

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:

ПРОЕКТУВАННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ  
ДЕТАЛІ «КОРПУС 56.02» З ВИКОРИСТАННЯМ САД/САМ-СИСТЕМ

08-26.МКР.013.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, гр. 1ПМ-18м  
спеціальності 131 –  
«Прикладна механіка»  
Красилюк І.О. \_\_\_\_\_

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

Петров О.В. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. АТМ

Кужель В.П. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

Вінниця ВНТУ – 2019 року



## 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	Руда Л.П., доцент кафедри ЕПВМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Віштак І.В., доцент кафедри БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання «04» жовтня 2019 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	10.10.2019	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	20.10.2019	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	22.10.2019	
4	Розв'язання поставлених задач	28.11.2018	
5	Формулювання висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	02.12.2019	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	02.12.2019	
7	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	02.12.2019	
8	Попередній захист МКР	06.12.2019	
9	Перевірка роботи на плагіат	04.12.2019	
10	Нормоконтроль МКР	11.12.2019	
11	Рецензування МКР	15.12.2019	
12	Захист МКР	19.12.2019	

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Красилюк І.О.

Керівник МКР

\_\_\_\_\_

(підпис)

Петров О.В.

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	5
ABSTRACT.....	6
ВСТУП.....	7
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	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.....	20
1.4 Розробка маршруту механічної обробки.....	29
1.5 Висновки до технологічної частини.....	57
2 ПРОЕКТУВАННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС 56.02».....	58
2.1 Розробка тривимірної моделі деталі.....	58
2.2 Розробка автоматизованого робочого місця механічної обробки.....	63
2.3 Розробка програми обробки деталі на верстаті з ЧПК.....	85
2.4 Висновки до розділу 2.....	
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	91
3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	91
3.2 Прогнозування витрат на розробку нового технічного рішення.....	94
3.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	100
3.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	102
3.5 Висновки до економічної частини.....	106
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	107
4.1 Аналіз умов праці.....	107
4.2 Виробнича санітарія.....	108
4.3 Електробезпека.....	116
4.4 Техніка безпеки.....	117
4.5 Пожежна безпека.....	117
ВИСНОВКИ.....	119
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	120

ДОДАТКИ..... 123

Додаток А. Технічне завдання

Додаток Б. Графічна частина

Додаток В. Програма обробки деталі на верстаті з ЧПК

## АНОТАЦІЯ

У магістерській кваліфікаційній роботі розглядається приклад застосування промислових роботів при обслуговуванні верстатів з ЧПК, що дозволяє виключити участь робітника у виконанні допоміжних операцій та автоматизувати процес механічної обробки.

У технологічній частині проведено аналіз призначення деталі та аналіз технологічності деталі, визначено тип виробництва, спроектовано заготовку, розглянуто технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус 56.02», визначено припуски на механічну обробку та режими різання.

У другому розділі розроблено робоче місце механічної обробки деталі «Корпус 56.02» для виконання токарно-револьверної операції на основі РТК, що виконана за схемою кільцевого типу.

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 is considered an example of the use of industrial robots in the maintenance of CNC machines, which excludes the participation of the worker in the implementation of auxiliary operations and automate the machining process.

In the technological part the analysis of the part's details and the analysis of the machinability of the part has been made, the type of production has been determined, the workpiece has been designed, the technological process of mechanical processing of the part «Corp 56.02» has been considered, the admissions to mechanical processing and cutting modes have been determined.

In the second section a workplace of mechanical processing of the part «Corp 56.02» was developed for carrying out the vertical-drilling operation on the basis of RTC, executed according to the ring type scheme.

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

Одна з актуальних завдань робототехніки - це заміна робочих, зайнятих на допоміжних операціях. Хоча вартість автоматизації допоміжних операцій в 3-4 рази нижче, ніж основних, ступінь їх автоматизації майже вдвічі нижче. В результаті сьогодні близько половини робітників, зайнятих в промисловості, працюють на таких найменш престижних і не вимагають високої кваліфікації ручних операціях. Роботизовані технологічні комплекси (РТК), в яких промислові роботи використовуються на допоміжних операціях з обслуговування основного технологічного устаткування, і самі такі промислові роботи класифікуються по виду основного технологічного процесу або реалізує його основного технологічного устаткування. Основними за призначенням типами таких роботизованих технологічних комплексів є РТК механообробки, штампування, пресування пластмас, гарячого штампування і кування, лиття під тиском, внутрішньоцехового транспорту і цілий ряд інших.

### **Актуальність теми.**

Одна з важливих областей застосування роботів на допоміжних операціях – це обслуговування металорізальних верстатів. Тут промислові роботи виконують найбільш типову допоміжну операцію завантаження-розвантаження обладнання, тобто установки оброблюваної деталі і зняття її після закінчення обробки. Аналогічні операції здійснюють роботи і при обслуговуванні інших видів технологічного обладнання. Є, однак, ще й деякі більш специфічні допоміжні операції, які виконують роботи, такі як мастило пресформ, занурення деталей в рідину, міжопераційний транспортування, штабелювання і так далі. Основним технологічним обладнанням в РТК механообробки є токарні верстати, свердлильні, фрезерні, зубообробні і інші. До технологічного устаткування ставляться такі основні вимоги, це: автоматичний режим роботи; согласуемое його системи управління з системою промислового робота; можливість доступу маніпулятора робота в зону установки деталі на верстаті. Для забезпечення автоматичного режиму роботи РТК в його склад повинні входити пристрої



видалення стружки, змащення й охолодження робочих органів та інструменту, очищення поверхонь базування, засоби контролю якості обробки виробів, магазини з поштучного видачею орієнтованих деталей, пристрої огорожі. Основним типом верстатів для РТК є верстати з числовим програмним управлінням. Внаслідок значного часу обробки на таких технологічних операціях широкого поширення набуло обслуговування одним роботом декількох верстатів. Зазвичай застосовуються верстати з циклових програмним управлінням. Час роботи такого циклу – порядку декількох хвилин. Автоматизація завантаження і вивантаження виробів - процес, що мають значення на будь-якому сучасному виробництві з високою продуктивністю або з великою вагою і габаритами виробів. Так, роботи застосовуються для завантаження заготовок в металообробні верстати, вивантаження готових виробів і укладання їх на відповідні поверхні. Причому досить часто один робот обслуговує відразу кілька машин і працює з різними виробами, що здешевлює інвестиції в подібну автоматизацію і розширює функціонал впроваджуваного робота.

**Зв'язок роботи з державними науковими програмами, планами, темами.** Магістерську роботу виконано відповідно до науково-дослідної тематики кафедри «Технологія та автоматизація машинобудування» (ТАМ) Вінницького національного технічного університету (ВНТУ) згідно з науково-дослідною роботою кафедри №17К2/14 «Розробка, дослідження та покращення характеристик енергоощадних гідроприводів технологічних та мобільних машин» (2014-2016 рр.).

**Метою роботи** є розробка роботизованого технологічного комплексу механічної обробки деталі «Корпус 56.02».

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати такі завдання:

- визначити тип виробництва та рівень технологічності заданої деталі;
- спроектувати конструкцію заготовки;
- виконати проектування типових послідовностей обробки поверхонь заготовки та операційного технологічного процесу виготовлення деталі;

- виконати тривимірну модель деталі у CAD-системі;
- розробити у CAD/CAM-системі програму обробки деталі на обладнанні з ЧПК;
- розрахувати основні параметри функціонування роботизованого технологічного комплексу та вибрати промисловий робот;
- провести розрахунок та аналіз економічної доцільності виготовлення деталі;
- провести аналіз умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

**Об'єкт дослідження** – роботизований технологічний комплекс механічної обробки деталі «Корпус 56.02».

**Предмет дослідження** – технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус 56.02».

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

**Наукова новизна одержаних результатів:**

- отримав подальший розвиток спосіб визначення змісту циклограми функціонування роботизованого технологічного комплексу на підставі раціонального розподілу часу виконання алгоритму основних рухів роботи промислового робота «Циклон 5.02».

**Практичне значення одержаних результатів:**

1. Розроблено заготовку деталі «Корпус 56.02» та технологічний процес механічної обробки її виготовлення, який за умови програми випуску обсягом 4100 шт на рік забезпечує термін окупності вкладених коштів протягом 3,45 років.
2. Розроблено робоче місце механічної обробки деталі «Корпус 56.02» на основі застосування CAD-системи КОМПАС V15 та CAD/CAM-системи Cimatron, а також застосування роботизованого технологічного комплексу на базі робота «Циклон 5.02».
3. Розроблено програму обробки деталі «Корпус 56.02» 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 основних показників кондукторних втулок [28].

**Апробація результатів роботи.** Основні результати роботи розглядались на 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 р., м. Вінниця.

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

## 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

Тип виробництва згідно ГОСТ 31121-84 визначається за коефіцієнтом закріплення операцій:

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

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

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

Вихідними даними для визначення  $K_{з.о.}$ , а значить і типу виробництва, є робоче креслення і річна програма випуску деталі. Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі «Корпус 56.02» і занесені до таблиці 1.1 (розточування отвору, попереднє точіння поверхні, розточування отвору, шліфування отвору та остаточне точіння циліндричної поверхні). Використовуючи формули для наближеного розрахунку основного часу визначено основний час для обраних переходів. Наприклад для розточування отвору отримаємо:

$$T_{осн} = 0,2 \cdot 90 \cdot 43 \cdot 0,001 = 0,77 \text{ (хв)}.$$

Згідно рекомендацій наближено визначено тип виробництва, як серійний і відповідно обравши коефіцієнт розраховано штучно-калькуляційний час для всіх переходів, за формулою:

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

Для кожного з обраних переходів механічної обробки розрахована необхідна кількість верстатів:

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

де  $N$  – річна програма випуску деталі «Корпус 56.02», 3200 шт.;

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

$F_{\partial}$  – дійсний фонд роботи обладнання ( $F_{\partial} = 2030$  год.);

$\eta_{з.п.}$  – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання (при серійному виробництві, дорівнює 0,8).

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

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.

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

$$O_i = \frac{\eta_{з.п.}}{\eta_{з.ф.i}}, \quad (1.5)$$

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

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

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

$$\Sigma O_i = 40 + 8,9 + 53 + 80 + 10 = 191,9.$$

Таблиця 1.1 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

№ ПП	Зміст технологічних переходів	Формула для розрахунку $T_{осн} \cdot 10^{-3}$ хв	Параметри обробки, мм	$T_{осн}$ , хв	$\Phi_k$	$T_{шт.к.}$ , хв	$m_p$	P	$\eta_{з.ф.}$	O	$K_{з.о.}$
1	Розточування отвору	$0,2dl$	$D=65; I=63$	0,82	1,35	1,1	0,02	1	0,02	40	
2	Попереднє точіння поверхні	$0,22dl$	$D=122; I=167$	4,48	1,35	6,05	0,09	1	0,09	8,9	
3	Розточування отвору	$0,2dl$	$D=90; I=43$	0,77	1,35	1,05	0,015	1	0,015	53	38,38
4	Шліфування отвору	$2,5dl$	$D=155; I=90$	0,362	1,7	0,36	0,01	1	0,01	80	
5	Остаточне точіння поверхні	$0,19dl$	$D=122; I=167$	3,87	1,35	5,2	0,075	1	0,075	10	

Сумарна кількість прийнятих верстатів чотири, відповідно коефіцієнт закріплення  $K_{з.о.}$ :

$$K_{з.о.}=191,9/5=38,38$$

Всі розрахункові дані занесені до таблиці 1.1.

Згідно отриманого коефіцієнта закріплення операцій тип виробництва – дрібносерійне, що відповідає типу виробництва визначеного наближеним способом (за масою і програмою випуску деталей за рік).

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  $N_d$  менше  $Q_d$ , то поточкову лінію використовувати недоцільно.

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

де 254 кількість робочих днів в року;

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

де  $T_{шт-ксер}$  – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.;

$\eta_з$  – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

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

де  $T_{шт-к_i}$  - штучно-калькуляційний час виконання  $i$ -го переходу, хв.;

$\Sigma n_i$  – сумарна кількість виконуваних переходів.

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{шт-к_i} = (1,1 + 6,05 + 1,05 + 0,36 + 5,22) / 5 = 2,756 \text{ (хв)}.$$

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_d = \frac{2030}{2,756 \cdot 0,8} = 920,7 \text{ (шт)}.$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_d = \frac{3200}{254} = 12,6 \text{ (шт)}.$$

Оскільки потрібний добовий випуск виробів значно менший добової продуктивності лінії то відповідно обираємо групову форму організації роботи. Відповідно необхідно визначити кількість деталей в партії для одночасного запуску:

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

де  $a$  – періодичний запуск деталей на обробку, в днях (6 днів).

$$n = \frac{3200 \cdot 12}{254} = 151,5 \text{ (шт)}.$$

Отже тип виробництва – середньосерійний, форма організації робіт – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 152 шт.



## 1.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі

Деталь «Корпус 56.02» (рис. 1.1) служить напрямною та фланцем в складі вузла обладнання для переробки продуктів хімічної промисловості. Випускається в умовах серійного виробництва. В деталі немає необхідності спрощувати її конструкцію, оскільки вона не має важкооброблюваних місць для обробки чи експлуатації.

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

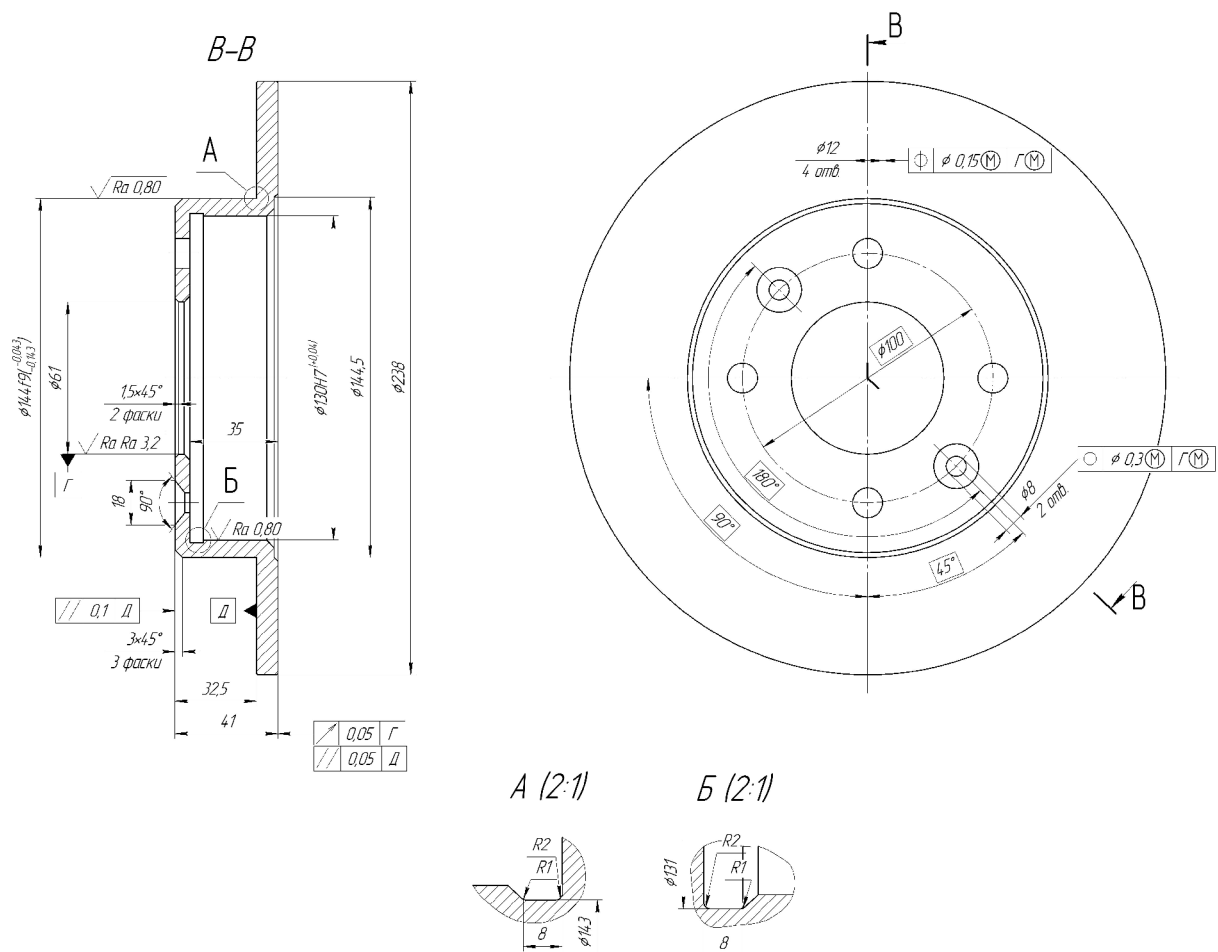


Рисунок 1.1 – Деталь «Корпус 56.02»

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 вимірвальними інструментами.

Для базування можна використовувати наступні поверхні: торці від  $\varnothing 144f9$ ,  $\varnothing 238$ . Введення штучних технологічних баз не потрібно.

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

Якісний аналіз.

Деталь «Корпус 56.02» відносно не складної форми. Матеріал деталі – Сталь 45Л ГОСТ 977-88.

В цілому деталь не містить важкодоступних для обробки місць, крім канавок під вихід шліфувального круга. Деталь містить досить точну поверхню  $\varnothing 130H7$ ,  $\varnothing 144f9$ , інші поверхні мають точність не вище 10 квалітету точності. На технічному кресленні деталі вказані вимоги взаємного розташування поверхонь. Зокрема допуски паралельності торців, торцевого биття, вимоги позиційних допусків отворів деталі. Ескіз деталі показано на рисунку 1.1.

Деталь «Корпус 56.02» має зручні технологічні бази, в якості яких можуть використовуватися зовнішня циліндрична поверхня та торець, а також циліндрична поверхня  $\varnothing 144$  та протилежний торець.

Більшість поверхонь не мають підвищених вимог за шорсткістю, максимальний показник 0,08 вказаний на поверхнях  $\varnothing 130$  – 7 квалітет та  $\varnothing 144$  – 9 квалітет. Інші поверхні переважно мають висоту мікро нерівностей 6,3 мм.

Заготовка отримується литтям, оскільки даний матеріал має відносно відмінні ливарні властивості. Вибір найбільш економічно доцільного способу отримання заготовки можна зробити лише в результаті їх техніко-економічного

порівняння. В цілому деталь не має важкодоступних для механічної обробки місць, дозволяє використовувати високопродуктивні методи обробки.

