,79}{1000} \cdot 24400 \cdot 1 \cdot 1,36 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,07 - \frac{(0,79 - 0,44)}{1000} \cdot 6000 = 24,12 \text{ (грн).}$$

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

В результаті розрахунків ми виявлено, що коефіцієнт використання матеріалу при литті в оболонкові форми менший ніж при литті в облицьований кокіль і вартість заготовки при литті в облицьований кокіль нижче вартості при литті в оболонкові форми. Виходячи з вище сказаного лиття в облицьований кокіль має дві значні переваги над литтям в оболонкові форми і тому вибираємо основний метод виготовлення деталі це – лиття облицьований кокіль.

1.4 Розробка маршруту механічної обробки

1.4.1 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 50\text{H7}$

Зовнішня циліндрична поверхня: $\varnothing 50\text{H7}$, $R_a = 1,25$ мкм.

Допуск заготовки – ТЗ = 1600 мкм, допуск деталі – ТД = 25 мкм. Тоді:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_3}{T_D} = \frac{1600}{25} = 64. \quad (1.18)$$

Для вибору числа ступенів механічної обробки скористаємось формулою:

$$n = \lg \varepsilon_{\Sigma} / 0,46 . \quad (1.19)$$

Тоді:

$$n = \lg 64 / 0,46 = 3,93 .$$

Отже, можна проводити обробку за три-чотири переходи. Відповідно до рекомендацій приймаємо три переходи. Приймаємо ступені уточнення на переходи механічної обробки:

– на першій $\varepsilon_2 = 5 \dots 6$;

– на другій $\varepsilon_3 = 3 \dots 4$;

– на третій $\varepsilon_4 = 1,2 \dots 2$.

Допуск розміру деталі:

– після першого переходу: $T_1 = \frac{T_{\text{заг.}}}{\varepsilon_1} = \frac{1600}{5,5} = 291 \text{ мкм (IT 13)}$;

– після другого переходу: $T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{291}{4} = 73 \text{ мкм (IT 9)}$;

– після третього переходу: $T_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{73}{2,9} = 25,2 \text{ мкм (IT 7)}$.

Таблиця 1.12 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Розмір	Загальне уточнення	Кількість ступенів механічної обробки	Допуск	Квалітет	Вид механічної обробки
$\varnothing 60f7$	$\varepsilon = 4/0,04 = 100$	$\varepsilon_1=5$ $\varepsilon_2=4$ $\varepsilon_3=2,5$	$T_1=0,800$ $T_2=0,200$ $T_3=0,080$	14 10 7	Точіння попереднє Точіння попереднє Точіння остаточне

1.4.2 Вибір чистових та чорнових технологічних баз

Основними конструкторськими базами є торець та циліндрична поверхня $\varnothing 100H7$. Вони використовуватимуться в якості чистових технологічних баз (рис.1.4). Деталь встановлюється у трьохкулачковий патрон і обробці підлягають торцева, зовнішні та внутрішні поверхні деталі на токарному верстаті з ЧПК.

Таблиця 1.13 – Аналіз вибору технологічних баз на операції 010

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Токарно-револьверна з ЧПК	42,5; 50	відсутня	Виконання принципу суміщення баз
	$\varnothing 40, \varnothing 60f7$	відсутня	Обробка з одного установа
	Вимога Торцевого биття	відсутня	Виконання принципу суміщення баз

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

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

На першій операції деталь встановлюється у трьохкулачковий патрон і обробці підлягають торцева, зовнішні та внутрішні поверхні деталі на токарному верстаті з ЧПК. Схема вибору технологічних баз, що використовуються на операції 005 показана а рис. 1.5. У таблиці 1 приведений аналіз вибору технологічних баз на операції 005.

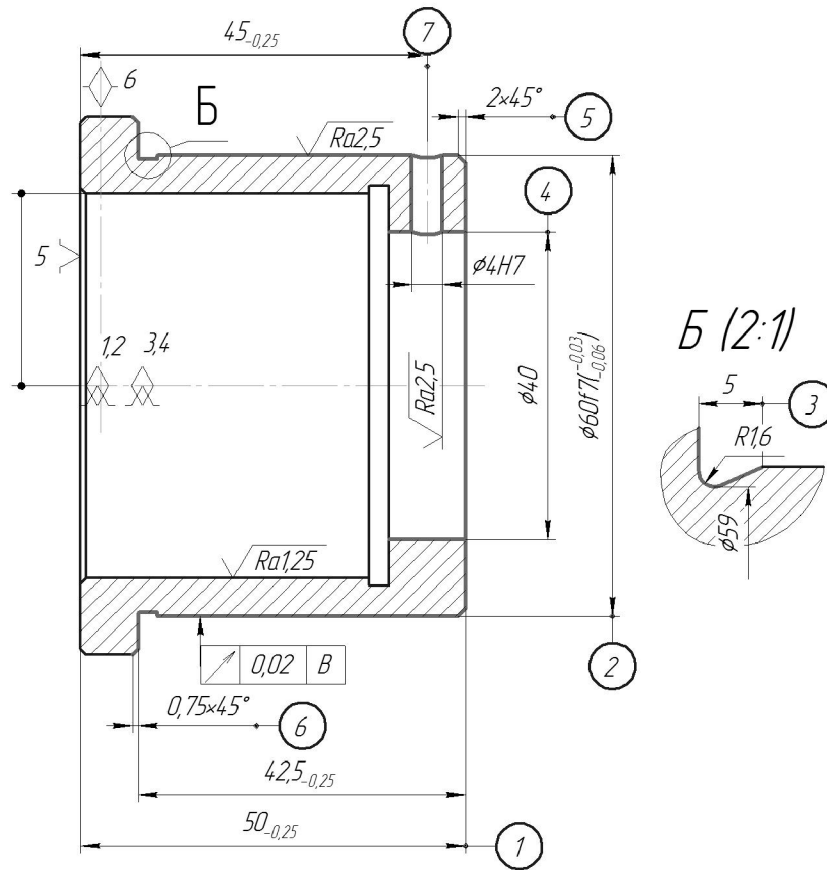


Рисунок 1.4 – Чистові технологічні бази

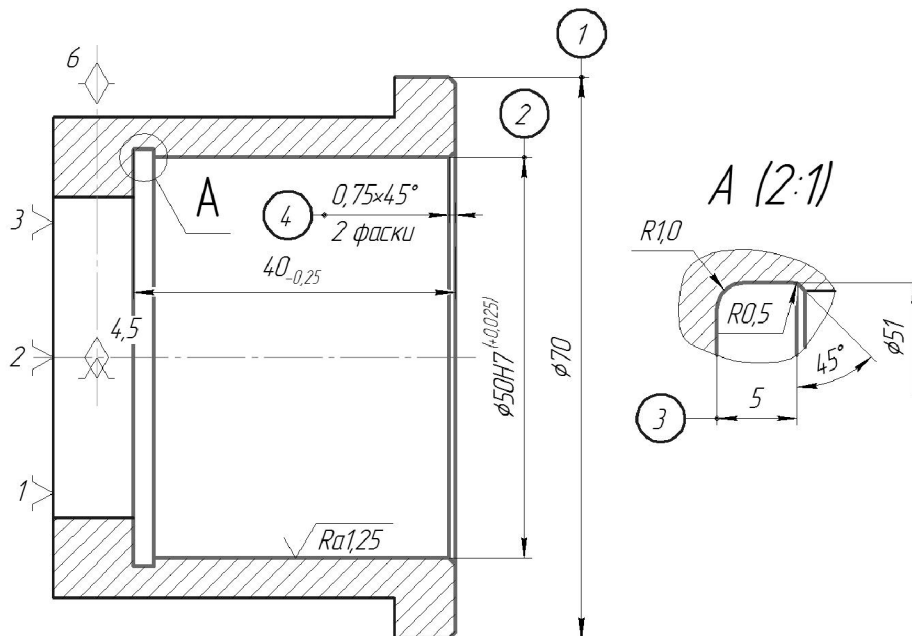


Рисунок 1.5 – Чорнові технологічні бази

1.4.3 Розробка варіантів маршруту механічної обробки

Розглянемо базовий маршрут механічної обробки (табл. 1.14).

Таблиця 1.14 – Базовий маршрут механічної обробки

№ операції	Назва операції та зміст переходів	Операційний ескіз	Обладнання
005	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити торець ① однократно. 3. Точити пов. ② попередньо. 4. Точити пов. ② остаточно. 6. Точити канавку ③. 7. Точити 2 фаски ④. 8. Зняти деталь. 		16K20Ф3
010	<p><u>Багатоцільова з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити торець ① однократно. 3. Точити пов. ② попередньо. 4. Точити пов. ② остаточно. 5. Точити канавку ③. 6. Точити пов. ③ остаточно. 7. Точити пов. ④ однократно. 8. Точити фаску ⑤. 9. Точити фаску ⑥. 10. Зняти деталь. 		18340Ф30
015	<p><u>Свердлильна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Центрувати отв. ①. 3. Свердлити отв. ①. 4. Розвернути отв. ①. 5. Зняти деталь. 		2P135Ф2
020	<p><u>Внутрішньошліфувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Шліфувати пов. ① 3. Зняти деталь. 		3K227В

Запропонуємо модернізований маршрут механічної обробки, що представлений у таблиці 1.15.

Таблиця 1.15 – Модернізований маршрут механічної обробки

№ операції	Назва операції та зміст переходів	Операційний ескіз	Обладнання
005	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити торець ① однократно. 3. Точити пов. ② у розмір $\phi 51,2$ мм. 4. Точити пов. ② згідно ескізу. 5. Точити канавку ③. 6. Точити 2 фаски ④. 7. Зняти деталь. 		Токарно-револьверний з ЧПК 1В340Ф30
010	<p><u>Багатоцільова з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити торець ① однократно. 3. Точити пов. ② у розмір $\phi 62,2$ мм. 4. Точити пов. ② у розмір $\phi 60,8$ мм. 5. Точити канавку ③. 6. Точити пов. ② згідно ескізу. 7. Точити пов. ④ однократно. 8. Точити фаску ⑤. 9. Точити фаску ⑥. 10. Центрувати отв. ⑦. 11. Свердлимо отв. ⑦. 12. Розвернути отв. ⑦. 13. Зняти деталь. 		Токарно-револьверний з ЧПК 1П420ПФ40
015	<p><u>Внутрішньошліфувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Шліфувати пов. ① 3. Зняти деталь. 		Внутрішньо-шліфувальний ЗК227В

1.4.4 Порівняння маршрутів механічної обробки та вибір кращого з них за мінімумом приведених витрат.

Критерій вибору оптимального варіанта маршруту мех. обробки є мінімум зведених затрат. При виборі варіанта маршруту зведені витрати можуть бути визначені як питомі величини за одну годину роботи обладнання. Розглянемо лише операції токарних та свердлильних переходів, оскільки вони були змінені в результаті розробки другого варіанту маршруту механічної обробки.

Таблиця 1.16 – Визначення штучно-калькуляційного часу

№ операції	Перехід	Формула	Основний час виконання переходу, хв	φ
005	Точити торець 1	$0,052(D-d)$	0,50	Варіант 1 1,3 ($C_{II} = 38$ грн) Варіант 2 1,3 ($C_{II} = 39$ грн)
	Точити поверхню 2 попередньо	0,17dl	3,11	
	Точити поверхню 2 остаточно	0,18dl	3,29	
	Розточити канавку 3	0,2dl	0,21	
	Точити 2 фаску 4	0,2dl	0,05	
	Всього (варіант 1 = варіант 2)		7,16	$T_{шт-к} = 9,3$
010	Точити торець 1	$0,052(D-d)$	1,33	1,3 ($C_{II} = 39$ грн)
	Точити поверхню 2 попередньо	0,17dl	0,71	
	Точити поверхню 2 попередньо	0,17dl	0,71	
	Розточити канавку 3	0,2dl	0,21	
	Точити поверхню 2 остаточно	0,18dl	0,79	
	Точити поверхню 4	0,2dl	0,28	
	Точити фаску 5	0,2dl	0,04	
	Точити фаску 6	0,2dl	0,04	
	Всього (варіант 1)		4,11	$T_{шт-к} = 5,3$
010	Точити торець 1	$0,052(D-d)$	1,33	1,3 ($C_{II} = 48,1$ грн)
	Точити поверхню 2 попередньо	0,17dl	0,71	
	Точити поверхню 2 попередньо	0,17dl	0,71	
	Розточити канавку 3	0,2dl	0,21	
	Точити поверхню 2 остаточно	0,18dl	0,79	
	Точити поверхню 4	0,2dl	0,28	
	Точити фаску 5	0,2dl	0,04	
	Точити фаску 6	0,2dl	0,04	
	Центрувати отвір 7	0,52dl	0,10	
	Свердлити отвір 7	0,52dl	0,54	
	Розвернути отвір 7	0,43dl	0,04	
	Всього (варіант 2)		4,79	$T_{шт-к} = 6,2$
015	Центрувати отвір 7	0,52dl	0,10	1,35 ($C_{II} = 36,5$ грн)
	Свердлити отвір 7	0,52dl	0,54	
	Розвернути отвір 7	0,43dl	0,04	
	Всього (варіант 1)		0,68	$T_{шт-к} = 0,93$

Технологічна собівартість операцій механічної обробки:

$$C_o = \frac{C_{пз} \cdot T_{шк}}{60 \cdot K_B}, \text{ (грн)}. \quad (1.20)$$

Отже:

$$C_{oI(005)} = \frac{38 \cdot 9,3}{60 \cdot 1,3} = 4,53 \text{ (грн)}, \quad C_{oII(005)} = \frac{39 \cdot 9,3}{60 \cdot 1,3} = 4,65 \text{ (грн)}$$

$$C_{oI(010)} = \frac{39 \cdot 4,11}{60 \cdot 1,3} = 3,06 \text{ (грн)}, \quad C_{oII(010)} = \frac{48,1 \cdot 6,2}{60 \cdot 1,3} = 3,62 \text{ (грн)},$$

$$C_{oI(015)} = \frac{36,5 \cdot 0,93}{60 \cdot 1,3} = 0,74 \text{ (грн)}.$$

$$\Sigma C_{oI} = 4,53 + 3,06 + 0,74 = 8,33 \text{ (грн)}. \quad \Sigma C_{oII} = 4,65 + 3,62 = 8,27 \text{ (грн)}.$$

$$\Sigma C_{oI} = 8,33 > \Sigma C_{oII} = 8,27 .$$

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

1.4.5 Розмірний аналіз

Розташування технологічних розмірів здійснюємо у послідовності, що відображає порядок обробки поверхонь деталі, вказаний попередньо в маршруті механічної обробки даної деталі. Вказане розташування технологічних розмірів у відповідності з порядком обробки розташоване на рис. 1.6.

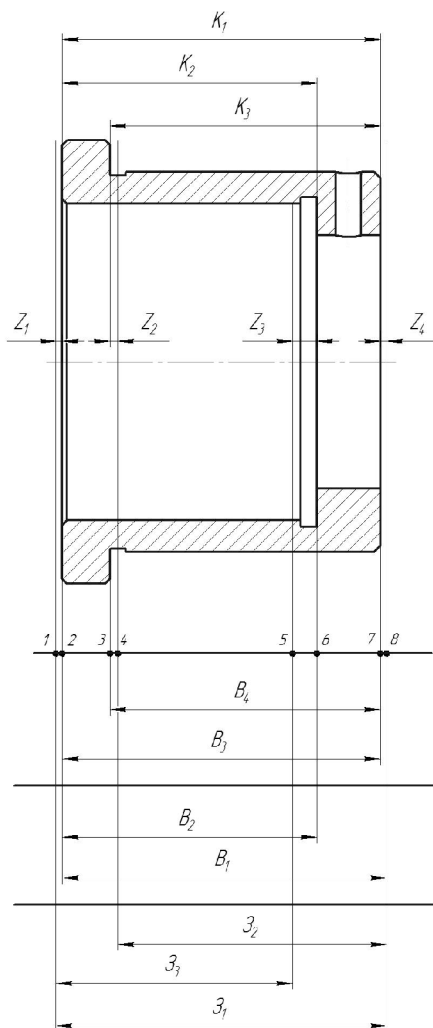


Рисунок 1.6 – Розмірна схема технологічного процесу

Значення допусків технологічних розмірів зводимо в табл. 1.17.

Таблиця 1.17 – Значення допусків технологічних розмірів

Технологічний розмір	Квалітет точності	Попереднє значення допуску, мм	Остаточне значення допуску, мм
B_1	12	0,25	0,25
B_2	12	0,25	0,25
B_3	12	0,25	0,25
B_4	12	0,25	0,25
Z_1	14	0,74	0,74
Z_2	14	0,62	0,62
Z_3	14	0,62	0,62

Похідний граф представлений на рисунку 1.7, вихідний граф – на рисунку 1.8, суміщений граф – на рисунку 1.9.

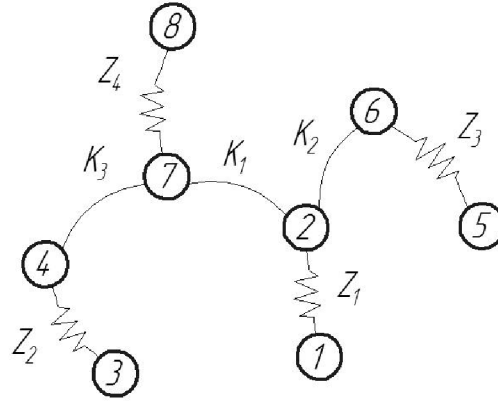


Рисунок 1.7 – Похідний граф-дерево

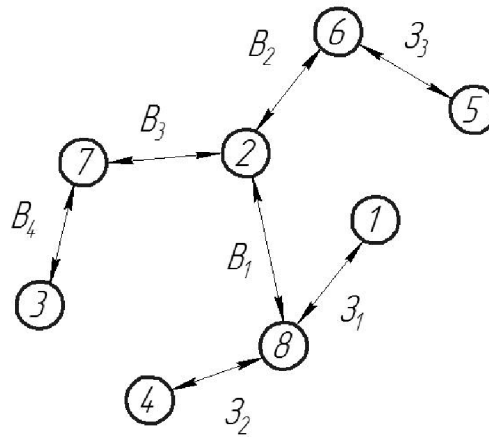


Рисунок 1.8 – Вихідний граф-дерево

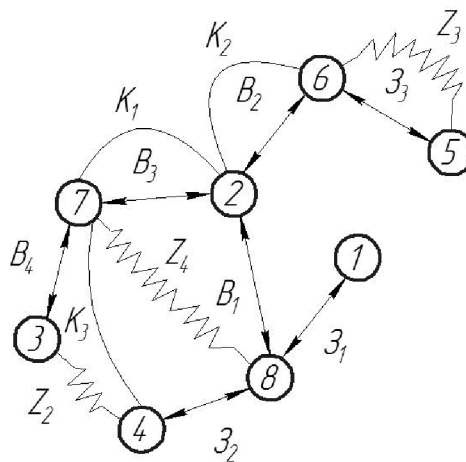


Рисунок 1.9 – Суміщений граф-дерево

Складено рівняння технологічних розмірних ланцюгів, що представлені у табл. 1.18.

Таблиця 1.18 – Рівняння технологічних розмірів ланцюгів

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

Проміжні мінімальні припуски на механічну обробку плоских поверхонь.

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

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

$$B_{3min} = K_{1min} = 50 \text{ (мм)},$$

$$B_{3max} = B_{3min} + T(B_3) = 50 + 0,25 = 50,25 \text{ (мм)},$$

$$B_{4min} = K_{3min} = 42,5 \text{ (мм)},$$

$$B_{4max} = B_{4min} + T(B_4) = 42,5 + 0,25 = 42,75 \text{ (мм)},$$

$$B_{2min} = K_{2min} = 40 \text{ (мм)},$$

$$B_{2max} = B_{2min} + T(B_2) = 40 + 0,25 = 40,25 \text{ (мм)},$$

$$B_{1min} = z_{4min} + B_{3min} = 0,6 + 50 = 50,6 \text{ (мм)},$$

$$B_{1max} = B_{1min} + T(B_1) = 50,6 + 0,25 = 50,85 \text{ (мм)},$$

$$Z_{1min} = B_{1min} + z_{1min} = 50,6 + 0,6 = 51,2 \text{ (мм)},$$

$$Z_{1max} = Z_{1min} + T(Z_1) = 51,2 + 0,74 = 51,94 \text{ (мм)},$$

$$Z_{2min} = B_{4min} + z_{4min} + z_{2min} = 42,5 + 0,6 + 0,6 = 43,7 \text{ (мм)},$$

$$Z_{2max} = Z_{2min} + T(Z_2) = 43,7 + 0,62 = 44,32 \text{ (мм)},$$

$$Z_{3\min} = B_{3\min} + z_{1\min} + z_{3\min} = 50 + 0,6 + 0,6 = 51,2 \text{ (мм)},$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + T(Z_2) = 51,2 + 0,62 = 51,82 \text{ (мм)},$$

Таблиця 1.19 – Результати розмірно-точнісного моделювання ТП

Технологічний розмір		Z_1	Z_2	Z_3	B_1	B_2	B_3	B_4
Квалітет		14	14	14	12	12	12	12
Остаточне значення допуску, мм		0,74	0,62	0,62	0,25	0,25	0,25	0,25
Остаточне значення розміру, мм	min	51,2	43,7	51,2	50,6	40	50	42,5
	max	51,9 4	44,3 2	51,8 2	50,8 5	40,2 5	50,2 5	42,7 5

1.4.6 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 50H7$.

Технологічний маршрут обробки поверхні $\varnothing 50H7$ складається із двох операцій попереднього точіння, одного остаточного та шліфування. Точіння здійснюється на багатоцільовому верстаті з ЧПК при схемі базування в самоцентруючому патроні.

Визначаємо похибку установки за формулою

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_s^2}, \text{ [хв.]} \quad (1.21)$$

Оскільки в даному випадку обробка здійснюється на токарному верстаті в самоцентруючому патроні, похибка базування буде рівна нулю $\varepsilon_\delta = 0$ (оброблюється діаметральний розмір), що має значення для даного розміру. В такому разі ця величина виключається із основної формули для розрахунку мінімального припуску і відповідну графу можна не враховувати в розрахункову таблицю. Похибка закріплення заготовок при установці в радіальному напрямку для обробки на токарних верстатах приймаємо відповідно до величини, що має значення при закріпленні заготовок в самоцентруючий патрон, а отже величина становитиме $\varepsilon_s = 600$ мкм. Отже, $\varepsilon_y = \sqrt{0 + 600^2} = 600$ (мкм.)

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

Сумарне значення просторових відхилень визначається:

$$\rho = \sqrt{\rho^2_{\text{ЖОЛ}} + \rho^2_{\text{ЗМ}}}, [\text{мкм}] \quad (1.22)$$

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

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

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

$$\rho = 700 \text{ (мкм)}.$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1}, [\text{мкм}] \quad (1.23)$$

$$\rho_1 = 0.06 \cdot 700 = 42 \text{ (мкм)}, \rho_2 = 0,05 \cdot 42 = 2,1 \text{ (мкм)}.$$

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

$$2Z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) [\text{мкм.}], \quad (1.24)$$

при обробці зовнішньої поверхні обертання.

Тоді матимемо наступні значення мінімальних припусків:

- попереднє точіння: $2Z_{\min 1} = 2(150 + 250 + \sqrt{4200^2 + 600^2}) = 2 \cdot 1100 \text{ (мкм)}$;

- остаточне точіння: $2Z_{\min 1} = 2(100 + 100 + \sqrt{210^2 + 140^2}) = 2 \cdot 242 \text{ (мкм)}$;

- шліфування: $2Z_{\min 1} = 2(50 + 50 + 2,1) = 2 \cdot 102,5 \text{ (мкм)}$;

При остаточному переході маємо отримати розмір вказаний на креслені:

$$d = 50,025 \text{ (мм)}.$$

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

- остаточне точіння $d_2 = 49,905 - 2 \cdot 102,1 = 49,7008 \text{ (мм)}$,

- попереднє точіння $d_3 = 49,3542 - 2 \cdot 242 = 45,2168 \text{ (мм)}$,

- для заготовки $d_3 = 45,8102 - 2 \cdot 1100 = 43,02 \text{ (мм)}$.

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

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

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

Максимальні граничні розміри визначаються шляхом віднімання від найменших граничних розмірів допусків відповідних переходів.

Тобто:

$$49,2 - 0,25 = 48,95 \text{ (мм)},$$

$$49,7 - 0,1 = 49,6 \text{ (мм)},$$

$$49,9 - 0,039 = 49,861 \text{ (мм)},$$

$$49,025 - 0,002 = 49,023 \text{ (мм)}.$$

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

Отже, для остаточного точіння:

$$2Z_{\min 3} = 49,9 - 49,7 = 0,2 \text{ мм} = 200 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\max 3} = 49,861 - 49,6 = 0,261 \text{ мм} = 261 \text{ (мкм)},$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 2} = 49,7 - 49,2 = 0,5 \text{ мм} = 500 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\max 2} = 49,6 - 48,95 = 0,65 \text{ мм} = 650 \text{ (мкм)},$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 1} = 49,2 - 45,02 = 2,18 \text{ мм} = 2180 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\max 1} = 48,95 - 45,4 = 2,55 \text{ мм} = 2550 \text{ (мкм)}.$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 5.10.

На основі даних розрахунку будуємо схему графічного розташування припусків і допусків по обробці отвору $\varnothing 50\text{H}7$.

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

$$2Z_{0\min} = 2180 + 500 + 200 + 125 = 3005 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{0\max} = 2550 + 650 + 261 + 162 = 3623 \text{ (мкм)}.$$

На рис. 1.10 подано схему графічного розташування припусків і допусків на обробку діаметрального розміру $\varnothing 50\text{H}7$.

Таблиця 1.20 – Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку розміру $\varnothing 50H7$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 50H7$	Елементи припуску				Розрахунковий припуск	Розрахунковий розмір	Допуск	Граничні розміри		Граничні значення припусків		
	R_z	T	ρ	ε_y				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$	
Заготовка	150	250	700			43,02	620	42,4	43,64			
Точіння попереднє	100	100	42	60 0	2·110 0	45,2	250	44,95	45,45	2180	2550	
Точіння остаточне	50	50	2,1	14 0	2·242	49,7	100	49,5	49,6	500	650	
Шліфування	30	30	-	14 0	2·102, 1	50,02 5	25	50,0	5,025	200	261	
										Σ	2880	3461

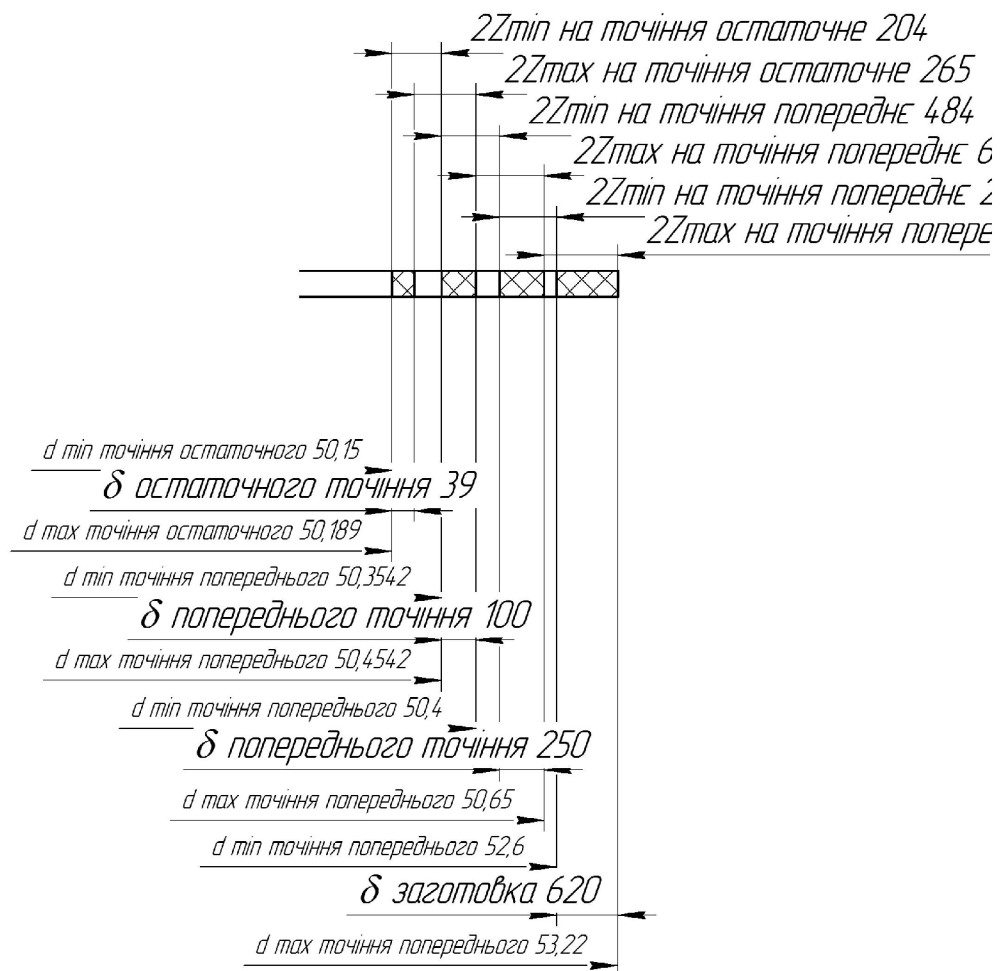


Рисунок 1.10 – Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку діаметрального розміру $\varnothing 50H7$

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 4} - 2Z_{\min 4} = 2550 - 2180 = 370 \text{ (мкм)},$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 620 - 250 = 370 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 650 - 500 = 150 \text{ (мкм)},$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 250 - 100 = 150 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 261 - 200 = 61 \text{ (мкм)},$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 100 - 39 = 61 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 162 - 125 = 37 \text{ (мкм)},$$

$$\delta_2 - \delta_1 = 39 - 2 = 37 \text{ (мкм)}.$$

Мінімальні проміжні припуски на обробку інших циліндричних поверхонь деталі вибираються за допомогою дослідно-статистичного (нормативного) методу за допомогою літератури [13]. Вибрані значення мінімальних припусків, розрахунковий розмір, допуски і граничні значення технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки, граничні значення припусків запишемо у таблицю 1.22.

Таблиця 1.22 – Припуски і технологічні розміри на механічну обробку циліндричних поверхонь

Технологічні переходи	Вибраний мінімальний припуск $2z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск T , мкм	Граничні значення технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки		Граничні значення припусків	
				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$
Отвір Ø60f7							
Заготовка		53,02	620	52,4	53,64		
Точіння попереднє	2·1100	55,2	250	54,95	55,45	2260	2680
Точіння попереднє	2·242	59,7	100	59,5	59,6	600	720
Точіння остаточне	2·102,1	60,03	30	60,0	60,03	240	276
Сума						3100	3670

1.4.7 Визначення режимів різання

Операція 010: Токарна з ЧПК

Модель верстата 1П420ПФ40.

Пристосування: 3-х кулачковий патрон.

Ескіз механічної обробки див. табл. 3.5.

Перехід 3

Точити попередньо пов. (2) Ø62,4 в розмір Ø60,8.

Ріжучий інструмент: різець розточний Т15К6 ГОСТ 18063-72;

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

1. Глибину різання визначаємо, виходячи із заданого припуску

$$t = \frac{D-d}{2} = \frac{62,4-60,8}{2} = 0,8 \text{ (мм)};$$

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

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

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

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

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

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

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

5. Частота обертання шпинделя складає:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 120}{3,14 \cdot 62,4} = 265,8 \text{ (об/хв)}.$$

Дійсна швидкість різання складає:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 62,4 \cdot 265,8}{1000} = 107,8 \text{ (м/хв)}.$$

6. Потужність різання при точінні складає $N_{\text{таб}}=2.5$ кВт [8]

Ефективна потужність верстата на шпинделі:

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

Умови по обробці різанням виконуються.

7. Основний (машинний) час по переходам складає:

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

де $L_{\text{р.х.}} = L_g + y + \Delta = 42,5 + 4 + 3 = 49,5$ (мм).

Операція 010: Токарна з ЧПК (свердління отвору).

Модель верстата 1ПЗ40ПФ40.

Пристосування: 3-х кулачковий патрон.

Ескіз механічної обробки див. табл. 3.5.

Перехід 11

Свердлити $\varnothing 4$.

Ріжучий інструмент: Свердло спіральне Р6М5 ГОСТ 10903-77;

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

1. Глибину різання складає:

$$t = \frac{d}{2} = \frac{4}{2} = 2$$

2. Назначаємо подачу для НВ<229 матеріал Сталь 45

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

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

$$S_0 = S_{\text{таб}} \cdot K_{Is} = 0,2 \cdot 1 = 0,2 \text{ (мм/об)}.$$

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

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

Допустимий знос $h_3=0,3-0,45$ мм;

4. Визначаємо швидкість різання, допускаємо ріжучими властивостями свердла $V_{\text{табл}}=27.5$ м/хв, $K_{Iv}=1$ [8, карта 69].

$$V_{\text{різ}} = V_{\text{таб}} \cdot K_{Iv} = 27.5 \cdot 1 = 27.5 \text{ (м/хв)}.$$

5. Частота обертання складає:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 27.5}{3.14 \cdot 13} = 673 \text{ (об/хв)}.$$

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

Ефективна потужність верстата на шпинделі:

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

Умови по обробці різанням виконуються.

7. Основний (машинний) час складає:

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

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

Режими різання для інших операцій визначаємо аналогічно.

Дані розрахунків записуємо в табл. 1.23.

Таблиця 1.23 – Розрахунок режимів різання

Операції, переходи	Розрахункові розміри		припуск	Режими різання			T _{вс} , хв.	T _о , хв.
	Д/В	L _{р.х}		S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв		
005 Токарно-револьверна з ЧПК								
Точити торець 1	Ø70	7,5	1,5	0,25	90,1	204	0,28	0,5
Точити пов. 2 попередньо	Ø48,6	40	1,4	0,25	82,4	196		3,11
Точити пов. 2 остаточно	Ø49,8	40	0,6	0,15	75,2	182		3,29
Розточити канавку 5	b = 5	5	0,5	0,2	67,2	168		0,21
Точити 2 фаски 4	0,75×45°	0,75	0,75	0,2	62,4	159		0,05
010 Токарно-револьверна з ЧПК								
Точити торець 1	Ø60	5	1,5	3,9	25,3	251	0,32	1,33
Точити пов. 2 попередньо	Ø62,8	42,5	1,1	0,15	106,5	264		0,71
Точити пов. 2 попередньо	Ø61,4	42,5	0,7	0,15	106,5	264		0,71
Розточити канавку 3	b = 5	5	0,5	0,2	67,2	168		0,21
Точити пов. 2 остаточно	Ø60	42,5	0,7	0,15	106,5	264		0,79
Точити поверхню 4	Ø40	10	1,4	0,25	92,2	234		0,28
Точити фаску 5	1×45°	1	1	0,15	61,3	224		0,04
Точити фаску 6	0,75×45°	0,75	0,5	0,15	56,3	213		0,04
Центрувати отвір 7	Ø2	2	2,0	0,2	15,1	128		0,1
Свердлити отвір 7	Ø3,8	10	1,9	0,2	20,4	135		0,54
Розвернути отвір 7	Ø4	10	0,05	0,15	48,6	148		0,04
015 Внутрішньошліфувальна								
Шліфувати пов. 1	Ø50	40	0,5	0,05	79,1	280	0,28	0,42

1.5 Висновки до технологічної частини

Отже, проведено визначення типу виробництва і форми організації роботи та аналіз конструкції та технологічності деталі «Стакан 74.26», вибрано спосіб виготовлення заготовки, а також розроблено маршрут механічної обробки деталі «Стакан 74.26».

2 ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ «СТАКАН 74.26»

2.1 Розробка тривимірної моделі деталі у САD-системі

Для побудови основи тривимірної моделі деталі «Стакан 74.26» було використано операцію обертання і в якості ескізу взятий вигляд «фланця» у перерізі, де враховані повністю контур деталі та усі фаски. Ескіз та результат роботи операції представлено на рис. 2.1.

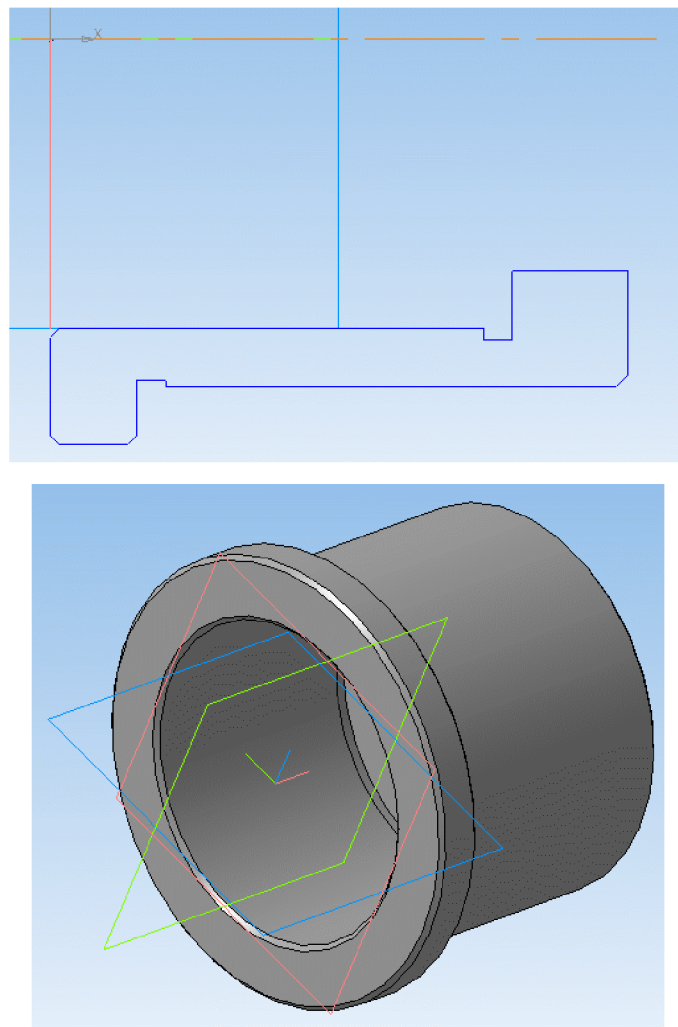


Рисунок 2.1 – Побудова основи моделі за допомогою операції обертання

Для побудови отвору $\varnothing 4$ мм було вирішено створити ескіз у вигляді XY та за допомогою операції обертання вирізанням побудувати отвір на відстані 45 мм до більшого торця. Ескіз та результат роботи операції представлено на рис. 2.2.

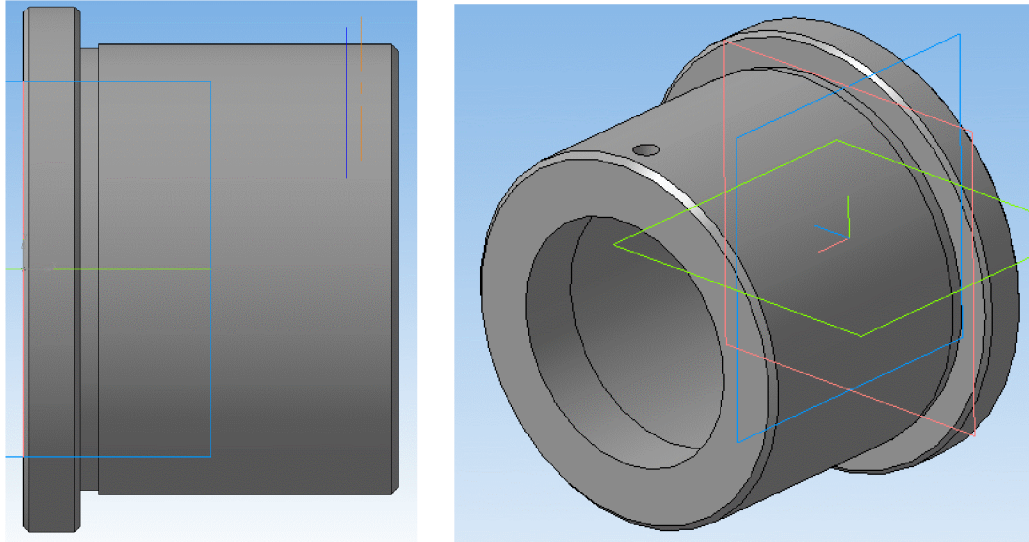


Рисунок 2.2 – Побудова отворів за допомогою операції вирізання

Таким чином, в результаті отримано тривимірну модель деталі «Стакан 74.26», загальний вигляд та алгоритм (дерево) побудови якої представлено на рис. 2.3.

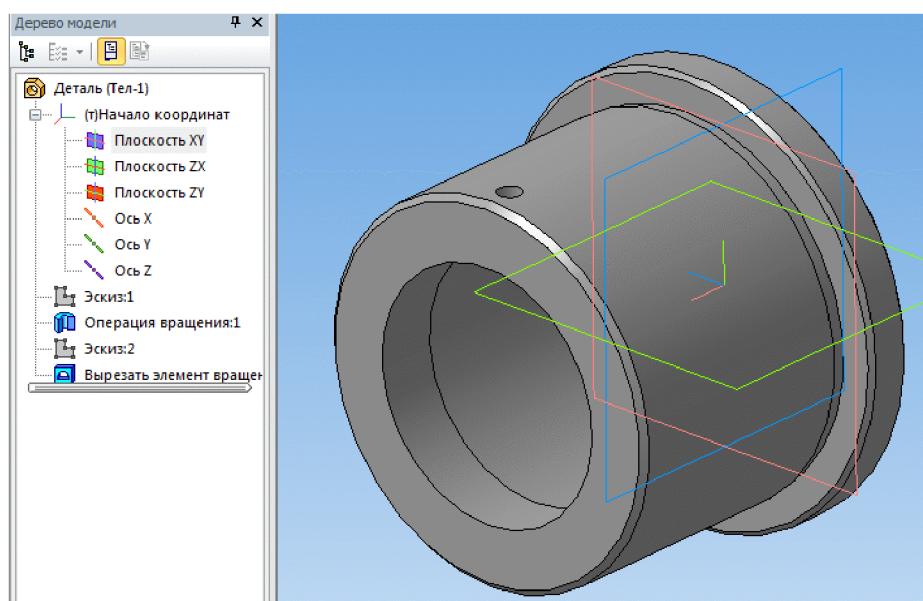


Рисунок 2.3 – Тривимірна модель деталі «Стакан 74.26»

2.2 Аналіз деталі на міцність у CAD/CAE-системі

Для визначення стану міцності деталі «Стакан 74.26» у конструкції вузла запірною клапана під час виконання свого службового призначення необхідно провести аналіз на міцність. Для цього використаємо CAD/CAE-систему T-FLEX CAD 11.

Для виконання аналізу необхідно мати тривимірну твердотільну модель виробу. Використовуючи команду T-FLEX CAD «Файл|Імпортувати», завантажуюмо в систему модель, створену в іншій системі об'ємного моделювання (рис. 2.4).