Кількісний аналіз.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів, уніфіковані розміри наведені в таблицях 1.2-1.3:

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

де  $Q_{ye}$  – кількість уніфікованих елементів в конструкції деталі,

$Q_e$  – загальна кількість елементів.

Таблиця 1.2 – Лінійні розміри

Лінійний розмір	41	32	35	3	1,5	8	8	
Уніфікований розмір	–	+	–	+	+	+	+	
Діаметральний розмір	Ø8	Ø12	Ø18	Ø61	Ø100	R1	R2	
Уніфікований розмір	+	+	+	–	+	+	+	
Лінійний розмір	Ø130	Ø131	Ø143	Ø144	Ø145	Ø238		
Уніфікований розмір	+	–	–	–	–	–		
Кількість лінійних розмірів	7			Кількість уніфікованих розмірів				5
Кількість діаметральних розмірів	13			Кількість уніфікованих розмірів				7

Таблиця 2.2 – Коефіцієнт уніфікації

Розміри						Шорсткість	
Лінійні та діаметральні		Кутові		Різьби		Заг.	Уніфік.
Заг.	Уніфік.	Заг.	Уніфік.	Заг.	Уніфік.	3	3
20	12	3	3	–	–		
$Q_{ye} = 18$							
$Q_e = 26$							

$$K_y = 18/26 = 0,69 > 0,6 \text{ – отже, деталь технологічна.}$$

Коефіцієнт шорсткості.

Параметри шорсткості наведені в таблиці 1.4.

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}}, \quad (1.11)$$

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_s}{\sum n_s}, \text{ [мкм]} \quad (1.12)$$

де  $Ш_{cp}$  – середня шорсткість деталі,

$Ш_i$  – шорсткість  $i$ -ї поверхні деталі,

$n_s$  – кількість поверхонь.

Таблиця 1.4 – Параметри шорсткості поверхонь

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
0,08	2	$0,08 \cdot 2 = 0,16$
3,2	2	$3,2 \cdot 1 = 3,2$
6,3	9	$6,3 \cdot 9 = 56,7$
Всього:	12	60,06

$$Ш_{cp} = \frac{60,06}{12} = 5,005, \quad K_{ш} = \frac{1}{5,005} = 0,1999.$$

При  $K_{ш} < 0,32$  деталі відносяться до технологічних.

Коефіцієнт точності.

Таблиця 1.5 – Параметри точності поверхонь

Квалітет	Кількість розмірів	Розрахунок
7	∅130H7	$7 \cdot 1 = 7$
9	∅144f9	$9 \cdot 1 = 9$
14	18	$14 \cdot 18 = 252$
Всього	20	268

$$T_{cp} = T_i \cdot n_i / n, \quad (1.13)$$

$$K_T = 1 - (1/T_{cp}), \quad (1.14)$$

де  $T_{cp}$  – середня точність деталі,  
 $T_i$  – точність  $i$ -ї поверхні деталі,  
 $n_i$  – кількість  $i$ -х поверхонь,  
 $n$  – загальна кількість поверхонь.

$$T_{cp} = 252/20 = 12,6;$$

$$K_T = 1 - (1/12,6) = 0,92.$$

При  $K_T > 0,8$  деталі відносяться до технологічних.

Висновки: отже, визначено, що за коефіцієнтами уніфікації, точності та шорсткості деталь «Корпус 26.05» є технологічна, тобто при обробці даної деталі не виникатиме технологічних ускладнень.

### 1.3 Вибір способу виготовлення заготовки

#### 1.3.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Тип серійності виробництва на даному етапі може бути визначений згідно рекомендацій [1]:

Програма випуску деталей  $N = 3200$  шт.

Маса деталі  $m = 2,7$  кг.

Згідно [1] за заданою річною програмою випуску деталей та масою деталі, встановлюємо, що тип виробництва – середньосерійний.

Орієнтуючись на робоче креслення деталі, масу та серійність виробництва, керуючись рекомендаціями [3] встановлюємо метод одержання заготовки – лиття, так як деталь виготовляється з матеріалу Сталь 45Л ГОСТ 977-88.

З можливих способів одержання заготовки вибрано два – це лиття в облицьований кокіль та лиття в оболонкові форми.

### 1.3.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів 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.

Таблиця 1.6 – Коефіцієнти виготовлення заготовок

Вихідні дані	Лиття в облицьований кокіль		Лиття в оболонкові форми	
	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності	7т-11	9т	8-13т	10
Ступінь жолоблення елементів виливка	4-7	6	6-9	8
Ступінь точності поверхні виливка	8-14	11	8-14	12
Шорсткість поверхонь виливка	20	20	25	25
Клас точності маси	5-13т	9т	6-13т	9
Ряд припусків	4-7	5	4-7	6

Клас розмірної точності виливка призначаємо враховуючи спосіб лиття, найбільший габаритний розмір виливка (238 мм), тип матеріалу – Сталь 45Л:

- при литті в облицьований кокіль:  $7т - 11$ ;
- в оболонкові форми:  $8 - 13т$ .

Ступінь жолоблення елементів виливка призначаємо згідно відношення найменшого розміру елемента виливка до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента виливка). Найбільший розмір – 238 мм, найменший – 6 мм, отже, відношення –  $6/238 = 0,025$ :

- 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 (238 мм) і матеріал – Сталь 45Л:

- при литті в облицьований кокіль: 8 – 14;

- в оболонкові форми: 8 – 14 .

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

- при литті в облицьований кокіль: 20 мкм ;

- в оболонкові форми: 25 мкм .

Клас точності маси виливка призначаємо, враховуючи спосіб лиття, номінальну масу виливка (вибираємо коефіцієнт використання матеріалу для лиття в облицьований кокіль  $\gamma = 0,75$ , а для лиття в оболонкові форми  $\gamma = 0,9$ , маса деталі  $Q_{дет} = 2,7$  кг, тоді маси заготовки будуть відповідно  $Q_{заг} = 0,2,97$  кг і  $Q_{заг} = 3,37$  кг. Від 1 до 10 кг для обох способів і тип матеріалу Сталь 45Л.

- при литті в облицьований кокіль: 5 – 13т ;

- в оболонкові форми: 6 – 13.

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.

Таблиця 1.7 – Лиття в облицьований кокіль

Лиття в облицьований кокіль								
Розрахункові розміри	Ø238 <sup>-1,15</sup>	Ø144f9 <sup>-0,143</sup>	Ø130H7 <sup>+0,04</sup>	Ø61 <sup>+0,74</sup>	Ø12 <sup>+0,43</sup>	41 <sup>-0,62</sup>	35 <sup>-0,62</sup>	32 <sup>-0,62</sup>
Допуски								
Розмірів	2,2	2,0	2,0	1,6	1,1	1,6	1,4	1,4
Форми чи розміщення	0,8	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Зміщення по площині роз'єму	1,0	–	–	–	–	1,0	1,0	1,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Зміщення через перекіс стержня	–	–	0,64	0,64	0,64	–	–	–
Допуски маси 12%								
Допуски нерівностей 0,5								
Загальний допуск	2,8	2,2	2,2	1,8	1,4	1,8	1,8	1,8
Припуски								
Припуск мінімальний 0,5								
Припуск загальний	2,2	3,4	3,4	1,7	1,6	1,7	1,7	1,7
Кількість переходів механічної обробки								
По точності розмірів	1	4	4	1	1	1	1	1
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	1	4	4	1	1	1	1	1
Прийнята кількість переходів	1	4	4	1	1	1	1	1
Розміри заготовки	Ø242,4	Ø150,8	Ø123,6	Ø57,6	Ø8,8	42,7	33,3	33,7

Таблиця 1.8 – Лиття в оболонкові форми

Лиття в оболонкові форми								
Розрахункові розміри	Ø238 <sup>-1,15</sup>	Ø144f9 <sup>-0,143</sup>	Ø130H7 <sup>+0,04</sup>	Ø61 <sup>+0,74</sup>	Ø12 <sup>+0,43</sup>	41 <sup>-0,62</sup>	35 <sup>-0,62</sup>	32 <sup>-0,62</sup>
Допуски								
Розмірів	3,6	3,2	3,2	2,4	1,8	2,4	2,2	2,2
Форми чи розміщення	1,2	0,8	0,8	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
Зміщення по площині роз'єму	1,6	–	–	–	–	1,6	1,6	1,6
Зміщення через перекіс стержня	–	–	1,0	1,0	1,0	–	–	–
Допуски маси 10								
Допуски нерівностей 0,64								



Продовження таблиці 1.8

Лиття в оболонкові форми								
Розрахункові розміри	Ø238 <sup>-1,15</sup>	Ø144f9 <sup>0,143</sup>	Ø130H7 <sup>+0,04</sup>	Ø61 <sup>+0,74</sup>	Ø12 <sup>+0,43</sup>	41 <sup>-0,62</sup>	35 <sup>-0,62</sup>	32 <sup>-0,62</sup>
Загальний допуск	4,4	3,2	3,2	2,8	2,2	2,8	2,8	2,8
Припуски								
Припуск мінімальний	0,6							
Припуск загальний	3	4,3	4,3	2,5	2,1	2,5	2,5	2,5
Кількість переходів механічної обробки								
По точності розмірів	1	4	4	1	1	1	1	1
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	1	4	4	1	1	1	1	1
Прийнята кількість переходів	1	4	4	1	1	1	1	1
Розміри заготовки	Ø244	Ø152,6	Ø121,4	Ø55	Ø7,8	43,5	32,5	34,5

Допуск розмірів, враховуючи клас розмірної точності (лиття в облицьований кокіль – 9т, лиття в оболонкові форми – 10) і номінальний розмір на який призначаємо допуск.

Допуск форми і розміщення – враховуючи ступінь жолоблення (лиття в облицьований кокіль – 6, в оболонкові форми – 8) і номінальний розмір нормованої ділянки.

Допуск нерівностей – враховуємо ступінь точності поверхні вилівка (лиття в облицьований кокіль – 11, в оболонкові форми – 12).

Допуск маси – залежно від класу точності маси вилівка (лиття в облицьований кокіль – 9т, в оболонкові форми – 9) і номінальної маси вилівка.

Допуск зміщення площини роз'єму – вибирається на рівні класу розмірної точності вилівка за номінальним розміром найбільш тонкої із стінок вилівка, що виходить на лінію роз'єднання півформ або перетинаючи її. При литті в облицьований кокіль і литті в оболонкові форми це зміщення буде впливати на діаметральний розмір Ø238, 41, 35,32 враховуючи клас розмірної точності вилівка по номінальному розміру найбільш тонкої зі стінок вилівка, 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 вилівка, які формуються за участю стержня.

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

Вибір припусків.

Мінімальний припуск призначаємо залежно від ряду припусків [11]: при литті в облицьований кокіль мінімальний припуск (для ряду припусків 5) становить  $0,5$  мм; при литті в оболонкові форми (для ряду припусків 6) –  $0,64$  мм.

Загальний припуск на механічну обробку назначають для ліквідації похибки розмірів, форми і розміщення, нерівностей і дефектів оброблюваної поверхні, що формуються при виготовленні вилівка і послідовних переходів її обробки з метою підвищення точності оброблюваного елемента вилівка. 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.

У таблицях 1.7 та 1.8 представлені загальні припуски на розміри заготовки, та самі розміри заготовки з врахуванням припусків.

Мінімальний діаметр отворів, що виконуються литтям, вибирають так, щоб уникнути сильного перегрівання і пригорання стержня до стінок отвору. Вихідний діаметр вибирається в залежності від матеріалу вилівку – сталь 45Л  $d_0 = 10$  мм. Тому на отвір  $\varnothing 6$  призначаємо напуск, який потім видаляємо механічною обробкою.

### 1.3.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки

Відповідно до отриманих розмірів (табл. 1.7 та 1.8) заготовки побудуємо ескізи заготовок для двох способів виготовлення (рис. 1.2-1.3).

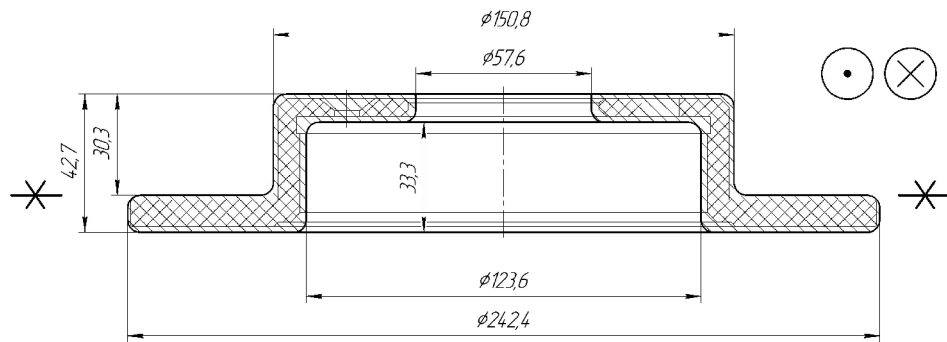


Рисунок 1.2 – Ескіз заготовки, отриманої литтям в облицьований кокіль

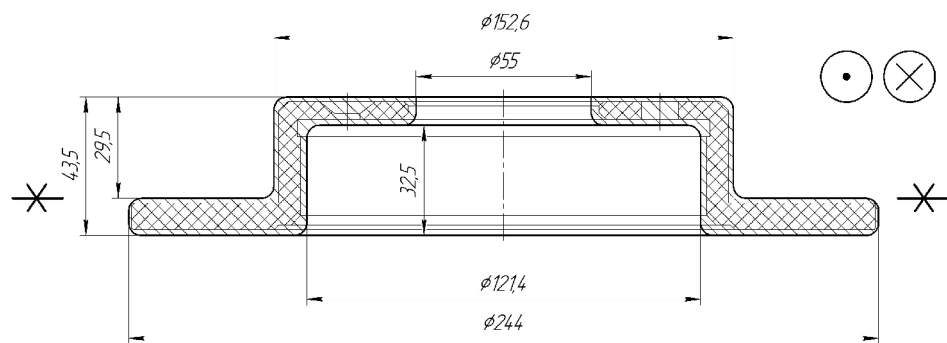


Рисунок 1.3 – Ескіз заготовки, отриманої литтям в оболонковій формі

Призначення технічних вимог на заготовки.

Технічні вимоги для заготовки, отриманої литтям в облицьований кокіль:

1. Точність вилівка 9т – 6 – 11 – 9т Зм. 0,8 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 2,7 – 3,4 – 0,5 – 3,15 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані ливарні радіуси 4 мм.

Технічні вимоги для заготовки, отриманої литтям в оболонковій формі:

1. Точність вилівка 10 – 8 – 12 – 9 Зм. 1,2 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 2,7 – 4,3 – 0,64 – 3,31 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані ливарні радіуси 4 мм.

#### 1.3.4 Розрахунок маси і коефіцієнта використання матеріалу заготовки

Масу заготовки визначимо за допомогою тривимірного моделювання заготовки деталі «Корпус 56.02» у САD-системі Компас за розрахованими розмірами. Після побудови тривимірної моделі заготовки скориставшись функцією «МЦХ моделі» визначемо масу заготовки. Вибірково запишемо

інформацію про «МЦХ моделі».

Лиття в облицьований кокіль:

$$\text{Площа} \quad S = 0,01178 \text{ м}^2;$$

$$\text{Об'єм} \quad V = 0,000041 \text{ м}^3;$$

$$\text{Густина} \quad \rho = 7810 \text{ кг/м}^3;$$

$$\text{Маса} \quad Q_{\text{заг}} = 3,15 \text{ кг.}$$

$$\text{Коефіцієнт використання матеріалу заготовки: } \gamma = Q_{\text{дет}} / Q_{\text{заг}} = 2,7 / 3,15 = 0,86.$$

Лиття в оболонкові форми:

$$\text{Площа} \quad S = 0,01205 \text{ м}^2;$$

$$\text{Об'єм} \quad V = 0,000043 \text{ м}^3;$$

$$\text{Густина} \quad \rho = 7810 \text{ кг/м}^3;$$

$$\text{Маса} \quad Q_{\text{заг}} = 3,31 \text{ кг.}$$

$$\text{Коефіцієнт використання матеріалу заготовки: } \gamma = Q_{\text{дет}} / Q_{\text{заг}} = 2,7 / 3,31 = 0,82.$$

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

1.3.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого.

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

Вартість заготовки визначаємо за формулою:

$$C_{\text{заг. лит}} = \frac{Q_{\text{заг}}}{1000} \cdot C_{\text{л}} \cdot K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{С}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{П}} - \frac{(Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}})}{1000} \cdot C_{\text{відх}}, \text{ [грн]} \quad (1.15)$$

де  $C_{\text{л}}$  – базова вартість 1т заготовок, грн, вибираємо згідно [5], враховуючи спосіб одержання литої заготовки;

$K_{\text{Т}}$  – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок, вибираємо згідно [5], враховуємо спосіб лиття, матеріал заготовки і клас розмірної точності;

$K_M$  – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки, вибираємо згідно [5].

Враховуємо спосіб лиття і марку матеріалу;

$K_C$  – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки, вибираємо згідно [5]. 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 [5]. Вибираємо згідно способу лиття, маси вилівка, матеріалу вилівка;

$K_{II}$  – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок, вибираємо згідно [5]. Попередньо визначаємо групу серійності в залежності від способу лиття, маси виливків і об'єму виробництва згідно [5];

$C_{відх}$  – вартість 1 т. відходів, для сталі  $C_{відх} = 240$  грн.

Лиття в облицьований кокіль:

$$C_{заг.лит} = \frac{3,15}{1000} \cdot 22800 \cdot 1 \cdot 1,18 \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 1,15 - \frac{(3,15 - 2,7)}{1000} \cdot 240 = 105,149 \text{ (грн)}.$$

Лиття в оболонковій формі:

$$C_{заг.лит} = \frac{3,31}{1000} \cdot 24400 \cdot 1 \cdot 1,36 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,07 - \frac{(3,31 - 2,7)}{1000} \cdot 240 = 129,134 \text{ (грн)}.$$

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

Таблиця 1.9 – Техніко-економічні показники

Коефіцієнти	Лиття в облицьований кокіль	Лиття в оболонковій формі
$C_L$	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

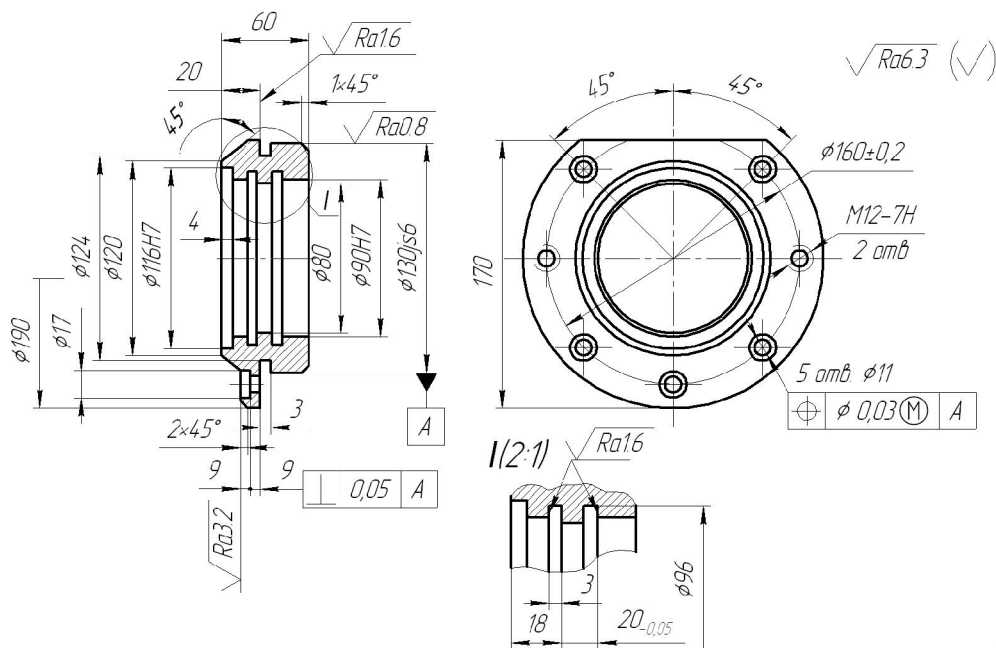
В результаті розрахунків ми виявлено, що коефіцієнт використання матеріалу при литті в оболонкові форми менший ніж при литті в облицьований кокіль і вартість заготовки при литті в облицьований кокіль нижче вартості при литті в оболонкові форми. Виходячи з вище сказаного лиття в облицьований кокіль має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

## 1.4 Розробка маршруту механічної обробки

### 1.4.1 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах заданого типу виробництва

Послідовність переходів залежить від типу виробництва і особливостей деталі. Основними базами більшості деталей типу «Корпус 56.02» є поверхні її фланців, внутрішніх та зовнішніх циліндричних поверхонь.

Відомий маршрут механічної обробки деталі «Стакан» (рис. 1.4).



Невказані граничні відхилення розмірів: валів h14, отворів H14, інші  $\pm \frac{IT14}{2}$

Вид заготовки – виливок.

Матеріал – чавун СЧ20.

Число деталей з заготовки – 1

Рисунок 1.4 – Деталь «Стакан»

В серійному виробництві широко поширені багаторізцеві і токарно-копіювальні верстати, напівавтомати і автомати. Однопрохідна копіювальна і однопрохідна багаторізцева обробка жорстких валів забезпечують точність по 9-11 квалітетам. Багаторізцева обробка може бути ефективніша копіювальної для валів, що мають велику довжину і діаметр і великі перепади діаметрів, так як в повздовжньому супорті можна встановити більшу кількість різців. Однак велике збільшення сил різання може привести до деформації оброблюємої деталі, а це змушує понижувати подачу в порівнянні з подачею при обробці на копіювальному верстаті. Тому в кожному конкретному випадкові при кінцевому виборі методу обробки потрібно приймати до уваги результати розрахунків на точність і економічну доцільність.

В дрібносерійному виробництві економічно доцільним може виявитися використання при обробці ступінчастих зовнішніх циліндричних поверхонь на універсальних токарних верстатах з програмним керуванням. Будучи універсальними, такі верстати допускають обробку по автоматичному циклу, що полегшує багатOVERSTATNE обслуговування, дає можливість проводити швидко і просто переналадку при обробці ступінчастих поверхонь різних розмірів по розробленій завчасно програмі.

1.4.2 Розрахунок кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні  $\varnothing 130H7^{+0,04}$ . Вибір кількості ступенів механічної обробки інших поверхонь з підвищеними вимогами точності. Вибір (з поясненням) способів обробки поверхонь

Вибір способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки отвору  $\varnothing 130H7$ .

Допуск заготовки –  $T_z = 2200$  мкм;

Допуск деталі –  $T_d = 40$  мкм;

Загальне уточнення:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_z}{T_d} = \frac{2200}{40} = 55. \quad (1.16)$$

Для більш спрямованого вибору числа ступенів механічної обробки скористаємося формулою:

$$n = \lg \varepsilon_{\Sigma} / 0,46. \quad (1.17)$$

Тобто підставивши числові значення в даному випадкові отримаємо:

$$n = \lg 55 / 0,46 = 3,783.$$

Отже можна проводити обробку за чотири або три переходи. Для забезпечення необхідної точності обробки приймаємо чотири переходи. Відповідно до рекомендацій приймаємо ступені уточнення на переходи механічної обробки:

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

Допуск розміру деталі:

– після першого переходу  $T_1 = \frac{T_{\text{заг.}}}{\varepsilon_1} = \frac{2200}{5,4} = 407 \text{ мкм ( IT 14 )};$

– після другого переходу  $T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{407}{3,4} = 119,8 \text{ мкм (IT 11)};$

– після третього переходу  $T_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{119,8}{2,3} = 52 \text{ мкм ( IT 8)};$

– після четвертого переходу  $T_4 = \frac{T_3}{\varepsilon_4} = \frac{52}{1,3} = 40 \text{ мкм ( IT 7)}.$



Таблиця 1.10 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Розмір	Загальне уточнення	Кількість ступенів механічної обробки	Допуск	Квалітет	Вид механічної обробки
Ø144f9	$\varepsilon = 2,2/0,043 = 51,2$	$\varepsilon_1=5,6$ $\varepsilon_2=3,4$ $\varepsilon_3=2,2$ $\varepsilon_4=1,2$	$T_1=0,393$ $T_2=0,115$ $T_3=0,052$ $T_4=0,043$	14 11 10 9	Точіння попереднє Точіння попереднє Точіння остаточне Шліфування

### 1.4.3 Вибір технологічних баз

Одним із найскладніших і принципових розділів проектування технологічних процесів є призначення технологічних та вимірювальних баз. Від правильного вибору технологічних баз значною мірою залежать: фактична точність виконання розмірів; правильність взаємного розташування поверхонь; ступінь складності пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів; загальна продуктивність обробки заготовок. Основні положення, що стосуються технології, класифікації та теорії базування викладені в ГОСТ 21495-76.

Вибір чистових технологічних баз.

Вихідними даними при виборі баз є: робоче креслення деталі, технічні умови на її виготовлення, вид заготовки та стан її поверхонь, бажаний ступінь автоматизації.

При виборі чистових баз ми маємо мінімізувати похибку базування на отримуваних розмірах. Відповідно в якості чистових баз запропонована схема базування в трьохкулачковому самоцентрувальному патроні, вона показана на рис. 1.5. Похибка базування складатиме:  $\varepsilon_{\delta(35)} = 0$  – виконується принцип співпадання технологічної і вимірювальної баз;  $\varepsilon_{\delta(\varnothing 238)} = \varepsilon_{\delta(\varnothing 130)} = \varepsilon_{\delta(\varnothing 131)} = \varepsilon_{\delta(\varnothing 145)} = 0$  – діаметральний розмір.

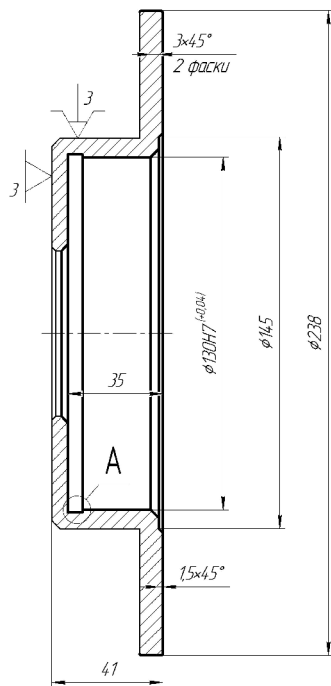


Рисунок 1.5 – Чистові технологічні бази

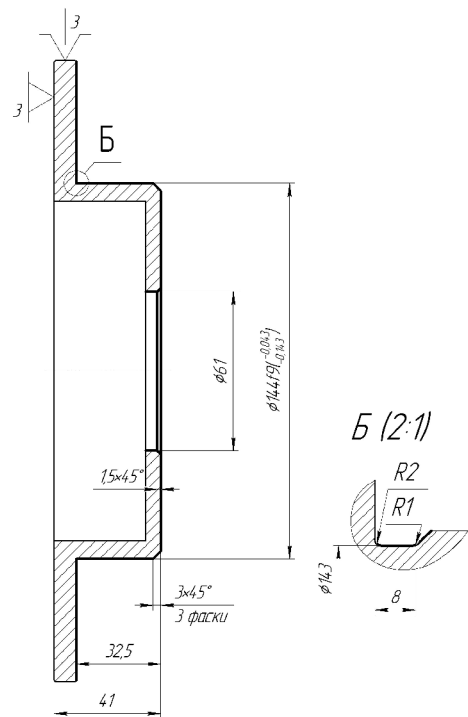
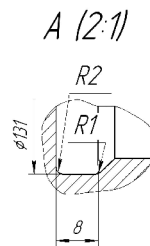
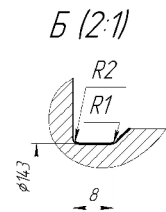


Рисунок 1.6 – Чорнові технологічні бази



Вибір чорнових технологічних баз.

При виборі чорнових технологічних баз має вирішуватися одна із двох задач: зняття рівномірного мінімального припуску з поверхні при подальшій механічній обробці чи зв'язок оброблюваних і необроблюваних поверхонь.

В якості чорнових технологічних баз доцільно використати схему базування в трьохкулачковому патроні (рис. 1.6). Це дозволить при подальшій механічній обробці знімати рівномірний мінімальний припуск із зовнішньої циліндричної поверхні та торця.

Отже при виконанні механічної обробки з використанням даних чистових і чорнових баз забезпечить виготовлення якісних деталей, які будуть відповідати вказаним на кресленні вимогам.

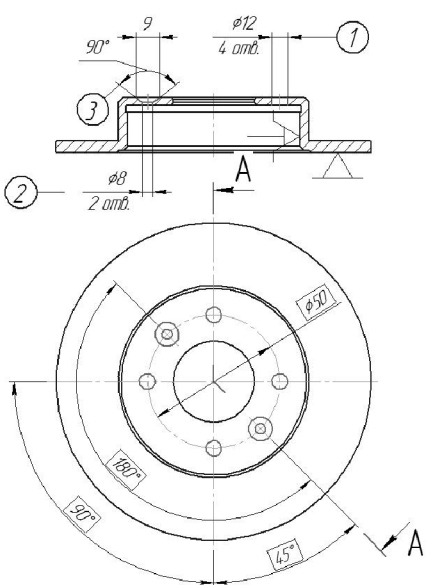
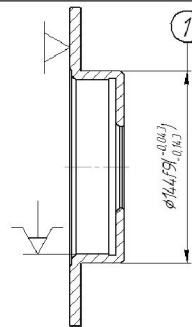
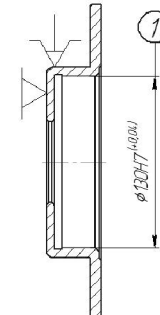
#### 1.4.4 Розробка варіантів маршруту механічної обробки

Розглянемо перший варіант маршруту механічної обробки (табл 1.11).

Таблиця 1.11 – Технологічний маршрут механічної обробки 1-й варіант

№ Операції	Назва операції та зміст переходів	Операційний ескіз	Тип і модель обладнання
005	<p style="text-align: center;"><b>Токарна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2. Точити торець ①, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>3. Точити циліндричну поверхню ② попередньо.</li> <li>4. Точити циліндричну поверхню ② попередньо.</li> <li>5. Точити циліндричну поверхню ② остаточно.</li> <li>6. Точити торець ③, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>7. Точити циліндричну поверхню ④ в розмір <math>\phi 61</math> однократно.</li> <li>8. Точити канавку ⑤, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>9. Точити фаски ⑥ та ⑦, витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>10. Зняти заготовку</li> </ol>	<p style="text-align: center;">Невказані граничні відхилення розмірів отворів H14, інші <math>\pm \frac{IT14}{2}</math></p>	Токарна з ЧПК 16K20Ф3
010	<p style="text-align: center;"><b>Токарна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2. Точити торець ①, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>3. Точити циліндричну поверхню ② в розмір <math>\phi 238</math> однократно.</li> <li>4. Точити циліндричну поверхню ③ попередньо.</li> <li>5. Точити циліндричну поверхню ③ попередньо.</li> <li>6. Точити циліндричну поверхню ③ остаточно.</li> <li>7. Точити канавку ④, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>8. Точити фаску ⑤, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>9. Точити фаску ⑥, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>10. Зняти заготовку.</li> </ol>	<p style="text-align: center;">Невказані граничні відхилення розмірів отворів H14, інші <math>\pm \frac{IT14}{2}</math></p>	Токарна з ЧПК 16K20Ф3

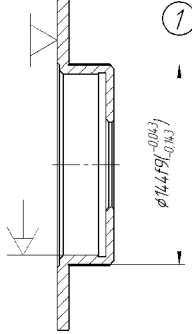
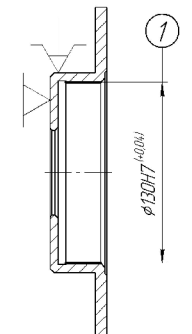
## Продовження таблиці 1.1

№ Операції	Назва операції та зміст переходів	Операційний ескіз	Тип і модель обладнання
015	<p><u>Вертикально-свердлильна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2. Центрувати 4 отв. ①, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>3. Свердлити 4 отв. ① в розмір <math>\phi 12</math>.</li> <li>4. Центрувати 2 отв. ②, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>5. Свердлити 2 отв. ② в розмір <math>\phi 8</math>.</li> <li>6. Цекувати 2 пов. ③, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>7. Зняти заготовку.</li> </ol>	<p style="text-align: center;">B-B <span style="float: right;"><math>\sqrt{Ra\ 6,3}</math> (✓)</span></p>  <p style="text-align: center;"><i>Невказані граничні відхилення розмірів отворів H14, інші <math>\pm \frac{IT14}{2}</math></i></p>	Вертикально-свердлильний з ЧПК 2P135Ф2
020	<p><u>Круглошліфувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2. Шліфувати пов. ①, в розмір <math>\phi 14,4 \pm 9</math>.</li> <li>3. Зняти заготовку.</li> </ol>	<p style="text-align: center;">① <span style="float: right;"><math>\sqrt{Ra\ 0,8}</math></span></p> 	Круглошліфувальний 3M153ДФ
025	<p><u>Внутрішньошліфувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2. Шліфувати пов. ①, в розмір <math>\phi 130H7</math>.</li> <li>3. Зняти заготовку.</li> </ol>	<p style="text-align: center;">① <span style="float: right;"><math>\sqrt{Ra\ 0,8}</math></span></p> 	Внутрішньошліфувальний 3K227B

Таблиця 1.12 – Технологічний маршрут механічної обробки 2-й варіант

№ Операції	Назва операції та зміст переходів	Операційний ескіз	Тип і модель обладнання
005	<p align="center"><b>Багатоцільовий ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2. Точити торець ①, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>3. Точити циліндричну поверхню ② попередньо.</li> <li>4. Точити циліндричну поверхню ② попередньо.</li> <li>5. Точити циліндричну поверхню ② остаточно.</li> <li>6. Точити торець ③, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>7. Точити циліндричну поверхню ④ в розмір <math>\phi 61</math> однократно.</li> <li>8. Точити канавку ⑤, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>9. Центрувати 4 отв. ⑥, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>10. Свердлити 4 отв. ⑥ в розмір <math>\phi 6</math>.</li> <li>11. Центрувати 2 отв. ⑦, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>12. Свердлити 2 отв. ⑦ в розмір <math>\phi 8</math>.</li> <li>13. Цекувати 2 пов. ⑧, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>14. Точити фаски ⑨ та ⑩, витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>15. Зняти заготовку</li> </ol>	<p align="right"><math>\sqrt{Ra\ 6,3\ (\checkmark)}</math></p> <p align="right">A (2:1)</p> <p align="right">Невказані граничні відхилення розмірів отворів H14, інші <math>\pm \frac{IT14}{2}</math></p>	Токарний багато- цільовий 1П4.20ПФ40
010	<p align="center"><b>Токарна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2. Точити торець ①, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>3. Точити циліндричну поверхню ② в розмір <math>\phi 238</math> однократно.</li> <li>4. Точити циліндричну поверхню ③ попередньо.</li> <li>5. Точити циліндричну поверхню ③ попередньо.</li> <li>6. Точити циліндричну поверхню ③ остаточно.</li> <li>7. Точити канавку ④, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>8. Точити фаску ⑤, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>9. Точити фаску ⑥, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>10. Зняти заготовку.</li> </ol>	<p align="right"><math>\sqrt{Ra\ 6,3\ (\checkmark)}</math></p> <p align="right">B (2:1)</p> <p align="right">Невказані граничні відхилення розмірів отворів H14, інші <math>\pm \frac{IT14}{2}</math></p>	Токарний з ЧПК 16К20Ф3

## Продовження таблиці 1.12

№ Операції	Назва операції та зміст переходів	Операційний ескіз	Тип і модель обладнання
015	<p><b>Круглошліфувальна</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2. Шліфувати пов. ①, в розмір <math>\phi 14.4f9</math>.</li> <li>3. Зняти заготовку.</li> </ol>		Круглошліфувальний ЗМ153ДФ
020	<p><b>Внутрішньошліфувальна</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2. Шліфувати пов. ①, в розмір <math>\phi 130H7</math>.</li> <li>3. Зняти заготовку.</li> </ol>		Внутрішньошліфувальний ЗК227В

1.4.5 Порівняння маршрутів механічної обробки і вибір кращого з них за мінімумом приведених витрат

Критерієм оптимальності при порівнянні двох варіантів механічної обробки є мінімум приведених затрат на одиницю продукції. При виборі варіанта технологічного маршруту приведені затрати можуть бути визначені в вигляді питомих величин на 1 годину роботи обладнання. В якості собівартості розглядається технологічна собівартість, яка включає змінні по статтям витрати. Годинні приведені затрати можна визначити по формулі:

$$C_{п.з.} = C_3 + C_{ч.з.} + E_H \cdot (K_c + K_3), \text{ [грн]} \quad (1.18)$$

де  $C_3$  – основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями, грн.;

$C_{ч.з.}$  – годинні затрати по експлуатації робочого місця, грн.;

$E_H$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень, для машинобудування складає 0,15;

$K_c$  – питомі годинні капітальні вкладення в верстат і будову, грн.;

$K_3$  – питомі годинні капітальні вкладення в будову, грн.