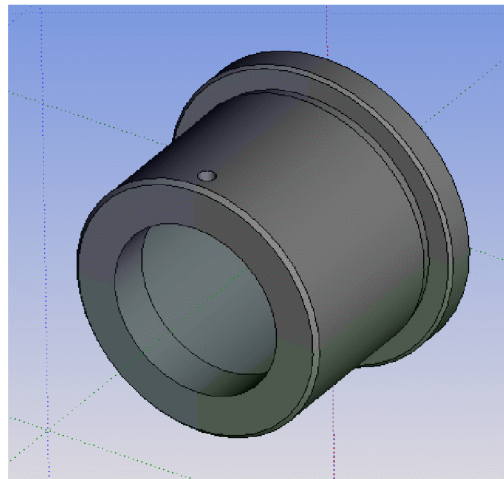


Рисунок 2.4 – Імпортована тривимірна модель деталі «Стакан 74.26»

Після того, як тривимірна модель виробу з'явилась в T-FLEX CAD 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 («Анализ|Новая Задача|Конечно-элементный анализ»). При створенні задачі користувач визначає її тип («Статичний аналіз», «Частотний аналіз», «Аналіз Стійкості», «Тепловий аналіз»). Крім того, якщо в сцені присутнє більше одного твердого тіла, необхідно вказати, для якого з тіл сцени ми створюємо задачу.

Для проведення аналізу на міцність створюється задача типу «Статичний аналіз». Після успішного створення задачі з'явиться діалог управління настройками генерації кінцево-елементної сітки, після закінчення якого ми одержимо сіткову модель з тетраедрів, апроксимуючу твердотільну модель виробу (рис. 2.5).

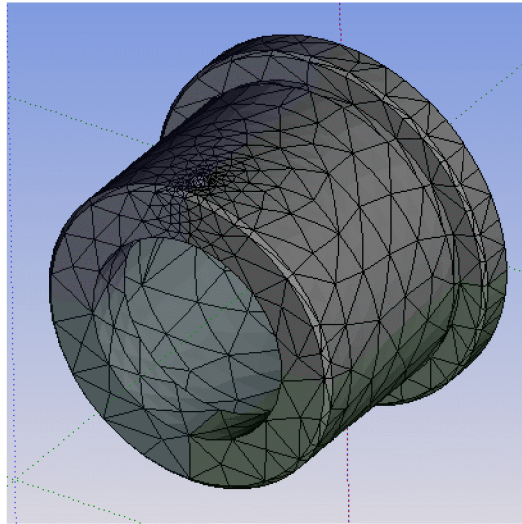


Рисунок 2.5 – Сітка деталі, побудована методом кінцевих елементів

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

У T-FLEX Аналізі є дві можливості визначення матеріалу для виконання аналізу. По замовчуванню, в розрахунку використовуються характеристики матеріалу «з операції». Призначення матеріалу для тривимірної моделі здійснюється у вікні властивостей операції. Для перевірки або зміни матеріалу в цьому випадку потрібно викликати вікно параметрів операції з контекстного меню на тривимірному тілі, створеному операцією, або на ім'я операції у вікні задач.

Окрім стандартної бібліотеки матеріалів T-FLEX CAD, для розрахунку може бути використаний матеріал з бази матеріалів T-FLEX «Аналізу». Доступ до бази матеріалів «Аналізу» для поточної задачі здійснюється по команді «Анализ|Материал» або з контекстного меню дерева задач, що відображається у вікні задач (рис 2.6).

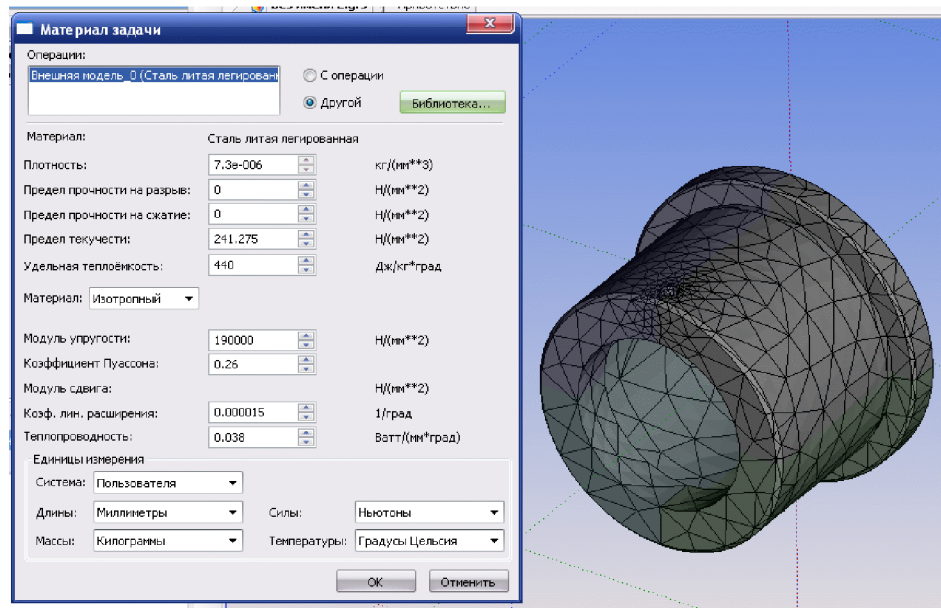


Рисунок 2.6 – Призначення матеріалу

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

Для завдання закріплень в T-FLEX «Аналізі» передбачені три команди: «Полное закрепление», «Частичное закрепление» і «Контакт». Команда «Анализ|Ограничение|Повне закріплення» застосовується до вершин, граней і ребер моделі. Вона визначає, що даний елемент тривимірного тіла повністю нерухомий, тобто зберігає своє первинне розташування і не змінює свого положення під дією прикладених до системи навантажень. Використовуючи команду «Анализ|Ограничение|Полное закрепление», вказується нерухома грань моделі – торець та поверхню $\varnothing 50H7$ (рис 2.7).

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

Після створення кінцево-елементної сітки і накладення граничних умов можна ініціалізувати команду «Анализ|Расчет» і запустити процес формування систем лінійних рівнянь (СЛАР) алгебри і їх рішення (рис.2.8).

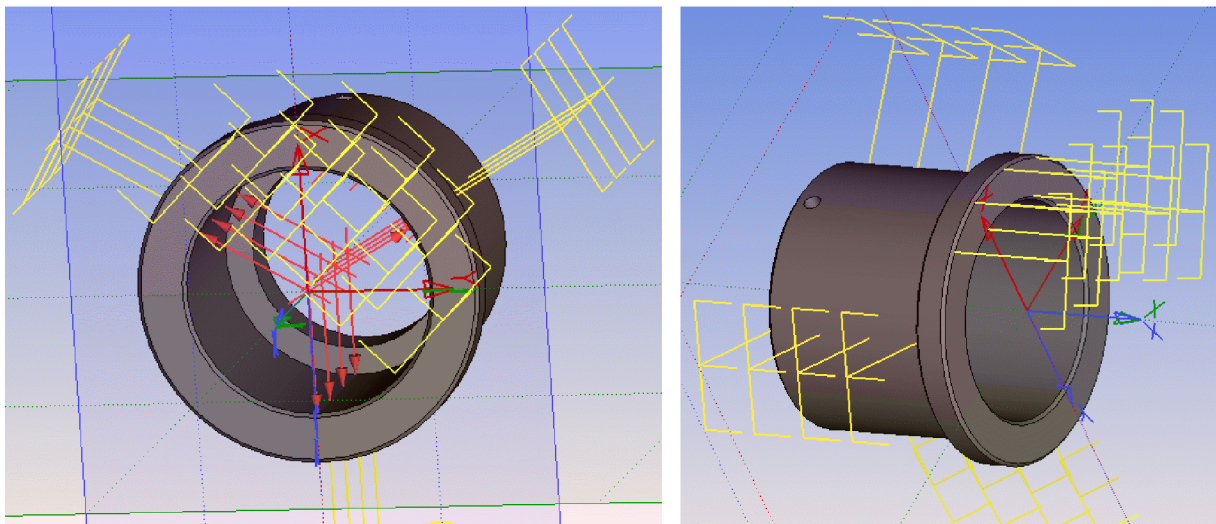


Рисунок 2.7 – Надання основі моделі повного закріплення та прикладання навантаження

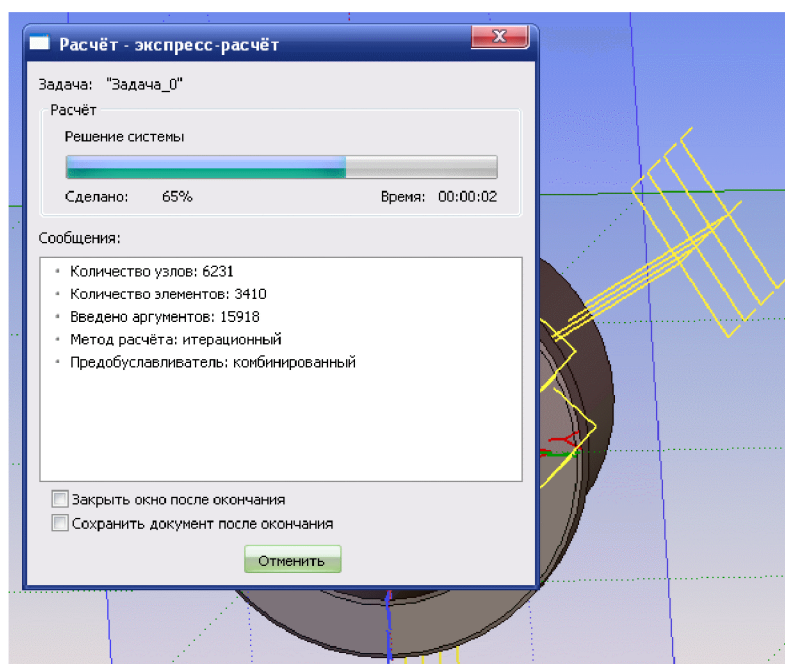


Рисунок 2.8 – Розрахунок статистичного аналізу

Доступ до результатів забезпечується з контекстного меню для вибраної в дереві задач задачі по команді «Відкрити» або «Відкрити в новому вікні». Візуалізація результатів здійснюється в окремому вікні T-FLEX CAD (рис. 2.9).

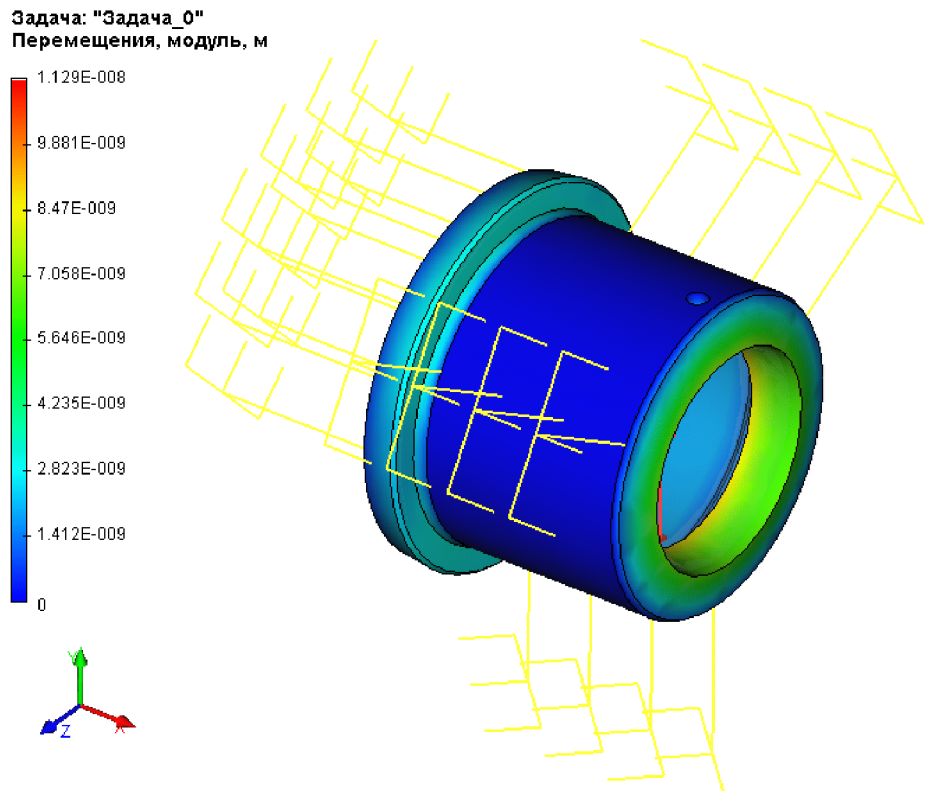


Рисунок 2.9 – Результати аналізу (деформація моделі)

Результати розрахунку показують, що модуль переміщення навантажених зон деталі має максимальне значення $1,129 \cdot 10^{-8}$ м, тобто можна побачити можливі загрози руйнівного деформування ділянок деталі, що підсвічуються світлішим кольором. Необхідно провести заходи щодо зменшення деформування навантажених поверхонь деталі.

2.3 Удосконалення конструкції деталі

Як видно з рис. 2.9, зонами підвищеної деформації під час експлуатації деталі є місця сполучення циліндричної частини деталі з площинною. Необхідно укріпити ці місця за допомогою зменшення діаметра внутрішнього отвору та потовщення ширини стінки. Важливо збільшити міцність конструкції при мінімальному збільшенні маси (габаритів) деталі. Для цього необхідно провести дослідження.

Пропонується розглянути параметри діаметр внутрішньої циліндричної поверхні d та ширина стінки h на діапазонах: $d = 48 \dots 52$ мм; $h = 8 \dots 12$ мм (рис. 2.10).

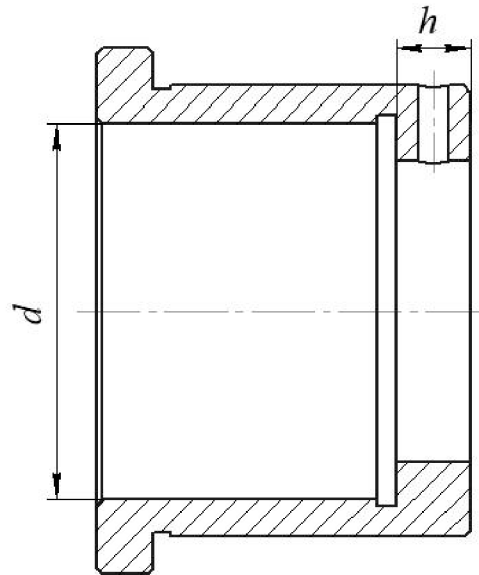


Рисунок 2.10 – Досліджувані параметри деталі

За прикладом розрахунку міцності, представленого у п.п. 2.2 проведено розрахунки та аналіз залежності модуля переміщення s від конструктивних параметрів деталі «Стакан 74.26» у запропонованих діапазонах. Графіки отриманих залежностей представлені на рис. 2.11-2.12.

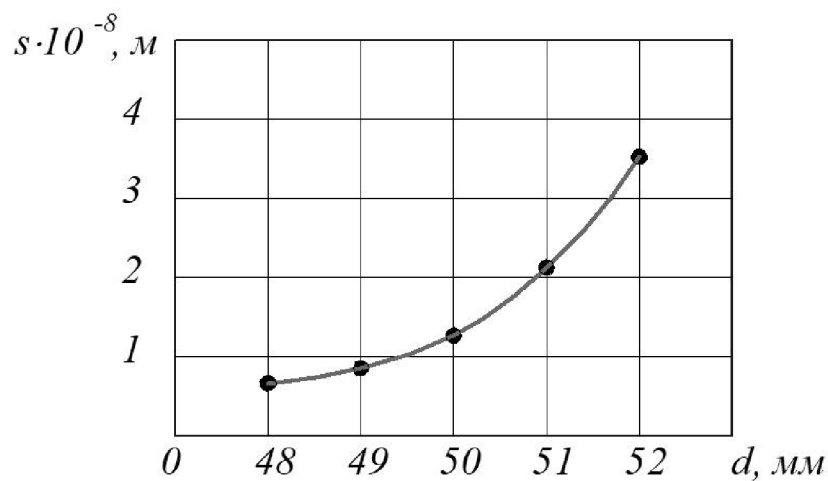


Рисунок 2.11 – Залежність модуля переміщення від величини діаметра внутрішньої циліндричної поверхні

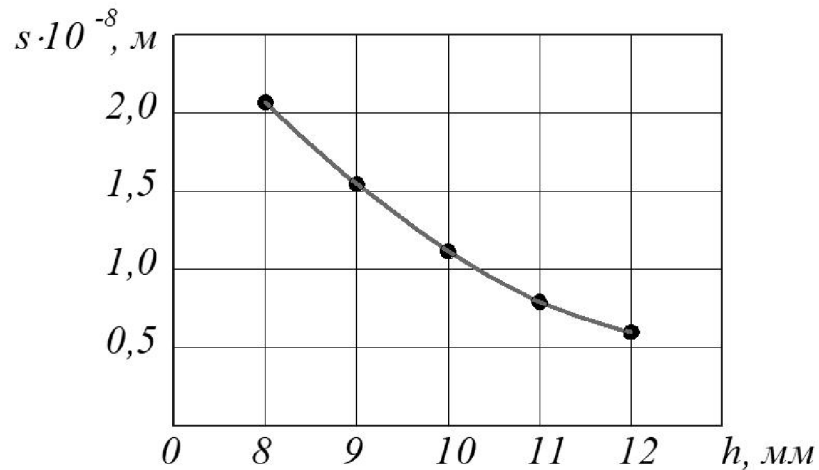


Рисунок 2.12 – Залежність модуля переміщення від ширини стінки

З рисунку 2.11 видно, що із збільшенням величини діаметра внутрішньої циліндричної поверхні деталі модуль переміщення збільшується. При цьому, на рисунку 2.12 спостерігається зворотна картина – із збільшенням товщини стінки модуль переміщення зменшується. Для обґрунтованого вибору значень зміцнюючих елементів необхідно визначити їх вплив збільшення маси деталі.

В результаті виконання тривимірних моделей моделі деталі «Стакан 74.26» з конструктивними елементами у вигляді діаметра внутрішньої циліндричної поверхні d та ширини стінки h на діапазонах: $d = 48 \dots 52$ мм; $h = 8 \dots 12$ мм, отримано залежності маси деталі від параметрів зміцнюючих елементів, що представлені на рисунках 2.12-2.13.

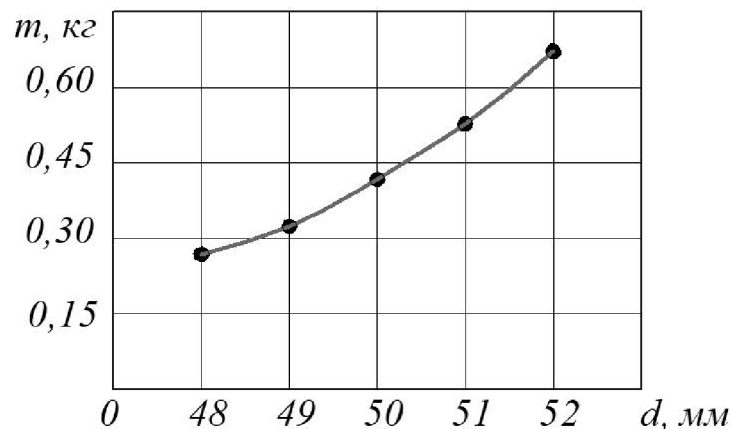


Рисунок 2.12 – Залежність маси деталі від величини діаметра внутрішньої циліндричної поверхні

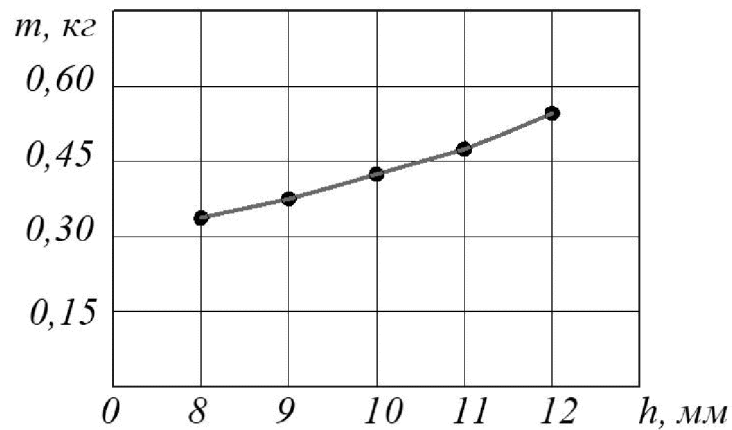


Рисунок 2.13 – Залежність маси деталі від ширини стінки

З рисунків 2.12-2.13 видно, що в результаті збільшення значень параметрів зміцнюючі елементів маса деталі збільшується.

Виходячи із отриманих залежностей можна рекомендувати для зміцнення елемента циліндричної частини деталі зменшити ширину стінки $b = 9$ мм, а величину діаметра внутрішньої циліндричної поверхні зменшити $d = 49$ мм.

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

Перед розробкою програми для обробки поверхні деталі на верстаті з ЧПК виконаємо імпорт тривимірної моделі деталі «Стакан 74.26» з CAD-системи Компас V15 у CAD/CAM -систему Cimatron, використовуючи проміжний формат конвертації *.sat. Результат імпортування представлено на рис. 2.14.

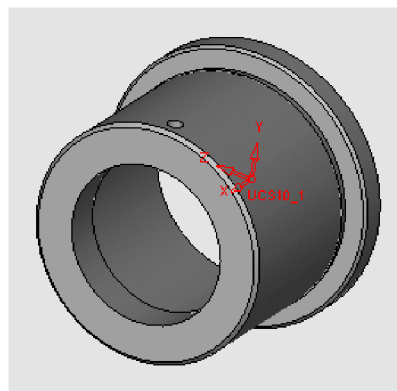


Рисунок 2.14 – Тривимірна модель деталі «Стакан 74.26»
у CAD-системі Cimatron

Після створення тривимірної моделі файл автоматично передається у модуль технології обробки на обладнаннях з ЧПК. Для цього необхідно у меню “File” вибрати функцію “Export” → To CNC (рис. 2.15).

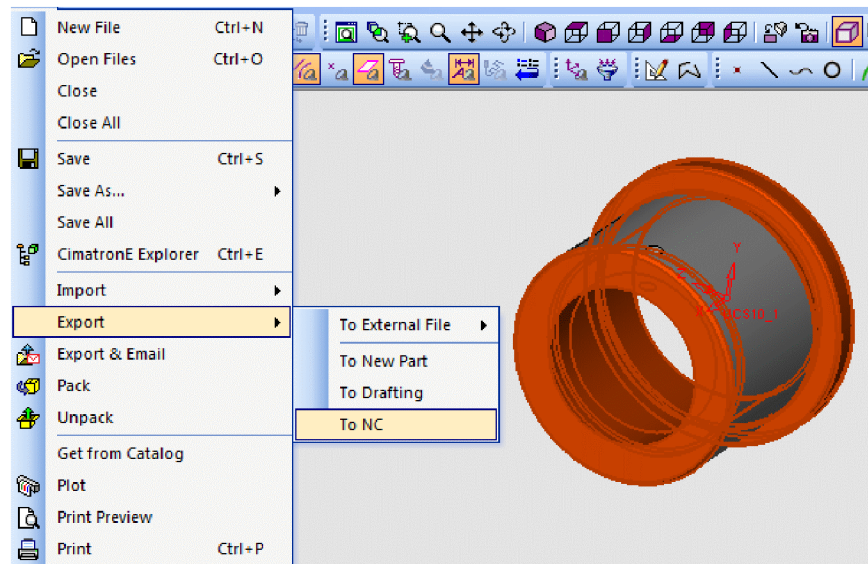


Рисунок 2.15 – Експорт в документ ЧПК

У модулі ЧПК задаємо модель та заготовку моделі деталі. Оскільки, планується виконати обробку одного отвора $\varnothing 4$, то завантажуюємо утиліту “Q - сверление”. Створюємо траєкторію (рис. 2.16).

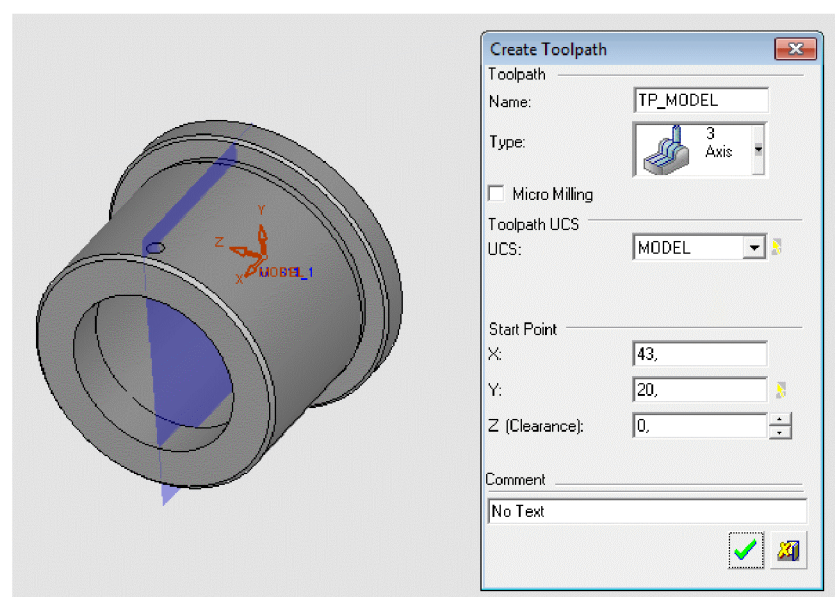


Рисунок 2.16 – Створення траєкторії

Задаємо контури деталі (рис. 2.17).

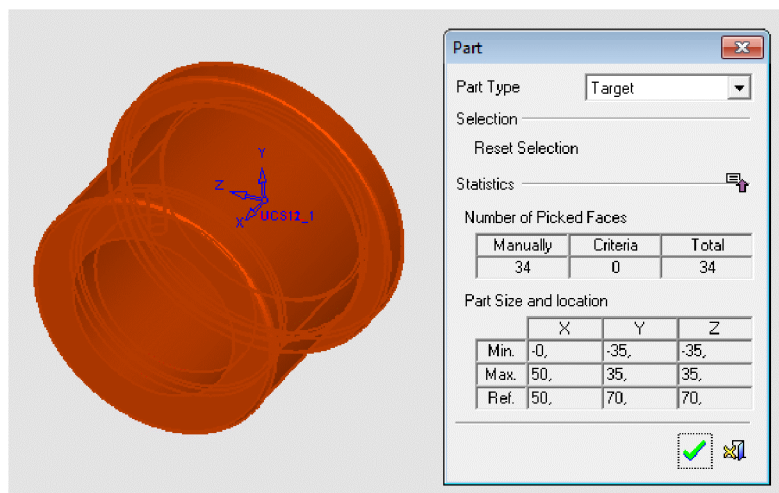


Рисунок 2.17 – Створення контурів деталі

Задаємо контури заготовки (рис. 2.18).

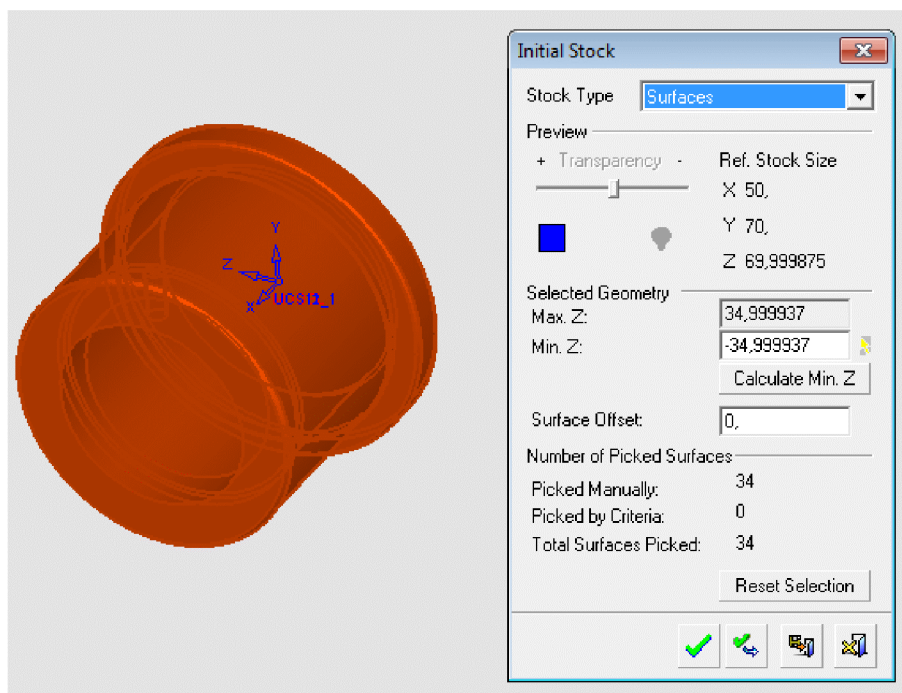


Рисунок 2.18 – Створення контурів заготовки

Створюємо “групу” отворів. “Група” отворів створюється автоматично з автоматичним визначенням форми та параметрів. Задаємо послідовність обробки отвору $\varnothing 4$ (рис. 2.19).

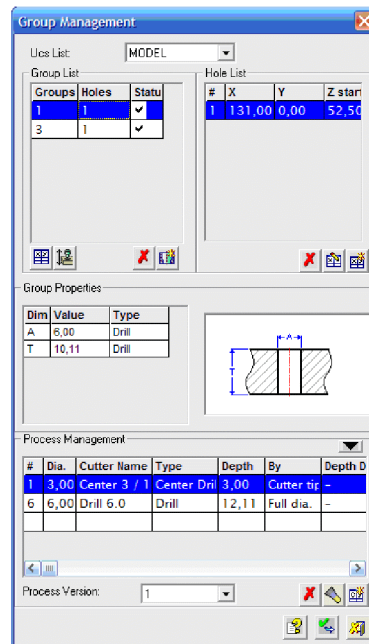


Рисунок 2.19 – Проектування послідовності обробки отвору $\varnothing 4$

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. 2.20) та спіральне свердло (2.21).

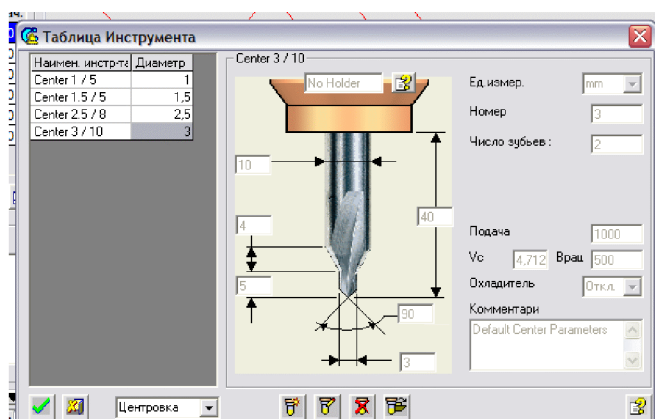


Рисунок 2.20 – Центрувальне свердло

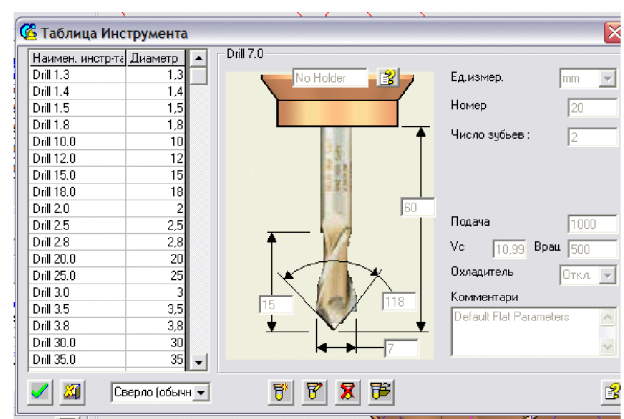


Рисунок 2.21 – Спіральне свердло

Після завершення вибору інструментів створюємо траєкторію руху інструментів (рис. 2.22) з відповідним постпроцесором (рис. 2.23).

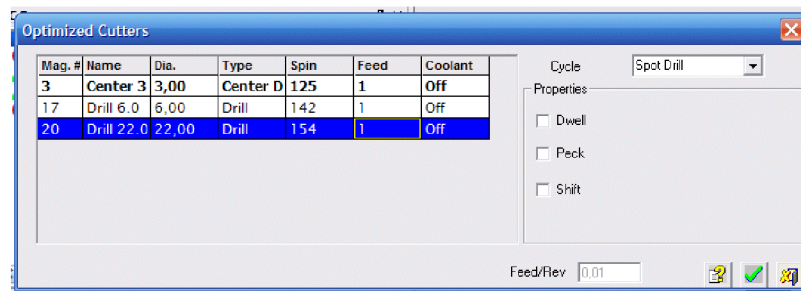


Рисунок 2.22 – Вибір траєкторії руху інструментів

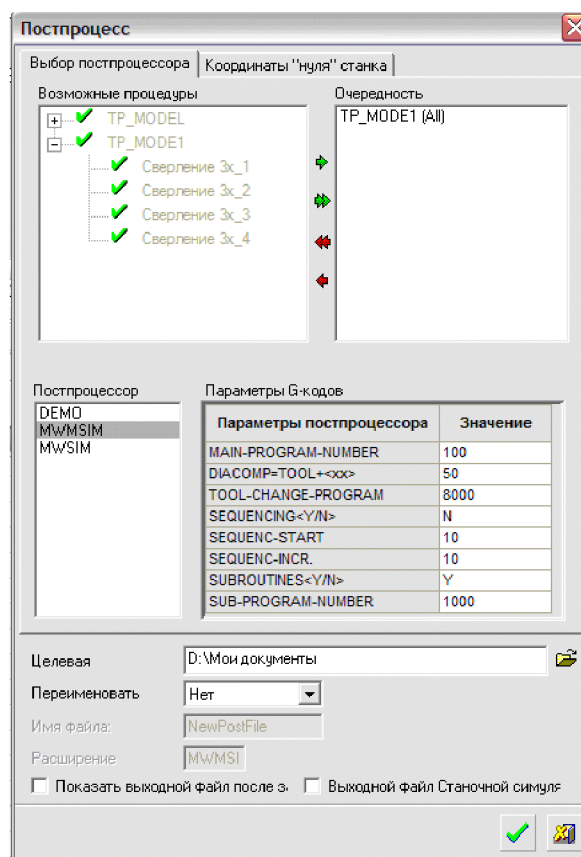


Рисунок 2.23 – Вибір пост процесора для проектування траєкторії руху інструмента

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

В результаті проектування програми обробки деталі «Стакан 74.26» на верстаті з ЧПК отримана програма, що представлена у додатку Г.

2.5 Створення переходів та операцій ТП у PDM-системі

Побудова ТП виготовлення деталі «Стакан 74.26» буде виконана у PDM-системі КОМПАС-АВТОПРОЕКТ на основі маршруту механічної обробки, наведеного у додатку Б.

Принципи проектування технологічних процесів в КОМПАС-АВТОПРОЕКТ універсальні і 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. 2.24 показано етап реєстрації деталі «Стакан 74.26» у АВТОПРОЕКТ-СПЕЦИФІКАЦІЯ, що виконується перед проектуванням технологічного процесу.

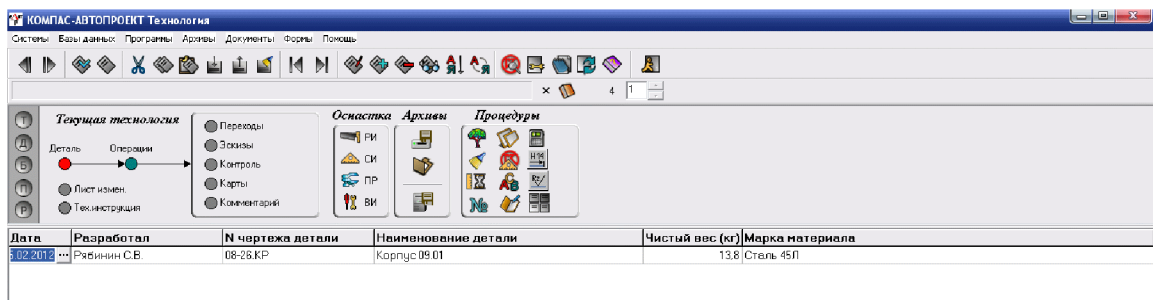


Рисунок 2.24 – Реєстрація деталі «Стакан 74.26» у модулі АВТОПРОЕКТ-СПЕЦИФІКАЦІЯ

Після введення даних про деталь вносяться відомості про зміст технологічного маршруту у вигляді операцій механічної обробки (рис. 2.25). Назви та зміст операцій вибираються автоматично з переліку наявних баз даних.

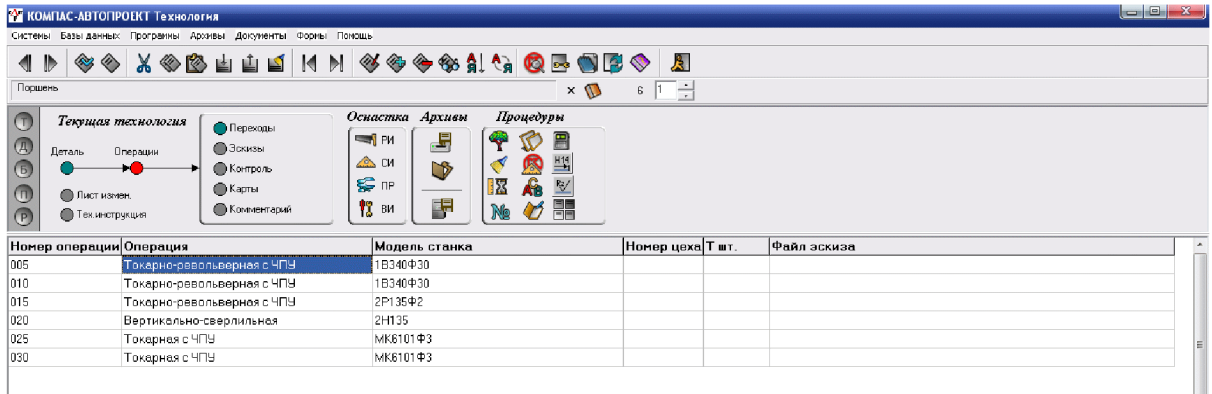


Рисунок 2.25 – Розробка операцій маршруту механічної обробки

Після введення переліку операцій механічної обробки детально вносяться дані про зміст кожної операції з вибором специфіки та виконуваних розмірів кожного окремого переходу (рис. 2.26).

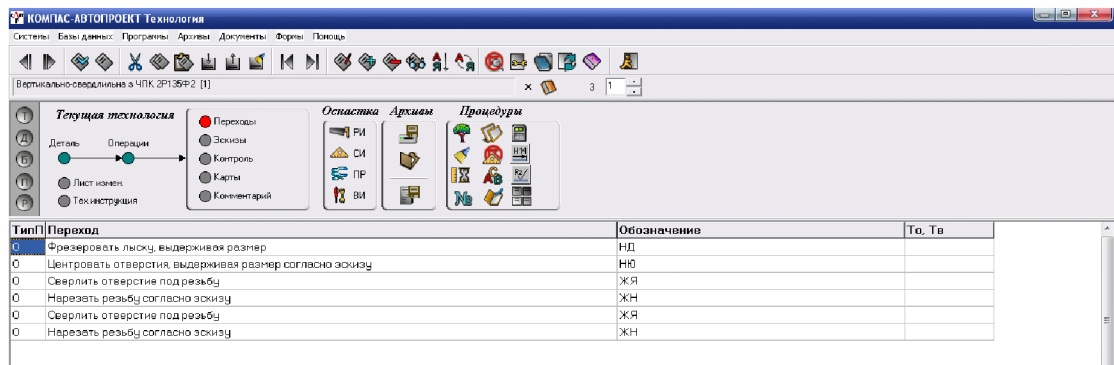


Рисунок 2.26 – Розробка переходів операцій маршруту механічної обробки

Таким чином, до системи АВТОПРОЕКТ-ТЕХНОЛОГИЯ внесені відомості про маршрут механічної обробки деталі «Стакан 74.26» у вигляді операцій та описом їх переходів.

Після введення даних про зміст переходів операцій механічної обробки можна розрахувати режими різання на кожному переході. Для цього кожний перехід додатково уточнюється внесенням параметрів режимів різання: ширина, довжина, матеріал ріжучої частини інструмента і т.д. (рис. 2.27).

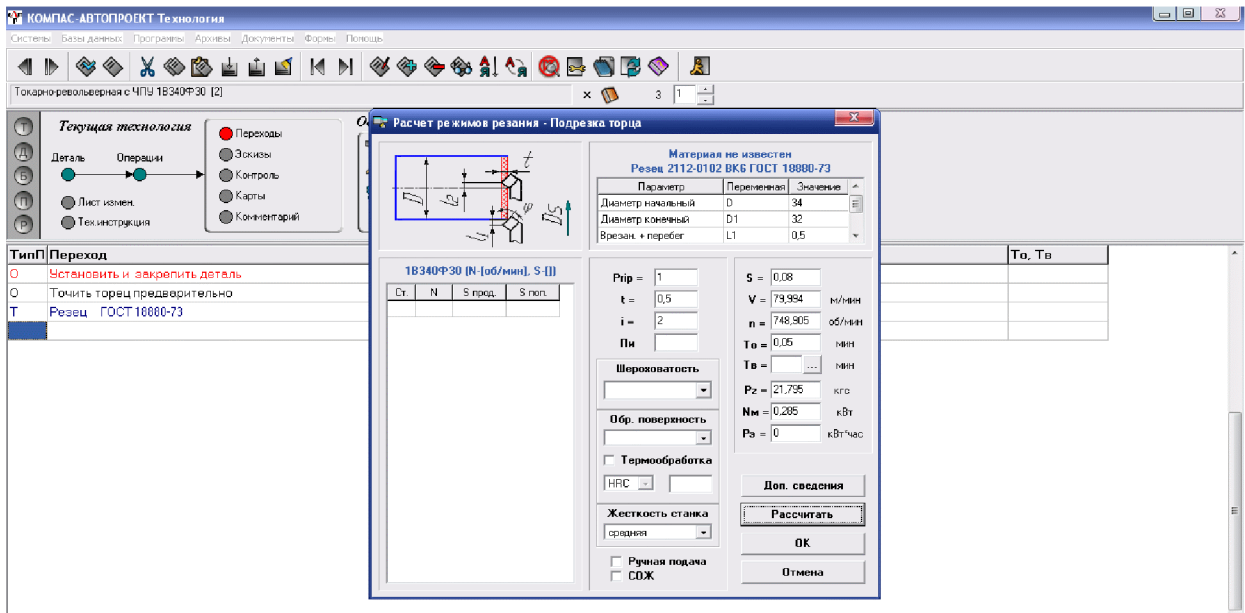


Рисунок 2.27 – Розрахунок режимів різання на операції 005 переходах 2-6

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. 2.28).