Але можна скористатися даними наведеними в довідниках [6]. Де наведено годинні приведені витрати для кожного типу верстату. Наприклад для револьверного верстату моделі 16К20Ф3 вони складають 55,8 грн/год. Аналогічно вибираються дані для інших моделей верстатів, занесені до таблиці 1.13.

Таблиця 1.13 – Годинні приведені затрати

Модель верстату	Годинні приведені затрати, $C_{п.з.}$ , коп/год
1П420ПФ40	750
2Р135Ф2	650

Технологічна собівартість операцій механічної обробки визначається за формулою:

$$C_o = \frac{C_{п.з.} \cdot t_{шт}}{60 \cdot K_b}, \text{ [грн]} \quad (1.19)$$

де  $K_b$  – коефіцієнт виконання норм, що приймається рівним 1,3;

$t_{шт}$  – штучно – калькуляційний час на виконання операції.

Для точних розрахунків визначається нормуванням операцій технологічного процесу. Норми часу операцій (штучний час  $t_{шт}$ ) визначається як сума:

$$t_{шт.} = t_o + t_d + t_{oo} + t_{To} + t_b, \text{ [хв.]} \quad (1.20)$$

де  $t_o$  – основний час (час роботи інструмента);

$t_d$  – допоміжний час;

$t_{oo}$  – час на організаційне обслуговування;

$t_{To}$  – час на технічне обслуговування;

$t_b$  – час на відпочинок.

Але для наближених розрахунків можна користуватися укрупненими нормативами. Згідно з якими основний технологічний час наприклад на свердління отвору визначається за формулою:

$$t_0 = 0,52 \cdot D \cdot l, [\text{хв.}] \quad (1.21)$$

Так, наприклад, при виконанні першого переходу маршруту механічної обробки, де обробляється торець:

$$t_0 = 4 \cdot 0,52 \cdot 6 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 0,07 \text{ (хв.)}$$

Аналогічно нормуються всі переходи. Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$t_{\text{шт}} = t_0 \cdot \varphi_k, [\text{хв.}] \quad (1.22)$$

де  $\varphi_k$  – коефіцієнт, що визначається типом обладнання, наприклад, для токарних ЧПК верстатів він складає 1,98. І відповідно штучно-калькуляційний час для операції 010 маршруту механічної обробки складатиме:

Аналогічно нормуються всі переходи, дані занесено до таблиці 1.14.

$$t_{\text{шт}} = 0,07 \cdot 1,98 = 0,14 \text{ (хв.)}$$

Таблиця 1.14 – Основний час маршруту механічної обробки

Назва переходу, операції	Основний час на виконання переходу, $t_0$ , хв.				
	Формула	Розрахункові параметри			Результат $T$
		D	d	l	
<b>010 – Токарна з ЧПК</b>					
Центрувати 4 пов. 1 однократно	$0,52dl$		2	5	0,02
Свердлити 4 пов. 1 однократно	$0,52dl$		6	6	0,07
Цикувати 4 пов. 1 однократно	$0,21dl$		10	1	0,01
Всього					0,1
<b>015 – Вертикально-свердлильна з ЧПК</b>					
Центрувати 4 пов. 1 однократно	$0,52dl$		2	5	0,02
Свердлити 4 пов. 1 однократно	$0,52dl$		6	6	0,07
Цикувати 4 пов. 1 однократно	$0,21dl$		10	1	0,01
Всього					0,1



Таблиця 1.15 – Штучно-калькуляційний час

№ операцій	Основний час $t_o$ , хв	Коефіцієнт $\phi_k$	Штучний час $t_{шт}$ , хв
<u>Перший варіант</u>			
010	0,01	1,98	0,198
Всього			$\Sigma t_{шт1} = 0,198$
<u>Другий варіант</u>			
015	0,01	1,75	0,175
Всього			$\Sigma t_{шт2} = 0,175$

Технологічна собівартість операції 005, що виконується на верстаті токарно-револьверному верстаті ЧПК 1П420ПФ40 буде рівна:  $C_o = 750 \cdot 0,198 / 60 \cdot 1,3 = 1,9$  грн.

Аналогічно розраховується технологічна собівартість усіх інших операцій. Технологічна собівартість операції технологічних процесів механічної обробки наведена в таблиці 1.16.

Таблиця 1.16 – Приведені годинні витрати

Тип верстату	Штучний час $t_{шт}$ , хв	Годинні приведені витрати $C_{п.з.}$	Технологічна собівартість $C_o$ , грн
<u>Перший варіант</u>			
2P135Ф2	0,175	650	1,65
Всього			1,65
<u>Другий варіант</u>			
1П420ПФ40	0,198	750	1,9
Всього			1,9

Отже вироби виготовлені за першим із запропонованих технологічних процесів будуть мати меншу собівартість у порівнянні із деталлю виготовленою за другим варіантом маршруту технологічної обробки, тому вибираємо варіант №1.

#### 1.4.6 Розмірний аналіз технологічного процесу

Головна задача розмірного аналізу технологічного процесу – правильне та обґрунтоване визначення проміжних та остаточних розмірів і допусків на них. Особливо цього потребують проміжні розміри, що зв'язують протилежні поверхні. Визначення припусків на такі поверхні розрахунково-аналітичним або

табличним методом дуже трудомістке. В той же час робота на налагоджених верстатах потребує детальної проробки всіх проміжних розмірів з тим, щоб на заключних переходах автоматично забезпечувались остаточні розміри. Правильне розв'язання цієї задачі забезпечує розмірний аналіз технологічного процесу.

Вибір розташування технологічних розмірів.

Технологічні розміри доцільно розміщувати таким чином, щоб вони співпадали з конструкторськими. В таких випадках немає потреби проводити додаткові розрахунки для визначення технологічних розмірів. Це можливо тоді, коли технологічні бази співпадають з вимірювальними або поверхні, між якими заданий конструкторський розмір оброблюється на одній операції.

В решті випадків технологічні розміри необхідно проставляти від технологічних баз і при побудові розмірних ланцюгів, ці розміри будуть складовими ланками. Розмір, що буде отримуватись в ході виконання операції буде замикаючою ланкою. Замикаючими ланками для даної деталі є конструкторські розміри та величини припусків.

Попереднє визначення допусків технологічних розмірів.

Допуски технологічних розмірів визначаються виходячи з точності механічної обробки. Таблиці економічної точності на металорізальних верстатах наведені у відповідних таблицях. Згідно цим таблицям середня точність однократної обробки відповідає 12-му квалітету. Тому приймаємо допуски розмірів після чорнової (однократної) обробки по 12-му квалітету і записуємо в таблицю 1.17.

Таблиця 1.17 – Допуски технологічних розмірів

Розмір	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>
Допуск, мм	0,3	0,36	0,52	0,05	0,1	0,19
Розмір	B <sub>7</sub>	B <sub>8</sub>	B <sub>9</sub>	B <sub>10</sub>	B <sub>11</sub>	Z <sub>1</sub>
Допуск, мм	0,048	0,36	0,25	0,1	0,25	0,74

Розмірна схема технологічного процесу представлена на рис. 1.7.

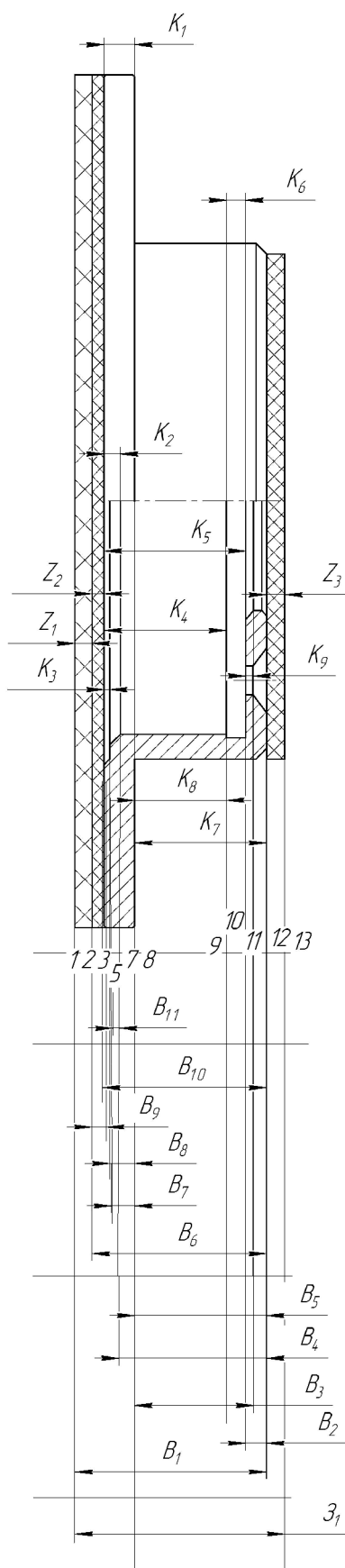


Рисунок 1.7 – Розмірна схема

Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф.

Граф, складений із конструкторських розмірів  $K_1K_2\dots$  і припусків називається вихідним графом (деревом).

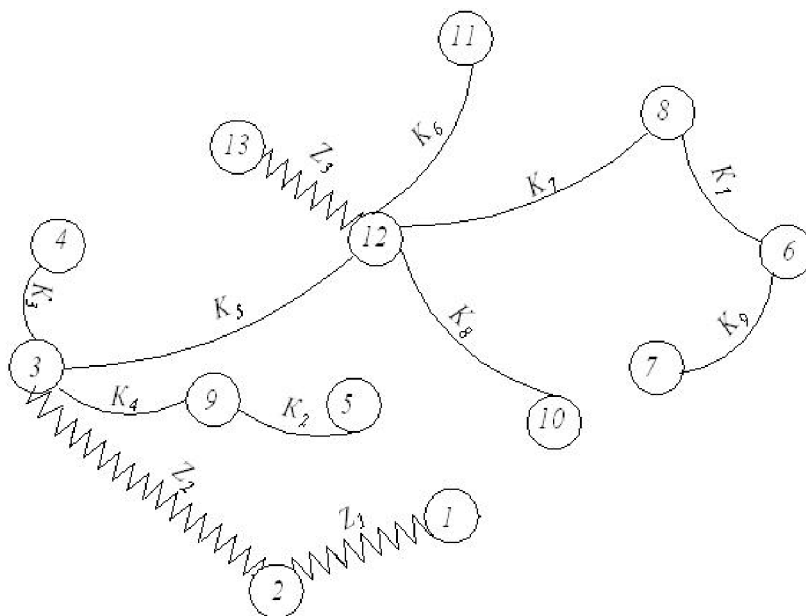


Рисунок 1.8 – Похідний граф-дерево

Граф, складений із технологічних розмірів  $B_1B_2\dots$  і розмірів заготовки  $Z_1Z_2\dots$  називається похідним графом.

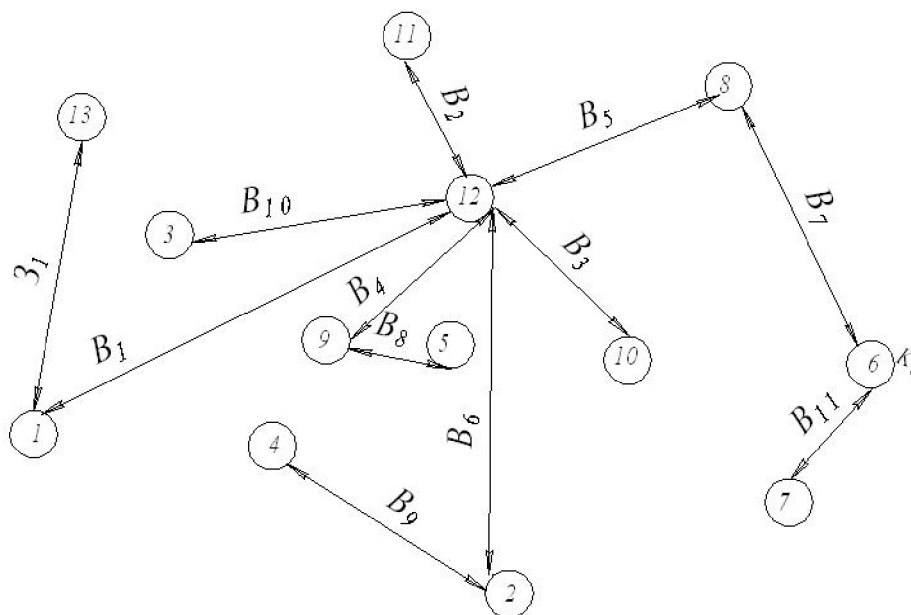


Рисунок 1.9 – Вихідний граф-дерево

Суміщений граф являє собою графічне зображення ТП механічної обробки.

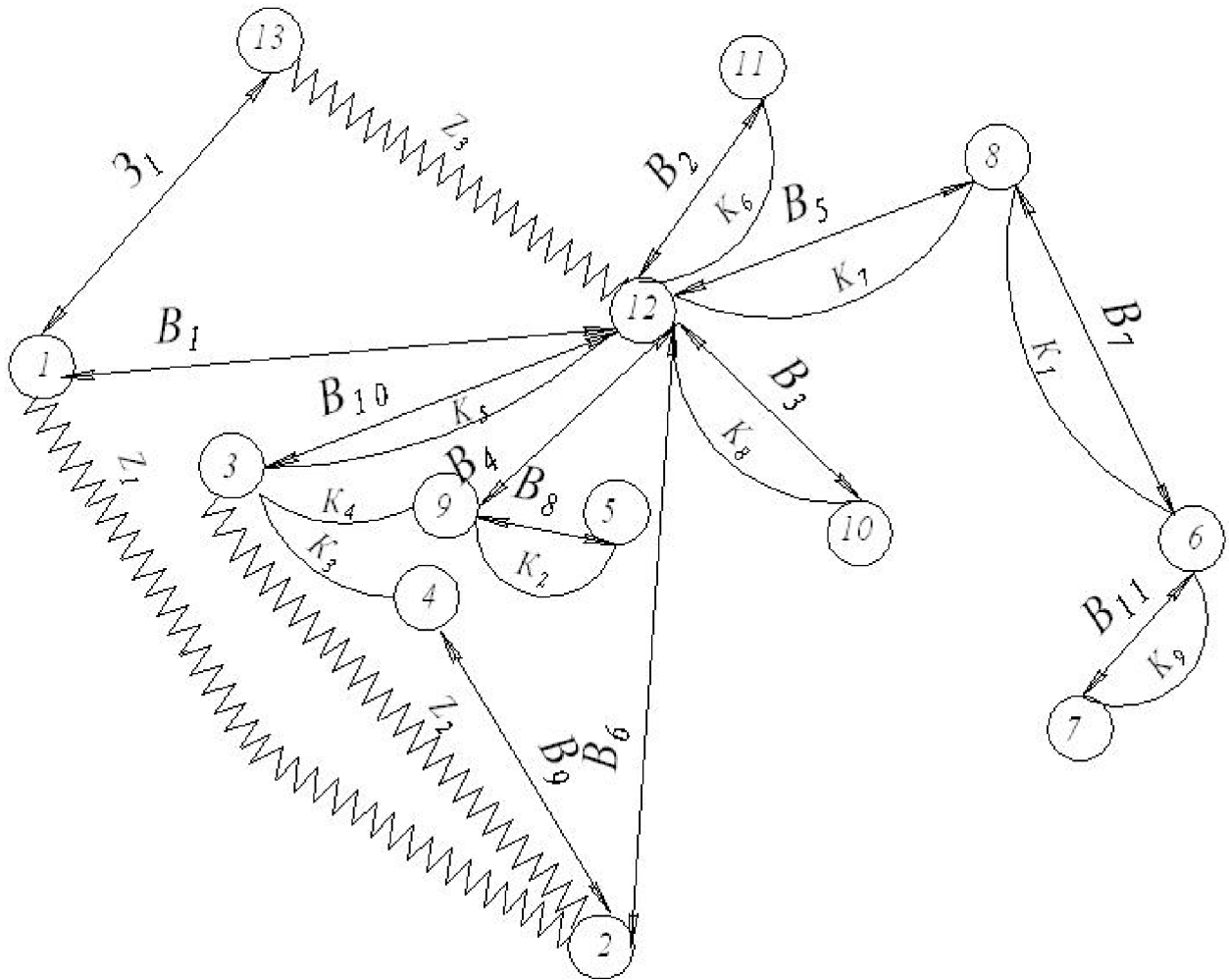


Рисунок 1.10 – Суміщений граф-дерево

Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів.

Проміжні мінімальні припуски визначаємо нормативним способом згідно таблиць 1.18.

Таблиця 1.18 – Проміжні мінімальні припуски

Припуски	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$
$Z_{\min}$	0,6	0,4	0,8

Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь (за нормативами).

Таблиця 1.19 – Технологічні розмірні ланцюги

Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	2	3
$K_6 - B_2 = 0$	$K_6 = B_2$	$B_2$
$K_8 - B_3 = 0$	$K_8 = B_3$	$B_3$
$K_7 - B_5 = 0$	$K_7 = B_5$	$B_5$
$K_1 - B_7 = 0$	$K_1 = B_7$	$B_7$
$K_2 - B_8 = 0$	$K_2 = B_8$	$B_8$
$K_5 - B_{10} = 0$	$K_5 = B_{10}$	$B_{10}$
$K_9 - B_{11} = 0$	$K_9 = B_{11}$	$B_{11}$
$B_9 - Z_2 - K_3 = 0$	$Z_2 = B_9 - K_3$	$B_9$
$B_6 - Z_2 - K_5 = 0$	$Z_2 = B_6 - K_5$	$B_6$
$B_1 - Z_1 - B_6 = 0$	$Z_1 = B_1 - B_6$	$B_1$
$Z_1 - Z_3 - B_1 = 0$	$Z_3 = Z_1 - B_1$	$Z_1$
$Z_2 + K_4 - B_6 + B_4 = 0$	$Z_2 = B_6 - B_4 - K_4$	$B_4$

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

Відповідно до наведених вище рівнянь знаходимо значення технологічних розмірів (табл. 1.20).