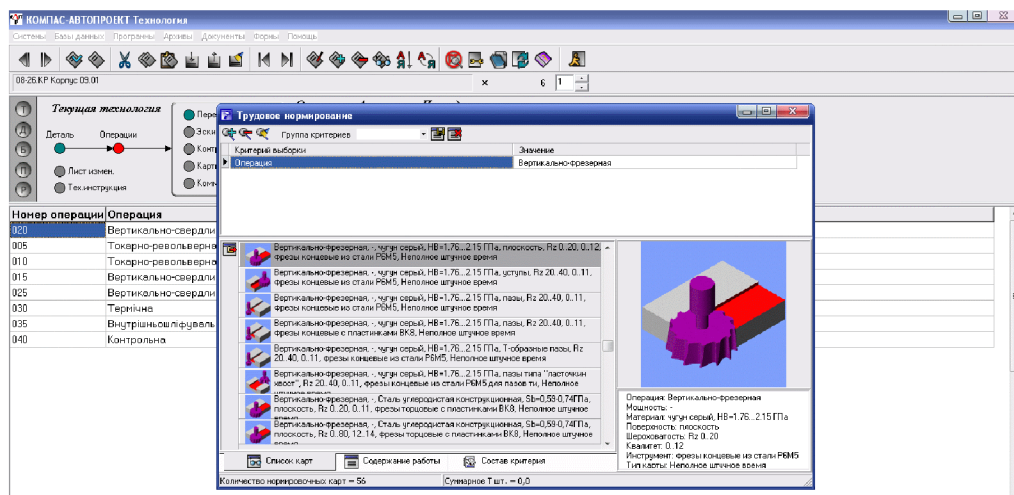


Рисунок 2.28 – Вибір виду механічної обробки із переліку бази даних

Потім уточнюються параметри інструменту та умов обробки на виконуваний операції (рис. 2.29).

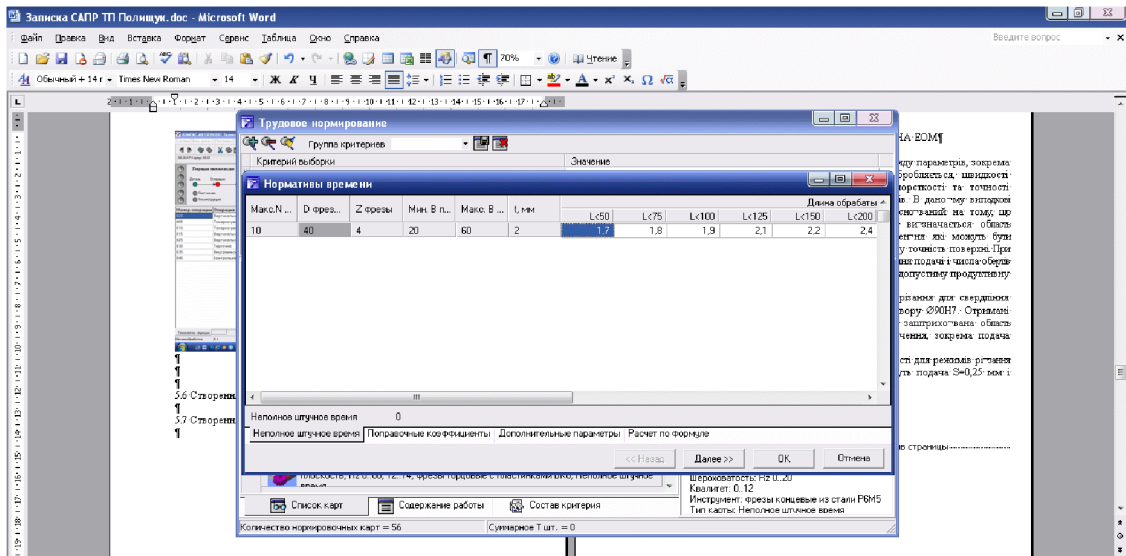


Рисунок 2.29 – Уточнения параметров обработки

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

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

2.6 Висновки до розділу 2

Отже, розроблено тривимірну модель деталі «Стакан 74.26» 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 «Стакан 74.26» на верстаті з ЧПК у CAD/CAM-системі Cimatron, а також створено переходи та операції технологічного процесу механічної обробки деталі «Стакан 74.26» 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	Конкуренція 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		
	Дерібо О.В.	Сухоруков С.І.	Репінський С.В.
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	2
2	1	2	2
3	2	3	3
4	2	2	3
5	3	4	3
6	1	2	1
7	2	2	3
8	3	3	3
9	4	4	2
10	2	3	3
11	3	3	4
12	4	4	4
Сума балів	СБ ₁ =30	СБ ₂ =35	СБ ₃ =33
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_1^3 СБ_i}{3} = \frac{30 + 35 + 33}{3} = 33$		

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:

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

де Z_0 – основна заробітна плата розробників, грн.;

Z_p – основна заробітна плата робітників, грн.;

$Z_{доод}$ – додаткова заробітна плата робітників, грн.;

Z_n – нарахування на заробітну плату розробників, грн.;

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

M – витрати на матеріали, грн.;

$K_в$ – витрати на комплектуючі, грн.;

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

$B_{ін}$ – 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	11000	478,26	24	11478,24
Інженер-конструктор	8000	363,6	10	3636
Всього				$Z_o = 15114,24$

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

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

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

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

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

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

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

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

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

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

Результаті розрахунків представлені у таблиці 3.4.

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	0,119	1,37	4 (Кі = 1,35)	52,53	6,25
Багатоцільовий з ЧПК 1В340Ф30	0,08	1,37	4 (Кі = 1,35)	52,53	4,2
Свердлильний з ЧПК 2Р135Ф2	0,015	1,37	4 (Кі = 1,35)	52,53	0,79
Внутрішньо- шліфувальний 3К227В	0,007	1,37	4 (Кі = 1,35)	52,53	0,37
Всього					$Z_p = 11,61$

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

$$Z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}} (Z_p + Z_o) = 0,12 \cdot (11,61 + 15114,24) = 1815,1 \text{ (грн.)}$$

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

$$Z_H = H_{\text{zn}} (Z_p + Z_o + Z_{\text{дод}}) = 0,22 \cdot (11,61 + 15114,24 + 1815,1) = 3734,93 \text{ (грн.)}$$

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

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

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

Результати розрахунків представлені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Амортизаційні відрахування

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн.
Оф. приміщення	90000	15	2	2250
Вироб. прим.	250000	15	1	3125
Комп'ютери	12000	4	2	300
Верстат багатоцільовий з ЧПК 1В340Ф30	140000	10	1	1750
Верстат внутрішньо-шліфувальний 3К227В	100000	10	1	1562
Верстат ьокарно-револьверний з ЧПК 16К20Ф3	50000	10	1	781
Верстат вертикально-свердлильний 2Р135Ф2	100000	10	1	1562
Всього:				$A_{обл} = 11330$

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

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

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

n – кількість видів матеріалів;

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

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

B_j – маса відходів j -го найменування, кг;

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

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу	Ціна за кг., грн.	Витрач., кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн.	Коеф.	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Сталь 45Л	29,5	3,69	1,59	3,9	1,15	118,98
Всього						118,98

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
Різець розточний №3	10	22,00	242,00
Мітчик	5	25,00	137,50
Свердло спіральне	3	7,50	24,75
Всього			871,75

Враховуючи коефіцієнт витрат на транспортування витрати на комплектуючі дорівнюватимуть $K_e = 871,75 \cdot 1,1 = 958,65$ грн.

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

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

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

$П$ – установлена потужність обладнання, кВт;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, годин;

K_{II} – коефіцієнт використання потужності; $K_{II} < 1$.

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	26	0,221	0,9	13,19
				$B_e = 560,2$

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:

$$B_{in} = 2 (Z_p + Z_o) = 2 \cdot (11,61 + 15114,24) = 30251,7 \text{ (грн.)}$$

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

$$K = 15114,24 + 11,61 + 1815,1 + 3734,93 + 11330 + 118,98 + 958,65 + \\ + 560,2 + 30251,7 = 66310,04 \text{ (грн.)}$$

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

$$B_{\text{заг}} = B_{\text{ін}} / \alpha = 30251,7 / 0,9 = 33613 \text{ (грн.)}$$

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

$$ЗВ = B_{\text{заг}} / \beta = 33613 / 0,7 = 48018,57 \text{ (грн.)}$$

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

3.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

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

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

В результаті дослідження виробництв де використовується схожі вироби, можна припустити, що впровадження нової розробки дозволить у порівнянні з аналогами збільшити кількість оброблюваних деталей на 20% за перший рік, на 15% в другий, та на 10% у кожен послідуєчий за рахунок збільшення швидкості та якості роботи.

Приблизний час роботи виробу в рік (за умови використання в дві зміни) складає 3000 год., одна година технологічної обробки деталей для аналогів коштує 30 грн., а прибуток складає 12 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, $\Delta\Pi_{\text{я}} = 30 \cdot 0,4 = 12$ 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):

$$\Delta\Pi_1 = 0.5 \cdot (12 \cdot 3000 + (12 + 12) \cdot 3000 \cdot 0.2) = 25200 \text{ (грн.)}.$$

Збільшення чистого прибутку протягом другого року:

$$\Delta\Pi_2 = 12 \cdot 3000 + (12 + 12) \cdot 3000 \cdot 0.2 \cdot 1.15 = 52560 \text{ (грн.)}.$$

Збільшення чистого прибутку протягом третього року:

$$\Delta\Pi_3 = 12 \cdot 3000 + (12 + 12) \cdot 3000 \cdot 0.2 \cdot 1.15 \cdot 1.1 = 54216 \text{ (грн.)}.$$

Збільшення чистого прибутку протягом четвертого року:

$$\Delta\Pi_4 = 12 \cdot 3000 + (12 + 12) \cdot 3000 \cdot 0.2 \cdot 1.15 \cdot 1.1^2 = 56037 \text{ (грн.)}.$$

Збільшення чистого прибутку протягом п'ятого року:

$$\Delta\Pi_5 = 12 \cdot 3000 + (12 + 12) \cdot 3000 \cdot 0.2 \cdot 1.15 \cdot 1.1^3 = 58041 \text{ (грн.)}.$$

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 48018,57 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 48018,57 грн. Результати вкладених у наукову розробку інвестицій почнуть виявлятися через шість місяців і впродовж п'яти років від початку розробки впровадження.

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

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

$$E_{\text{абс}} = (\text{ПП} - \text{PV}), \quad (3.11)$$

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

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = \text{ЗВ}$, грн.

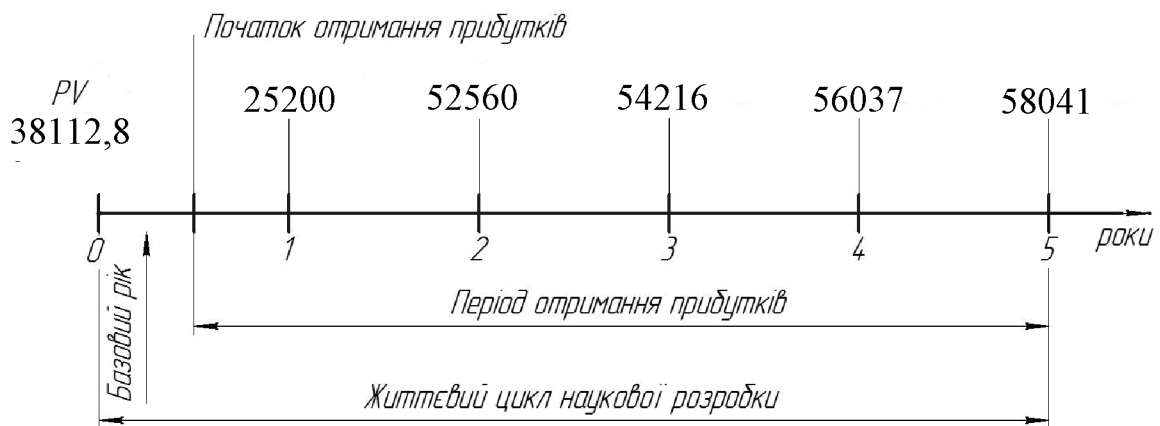


Рисунок 3.1 – Вісь часу з фіксацією платежів, що мають місце під час розробки та впровадження результатів НДДКР

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

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

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

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

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

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

Якщо $E_{\text{абс}} \leq 0$, то результат від проведення наукових досліджень та їх впровадження буде збитковим і вкладати кошти в проведення цих досліджень ніхто не буде.

Якщо $E_{\text{абс}} > 0$, 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:

$$ПП = \frac{25200}{(1 + 0,1)^2} + \frac{52560}{(1 + 0,1)^3} + \frac{54216}{(1 + 0,1)^4} + \frac{56037}{(1 + 0,1)^5} + \frac{58041}{(1 + 0,1)^6} = 164923 \text{ грн.}$$

Тоді $E_{\text{абс}} = (164923 - 48018,57) = 116904,43$ грн.

Оскільки $E_{\text{абс}} > 0$, 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\dot{A}_a = \dot{a} \sqrt{1 + \frac{\dot{A}_{a\dot{a}\dot{n}}}{PV}} - 1 = 5 \sqrt{1 + \frac{116904,43}{48018,57}} - 1 = 0,279 \text{ або } 34 \%$$

Оскільки $E_B = 34\% > \tau_{\text{мін}} = 0,15 = 15\%$, то інвестора може зацікавити вкладання капіталу в дану розробку.

Розраховуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій. Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій $T_{ок}$ 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:

$$T_{ок} = \frac{1}{0,34} = 2,94 \text{ років,}$$

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 (15114,24 грн.) і робітників (11,61 грн. на виготовлення одиниці продукції), а також додаткову заробітну плату (1815,1 грн.), амортизацію обладнання (11330 грн), витрати на електроенергію (560,2), матеріали (118,98 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 48018,57 грн., спрогнозовано

комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність (34%/рік) вкладених інвестицій і періоду їх окупності (2,94 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

4.1 Аналіз умов праці

Аналізуються умови праці на дільниці, де виготовляють «Стакан 74.26». Живлення здійснюється від 3-х фазних і 4-х провідних мереж (220/380) з глухозаземленою нейтраллю живильного трансформатора напругою до 1000 В.

В процесі роботи виникають наступні шкідливі та небезпечні виробничі фактори за ГОСТ 12.0.003-74:

- рухомі частини виробничого обладнання;
- гострі заусенеці і кромки на поверхнях деталей;
- температура повітря робочої зони не відповідає нормальним умовам;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації на робочому місці;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- підвищена загазованість робочої зони;
- загально токсичні: оксид вуглецю;
- паралізуючі: пари лугів.

4.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Однією з необхідних і важливих умов для здорової і високо продуктивної праці є забезпечення чистоти повітря і підтримання нормальних метеорологічних умов в робочій зоні. Оптимальні показники мікроклімату – показники, які розповсюджуються на всю територію робочої зони.

Допустимі показники – показники, які встановлюються диференційно для постійних і непостійних робочих місць.

Оптимальні величини мікроклімату встановлюються у випадках, коли по технологічних вимогах, технологічним і економічним принципам не забезпечуються оптимальні норми.

Вологість повітря значно впливає на терморегуляцію організму людини. Дія температури навколишнього середовища залежить від супроводжуючої відносної вологості. Підвищена вологість є несприятливим фактором не тільки в умовах спеки, але й при пониженій температурі.

Інтенсивність теплового випромінювання складає 100 Вт/м^2 при випромінюванні тіла людини 25%.

Показники мікроклімату в виробничих приміщеннях повинні відповідати значенням наведеним в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Показники мікроклімату в виробничих приміщеннях

період року	К категор. робіт	Температура				Відносна вол.		Шв. руху повіт.		
		Опт.	Допустима				Оптим.	Доп.	Оптним.	Доп.
			В.м.	Н.м.	В.м.	Н.м.				
			На робочих місцях							
Пост.	Не Пост.	Пост.	Не пост.							
теплий	2 2 б	20-22	27	29	16	15	40-60	70	0.3	0.2-0.5

Розрахунок місцевої вентиляції

При металообробці в верстатах застосовується місцевий щілинний газозловлювач «ВЦНИИОТ» який вловлює пил і гази, що містять фтористі з'єднання. В нижній площині вловлювача є щілина змінної ширини довжиною 250 мм, що розміщується над поверхнею обробки на висоті 40 мм.

Призначаємо швидкість руху повітря на дільниці $V_1=V_2=V_3=10\text{м/с}$.

Розрахунок втрат тиску на одиницю довжини і втрат на місцеві опори за формулою:

$$\Delta P_M = \sum R_i \times L_i + \sum \xi \times \Delta P_{\text{дин}} \quad (\text{гк/м}^2) \quad (4.1)$$

Визначаємо коефіцієнти місцевих опорів: круглі відводи ($\alpha=900$, $R(d=2)$) $\xi_0=0,15$; витяжка із зонтом $\xi_{\text{вш}}=1,15$; газовловлювач $\xi_{\text{гв}}=0,15$; трійник $\xi_{\text{тр}}=0,35$.

Визначимо загальні і місцеві опори втрати тиску в повітроводнах на місцевих опорах, загальні втрати на ділянках і заносимо данні в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Загальні і місцеві опори втрати тиску

N ділянки	Кількість повітря м ³ /год	Довжина L _i , м	Швидкість V _i м/с	Діаметр повітропровода d _i , мм	Втрати тиску матер.		Динамічний тиск рідин кг/м ²	Сума коефіцієнтів місц. опорів $\sum \xi$	Втрати тиску на місцях опорів Z м/м ³	Загальні втрати тиску на ділянці	Сумарні втрати $\sum(R$ L+Z) кг/м ³
					На l/R	На всій ділянці RL					
1	339	5,9	12	100	2,01	11,8	8,81	0,45	3,96	15,76	1576
2	339	10,5	12	100	2,01	21,1	8,81	0,4	3,5	24,6	40,36
3	678	2,5	12,2	140	1,36	3,4	91	13	11,83	15,23	55,59

Визначаємо продуктивність та повітряний тиск вентилятора:

$$L_B=(1,05\dots 1,1) L_M=711,9\dots 745,8 \text{ (м}^3\text{/ГОД)}.$$

$$\Delta P_B=(1,1\dots 1,5) \Delta P_M=61,15\dots 63,94 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Для заданих продуктивності і тиску вибираємо вентилятор Ц-4-70л/2,5 з ККД = 0,6 і числом обертів $n=2800 \times 8^{-1}$

Визначаємо потрібну потужність вентилятора:

$$W_0 = \frac{L_B \cdot p_B}{3600 \cdot 10^2 \cdot \eta_B} = \frac{745,8 \cdot 59,74}{3600 \cdot 10^2 \cdot 0,6} = 0,2 \text{ (кВт)}$$

Визначаємо потужність електродвигуна

$$W_{ED} = \frac{W_B K_3}{\eta_B \cdot \eta_{КП}} = \frac{0,2 \cdot 1,2}{0,97 \cdot 0,950} = 0,26 \text{ (кВт)}$$

$\eta_{нв}$ – ККД підшипників вентилятора

$\eta_{кп}$ – ККД клинопасової передачі

Для вентилятора Ц-4-70 N2.5 вибираємо електродвигуни типу АОП-21.2, потужністю 0,4кВт і числом обертів $n=2800 \times v^{-1}$.

4.2.2 Природне і штучне освітлення

Мінімальне значення коефіцієнта природного освітлення розраховується за формулою:

$$e_n^4 = e_n^3 \cdot m \cdot c, \quad (4.2)$$

де $e_n = 2.5 \%$ – для зорових робіт дуже високої точності,

$m = 0,9$ – четвертий пояс світлового клімату (м. Вінниця);

$c = 0.75$ - четвертий пояс світлового клімату, при азимуті 90^0 .

Тоді,

$$e_n^4 = 2,5 \times 0,9 \times 0,75 = 1,68\%.$$

Таблиця 4.3 – Характеристика освітлення

Мін. розмір об.роз.	Розряд зорової роботи	Під розряд зор.р.	Кон-траст	фон	Природне		Штучне		Комбінов.	
					Освітл., лк		КЕО _п $e_n^3, \%$		КЕО $e_n^3, \%$	
					Комб.	Заг.	Верхн.	Боков.	Верхн	Бок.
0,15-0,3	2	в	малий	Серед.	2000	500	7	2	4.2	1.2

Таблиця 4.4 – Характеристика приміщення

Приміщення і територія	Приклад цеху	Коефіцієнт запасу K_3				
		при природному освітленні			При штучному	
		верт.	нахилено	горизонт.	газорозрядні	Лампи розжар
Виробниче приміщення	Механ.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.3

4.2.3 Захист від виробничого шуму

Основним джерелом виробничого шуму є виробниче обладнання. При проектуванні виробниче обладнання слід керуватися вимогами санітарних норм.

Допустимі рівні звукового тиску в октавних полісах частот, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях в виробничих приміщеннях на території підприємства приведено в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Значення рівнів звукового тиску

Рівні звукового тиску, дБ в октавних полосах, Гц									Рівні звуку і еквівал. рівні звуку, дБ (А)
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Найбільш ефективно зниження шуму досягається шляхом установки звукоізолюючих перешкод, перегородок, кожухів, кабін.

4.2.4 Вібраційна безпека

У відповідності з санітарними нормами, правилами техніки безпеки та іншими нормативними документами визначимо критерій оцінки у відповідності з характером умов праці.

Таблиця 4.6 – Характеристика обладнання

Категорія вібрацій, Критерії оцінки	Характеристика умов праці	Приклади джерел вібрації
3 тип „а” Границя зниження ККД	Технологічна вібрація, що впливає на оператора	Металообробні в-ти, ел. обладнання, вентилятори

Санітарні норми одно часових показників вібраційного навантаження на операторів металообробних верстатів для восьми годинного робочого дня наведені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Значення норм вібраційного навантаження на оператора

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок вібрації	Нормативні кориговані по вел. частоти знач.			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			м/с ²	рівень, дБ	м/с x 10 ⁻²	рівень, дБ
Загальна	3 тип "а"	Z ₀ Y ₀ X ₀	0.1	100	0.2	92

Санітарні норми показників вібраційного навантаження на операторів (локальна вібрація) для восьми годинного робочого дня наведені в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Значення норм локального вібраційного навантаження

Середньо геометричні частоти у октавних полосах, Гц	Нормативні значення			
	Віброприскорення		Віброшвидкість	
	м/с ²	рівень, дБ	м/с x 10 ⁻²	рівень, дБ
16	1,4	123	1,4	109
31,5	27	129	1,4	109
63	5,4	135	1,4	109
125	10,7	141	1,4	109
250	21,3	153	1,4	109
500	42,5	159	1,4	109
1000	85,0	163	1,4	109

4.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

4.3.1 Вимоги до використання електрообладнання

Представлена ділянка по небезпеці ураження електричним струмом відноситься до особливо небезпечних приміщень. Тут існує струмопровідна підлога і можливе одночасне торкання оператором до заземлених механізмів та металевих корпусів електрообладнання. До електрообладнання висуваються наступні вимоги – необхідність занулення, що запобігає ураженню електричним струмом оператора. Згідно „ПУЕ” занулення являється ефективною мірою захисту при живленні електрообладнання 3-х фазних і 4-х провідних мереж (220/380) з глухо заземленою нейтраллю живильного трансформатора напругою

до 1000 В; в електричній схемі обладнання має бути передбачено блокуючий пристрій на випадок падіння або збільшення напруги в мережі живлення.