Таблиця 1.20 – Технологічні розміри

Технологічний розмір	Розрахунок
1	2
$B_9$	$Z_{2 \min} = B_{9 \min} - K_{3 \max}$ $B_{9 \min} = Z_{2 \min} + K_{3 \max} = 0,4 + 1,125 = 1,525 \text{ (мм);}$ $B_{9 \max} = B_{9 \min} + IT(B_9) = 1,525 + 0,25 = 1,775 \text{ (мм).}$ $B_9 = 1,65 (\pm 0,125)$ $Z_{2 \max} = B_{9 \max} - K_{3 \min}$ $Z_{2 \max} = 1,775 - 0,875 = 0,89 \text{ (мм)}$

## Продовження таблиці 1.20

1	2
B <sub>6</sub>	$Z_{2\min} = B_{6\min} - K_{5\max}$ $B_{6\min} = Z_{2\min} + K_{5\max} = 0,4 + 46,05 = 46,45 \text{ (мм)};$ $B_{6\max} = B_{6\min} + IT(B_6) = 46,45 + 0,19 = 46,64 \text{ (мм)}.$ $B_6 = 46,545 (\pm 0,095)$ $Z_{2\max} = B_{9\max} - K_{5\min}$ $Z_{2\max} = 46,64 - 45,95 = 0,69 \text{ (мм)}$
B <sub>1</sub>	$Z_{1\min} = B_{1\min} - B_{6\max}$ $B_{1\min} = Z_{1\min} + B_{6\max} = 47,24 + 0,3 = 47,24 \text{ (мм)};$ $B_{1\max} = B_{1\min} + IT(B_1) = 47,24 + 0,3 = 47,54 \text{ (мм)}.$ $B_1 = 47,39 (\pm 0,15)$ $Z_{1\max} = B_{1\max} - B_{6\min}$ $Z_{1\max} = 47,54 - 46,45 = 1,09 \text{ (мм)}$
З <sub>1</sub>	$Z_{3\min} = З_{1\min} - B_{1\max}$ $З_{1\min} = Z_{3\min} + B_{1\max} = 0,8 + 47,54 = 48,34 \text{ (мм)};$ $З_{1\max} = З_{1\min} + IT(З_1) = 48,34 + 0,74 = 49,08 \text{ (мм)}.$ $З_1 = 48,71 (\pm 0,37)$ $Z_{3\max} = З_{1\max} - B_{1\min}$ $Z_{3\max} = 49,08 - 47,24 = 1,84 \text{ (мм)}$
B <sub>4</sub>	$Z_{2\min} = B_{6\min} - B_{4\max} - K_{4\max}$ $B_{4\max} = 46,45 - 0,4 - 11,215 = 34,835 \text{ (мм)};$ $B_{4\min} = 34,835 - 0,1 = 34,735 \text{ (мм)}.$ $B_4 = 34,885 (\pm 0,05)$ $Z_{2\max} = 46,64 - 34,735 - 10,785 = 1,12 \text{ (мм)}$

Отже визначено технологічні розміри при механічні обробці, припуски та розміри заготовки, на їх основі можна розробляти технологічний процес та усю документацію пов'язану із ним. Результати розрахунків записано в таблицю 1.21.

Таблиця 1.21 – Технологічні розміри, розміри заготовки та припуски

Розмір, мм	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>
Min	47,24	7,82	24,74	34,885	36,95	46,45
Max	47,54	8,18	25,26	34,835	37,05	46,64
Розмір	B <sub>7</sub>	B <sub>8</sub>	B <sub>9</sub>	B <sub>10</sub>	B <sub>11</sub>	З <sub>1</sub>
Min	5,976	8,82	1,525	45,95	9,875	48,34
Max	6,024	9,18	1,775	46,05	10,125	49,08
Припуск	Z <sub>1</sub>		Z <sub>2</sub>		Z <sub>3</sub>	
Min	0,6		0,4		0,8	
Max	1,09		1,12		1,84	

Отже визначено технологічні розміри при механічній обробці, припуски та розміри заготовки, на їх основі можна розробляти технологічний процес та всю документацію пов'язану із ним.

#### 1.4.7 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

Визначення розрахунково-аналітичним методом мінімальних проміжних припусків на механічну обробку циліндричної поверхні  $\varnothing 130H7^{+0,04}$ , технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки.

Визначення значень R і T проводимо відповідно до рекомендацій наведених в [12], враховуючи, що для заготовки дані параметри рівні 150 і 250. При попередньому точінні приймаємо  $R_Z = T = 100$  мкм, а на наступному переході відповідно 50 мкм, при чистовому точінні – 30 мкм та при шліфуванні  $R_Z = 5$  мкм,  $T = 15$  мкм.

Сумарне значення просторових відхилень згідно [12] визначається:

$$\rho = \sqrt{\rho_{ЖОЛ} + \rho_{ЗМ}}, \text{ [мкм]} \quad (1.23)$$



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 штампованих заготовок сумарне значення просторових відхилень виражається в вигляді короблення деталі і зміщення одних ділянок поверхні відносно інших. Це зміщення обумовлено неспівпаданням верхньої і нижньої частин штампа, і неспівпаданням полуматриць в горизонтально-кувальних машинах, і зміщенням штампуючої частини заготовки відносно стержня вихідного матеріалу. В даному випадкові:  $\rho=700$  мкм.

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1}, [\text{мкм}] \quad (1.24)$$

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

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

$$2Z_{i\text{min}} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1}), [\text{мкм}] \quad (1.25)$$

Мінімальний припуск під точіння:

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

При остаточному точінні маємо отримати розмір вказаний на креслені:

$$d = 130,04 \text{ (мм)}.$$

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

- для остаточного точіння  $d_1 = 130,04 + 2 \cdot 60 = 130,16$  (мм);
- для попереднього точіння  $d_2 = 130,16 + 2 \cdot 102,1 = 130,3642$  (мм);
- для попереднього точіння  $d_3 = 130,3642 + 2 \cdot 242 = 130,6062$  (мм);
- для заготовки  $d_3 = 130,6062 + 2 \cdot 1100 = 132,8062$  (мм).

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

Для шліфування допуск складає 30 мкм, відповідно для 7 квалітету; для чистового точіння, відповідно для 8 квалітету, допуск складає 39 мкм, для попереднього точіння для 10 і 12 квалітетів допуск відповідно рівний – 100 і 250 мкм та для заготовки, що має 14 квалітет точності, допуск складає 620 мкм.

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

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

$$132,8 + 0,62 = 133,42 \text{ (мм)},$$

$$130,60 + 0,25 = 130,85 \text{ (мм)},$$

$$130,36 + 0,1 = 130,46 \text{ (мм)},$$

$$130,16 + 0,039 = 130,199 \text{ (мм)},$$

$$130,04 + 0,03 = 130,07 \text{ (мм)}.$$

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

Отже, для шліфування:

$$2Z_{\min 4} = 130,16 - 130,04 = 0,12 \text{ мм} = 120 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\max 4} = 130,199 - 130,07 = 0,129 \text{ мм} = 129 \text{ (мкм)},$$

для остаточного точіння:

$$2Z_{\min 3} = 130,36 - 130,16 = 0,204 \text{ мм} = 204 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\max 3} = 130,46 - 130,199 = 0,265 \text{ мм} = 265 \text{ (мкм)},$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 2} = 130,60 - 130,36 = 0,484 \text{ мм} = 484 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\max 2} = 130,85 - 130,46 = 0,634 \text{ мм} = 634 \text{ (мкм)},$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 1} = 132,8 - 130,60 = 2,2 \text{ мм} = 2200 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\max 1} = 133,42 - 130,85 = 2,57 \text{ мм} = 2570 \text{ (мкм)}.$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 1.22.

Таблиця 1.22 – Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору  $\varnothing 130\text{H}7$

переходи обробки поверхні	Елементи припуску			Розрахунковий припуск	Розрахунковий розмір	Допуск	Граничні розміри		Граничні значення припусків		
	R <sub>z</sub>	T	ρ				d <sub>min</sub>	d <sub>max</sub>	2Z <sub>min</sub>	2Z <sub>max</sub>	
Заготовка	150	250	700		132,806	620	132,8	133,42			
Точіння попереднє	100	100	42	2·1100	130,606	250	130,60	130,85	2200	2570	
Точіння попереднє	50	50	2,1	2·242	130,364	100	130,36	130,46	484	634	
Точіння остаточне	30	30	-	2·102,1	130,16	39	130,16	130,2	204	265	
Шліфуванн я	5	15	-	2·60	130,04	30	130,04	130,07	120	129	
									Σ	3008	3598

На основі даних розрахунку будемо схему графічного розташування припусків і допусків по обробці отвору  $\varnothing 130H7$  (рис. 1.11).

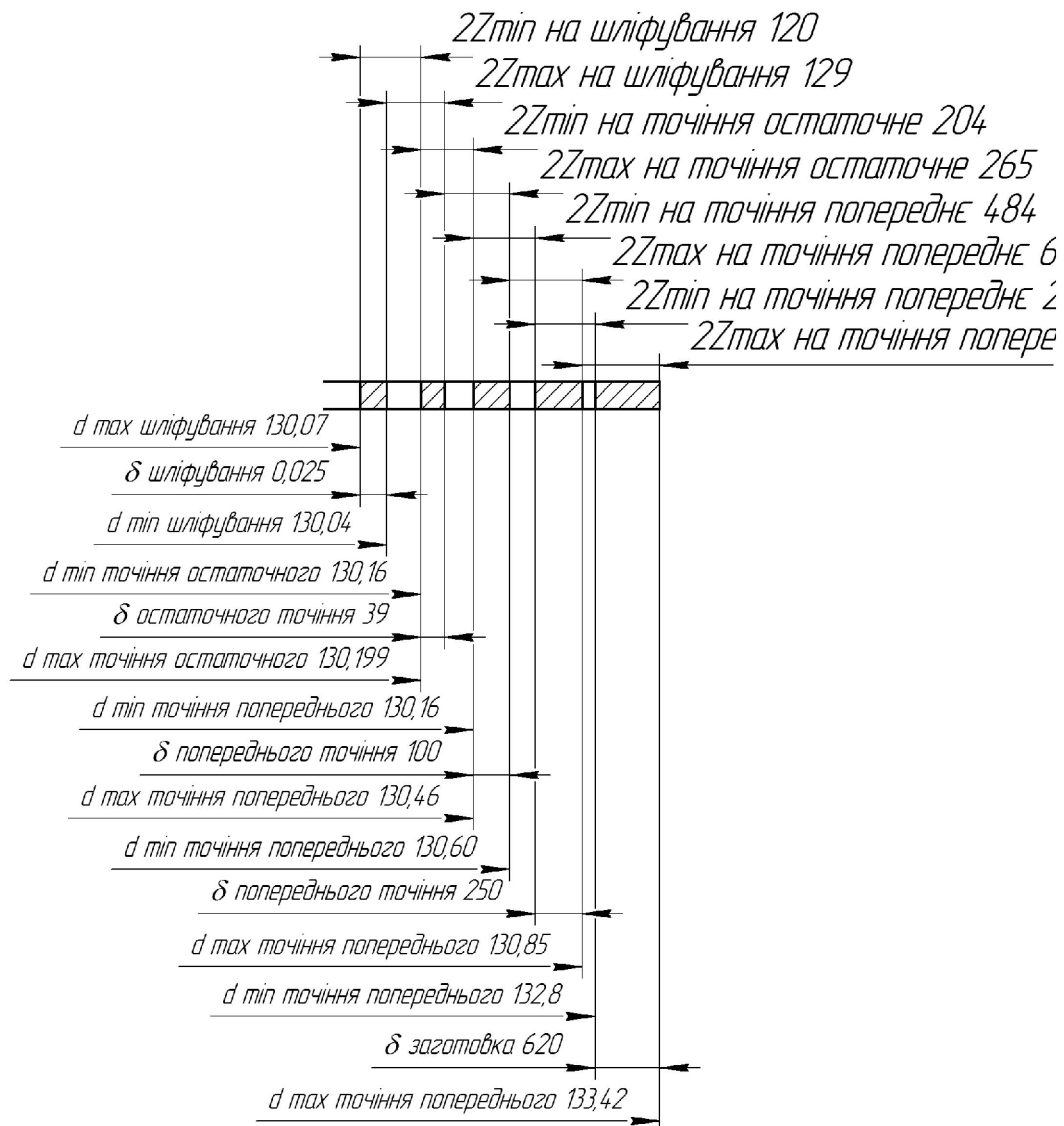


Рисунок 1.11 – Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку діаметрального розміру  $\varnothing 130H7$

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

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

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

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 4} - 2Z_{\min 4} = 2200 - 2570 = 370 \text{ (мкм)},$$

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

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 634 - 484 = 150 \text{ (мкм)},$$

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

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 265 - 204 = 61 \text{ (мкм)},$$

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

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 129 - 120 = 9 \text{ (мкм)},$$

$$\delta_2 - \delta_1 = 39 - 30 = 9 \text{ (мкм)}.$$

Отже всі проведені розрахунки є правильними і не потребують уточнення.

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

Таблиця 1.23 – Припуски на діаметральні розміри

Розмір, мм	Припуск, мм			Допуски, мм
	Номінальний табличний	Розрахунковий		
		<i>max</i>	<i>min</i>	
Ø144f9:				
- попереднє точіння;	2,5			0,043
- попереднє точіння;	1,0	-	-	
- остаточне точіння;	0,39			
- шліфування.	0,3	-	-	

#### 1.4.8 Визначення режимів різання

Режими обробки деталі – найважливіший фактор протікання технологічного процесу. Режим різання металу містить такі основні елементи:

- глибину різання  $t$ , мм;

- подачу  $s$ , мм/об;
- швидкість різання  $v$ , м/хв ( частота обертання шпинделя верстата  $n$ , об/хв, або число подвійних ходів  $n$ , подв. х/хв).

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

Аналітичний розрахунок режимів різання для свердління отвору розпочинається із визначення глибини різання, яка рівна половині діаметру отвору, який свердлиться і в даному випадку складає 9,5 мм.

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

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m t^{x_v} S^{y_v}} K_v, \text{ [м/хв]} \quad (1.26)$$

де  $T$  - стійкість інструменту, 50 хв;

$C_v, x_v, y_v, m, q_v$  – коефіцієнти і показники степені в формулі для розрахунку швидкості різання. Згідно з [13] вони рівні:  $C_v=9.8$ ;  $x_v=0$ ;  $y_v=0,5$ ;  $m=0,2$ ,  $q_v=0.4$ .

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

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv}. \quad (1.27)$$

Всі складові відображають вплив певного фактора на швидкість різання:

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

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

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

Отже загальний поправочний коефіцієнт:  $K=2,03 \cdot 0,8 \cdot 1=1,63$ .

Швидкість різання:

$$V = \frac{9,8 \cdot 19^{0,4}}{50^{0,2} \cdot 9,5^0 \cdot 0,25^{0,5}} \cdot 1,63 = 14,45 \text{ (м/хв.)}$$

Круний момент при свердлінні розраховується за формулою:

$$M = C_M D^{q_M} S^{y_M} K_p, \text{ [Н} \cdot \text{м]} \quad (1.28)$$

де  $C_M$ ,  $q_M$ ,  $x_M$ ,  $y_M$  – коефіцієнти і показники степені для розрахунку крутного моменту при свердлінні. Вони рівні:  $C_M = 0,03$ ;  $q_M = 2$ ;  $x_M = 0$ ;  $y_M = 0,8$ .

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

$$M = 0,03 \cdot 19^2 \cdot 0,08^{0,8} \cdot 0,85 = 0,28 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

Осьова сила при свердлінні визначається за формулою:

$$P_o = C_p D^{q_p} S^{y_p} K_p, \text{ [Н]} \quad (1.29)$$

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

З урахуванням цього осьова сила:

$$P_o = 68 \cdot 19^1 \cdot 0,08^{0,7} \cdot 0,85 = 834,47 \text{ (Н)}$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N = M \cdot n / 975, \text{ [кВт]} \quad (1.30)$$

де  $n$  – число обертів інструмента, що становить:

$$n = 1000 \cdot 14,45 / 3,14 \cdot 19 = 541 \text{ (об/хв.)}$$

Потужність:

$$N=541 \cdot 0,28/975=0,16 \text{ (кВт)}.$$

Наведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для зенкерування отвору.

Подачу , в даному випадкові, рекомендують приймати в межах від 0,6 до 0,7 мм/об при заданих умовах обробки. Приймаємо подачу рівною 0,65мм/об.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m t^{x_v} S^{y_v}} K_v, \text{ [м/хв]} \quad (1.31)$$

де  $T$  - стійкість інструменту, 30 хв;

$C_v, x_v, y_v, m, q_v$  – коефіцієнти і показники степені в формулі для розрахунку швидкості різання. Згідно з [13] вони рівні:  $C_v=18$ ;  $x_v=0,2$ ;  $y_v=0,3$ ;  $m=0,25$ ,  $q_v=0.6$ .

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

$$K_v=K_{Mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv}, \quad (1.32)$$

Всі складові відображають вплив певного фактора на швидкість різання:

$K_{Mv}$ - якість оброблюваної поверхні, 1,02;

$K_{uv}$  – матеріал ріжучої частини, 1 (Т15К6);

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

Отже загальний поправочний коефіцієнт:  $K=1,06 \cdot 1 \cdot 1=1,06$

Швидкість різання:

$$V = \frac{18 \cdot 20^{0,6}}{30^{0,25} 0,1^{0,2} 0,65^{0,3}} \cdot 1,06 = 35,64 \text{ (м/хв).}$$



Частота обертання шпинделя визначається за формулою:

$$n = 1000 \cdot V / 3.14 \cdot D, [\text{об/хв}] \quad (1.33)$$

Відповідно отримаємо:

$$n = 1000 \cdot 35,64 / 3,14 \cdot 20 = 566 \text{ (об/хв.)}$$

Аналогічно можуть бути визначені режими різання для всіх інших переходів. Розраховані значення внесені до таблиці 1.24.

Таблиця 1.24 – Режими різання на операції

Назва переходу, операції	Глибина різання, мм	Подача, мм/об	Швидкість різання, м/хв	Частота обертання шпинделя, об/хв	Потужність різання, кВт
<b>005 – Токарна з ЧПК</b>					
Точити торець 1 однократно	1,00	0,80	289,43	485,14	3,36
Точити пов. 2 (двічі) попередньо	0,50	1,50	283,21	474,70	2,64
Точити пов. 2 остаточно	1,50	0,40	312,85	1310,98	3,20
Точити пов. 3 однократно	1,00	0,60	306,57	1284,67	2,84
Точити пов. 4 однократно	0,25	1,50	314,24	1316,78	1,44
Точити торець 5 однократно	1,20	0,60	298,30	1250,01	3,33
Точити торець 6 однократно	1,50	0,80	272,35	456,51	4,78
Точити пов. 7 однократно	5,00	0,20	8,56	272,68	0,23
Точити пов. 8 однократно	11,80	0,10	8,59	115,90	0,31
<b>010 – Токарна з ЧПК</b>					
Точити торець 1 однократно	1,50	1,50	240,18	695,36	6,89
Точити пов. 2 однократно	0,50	0,80	321,15	929,78	1,83

Продовження таблиці 1.24

Назва переходу, операції	Глибина різання, мм	Подача, мм/об	Швидкість різання, м/хв	Частота обертання шпинделя, об/хв	Потужність різання, кВт
Точити пов. 3 попередньо	1,10	1,50	233,74	315,71	3,36
Точити пов. 3 попередньо	0,20	0,80	255,24	738,97	4,84
Точити пов. 3 остаточно	0,10	0,40	289,43	1152,20	0,06
Точити пов. 4 однократно	1,00	0,80	287,54	986,32	3,36
Точити пов. 5 однократно	1,50	1,50	240,18	695,36	6,89
Точити пов. 6 однократно	3	0,60	317,01	917,80	2,34
Точити пов. 6 однократно	3	0,60	317,01	917,80	2,34
015 – Вертикально-свердлильна					
Центрувати пов. 1 однократно (4 отв.)	5,00	0,20	8,56	272,68	0,23
Свердлити пов. 1 однократно (4 отв.)	9,00	0,15	7,82	138,27	0,29
Центрувати пов. 2 однократно (2 отв.)	5,00	0,20	8,56	272,68	0,23
Свердлити пов. 2 однократно (2 отв.)	9,00	0,15	7,82	138,27	0,29
Цекерувати пов. 1 однократно (2 отв.)	9,00	0,15	7,82	138,27	0,29
020 – Круглошліфувальна					
Шліфувати пов. 1 однократно	0,1	0,20	8,56	3272,68	0,23
025 – Внутрішньошліфувальна					
Шліфувати пов. 1 однократно	0,1	0,20	7,98	3453,78	0,25

### 1.5 Висновки до технологічної частини

Отже, визначено, що деталь «Корпус 56.02» є технологічною, а тип виробництва деталі – середньосерійний. На основі розрахованих техніко-економічних показників способів отримання заготовки деталі «Корпус 56.02» визначення, що найраціональнішим способом є лиття в облицьований кокіль. Виконано проектування послідовностей обробки поверхонь заготовки та операційного технологічного процесу виготовлення деталі

## 2 ПРОЕКТУВАННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС 56.02»

### 2.1 Розробка тривимірної моделі деталі

#### 2.1.1. Коротка характеристика обраної CAD-системи

Твердотільне моделювання має в своїй основі ідеологію, яка істотно відрізняється від ідеології каркасно-поверхневого моделювання. Твердотільна модель є цілісним об'єктом, що займає замкнуту частину простору. Завжди можна точно сказати, чи знаходиться точка у середині твердого тіла, на його поверхні або поза тілом. При зміні в моделі будь-якого елемента змінюватимуться всі інші елементи, які пов'язані з ним. В результаті форма твердого тіла, але збережеться його цілісність.

Зупинимося на розгляді однієї з відомих CAD/CAM-систем, що набула широке поширення у сфері ТПВ - системі Cimatron (розробка компанії Cimatron Ltd.). Система Cimatron (Cimatron <sup>it</sup>) з'явилася на світовому ринку у середині 80-х років. У 2000 році була створена нова версія CAD/CAM Cimatron E, яка сьогодні активно впроваджується і експлуатується в світовій і вітчизняній промисловості. Її основною особливістю є те, що вона орієнтована не тільки на рішення окремих задач, але і на автоматизацію процесів ТПВ, наприклад: «прийом моделі виробу > проектування формоутворювального оснащення > розробка управляючих програм для виготовлення формоутворювальних елементів оснащення на верстатах з ЧПК». Важливо також, що система забезпечує можливість колективної роботи користувачів над проектом, реалізує можливості паралельного проектування.

Реалізація в Cimatron E методів поверхневого, твердотільного і гібридного моделювання дає користувачу можливість вибору саме тих засобів, які є оптимальними при побудові моделі конкретного виробу. Так, твердотільне моделювання дозволяє швидко створити моделі виробів щодо простих форм (під простотою тут розуміється відсутність складних поверхонь). До таких виробів,

як правило, можна віднести внутрішні деталі машин і механізмів, металеві корпусні деталі і ін.

Для побудови моделей виробів з складними поверхнями застосовується поверхневе або гібридне моделювання. При цьому гібридне моделювання є переважним, оскільки дозволяє поєднувати простоту створення твердотільних елементів з можливістю проектування форм будь-якої складності.

### 2.1.2 Алгоритм побудови тривимірної моделі деталі «Корпус 56.02»

Розглянемо послідовність виконання тривірної моделі деталі «Корпус 56.02» у середовищі CAD-системи Cimatron E7.

Оскільки деталь «Корпус 56.02» є тілом обертання, то операцію побудови основи буде операція “Обертання”. Для цього виконаємо на площині XY ескіз, відповідно кресленню деталі (рис. 2.1).

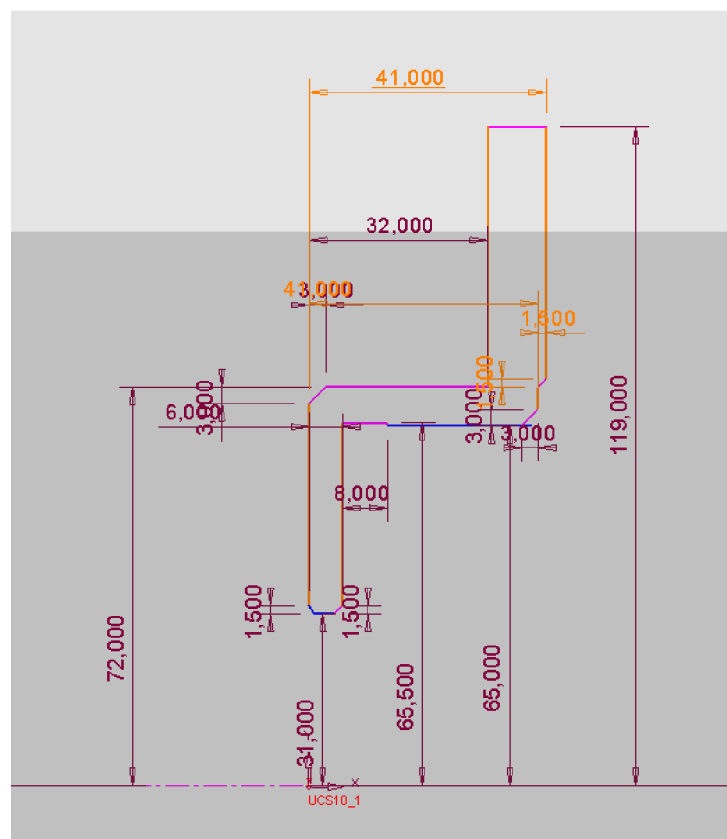


Рисунок 2.1 – Ескіз деталі

Виконавши ескіз, задамо параметри обертання – кут обертання  $360^{\circ}$  (рис. 2.2).

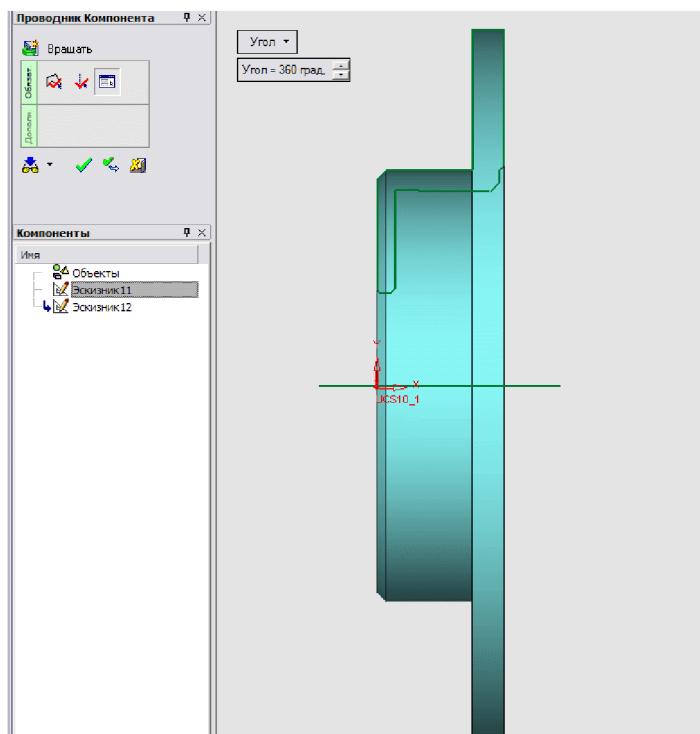


Рисунок 2.2 – Параметры обертання

Отримане тіло є основою деталі «Корпус 56.02» (рис. 2.3).

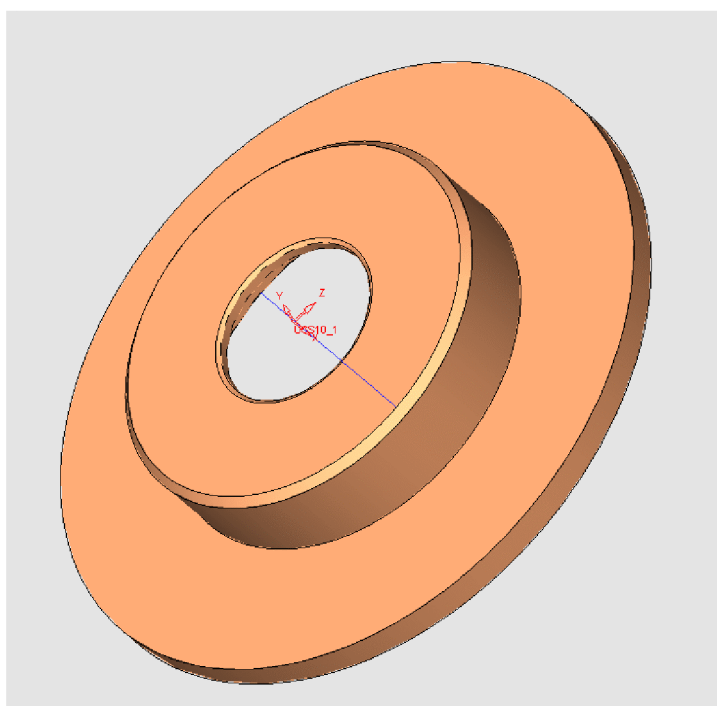


Рисунок 2.3 – 3D-модель тіла обертання

Виконаємо отвори на торці деталі «Корпус 56.02». Для цього накреслимо необхідний ескіз відповідно розмірам (рис. 2.4).

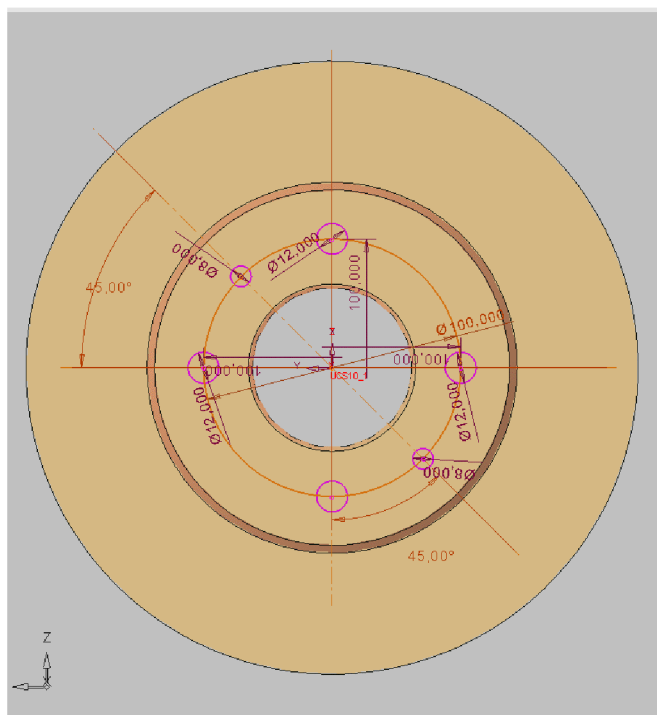


Рисунок 2.4 – Ескіз деталі відповідно розмірам

Місце під отвір позначимо крапкою, яка задає місце розташування отвору. Вибравши операцію “Отверстие” задамо параметри отвору (рис. 2.5).

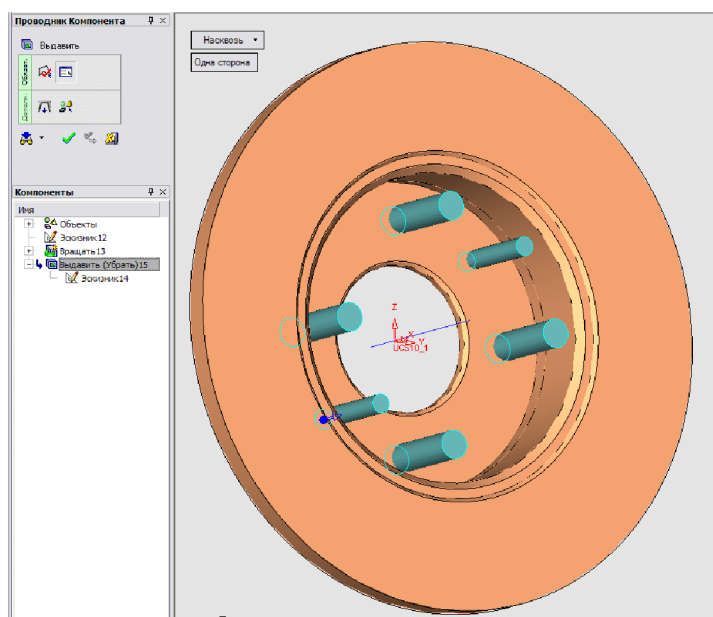


Рисунок 2.5 – Операція “Отверстие”, параметри побудови отвору

В результаті виконання операції “Отверстие” отримаємо 4 отвори  $\varnothing 12$  та два твори  $\varnothing 8$  (рис. 2.6).

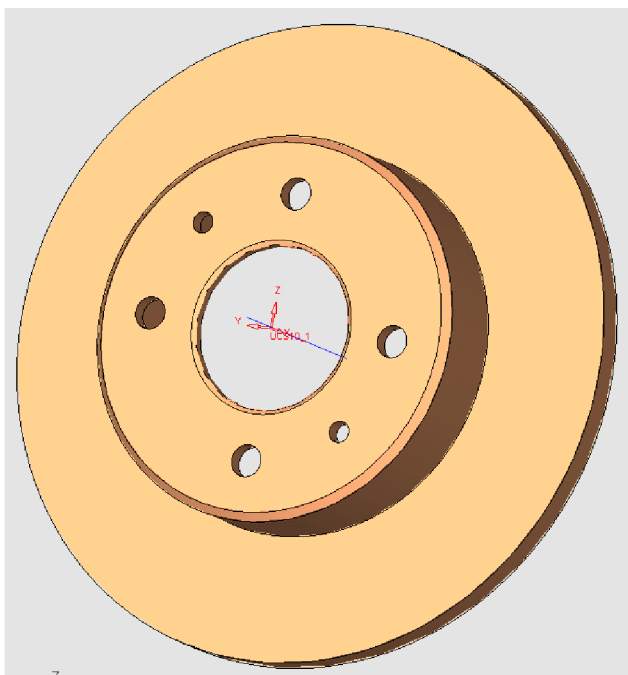


Рисунок 2.6 – Вид тривимірної моделі з побудованими 6 отворами

Відповідно до креслення деталь «Корпус 56.02» має фаски на отворах  $\varnothing 8$ . Виконаємо їх за допомогою операції “Фаска” (рис. 2.7).

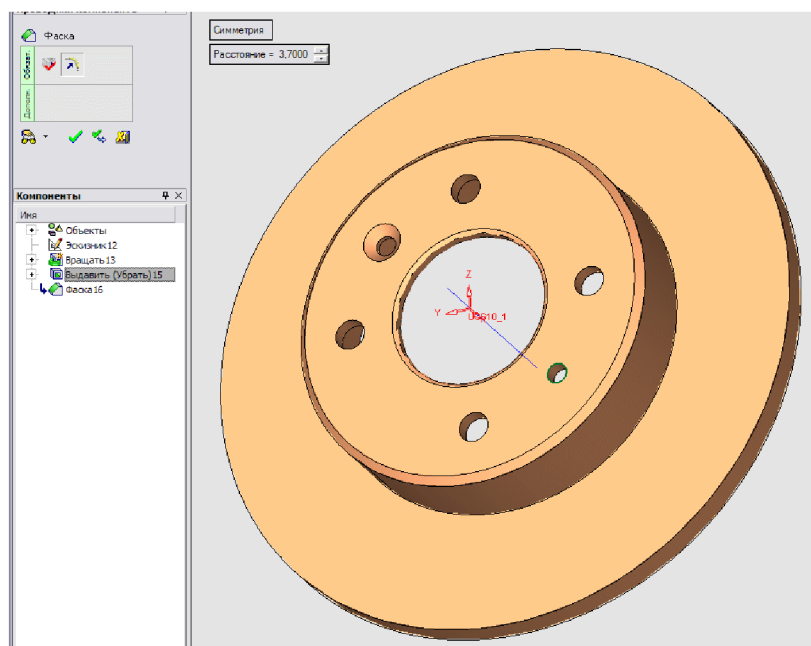


Рисунок 2.7 – Параметры построения фаски

Задавши відповідні параметри фасок всіх необхідних кромки отримаємо остаточний вигляд тривимірної моделі деталі «Корпус 56.02» (рис. 2.8).

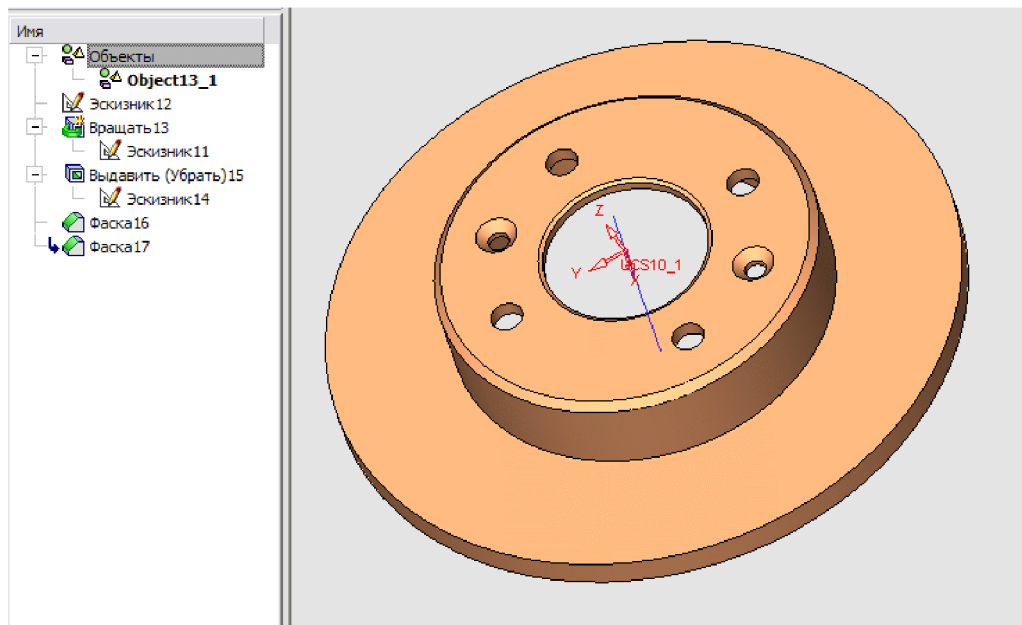


Рисунок 2.8 – Вид тривимірної моделі з побудованими фасками

Отже, спроектовано тривимірну модель деталі «Корпус 56.02» за допомогою програми Сimatron E7.