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

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

4.4 Пожежна безпека

За ступенем вогнестійкості приміщення відноситься до I ступені - приміщення з несучими і огорожуючими конструкціями з природних чи штучних матеріалів, бетону, залізобетону з використанням листових чи плитних перегороджуючих матеріалів. Дільниця механічної обробки відноситься до категорії Д - виробництво, в якому оброблюються негорючі речовини і матеріали в холодному стані (табл.4.9.)

Таблиця 4.9 – Визначення категорії приміщення

Категорія приміщення	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості	Площа поверхів в межах пожежного відділення, м ²
Д	6	1	не обмежується

Границі вогнестійкості наведені в таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 – Мінімальні границі вогнестійкості і максимальні границі розповсюдження вогню, см

Стіни				Колони	Поверхові площадки, косоури, балки, марші сходові клітин	Елементи покриття
Несучі та сходових клітин	Само-несучі	Зовнішні не несуч	Внутрішні не несучі (перегородки)			
2,5/0	1,25/ 0	0,5/0	0,5/0	2,5/0	1 /0	0,5/0

При проектуванні виробничих приміщень передбачаємо безпечну евакуацію людей на випадок виникнення пожежі висота від підлоги донизу виступаючих конструкцій перекриття повинна бути не менше 2,2 (м); висота від підлоги донизу виступаючих частин комунікацій і обладнання в місцях регулярного надходження людей і на шляхах евакуацій не менше 2(м), а в місцях нерегулярного приходу людей - не менше 1,8 (м).

Кількість евакуаційних виходів не повинна складати менше двох з кожного поверху. Евакуаційні виходи повинні розташовуватись окремо. Кількість людей на 1(м) евакуаційного виходу (дверей) для приміщень I ступені вогнестійкості категорії Д - 260 чоловік. Відповідно до таблиці визначаємо відстань по коридорам до виходу і розміщення виходів.

В цеху встановлюємо заходи гасіння пожежі із розрахунку: 1 вогнегасник на 100(м²) площі цеха – 8 вогнегасників ОХП-10.

Таблиця 4.11 – Відстань до виходу

Розміщення виходів	Категорія приміщення	Ступінь вогнестійкості	Відстань по коридорам до виходу, м
Між двома зовнішніми виходами	Д	1	Більше/120

Для запобігання пожеж в механічному цеху необхідно провести ряд заходів:

- установити пожежні сповісники;
- навчити робітників елементарним правилам та основам вогнегасіння;
- проводити своєчасні профілактичні огляди і випробовування обладнання;
- підвести на ділянку аварійне водопостачання;
- установити повний комплекс пожежного щита.

4.5 Висновки до розділу 4

Розроблено заходи забезпечення умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях під час виготовлення деталі «Стакан 74.26». 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 «Стакан 74.26».

ВИСНОВКИ

Отже в результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи визначено, що деталь «Стакан 74.26» є технологічною, а тип виробництва деталі – середньосерійний. На основі розрахованих техніко-економічних показників способів отримання заготовки деталі «Стакан 74.26» визначення, що найраціональнішим є спосіб лиття в облицьований кокіль. Виконано проектування послідовностей обробки поверхонь заготовки та операційного технологічного процесу виготовлення деталі з отриманням технологічних карт.

Проведено технологічну підготовку виробництва деталі «Стакан 74.26» на основі застосування CAD-системи КОМПАС V15, CAD/CADE-системи T-Flex, CAD/CAM-системи Cimatron та PDM-системи АВТОПРОЕКТ, що дозволило отримати інтегровану інформаційну модель виробу. Проведено удосконалення міцності деталі «Стакан 74.26» за рахунок використання її інформаційної моделі.

В магістерській кваліфікаційній роботі розраховані основні економічні показники забезпечення виготовлення деталі «Стакан 74.26», що дозволило забезпечити економічний ефект від реалізації вкладених інвестиції з періодом окупності 2,94 роки. Розроблено заходи забезпечення умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях під час виготовлення деталі «Стакан 74.26».

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 производст- во заготовок в машиностроении. -Киев: „Выпца школа" - 1991 - 247с
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- 1985-496с.
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. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. - Львів: ..Світ" - 1996 - 367с

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.

32. Гідропривід поворотного пристрою з гідромотором та безшумною передачею [електронний ресурс] / О.В. Петров, М.В. Трофимчук, М.С. Сторожук // XLVIII 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 22 березня, 2019. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2019/paper/view/7423/6035>.

ДОДАТКИ

Додаток А

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

ПОГОДЖЕНО
Головний технолог

керівник або заступник

ПрАТ «Вінницький завод «Маяк»

назва підприємства чи установи

підпис

Марчук А.В.

ініціали та прізвище

« ____ » _____ 2020 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

зав. кафедри ТАМ

д.т.н., професор Козлов Л.Г.

(підпис)

« ____ » _____ 2020 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ «СТАКАН 74.26»
З ВИКОРИСТАННЯМ CALS-ТЕХНОЛОГІЙ

08-26.МКР.019.00.000 ТЗ

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

Петров О.В.

« ____ » _____ 2020 р.

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

Сторожук М.С.

« ____ » _____ 2020 р.

Вінниця ВНТУ 2020

1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)

а) потреба у технологічній підготовці та подальшого виготовлення деталі «Стакан 74.26» 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 «Стакан 74.26».

4. Вимоги до виконання МКР

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

5. Етапи МКР та очікувані результати

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

6. Матеріали, що подаються до захисту МКР

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

7. Порядок контролю виконання та захисту МКР

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

8. Вимоги до оформлення МКР

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

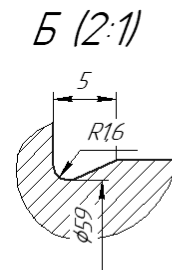
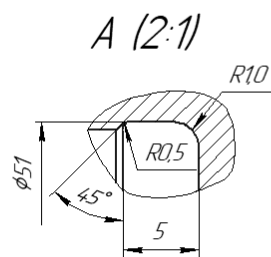
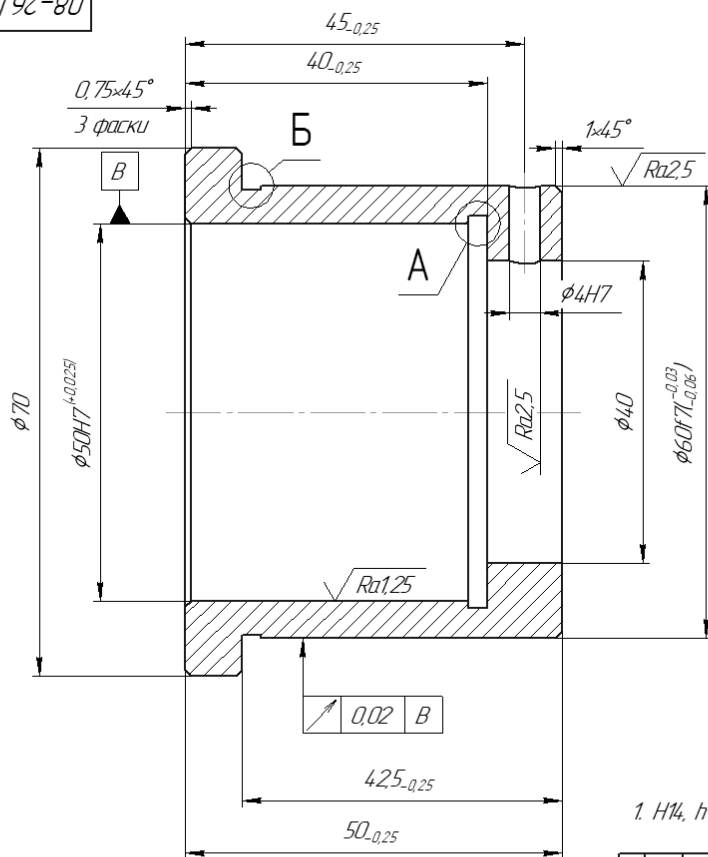
9. Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом відсутні.

Додаток Б

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

08-26.МКР.019.00.001

$\sqrt{Ra\ 6,3\ (\checkmark)}$



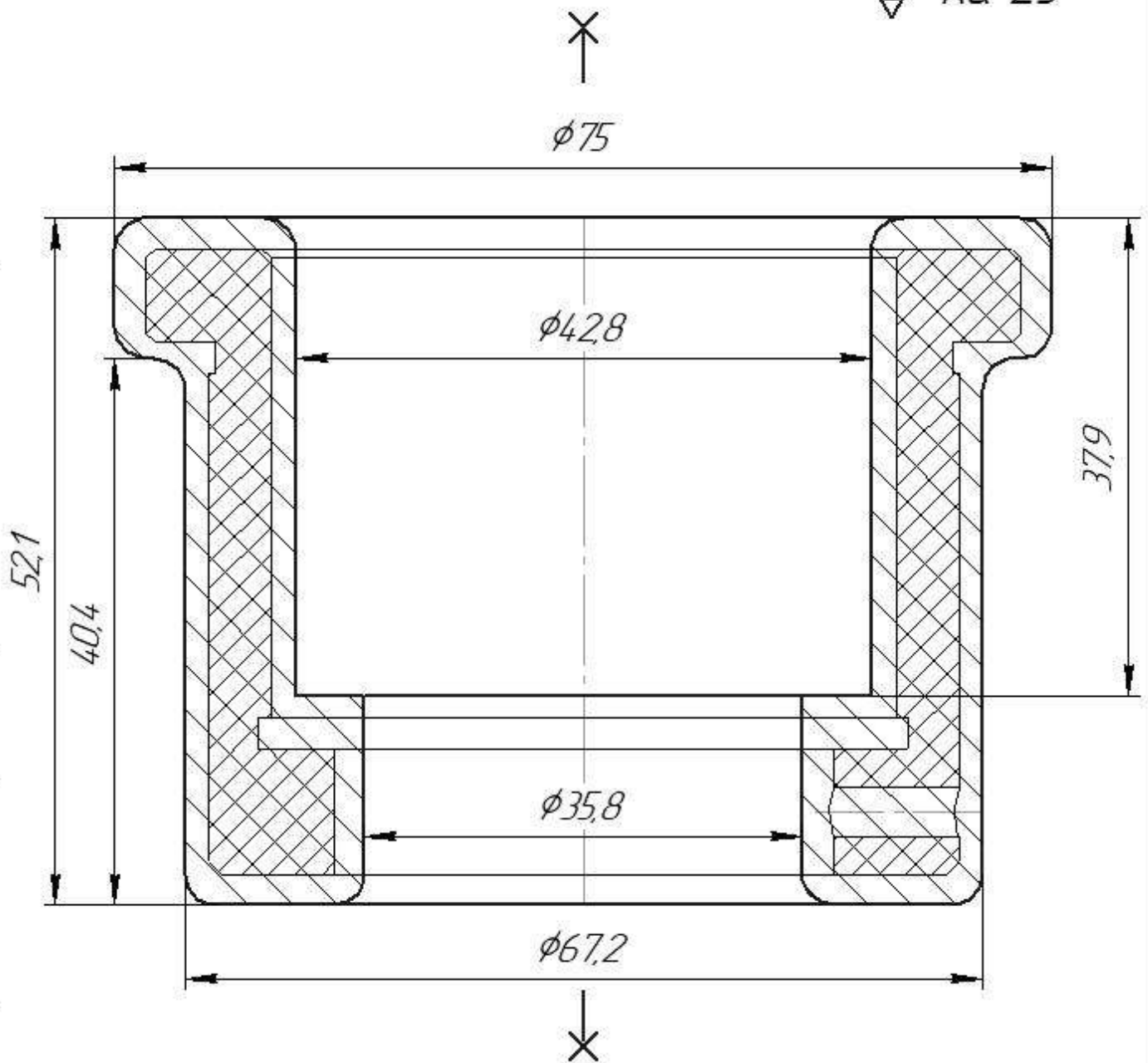
1. H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

Лист № 1
Спроект №
Лист и дата
Лист и дата
Взам. инв. №
Инв. № укл.
Лист и дата
Инв. № укл.

				08-26.МКР.019.00.001				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Стакан 74.26	Лист	Масса	Масштаб
Разработ.		Сторожук М.С.				0,44	1:1	
Проб.		Петров О.В.						
Т.контр.						Листов	1	
Н.контр.		Сердюк О.В.			Сталь 45/ГОСТ 1050-88	ВНТУ		
Утв.		Козлова Л.Г.				зр. 11М-19М		
Копировал						Формат А3		

08-26.МКР.019.00.002

$\sqrt{Ra\ 25}$



1. Точність виливка 10-6-12-10 зм. 0,64 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 0,44-3,6-0,6-0,59 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані радіуси заокруглень 4 мм, формувальні нахили $0^\circ 4'$.

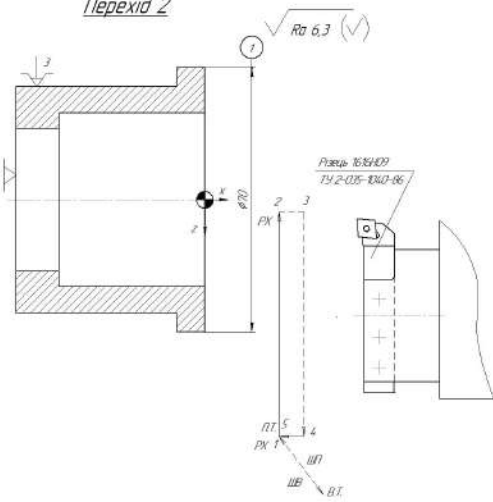
Перв. примен.					08-26.МКР.019.00.002					
Справ. №										
Подп. и дата										
Инв. № докум.										
Взам. инв. №										
Подп. и дата					08-26.МКР.019.00.002					
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Стакан 74.26 (виливок)	Лит.	Масса	Масштаб	
	Разраб.		Старожук М.С.					0,68	1:1	
	Проб.		Петров О.В.				Лист	Листов 1		
	Т.контр.						Сталь 45Л ГОСТ 1050-88			
	Н.контр.		Сердюк О.В.				ВНТУ, гр. ІПМ-19М			
Утв.		Козлов Л.Г.				Формат А4				

№ операції	Назва операції та зміст переходів	Операційний ескіз	Обладнання
005	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити торець ① однократно. 3. Точити пов. ② попередньо. 4. Точити пов. ② остаточно. 6. Точити канавку ③. 7. Точити 2 фаски ④. 8. Зняти деталь. 		16K20Ф3
010	<p><u>Багатоцільова з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити торець ① однократно. 3. Точити пов. ② попередньо. 4. Точити пов. ② остаточно. 5. Точити канавку ③. 6. Точити пов. ③ остаточно. 7. Точити пов. ④ однократно. 8. Точити фаску ⑤. 9. Точити фаску ⑥. 10. Зняти деталь. 		1B340Ф30
015	<p><u>Свердлильна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Центрувати отв. ①. 3. Свердлити отв. ①. 4. Розвернути отв. ①. 5. Зняти деталь. 		2P135Ф2
020	<p><u>Внутрішньошліфувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Шліфувати пов. ① 3. Зняти деталь. 		3K227B

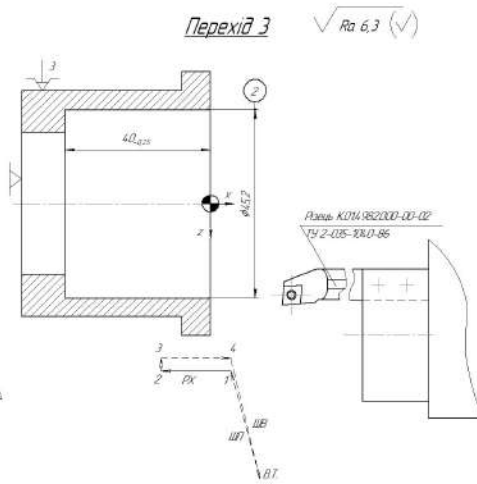
№ операції	Назва операції та зміст переходів	Операційний ескіз	Обладнання
005	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити торець ① однократно. 3. Точити пов. ② попередньо. 4. Точити пов. ② остаточно. 5. Точити канавку ③. 6. Точити 2 фаски ④. 7. Зняти деталь. 		1Б340Ф30
010	<p><u>Багатоцільова з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити торець ① однократно. 3. Точити пов. ② попередньо. 4. Точити пов. ② попередньо. 5. Точити канавку ③. 6. Точити пов. ② остаточно. 7. Точити пов. ④ однократно. 8. Точити фаску ⑤. 9. Точити фаску ⑥. 10. Центрувати отв. ⑦. 11. Свердлими отв. ⑦. 12. Розвернути отв. ⑦. 13. Зняти деталь. 		1П420ПФ40
015	<p><u>Внутрішньошліфувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Шліфувати пов. ① 3. Зняти деталь. 		3К227В

Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9
Лист № 10
Лист № 11
Лист № 12
Лист № 13
Лист № 14
Лист № 15
Лист № 16
Лист № 17
Лист № 18
Лист № 19
Лист № 20
Лист № 21
Лист № 22
Лист № 23
Лист № 24
Лист № 25
Лист № 26
Лист № 27
Лист № 28
Лист № 29
Лист № 30

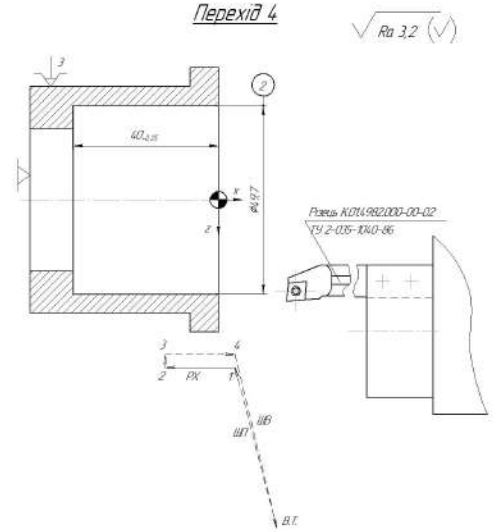
Перехід 2



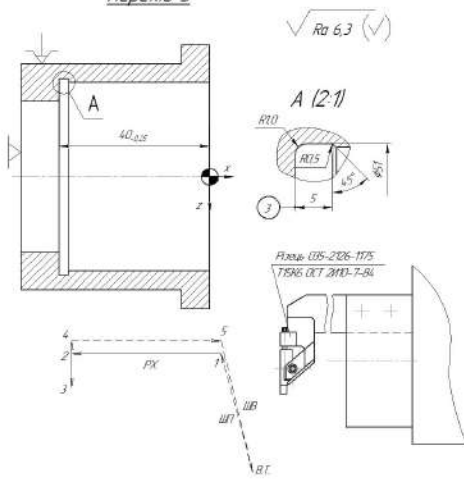
Перехід 3



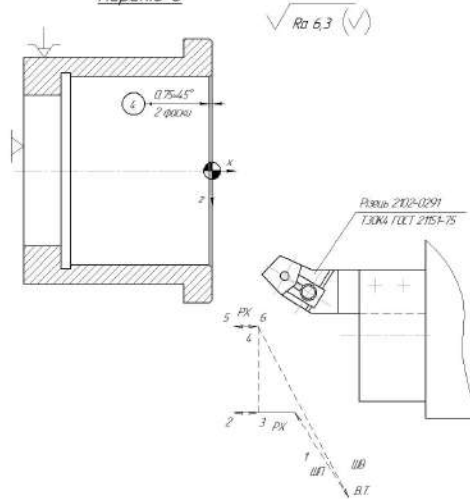
Перехід 4



Перехід 5



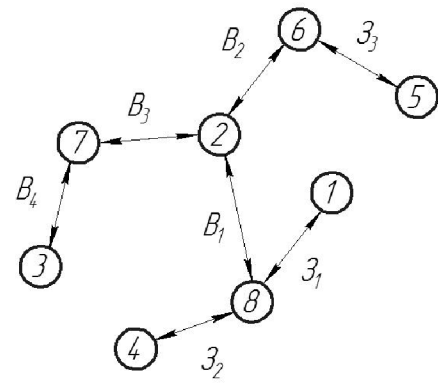
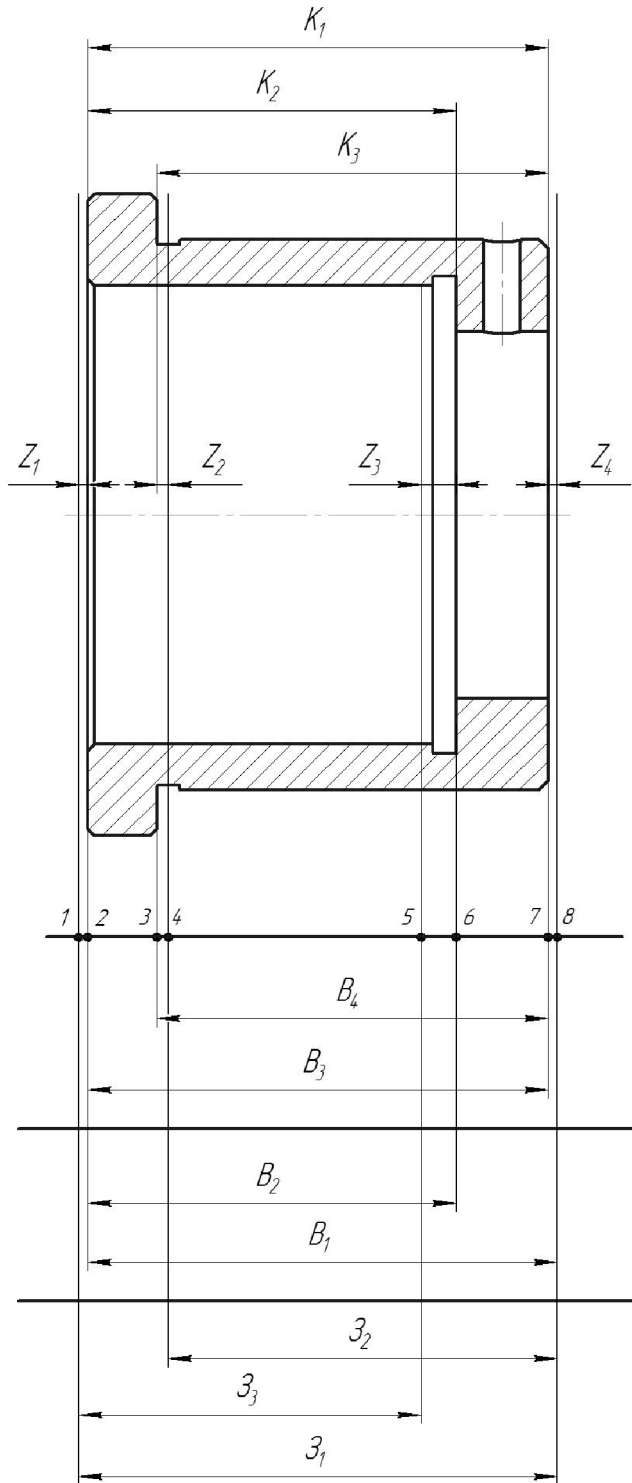
Перехід 6



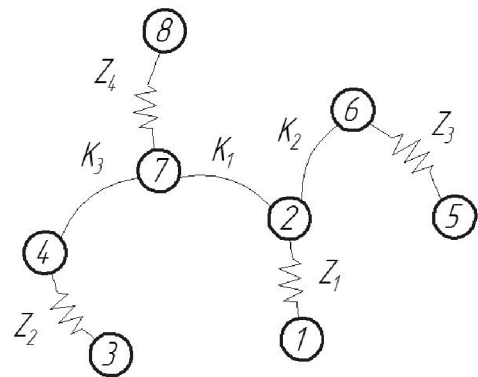
№	Точки	φ	0,8	0,5	0,16	0,05
6	Точки 2 діжки	φ	0,8	0,5	0,16	0,05
5	Точки манівки	φ	0,6	0,5	0,25	0,12
4	Точки поверхні φ	остаточна	1,2	0,25	0,13	0,02
3	Точки поверхні φ	попередня	4,3	0,25	0,24	0,06
2	Точки поверхні φ	однократно	1,5	0,25	0,11	0,04

№	18340030	на	1	1	1	1	1	1
№	08-26.МКР.019.00.300.КН	на	1	1	1	1	1	1
№	08-26.МКР.019.00.300.КН	на	1	1	1	1	1	1

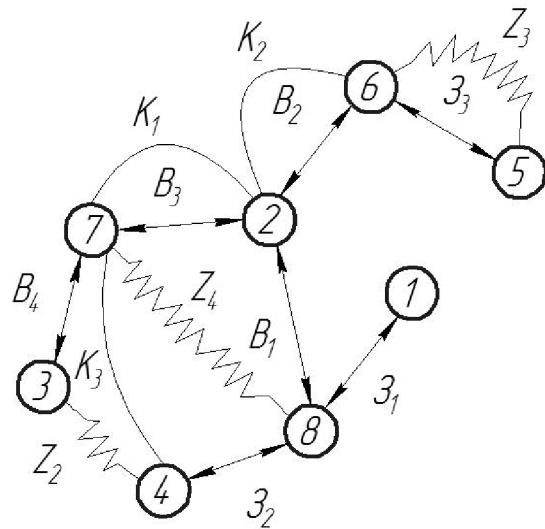
РОЗМІРНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ



Вихідне граф-дерево



Похідне граф-дерево



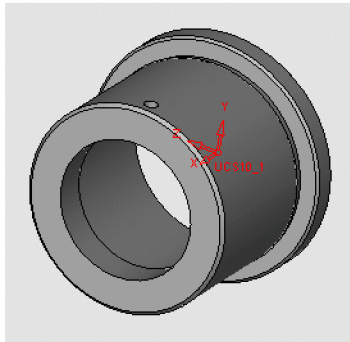
Суміщене граф-дерево

Розмірна схема технологічного процесу

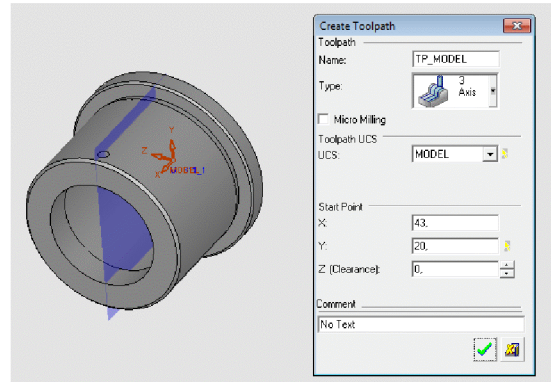
Результати розмірно-точнісного моделювання ТП

Технологічний розмір	Z_1	Z_2	Z_3	B_1	B_2	B_3	B_4	
Квалітет	14	14	14	12	12	12	12	
Остаточне значення допуску, мм	0,74	0,62	0,62	0,25	0,25	0,25	0,25	
Остаточне значення розміру, мм	min	51,2	43,7	51,2	50,6	40	50	42,5
	max	51,94	44,32	51,82	50,85	40,25	50,25	42,75

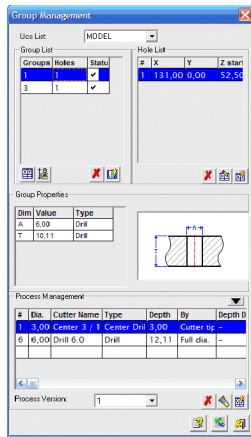
РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «СТАКАН 74.26» НА ВЕРСТАТІ З ЧПК



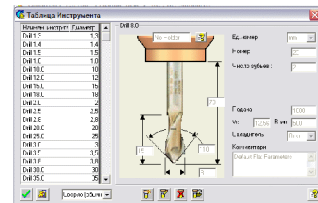
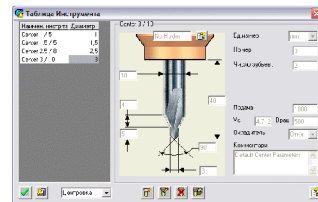
Крок 1. Вибір вихідної тривимірної моделі деталі «Стакан 74.26»



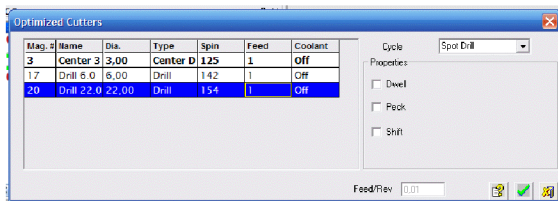
Крок 2. Вибір положення площі координат



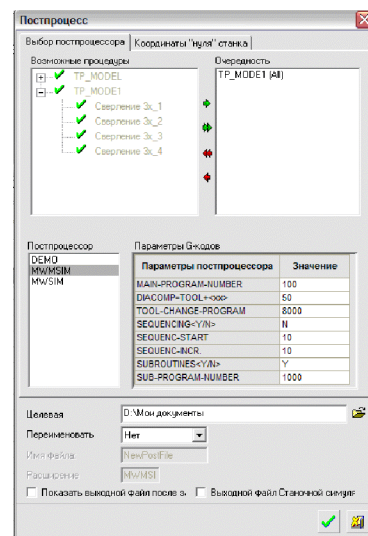
Крок 3. Проектування послідовності обробки отворів



Крок 4. Вибір інструментів для обробки



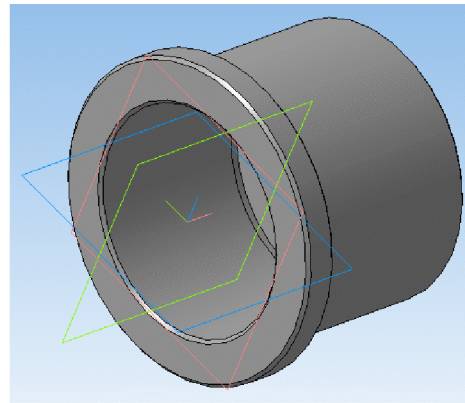
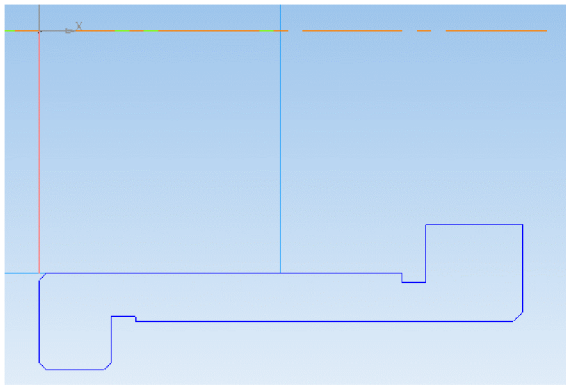
Крок 5. Вибір послідовності, параметрів та траєкторії руху інструментів



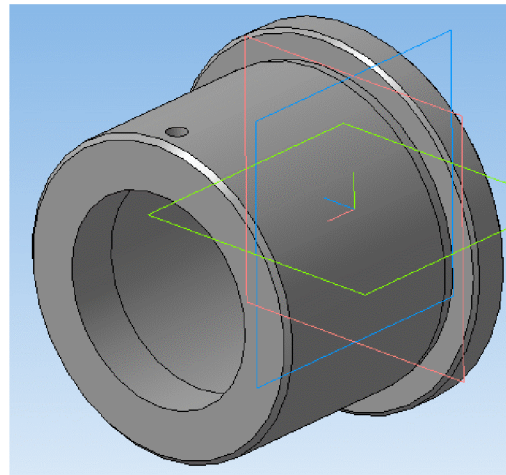
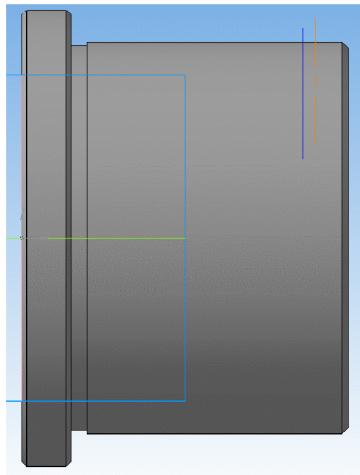
Крок 6. Вибір постпроцесора, проектування та збереження програми обробки

РОЗРОБКА ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ ДЕТАЛІ «СТАКАН 74.26»

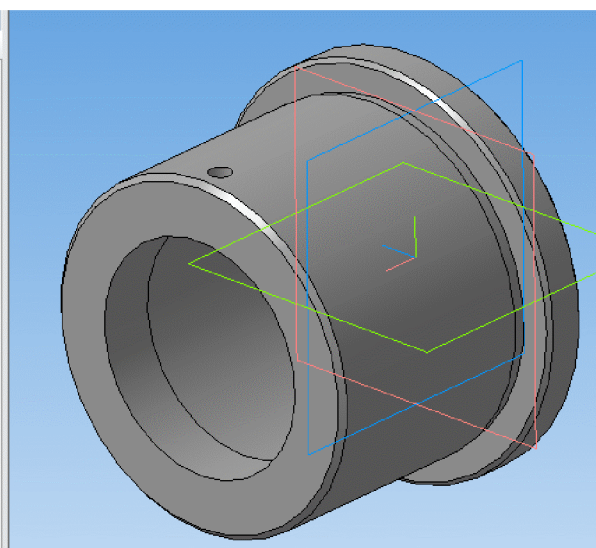
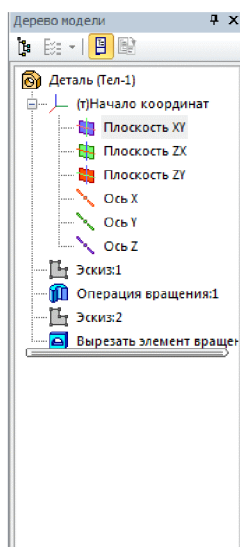
Крок 1. Побудова основи



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

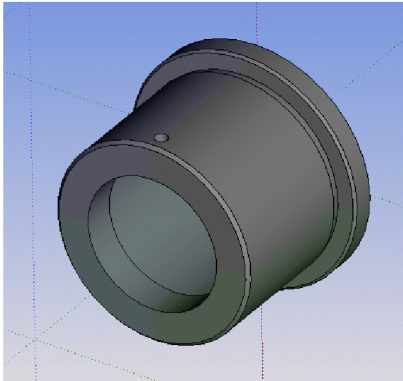


Крок 3. Тривимірна модель деталі

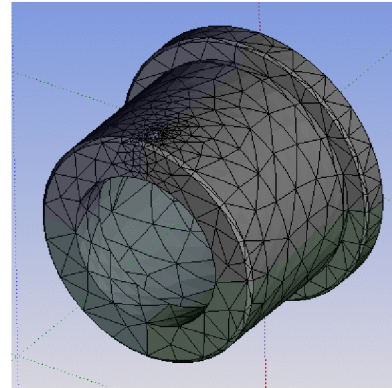


АНАЛІЗ МІЦНОСТІ ДЕТАЛІ «СТАКАН 74.26»

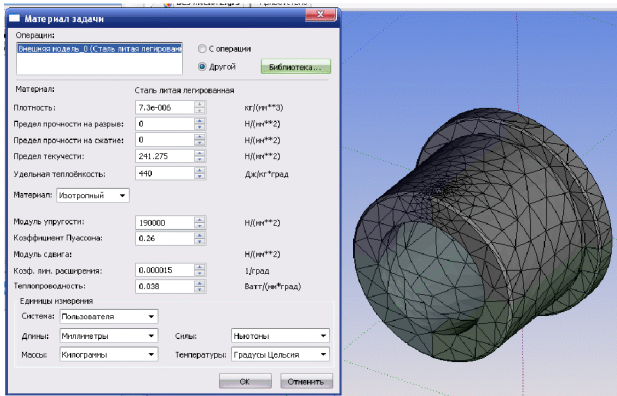
Крок 1. Імпорт деталі у CAD/CAE-систему



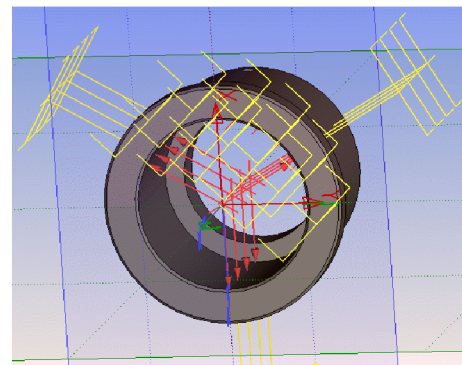
Крок 2. Формування сітки



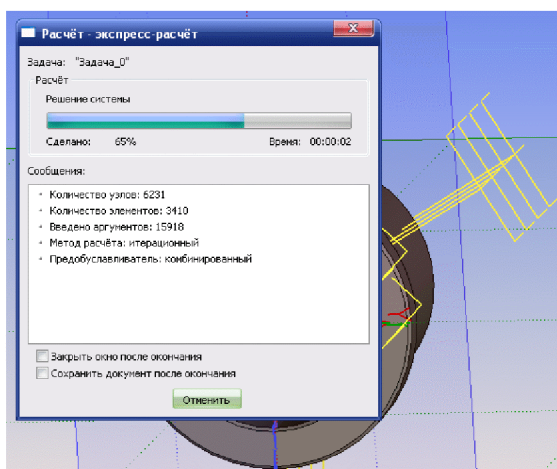
Крок 3. Вибір матеріалу



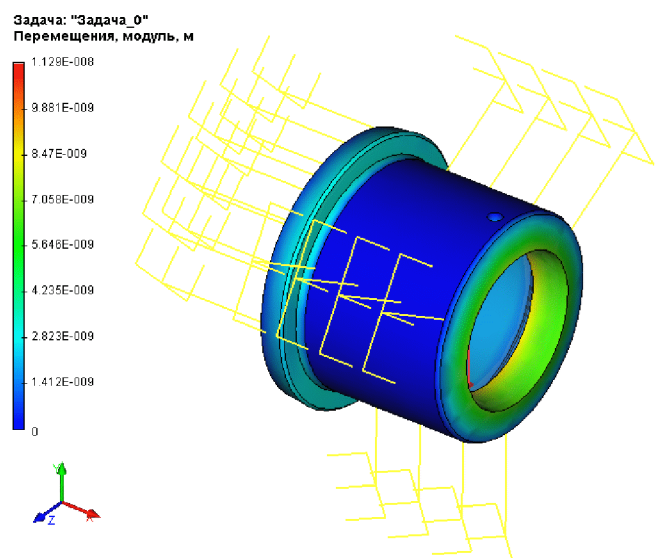
Крок 4. Визначення закріплення та прикладання сили



Крок 5. Розрахунок

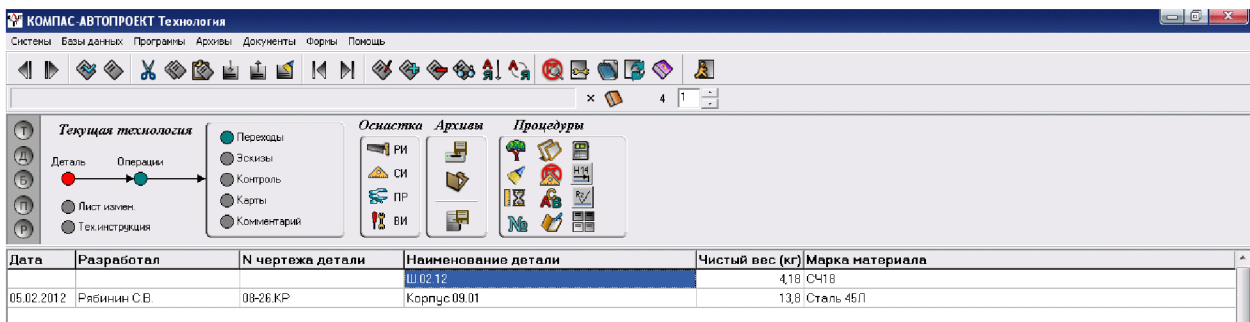


Крок 6. Результат розрахунку

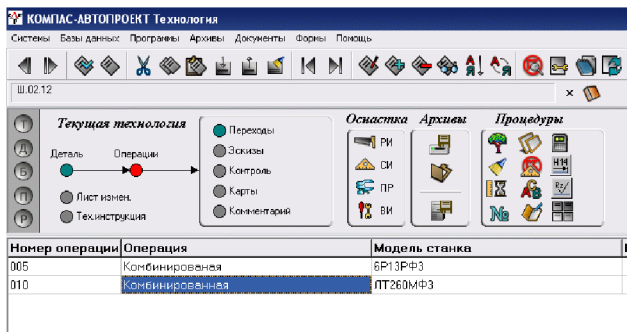


РОЗРОБКА ТП МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «СТАКАН 74.26» У СИСТЕМІ АВТОПРОЕКТ

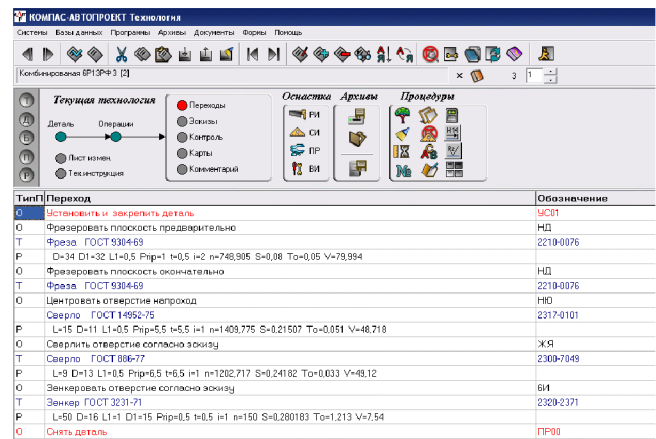
Крок 1. Реєстрація деталі у модулі АВТОПРОЕКТ-СПЕЦИФІКАЦІЯ



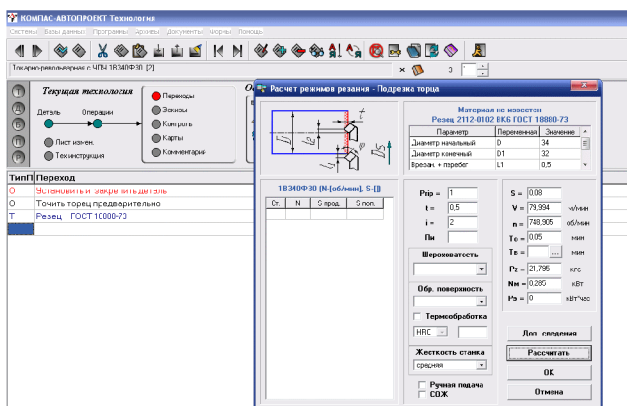
Крок 2. Розробка операцій ТП механічної обробки