## 2.2 Розробка автоматизованого робочого місця механічної обробки

Робоче місце механічної обробки є важливим комплексним компонентом організації процесу виробництва і для випадку виготовлення деталі «Корпус 56.02» включає такі складові: розрахунок та вибір роботизованого технологічного комплексу подачі та вилучення заготовок, автоматизацію підготовки програми обробки деталі на верстаті з ЧПК та ін. Безпосередньо робоче місце розробляє у вигляді схеми розташування обладнання та інших елементів у дільниці механічної обробки.

### 2.2.1 Розробка та вибір роботизованого технологічного комплексу

В даний час технологічне устаткування з ЧПК об'єднують в єдині виробничі



комплекси за допомогою транспортної і управляючої систем. Ці комплекси називають робото-технологічними (РТК) які є основою автоматизованих робочих місць механічної обробки деталей.

У даному розділі розроблятиметься базова компоновка роботизованого технологічного комплексу для обробки деталі «Корпус 56.02» в умовах серійного виробництва, що є основною метою роботи.

Для досягнення мети потрібно виконати наступні завдання:

- проаналізувати вихідні дані та вибрати основне обладнання;
- розробити алгоритму виконання операцій;
- розрахувати режими різання та норми часу;
- вибрати промисловий робот;
- виконати вибір захватного пристрою, розробити схему закріплення заготовки та розрахувати зусилля затиску;
- виконати аналіз на точність позиціонування деталі;
- побудувати та розрахувати траєкторії руху робочого органу промислового робота;
- вибрати допоміжне устаткування для роботизованого технологічного комплексу та виконати аналіз можливих варіантів компоновок РТК;
- розрахувати швидкості переміщення заготовки та розробити алгоритм роботи РТК
- побудувати циклограму функціонування РТК;
- визначити основні показники РТК.

### 2.2.2 Вибір основного обладнання

Верстат, який використовуватиметься в РТК повинен мати повністю автоматизований цикл роботи, затиски виробу, а також пристрої для автоматичної зміни інструменту відповідають всім необхідним вимогам для їх використання в РТК. Для деталі «Корпус 56.02» верстат моделі 16К20Ф3 повністю відповідає заданим вимогам.

Токарний верстат 16К20Ф3 призначений для обробки деталей обертання.

Найбільше переміщення супорта, мм:

- поздовжнє 900;
- поперечне 250.

Кількість інструментів – 6.

Число ступенів частоти обертання шпинделя (загальне / за програмою) - 22/9.

Межі частоти обертання шпинделя, об / хв - 12,5-2000;

Межі робочих подач, мм / хв:

- поздовжня 3-1200;
- поперечна 1,5-600.

Швидкості прискорених переміщень, мм / хв - 4800.

Розробимо докладний план токарної операції, виконуваної на верстаті даної моделі. Послідовність виконання операції представлена на рис. 3.1.

Основними лініями показана траєкторія руху робочого ходу інструменту, а пунктиром показана траєкторія руху по прискореному переміщенню, із швидкістю швидкого руху.

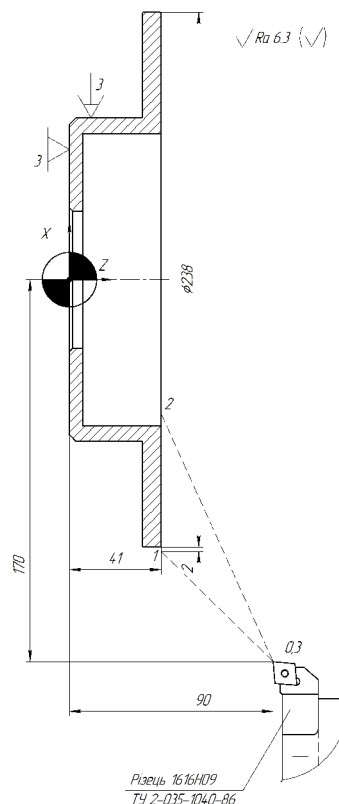


Рисунок 2.9 –Послідовність виконання переходів на операції

### 2.2.3 Розрахунок режимів різання та норм часу

Відповідно до рекомендацій наведених в [5,12] розраховуємо режими різання, значення яких представлено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Режими різання

Назва переходу, операції	S, мм/об	S, мм/хв	V <sub>T</sub> , м/хв	пф, об/хв
Точити торець 1 однократно	1,50	1040	240,18	695,36
Точити пов. 2 однократно	0,80	740	321,15	929,78
Точити пов. 3 попередньо	1,50	470	233,74	315,71
Точити пов. 3 попередньо	0,80	590	255,24	738,97
Точити пов. 3 остаточно	0,40	460	289,43	1152,20
Точити пов. 4 однократно	0,80	790	287,54	986,32
Точити пов. 5 однократно	1,50	1040	240,18	695,36
Точити пов. 6 однократно	0,60	550	317,01	917,80

Розрахуємо час переміщення інструмента по вибраній траєкторії

$$t_{TP} = \sum_{i=1}^n t_{p.x.} + \sum_{j=1}^m t_{x.x.}, [\text{хв}] \quad (2.1)$$

де  $t_{p.x.}$  – час виконання робочого ходу траєкторії;

$n$  – кількість робочих ходів;

$t_{x.x.}$  – час виконання холостого ходу траєкторії;

$m$  – кількість холостих ходів;

Основний час визначимо за наступною формулою для усіх переходів:

$$t_{p.x.} = \frac{L_{p.x.}}{S_{хв}}, [\text{хв}] \quad (2.2)$$

де  $L_{p.x.}$  – довжина траєкторії робочого ходу, мм;

$S_{хв.х}$  – хвилинна подача швидких переміщень, мм/хв.

$$t_{p.x.} = \frac{58}{1040} + \frac{13}{740} + \frac{37}{470} + \frac{37}{590} + \frac{37}{460} + \frac{3}{790} + \frac{7.5}{1040} + \frac{6.5}{550} = 0,32(\text{хв}).$$

Час холостих ходів визначимо за наступною формулою для усіх переходів:

$$t_{x.x.} = \frac{L_{x.x.}}{S_{м.б.}}, [\text{хв}] \quad (2.3)$$

де  $L_{x.x.}$  – довжина траєкторії холостого ходу, мм;

$S_{м.б.}$  – хвилинна подача подача швидких переміщень, мм/хв.

Загальний час буде наступний:

$$t_{x.x.} = \frac{121+70+70+51.5+60.5+(81+107) \cdot 3+102+80+66+35+41.5+86.5+81+85}{4800} = 0,32(\text{хв}).$$

Визначимо час автоматичної зміни інструмента – (6 с) 0,1 хв.

$$t_{зМ} = t \cdot i, [\text{хв}] \quad (2.4)$$

де  $t$  – час зміни одного інструмента, хв;

$i$  – кількість використаних на операції інструментів.

$$t_{зМ} = 0,1 \cdot 8 = 0,8 (\text{хв}).$$

Час затиску та розтискання заготовки в пристосуванні – 0,1 хв.

$$\sum_{j=1}^m t_{X.X.} = t_{X.X.} + t_{зМ} + t_3 + t_P, [\text{хв}] \quad (2.5)$$

де  $t_{зМ}$  - час зміни інструменту;

$t_3$  - час затиску заготовки в пристосуванні;

$t_{\text{роз}}$  - час розтиску заготовки в пристосуванні;

$$\sum_{j=1}^m t_{X.X.} = 0.32 + 0.8 + 0.1 + 0.1 = 1,32(\text{хв}),$$

$$t_{TP} = 0,32 + 1,32 = 1,64(\text{хв}).$$

#### 2.2.4 Вибір промислового робота для РТК

Для вибору промислового робота, що працює у складі РТК, необхідно визначити основні вимоги, яким повинен відповідати промисловий робот:

- забезпечення заданої вантажопідйомності;
- розміри робочої зони промислового робота повинні визначатися розмірами, формою і положенням робочих зон обслуговуваного устаткування;
- система керування промислового робота вибирається з урахуванням способу позиціонування робочого органу, кількості управляючих координат, об'єму пам'яті;
- захватний пристрій (ЗП) вибирається з урахуванням конструктивно-технологічних параметрів об'єкту маніпулювання.
- вантажопідйомність промислового робота повинна перевищувати масу об'єкту маніпулювання не менше ніж на 10%.

Наприклад, для деталі «Корпус 56.02» керуючись рекомендаціями [5], вибраний промисловий робот моделі «Циклон 5.02» (рис. 2.10), з наступним і характеристиками:

- вантажопідйомність – 10 (12) кг;
- число ступіней рухливості – 5 або 7;
- число рук -2;
- число захватних пристроїв на одній руці - 1;
- привод основних рухів - пневматичний;
- система керування - циклова;
- число програмованих координат- 6;
- засіб програмування переміщень- по упорам;

-похибка позиціонування -  $\pm 0,1$  мм;

-найбільший виліт руки – 1560 мм;

-лінійні переміщення, мм/ швидкість, м/с;

$r = 600/1,5$ ;

$z = 100/0,2$

$x = 400/0,5$ ;

-кутові переміщення, °/ кутова швидкість, °/с;

$\varphi = 180/120$ ;

$\alpha = 180/180$ ;

габаритні розміри, мм - 860x110x1630;

-маса, кг- 780.

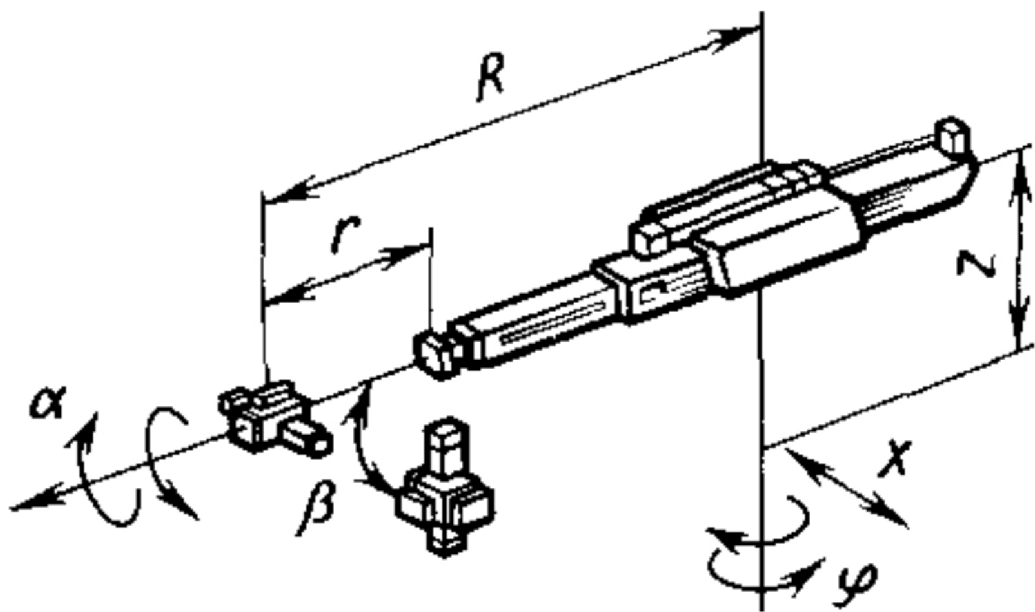


Рисунок 2.10 – Схема ПР

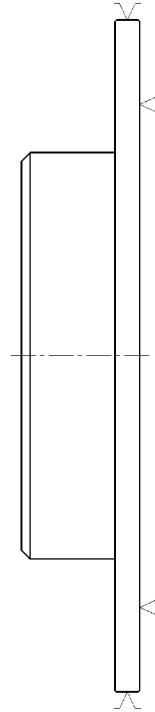
Для підвищення вантажопідйомності робота необхідно підвищити тиск в повітряній мережі до 0.6 МПа.

### 2.2.5 Проектування (вибір) захватного пристрою

Оскільки заготовка позиціонується на верстатному пристосування за допомогою зовнішніх циліндричних та бокових зовнішніх поверхонь, необхідно,

щоб вони залишалися вільними під час захвату заготовки роботом.

Для оперування заготовкою в просторі її установку в захватному пристосуванні здійснимо по бокових поверхнях (рис. 2.11).



Рисунку 2.11 – Схема закріплення заготовки

Опис конструкції і принципу роботи захватного органу промислового робота.

Промисловий робот моделі «Циклон 5.02» має два захватні органи однакової конструкції. Так, як обрані поверхні закріплення заготовки в захватному пристрої не змінюють своєї форми та розмірів і має невеликі масовогабаритні характеристики, застосуємо захватний пристрій з важіль-шарнірним передавальним механізмом.

Розрахуємо параметри затискного пристрою, який живеться від стиснутого повітря. Зусилля захоплення визначають з припущення, що утримання об'єкту маніпулювання відбувається за рахунок сил тертя, створюваних цим зусиллям:

$$F = K_1 K_2 K_3 mg, \text{ [Н]} \quad (2.6)$$

де  $m$  – маса об'єкту маніпулювання;

$g$  – прискорення вільного падіння;

$K_1$  – коефіцієнт безпеки,  $K_1=1,2 - 2,0$ . Приймаємо  $K_1=1,2$ ;

$K_2$  – коефіцієнт, залежний від максимального прискорення  $A$ , з яким ПР переміщає об'єкт, закріплений в захватному пристрої. Для пневматичних роботів  $A \approx g$ .  $K_2=1+A/g=1+1=2$ ;

$K_3$  – коефіцієнт передачі, залежний від конструкції захоплення і розташування в ньому об'єкту маніпулювання, вибираємо згідно [3].

$$K_3 = \frac{\sin \theta}{2\mu}, \quad (2.7)$$

де  $\theta$  - половина кута нахилу губок схвату  $\theta=60^\circ$

$\mu$  - коефіцієнт тертя між об'єктом маніпулювання і губками.  $\mu=0,15$

$$K_3 = \frac{\sin 60^\circ}{2 \cdot 0,15} = 2,9$$

$$F = 1,2 \cdot 2 \cdot 2,9 \cdot 2,7 \cdot 9,8 = 184,2 \text{ (Н)}$$

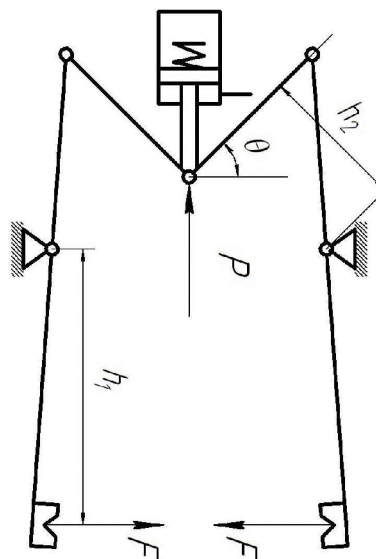


Рисунок 2.12 – Схема захватного пристрою



Зусилля затиску для вибраної схеми:

$$\frac{P}{F} = \frac{h_1}{h_2} \cdot 2 \sin \theta, \quad (2.8)$$

звідки

$$P = \frac{h_1}{h_2} \cdot 2 \sin \theta \cdot F \quad (2.9)$$

При конструюванні ЗП приймаємо  $h_1=0,08\text{м}$   $h_2=0,08$  кут  $\theta=60^\circ$

$$P = \frac{0.080}{0.080} \cdot 2 \cdot \sin 60 \cdot 682.1 = 319.2(H)$$

Визначимо діаметр поршня

Для циліндра односторонньої дії [4]

$$F = p_e \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} - F_T - F_{\text{ПР}} \quad (2.10)$$

де  $p_e$  – робочий тиск повітря в системі. Приймаємо  $p_e=0,6 \text{ МПа}=0,5 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ ,  
 $D$  – діаметр поршня;  $F_{TP}$  – сила тертя в ущільненнях (до 10% від зусилля, що розвивається). Приймаємо  $F_{TP}=15 \text{ Н}$ ;  $F_{\text{ПР}}$  – зусилля створюване пружиною (в кінці ходу до 10% від зусилля, що розвивається). Приймаємо  $F_{\text{ПР}}=15 \text{ Н}$ .

Звідки

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot (F + F_T + F_{\text{ПР}})}{\pi \cdot p_e}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (319.2 + 15 + 15)}{\pi \cdot 0.5 \cdot 10^6}} = 29.2 \cdot 10^{-3} (M)$$

Приймаємо найближчий стандартний діаметр поршня  $D=30 \text{ мм}$ .

## 2.2.6 Аналіз точності позиціонування деталі

Для правильної установки деталі в верстатному пристосуванні потрібно

розглянути усі похибки, які можуть виникати в процесі роботи РТК.

Розглянемо розмірні зв'язки виникаючі при автоматичній установці заготовки на верстат (рис. 2.13).

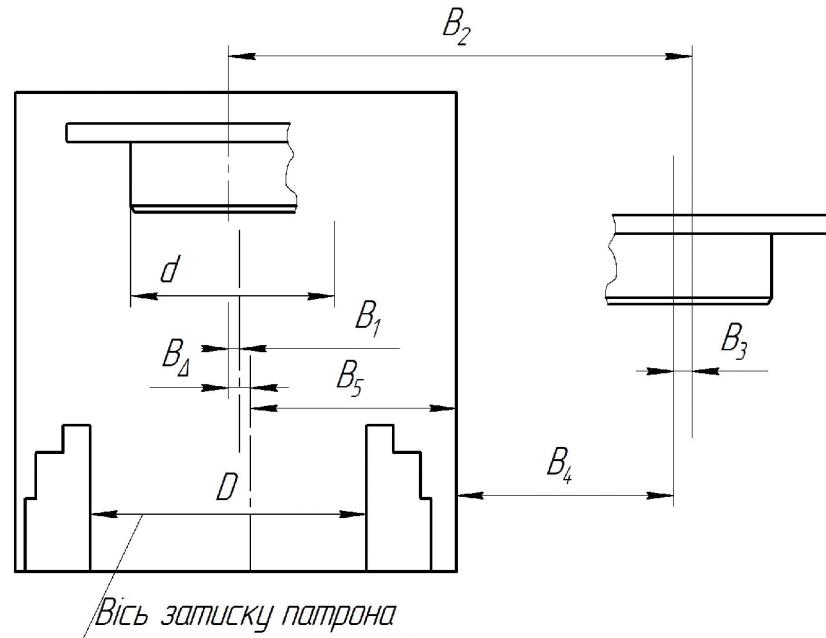


Рисунок 2.13 – Схема розмірних зв'язків

$B_{\Delta}$  - відхилення від співвісної затискного пристрою верстата і осі завантажуваної заготовки;

$B_1$  – відхилення від співвісної заготовки в ЗП;

$B_2$  – програмовані переміщення ЗП;

$B_3$  – похибка, що виникає при базуванні деталі на місці складання заготовок;

$B_4$  – відстань між верстатом і роботом;

$B_5$  – відстань від осі затискного пристрою верстата до основної бази верстата.