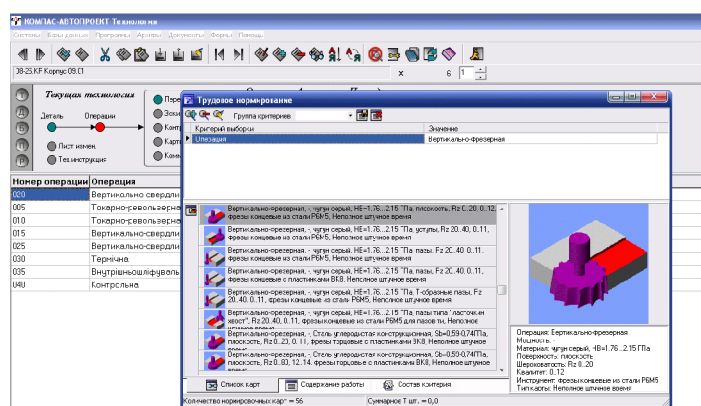
Крок 3. Розробка переходів операцій ТП механічної обробки



Крок 4. Розрахунок режимів різання на



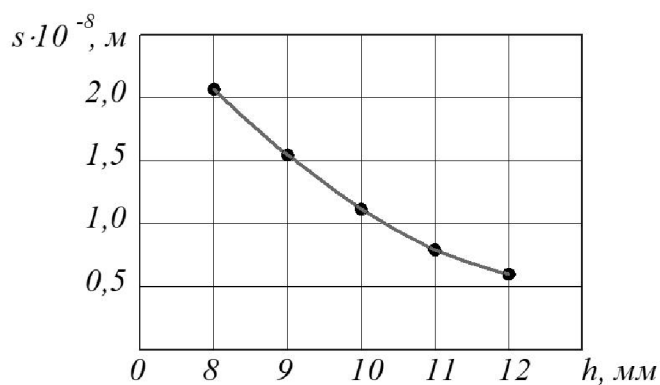
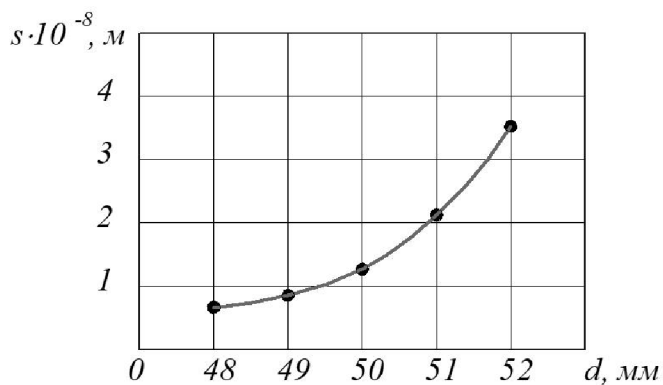
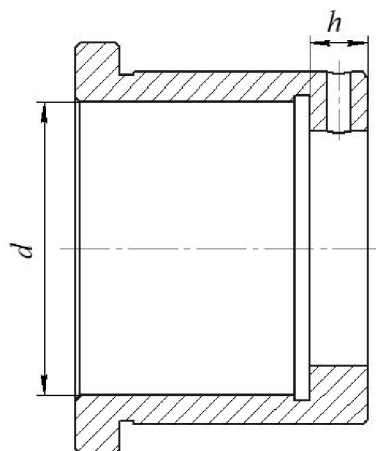
Крок 5. Розрахунок норм часу



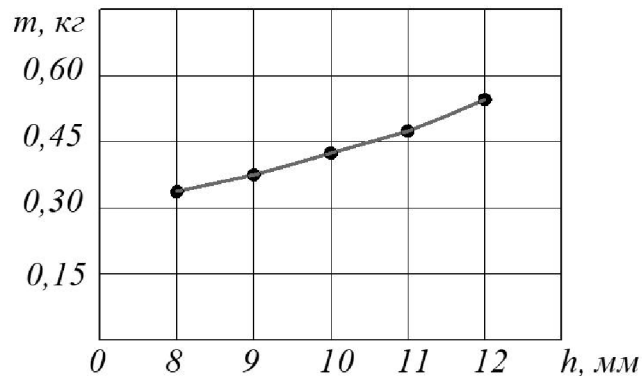
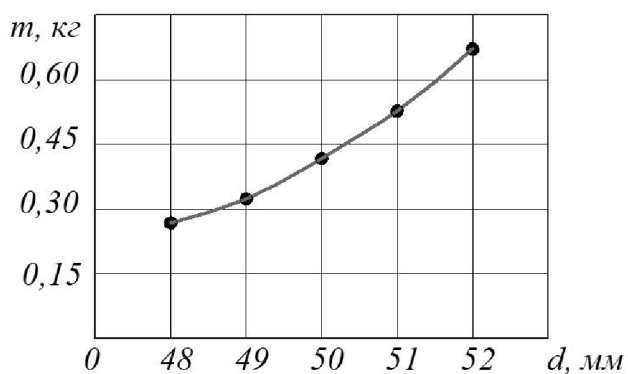
УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ «СТАКАН 74.26»

Діапазон досліджуваних параметрів:

- діаметр внутрішньої циліндричної поверхні $d = 48 \dots 52$ мм;
- ширина стінки $h = 8 \dots 12$ мм.



Залежності величини деформації деталі s від її конструктивних параметрів



Залежності маси деталі s від її конструктивних параметрів

Наявні конструктивні параметри деталі: $h = 10$ мм, $d = 50$ мм

Рекомендовані конструктивні параметри деталі: $h = 9$ мм, $d = 49$ мм

Додаток В

ТЕХНОЛОГІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ

Дубл.													
Взам.													
Подл.													

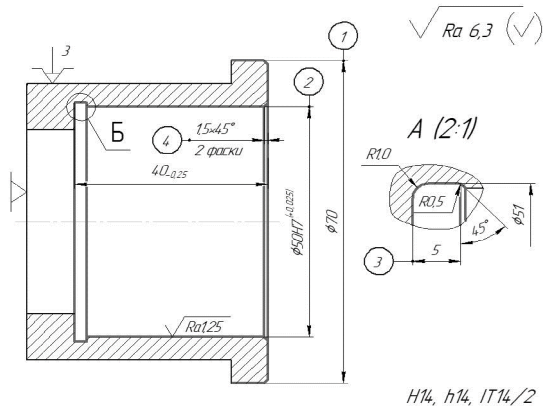
2 1

Разраб.	Сторожук М.С.												
Перевірів	Петров О.В.												
Н.контр.													005

ВНТУ

08-26.МКР.019.00.000

Стакан 74.26



H14, h14, IT14/2

Наименование операции				Материал			
Токарно-револьверна з ЧПК				Сталь 45Л ГОСТ 1050-88			
Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИД		
	к2	4,18					
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы			
1B340Ф30							
То	Тв	Тпз	Тшт.	СОЖ			

Р		ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V
001	Установить деталь								
002	Точить торец согласно эскизу						0,009	0	
T03	ПИ.PDINL2525M15 Резец ТУ 2-035-892-82								
P04			70		0,5	1	0,1078	509,209	111,981
005	Точить поверхность предварительно						0,452	0	
T06	ПИ.PDINL2525M15 Резец ТУ 2-035-892-82								
P07			52,4	40	0,5	1	0,1078	830,814	136,768
008	Точить поверхность окончательно						0,452	0	
T09	ПИ.PDINL2525M15 Резец ТУ 2-035-892-82								
P10			51,2	40	0,5	1	0,1078	830,814	133,636

OK Операционная карта

Дубл.													
Взам.													
Подл.													

													2
								08-26.МКР.019.00.000					005

Р	ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V				
О01	Точить канавки согласно эскизу							0,096	0			
Т02	РИ.2136-0701 Резец ГОСТ 18875-73											
Р03		51		0,5	1	0,07345	498,413	79,856				
О04	Точить фаски согласно эскизу							0,169	0			
Т05	РИ.2136-0705 Резец ГОСТ 18875-73											
Р06		70		1,5	1	2	1,017	34,902	7,675			
О07	Снять деталь											
08												
09												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												

OK

Операционная карта

Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			

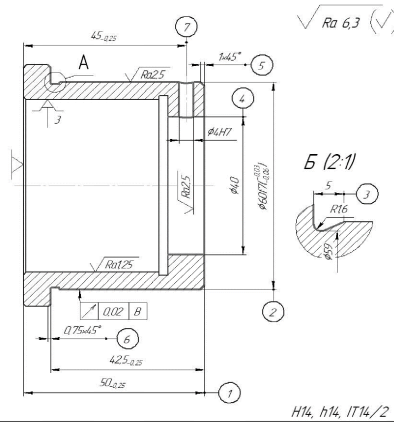
3 1

Разраб.	Сторожук М.С.																		
Перевірів	Петров О.В.																		
Н.контр.																			010

ВНТУ

08-26.МКР.019.00.000

Стакан 74.26



Наименование операции

Материал

Багатоцільова з ЧПК

Сталь 45Л ГОСТ 1050-88

Твердость

ЕВ

МД

Профиль и размеры

МЗ

КОИД

кг

4,18

Оборудование, устройство ЧПУ

Обозначение программы

1П420ПФ40

То

Тв

Тпз

Тшт.

СОЖ

Р		ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V
001	Установить деталь								
002	Точить торец согласно эскизу						0,009	0	
T03	ПИ.PDINL2525M15 Резец ТУ 2-035-892-82								
P04			65		0,5	1	0,1078	509,209	103,982
005	Точить поверхность предварительно						0,48	0	
T06	ПИ.PDINL2525M15 Резец ТУ 2-035-892-82								
P07			62,2	42,5	0,5	1	0,1078	830,814	162,347
008	Точить поверхность предварительно						0,48	0	
T09	ПИ.PDINL2525M15 Резец ТУ 2-035-892-82								
P10			60,8	42,5	0,5	1	0,1078	830,814	158,693

OK

Операционная карта

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

										2
										010

08-26.МКР.019.00.000

010

Р				ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V	
	001	Точить канавку согласно эскизу										0,122
T02	РИ.2136-0706 Резец ГОСТ 18875-73											
P03				60		1	1	0,113		152,694	28,782	
O04	Точить поверхность окончательно										0,48	0
T05	РИ.PDINL2525M15 Резец ТУ 2-035-892-82											
P06				60	42,5	0,5	1	0,1078		830,814	156,605	
O07	Точить поверхность согласно эскизу										0,117	0
T08	РИ.PDINL2525M15 Резец ТУ 2-035-892-82											
P09				40	10	0,5	1	0,1078		830,814	104,403	
O10	Точить фаску согласно эскизу										0,038	0
T11	РИ.2136-0710 Резец ГОСТ 18875-73											
P12				60	1	1	1	1,017		51,502	9,708	
O13	Точить фаску согласно эскизу										0,038	0
T14	РИ.2136-0710 Резец ГОСТ 18875-73											
P15				70	1	1	1	1,017		51,502	11,326	
O16	Центровать отверстие согласно эскизу										0	0
T17	РИ.2317-0003 Сверло ГОСТ 14952-75											
P18							1	1				

OK

Операционная карта

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

																				3			
																	08-26.МКР.019.00.000						010

Р	ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V	
О01	<i>Сверлить отверстие сквозное согласно эскизу</i>							0,028	0
Т02	<i>РИ.2300-6948 Сверло ГОСТ 886-77</i>								
Р03	4	10	2	1	0,10593	3685,78	46,317		
О04	<i>Развернуть отверстие сквозное согласно эскизу</i>							0,138	0
Т05	<i>РИ.2363-0717 Развертка ГОСТ 11172-70</i>								
Р06	4	10	0,05	1	0,158895	501,338	6,3		
О07	<i>Снять деталь</i>								
08									
09									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

										1	1
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	---

Разраб.	Сторожук М.С.										
Перевірів	Петров О.В.										

				ВНТУ	08-26.МКР.019.00.000							
				Стакан 74.26								020

 <p style="text-align: center;">$\sqrt{Ra\ 1,25}$ (✓)</p> <p style="text-align: center;">$H14, h14, IT14/2$</p>				Наименование операции				Материал			
				Внутрішньошліфувальна				Сталь 45Л ГОСТ 1050-88			
				Твердость		ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД
						кг	4,18				
				Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы			
				3К227В							
То	Тв	Тпз	Тшт.	СОЖ							

Р		ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V
001	Установить и закрепить деталь								
002	Шлифовать поверхность согласно эскизу							2,396	0
Т03	РИ.1 150x25x32 24А 40-П СТ К 35м/с А 1кл. Круг ГОСТ 2424-83								
Р04		50	35			0,005	238,732	37,5	
Р05						0,005			
006	Снять деталь								
07									
08									
09									
10									

OK

Операционная карта

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

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

Разраб.	Сторожук М.С.			ВНТУ	08-26.МКР.019.00.000							
Перевірів	Петров О.В.											

Н.контр.	Стакан 74.26												
----------	--------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа								
						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.
Б	Код, наименование оборудования													
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение, код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.

A01	005 4111 Токарно-револьверна з ЧПК												
T02	Резец PDINL2525M15 ТУ 2-035-892-82												
T03	Резец PDINL2525M15 ТУ 2-035-892-82												
T03	Резец PDINL2525M15 ТУ 2-035-892-82												
T04	Резец 2136-0701 ГОСТ 18875-73												
T05	Резец 2136-0705 ГОСТ 18875-73												
06													
A07	010 4111 Багатоцільова з ЧПК												
T08	Резец PDINL2525M15 ТУ 2-035-892-82												
T09	Резец PDINL2525M15 ТУ 2-035-892-82												
T10	Резец PDINL2525M15 ТУ 2-035-892-82												
T11	Резец 2136-0706 ГОСТ 18875-73												
T12	Резец PDINL2525M15 ТУ 2-035-892-82												
T13	Резец PDINL2525M15 ТУ 2-035-892-82												
T14	Резец 2136-0710 ГОСТ 18875-73												
T15	Резец 2136-0710 ГОСТ 18875-73												
T16	Сверло 2317-0003 ГОСТ 14952-75												

МК/ВО	Ведомость оснастки											
--------------	---------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				
																		2		
												08-26.МКР.019.00.000								
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции							Обозначение документа								
Б	Код, наименование оборудования							СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.		
К/М	Наименование детали, сб.единицы или материала							Обозначение, код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.				
T01	<i>Сверло 2300-6948 ГОСТ 886-77</i>																			
T02	<i>Развертка 2363-0717 ГОСТ 11172-70</i>																			
03																				
A04	<i>020 4132 Внутрішньошліфувальна</i>																			
T05	<i>Круг 1 150x25x32 24А 40-П СТ К 35м/с А 1кл. ГОСТ 2424-83</i>																			
06																				
07																				
08																				
09																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
МК/ВО		Ведомость оснастки																		

Додаток Г

ПРОГРАМА ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «СТАКАН 74.26»
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-56.29 Y-32.5 Z50. B0 C0 F BLK8

MW_MACHMOVE RAPID X-56.29 Y-32.5 Z1. B0 C0 F BLK8

MW_MACHMOVE FEED X-56.29 Y-32.5 Z-3. B0 C0 F1 BLK8

MW_MACHMOVE RAPID X-56.29 Y-32.5 Z50. B0 C0 F BLK8

MW_MACHMOVE RAPID X0. Y-65. Z50. B0 C0 F BLK9

MW_MACHMOVE RAPID X0. Y-65. Z1. B0 C0 F BLK9

MW_MACHMOVE FEED X0. Y-65. Z-3. B0 C0 F1 BLK9

MW_MACHMOVE RAPID X0. Y-65. Z50. B0 C0 F BLK9

MW_MACHMOVE RAPID X56.29 Y-32.5 Z50. B0 C0 F BLK10

MW_MACHMOVE RAPID X56.29 Y-32.5 Z1. B0 C0 F BLK10

MW_MACHMOVE FEED X56.29 Y-32.5 Z-3. B0 C0 F1 BLK10

MW_MACHMOVE RAPID X56.29 Y-32.5 Z50. B0 C0 F BLK10

MW_MACHMOVE RAPID X56.29 Y32.5 Z50. B0 C0 F BLK11

MW_MACHMOVE RAPID X56.29 Y32.5 Z1. B0 C0 F BLK11

MW_MACHMOVE FEED X56.29 Y32.5 Z-3. B0 C0 F1 BLK11

MW_MACHMOVE RAPID X56.29 Y32.5 Z50. B0 C0 F BLK11

MW_MACHMOVE RAPID X0. Y65. Z50. B0 C0 F BLK12

MW_MACHMOVE RAPID X0. Y65. Z1. B0 C0 F BLK12

MW_MACHMOVE FEED X0. Y65. Z-3. B0 C0 F1 BLK12

MW_MACHMOVE RAPID X0. Y65. Z50. B0 C0 F BLK12

MW_MACHMOVE RAPID X-56.29 Y32.5 Z50. B0 C0 F BLK13

MW_MACHMOVE RAPID X-56.29 Y32.5 Z1. B0 C0 F BLK13

MW_MACHMOVE FEED X-56.29 Y32.5 Z-3. B0 C0 F1 BLK13

MW_MACHMOVE RAPID X-56.29 Y32.5 Z50. B0 C0 F BLK13

MW_OP_END

MW_OP_START

MW_OP_NUMBER 1

MW_OP_COMMENT "No Text"

MW_TOOL_NUMBER 1

MW_TOOL_COMMENT "DRILL6.0"
MW_TOOL_HLD_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_ARB_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_DEF_APT 6.000000 1. 50. 0.000000 0
MW_TOOL_PROFILE_CHORDAL_TOL 0.1
MW_TOOL_LEN_COMPENSATION 50
MW_MACHMOVE RAPID X-56.29 Y-32.5 Z50. B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X-56.29 Y-32.5 Z1. B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE FEED X-56.29 Y-32.5 Z-7.8026 B0 C0 F0 BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X-56.29 Y-32.5 Z50. B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X0. Y-65. Z50. B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X0. Y-65. Z1. B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE FEED X0. Y-65. Z-7.8026 B0 C0 F0 BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X0. Y-65. Z50. B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X56.29 Y-32.5 Z50. B0 C0 F BLK10
MW_MACHMOVE RAPID X56.29 Y-32.5 Z1. B0 C0 F BLK10
MW_MACHMOVE FEED X56.29 Y-32.5 Z-7.8026 B0 C0 F0 BLK10
MW_MACHMOVE RAPID X56.29 Y-32.5 Z50. B0 C0 F BLK10
MW_MACHMOVE RAPID X56.29 Y32.5 Z50. B0 C0 F BLK11
MW_MACHMOVE RAPID X56.29 Y32.5 Z1. B0 C0 F BLK11
MW_MACHMOVE FEED X56.29 Y32.5 Z-7.8026 B0 C0 F0 BLK11
MW_MACHMOVE RAPID X56.29 Y32.5 Z50. B0 C0 F BLK11
MW_MACHMOVE RAPID X0. Y65. Z50. B0 C0 F BLK12
MW_MACHMOVE RAPID X0. Y65. Z1. B0 C0 F BLK12
MW_MACHMOVE FEED X0. Y65. Z-7.8026 B0 C0 F0 BLK12
MW_MACHMOVE RAPID X0. Y65. Z50. B0 C0 F BLK12
MW_MACHMOVE RAPID X-56.29 Y32.5 Z50. B0 C0 F BLK13
MW_MACHMOVE RAPID X-56.29 Y32.5 Z1. B0 C0 F BLK13
MW_MACHMOVE FEED X-56.29 Y32.5 Z-7.8026 B0 C0 F0 BLK13
MW_MACHMOVE RAPID X-56.29 Y32.5 Z50. B0 C0 F BLK13
MW_OP_END

MW_OP_START
MW_OP_NUMBER 2
MW_OP_COMMENT "No Text"
MW_TOOL_NUMBER 2
MW_TOOL_COMMENT "REAMER7"
MW_TOOL_HLD_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_ARB_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_DEF_APT 7.000000 25. 30. 0.000000 0
MW_TOOL_PROFILE_CHORDAL_TOL 0.1
MW_TOOL_LEN_COMPENSATION 30

MW_MACHMOVE RAPID X-56.29 Y-32.5 Z50. B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X-56.29 Y-32.5 Z1. B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE FEED X-56.29 Y-32.5 Z-6. B0 C0 F0 BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X-56.29 Y-32.5 Z50. B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X0. Y-65. Z50. B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X0. Y-65. Z1. B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE FEED X0. Y-65. Z-6. B0 C0 F0 BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X0. Y-65. Z50. B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X56.29 Y-32.5 Z50. B0 C0 F BLK10
MW_MACHMOVE RAPID X56.29 Y-32.5 Z1. B0 C0 F BLK10
MW_MACHMOVE FEED X56.29 Y-32.5 Z-6. B0 C0 F0 BLK10
MW_MACHMOVE RAPID X56.29 Y-32.5 Z50. B0 C0 F BLK10
MW_MACHMOVE RAPID X56.29 Y32.5 Z50. B0 C0 F BLK11
MW_MACHMOVE RAPID X56.29 Y32.5 Z1. B0 C0 F BLK11
MW_MACHMOVE FEED X56.29 Y32.5 Z-6. B0 C0 F0 BLK11
MW_MACHMOVE RAPID X56.29 Y32.5 Z50. B0 C0 F BLK11
MW_MACHMOVE RAPID X0. Y65. Z50. B0 C0 F BLK12
MW_MACHMOVE RAPID X0. Y65. Z1. B0 C0 F BLK12
MW_MACHMOVE FEED X0. Y65. Z-6. B0 C0 F0 BLK12
MW_MACHMOVE RAPID X0. Y65. Z50. B0 C0 F BLK12
MW_MACHMOVE RAPID X-56.29 Y32.5 Z50. B0 C0 F BLK13
MW_MACHMOVE RAPID X-56.29 Y32.5 Z1. B0 C0 F BLK13
MW_MACHMOVE FEED X-56.29 Y32.5 Z-6. B0 C0 F0 BLK13
MW_MACHMOVE RAPID X-56.29 Y32.5 Z50. B0 C0 F BLK13
MW_OP_END