Установку заготовки в пристосування і знімання деталі здійснює робот. Робот бере заготовку захватним пристроєм, вносить її в робочу зону верстата так, щоб вісь заготовки співпадала з віссю патрона, далі установлює заготовку в патрон, після чого подається команда на затиск пристосування.

$$B_{max} = \frac{D-d}{2 \cdot K_3}, \text{ [мм]} \quad (2.11)$$

де  $D$  – діаметр розкриття кулачків патрона;

$d$  – діаметр поверхні базування деталі;

$K_3$  – коефіцієнт запасу ( $K_3 = 1,1-1,2$ ).

$$B_{max} = \frac{155 - 144}{2 \cdot 1,2} = 4,58 \text{ (мм)},$$

$$B2 = 600 \pm 0,1 \text{ мм}; B1 = \frac{0,1}{2} \left( \frac{1}{\sin 120} - 1 \right) = 0,01 \text{ (мм)},$$

(приймаємо допус розміру базування по 14 квалітету)

$B3 = 0,08 \text{ мм};$  (приймаємо допус розміру базування по 14 квалітету);

$$B4 = 850_{-2,3} \text{ мм}; B5 = 450_{-1,4} \text{ (мм)};$$

$$T\Delta = 0,2 + 0,08 + 0,01 + 2,3 + 1,4;$$

$$T\Delta = 3,99 \text{ (мм)}.$$

Оскільки  $T\Delta \leq B_{max}$ , отже точність достатня виконання необхідних операцій.

### 2.2.7 Побудова та розрахунок траєкторії руху елементів ПР

Побудову траєкторії виконаємо у вигляді графічного зображення шляху переміщення геометричного центру захватного пристрою ПР Початок траєкторії пов'яжемо з нульовою (початковою) крапкою, визначеною відповідно до початкового положення ПР (табл. 2.2).

Таблиця 2.2– Елементи траєкторії переміщення захватного пристрою

Елемент траєкторії	Коментар	Величина переміщення, мм(град)
r0 1	Переміщення руки ПР вперед	600
z1 2	Переміщення руки ПР вниз	100
	Затиск заготовки схватом ПР	-
Z2 3	Переміщення руки ПР вгору	100
r3 4	Переміщення руки ПР назад	600
φ 4 5	Поворот руки ПР за год. стрілкою	90°
r5 6	Переміщення руки ПР вперед	600
z6 7	Переміщення руки ПР вниз	100
x 7 8	Переміщення корпусу вліво	100
	Розтиск схвату ПР	
Z8 9	Переміщення руки ПР вгору	100
r 9 10	Переміщення руки ПР назад	600
	Вистій руки ПР	-
r10 11	Переміщення руки ПР вперед	600
z11 12	Переміщення руки ПР вниз	100
	Затиск заготовки схватам ПР	
x 12 13	Переміщення корпусу вправо	100
Z13 14	Переміщення руки ПР вгору	100
r14 15	Переміщення руки ПР назад	600
φ 15 16	Поворот руки ПР за год. стрілкою	90°
r16 17	Переміщення руки ПР вперед	600
z17 18	Переміщення руки ПР вниз	700
	Розтиск схвата ПР	-
Z18 19	Переміщення руки ПР вгору	100
R19 20	Переміщення руки ПР назад	600
φ 20 21	Поворот руки ПР проти год. стрілки	180°

Представимо на рисунку 2.14 фрагменти траєкторії переміщення ПР.

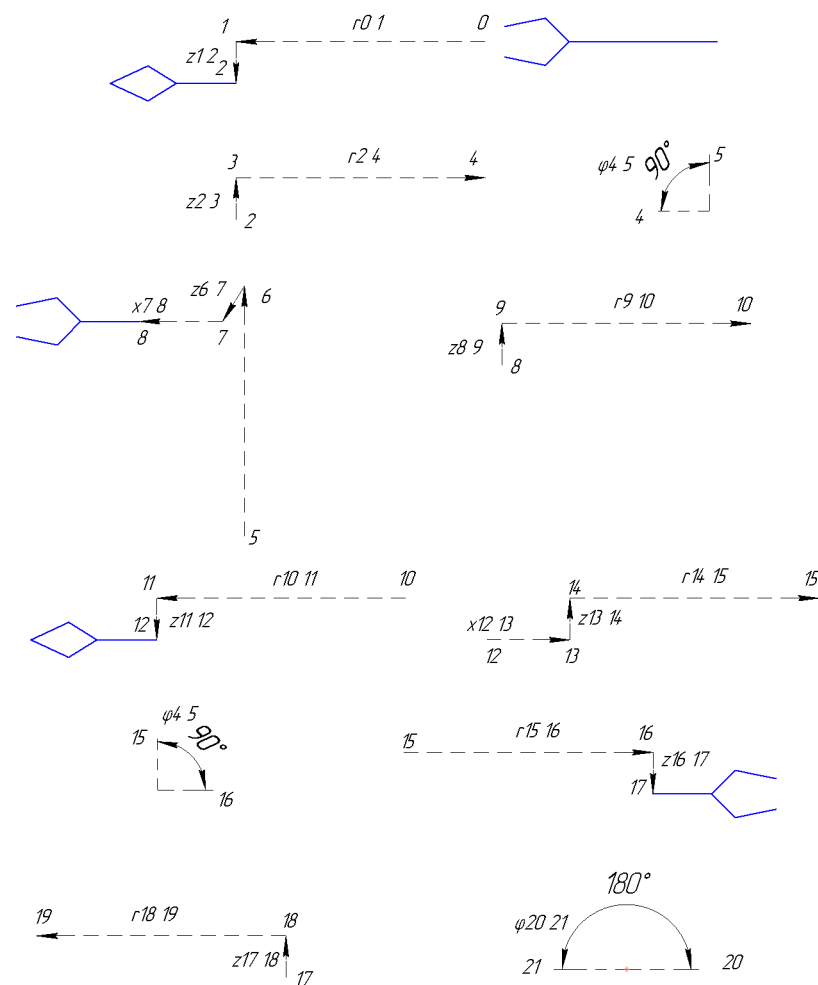


Рисунок 2.14 - Фрагменти траєкторії переміщення ПР

2.2.8 Вибір допоміжного устаткування для роботизованого технологічного комплексу

Основними функціями допоміжного устаткування є:

- функція накопичення;
- функція транспортування і поштучної видачі виробів;
- функція орієнтації і переорієнтації виробів.

Складність виконуваних задач примушує використовувати різні допоміжні пристрої.

Основною вимогою до вибору допоміжного устаткування для РТК є: заготовка під час вступу і видаленні повинна займати необхідне положення щодо захватного пристрою ПР, а робоча зона допоміжного устаткування повинна перетинатися з робочою зоною промислового робота.

До складу проєктованого РТК входить тактовий стіл. На пластину крокового стола встановлюються пристосування із заготовкою. Як пристосування використовуються опорні елементи, які вибираються залежно від величини діаметрів заготовки і деталі, встановлюваних на неї. Оскільки габаритні розміри заготовки і деталі не відрізняються, то опорні елементи для них будуть однакові. Представимо схему тактового столу СТ 350 і пластини на рисунку 2.15.

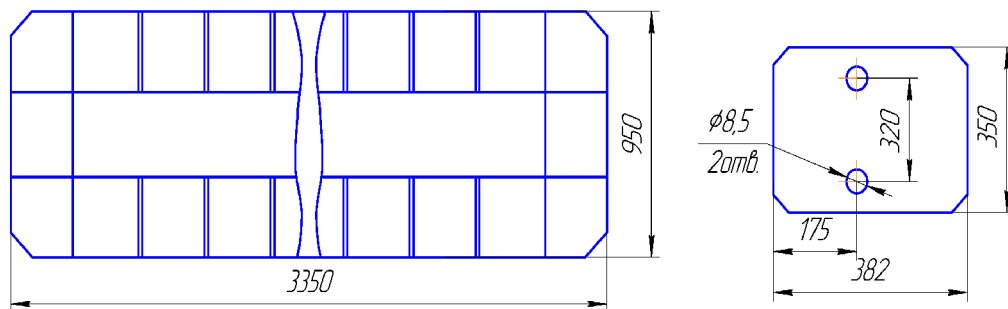


Рисунок 2.15 – Схема тактового столу СТ 350

Схему розміщення заготовки в пристосуванні представлена на рис. 2.16.

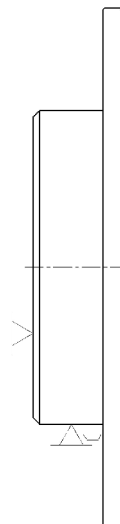


Рисунок 2.16 – Схема укладання заготовки в призму

## 2.2.9 Аналіз можливих варіантів компоновок роботизованного технологічного комплексу

При аналізі можливих варіантів компоновок РТК ми порівнюватимемо компоновальні схеми лінійного типу, кільцевого типу, порталного типу.

При лінійній компоновці обслуговуване устаткування розташоване в один ряд. Роботизований технологічний комплекс такого типу будується на базі напільних і порталних роботів.

Портальна схема компоновки устаткування має наступні переваги: економія виробничої площі і зручність обслуговування устаткування. Застосування опорних систем великої довжини дозволяє компоувати ділянки з груповим обслуговуванням декількох верстатів загальним роботом при лінійному розташуванні устаткування.

У кільцевій компоновці устаткування розташовується безпосередньо навколо робота. Кільцева компоновка РТК дає зручність завантаження і розвантаження устаткування, безперешкодне переміщення захватного пристрою ПР. Забезпечує скорочення допоміжного часу на закріплення і установку заготовки, що дозволяє зменшити штучно - калькуляційний час і, отже, підвищити продуктивність. Кільцева компоновка РТК дає дуже високу точність позиціонування  $\pm 0,02\text{мм}$ . Зобразимо схему кільцевого типу на рисунку 2.17.

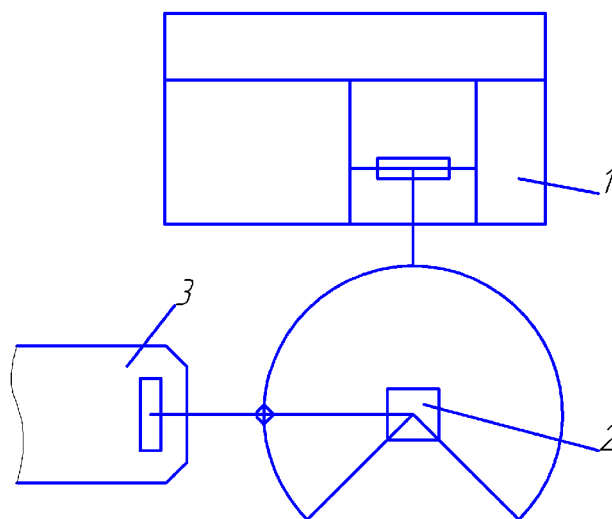


Рисунок 2.17 – Компоновальна схема кільцевого типу

Приймаємо компоувальну схему кільцевого типу.

### 2.2.10 Розрахунок допустимих швидкостей переміщення заготовки (деталі)

Для визначення швидкості лінійного позиціонування в діапазоні вильоту руки промислового робота використовуватимемо емпіричну формулу:

$$V_x = \frac{2 \cdot L_x \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, [\text{м/с}] \quad (2.12)$$

де  $L_x$  - виліт руки ПР;

$\Delta l$  - погрішність позиціонування;

$M$  - маса об'єкту маніпулювання (маса заготовки, деталі),  $m_{\text{заг.}} = 2,7$  кг.

$$V_r = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot \sqrt[4]{0,1}}{\sqrt[3]{2,7}} = 0,48 (\text{м/с}).$$

Аналогічно для бокового переміщення:

$$V_x = \frac{2 \cdot 0,1 \cdot \sqrt[4]{0,1}}{\sqrt[3]{2,7}} = 0,08 (\text{м/с}).$$

Швидкість вертикального переміщення ПР за умови урівноваження мас знаходимо по формулі:

$$V_z = \frac{\alpha_z \cdot \sqrt{L_z} \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, [\text{м/с}] \quad (2.13)$$

де  $\alpha_z$  - коефіцієнт залежний від конструкції приводу,  $\alpha_z = 3$ ;

$L_x$  - довжина шляху при вертикальному переміщенні, м;

$M$  - маса об'єкту маніпулювання (маса заготовки, деталі).



$$V_z = \frac{3 \cdot \sqrt{0,1} \cdot \sqrt[4]{0,1}}{\sqrt[3]{2,7}} = 0,38 (\text{м/с});$$

Кутова швидкість при повороті руки ПР щодо вертикальної осі:

$$\omega = \frac{0,5 \sqrt{\varphi} \cdot \sqrt[4]{\delta}}{\sqrt[3]{(2L_x)^4}}, [\text{рад/с}] \quad (2.14)$$

де  $\delta$  – погрішність кутового позиціонування, с;

$\varphi$  – кут повороту руки, рад.;

$$\delta = \frac{\Delta l}{L_x} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot 3600 = \frac{0,0001}{0,6} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot 3600 = 68,78 \text{ (с)}.$$

$$\omega = \frac{0,5 \sqrt{3,14} \cdot \sqrt[4]{68,78}}{\sqrt[3]{(2 \cdot 0,6)^4}} = 2,01 (\text{рад/с}).$$

Оскільки розрахована швидкість руху по вертикальній осі більша можливої (по характеристикам ПР), тому використовуємо значення паспортних даних ПР, відповідно 0,2м/с.

### 2.2.11 Розробка алгоритму роботи та побудова циклограми функціонування РТК

Циклограма функціонування РТК включає у вибраній послідовності всі дії, виконувани основним і допоміжним устаткуванням, а також ПР, необхідні для обробки заготовки.

Побудова циклограми функціонування РТК забезпечує швидкість визначення робочого циклу  $T_r$ , значення циклової продуктивності  $Q_c$ . побудова циклограми також дає істотне уявлення про те як можливо виробити скорочення  $T_r$  за рахунок поєднання часу виконання окремих переходів і скороченні тривалості несуміщених переходів.

Визначити час виконання кожного руху можливо по наступних формулах:

$$t_I = \frac{\varphi_I}{\omega_I}; [\text{с}] \quad (2.15)$$

$$t_I = \frac{l_I}{V_I}, [\text{с}] \quad (2.16)$$

де  $\varphi_I$  - кути поворотів механізмів;

$l_I$  - лінійні переміщення механізмів;

$\omega_I, V_I$  - швидкості кутового і лінійного переміщення механізмів по відповідній координаті.

$$t_{01} = \frac{0,6}{0,48} = 1,25(c); \quad t_{12} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5(c); \quad t_{23} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5(c);$$

$$t_{34} = \frac{0,6}{0,48} = 1,25(c); \quad t_{45} = \frac{90}{115} = 0,78(c); \quad t_{56} = \frac{0,6}{0,48} = 1,25(c);$$

$$t_{67} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5(c); \quad t_{78} = \frac{0,1}{0,08} = 1,25(c); \quad t_{89} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5(c);$$

$$t_{910} = \frac{0,6}{0,48} = 1,25(c); \quad t_{1011} = \frac{0,6}{0,48} = 1,25(c); \quad t_{1112} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5(c);$$

$$t_{1213} = \frac{0,1}{0,08} = 1,25(c); \quad t_{1314} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5(c); \quad t_{1415} = \frac{0,6}{0,48} = 1,25(c);$$

$$t_{1516} = \frac{90}{115} = 0,78(c); \quad t_{1617} = \frac{0,6}{0,48} = 1,25(c); \quad t_{1718} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5(c);$$

$$t_{1819} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5(c); \quad t_{1920} = \frac{0,6}{0,48} = 1,25(c); \quad t_{2021} = \frac{180}{115} = 1,57(c).$$

Циклограма є графічним зображенням послідовності роботи окремих елементів і підсистем. Алгоритм роботи циклограми представлено у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Алгоритм роботи РТК

	Коментар	Величина переміщення, мм(град)	Швидкість переміщення, м/с, °/с	Час, с
Захват заготовки	Переміщення руки ПР вперед	600	0,48	1,25
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,2	0,5
	Затиск заготовки схватом ПР	-		0,5
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,2	0,5
	Переміщення руки ПР назад	600	0,48	1,25
Сума				4,0
Установка заготовки на верстат	Поворот руки ПР за год. стрілкою	90°	115	0,78
	Переміщення руки ПР вперед	600	0,48	1,25
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,2	0,5
	Переміщення корпусу вліво	100	0,08	1,25
	Розтиск схвату ПР			0,5
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,2	0,5
	Переміщення руки ПР назад	600	0,48	1,25
Сума				6,03
Верстат	Затиск заготовки на верстатному пристосуванні	-		6
	Обробка заготовки			86,4
	Розтискання заготовки на верстатному пристосуванні			6
Сума				98,4
Зняття заготовки з верстата	Переміщення руки ПР вперед	600	0,48	1,25
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,2	0,5
	Затиск заготовки схватом ПР			0,5
	Переміщення корпусу вправо	100	0,08	1,25
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,2	0,5
	Переміщення руки ПР назад	600	0,48	1,25
Сума				5,25
Переміщення заготовки до місця складання готових деталей	Поворот руки ПР за год. стрілкою	90°	115	0,78
	Переміщення руки ПР вперед	600	0,48	1,25
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,2	0,5
	Розтиск схвату ПР	-		0,5
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,2	0,5
	Переміщення руки ПР назад	600	0,48	1,25
	Поворот руки ПР проти год. стрілки	180°	115	1,57
Сума				6,35
Тактовий стіл	Переміщення на одну позицію			2,5

Циклограма є графічним зображенням послідовності роботи окремих елементів і підсистем (рис. 2.18).

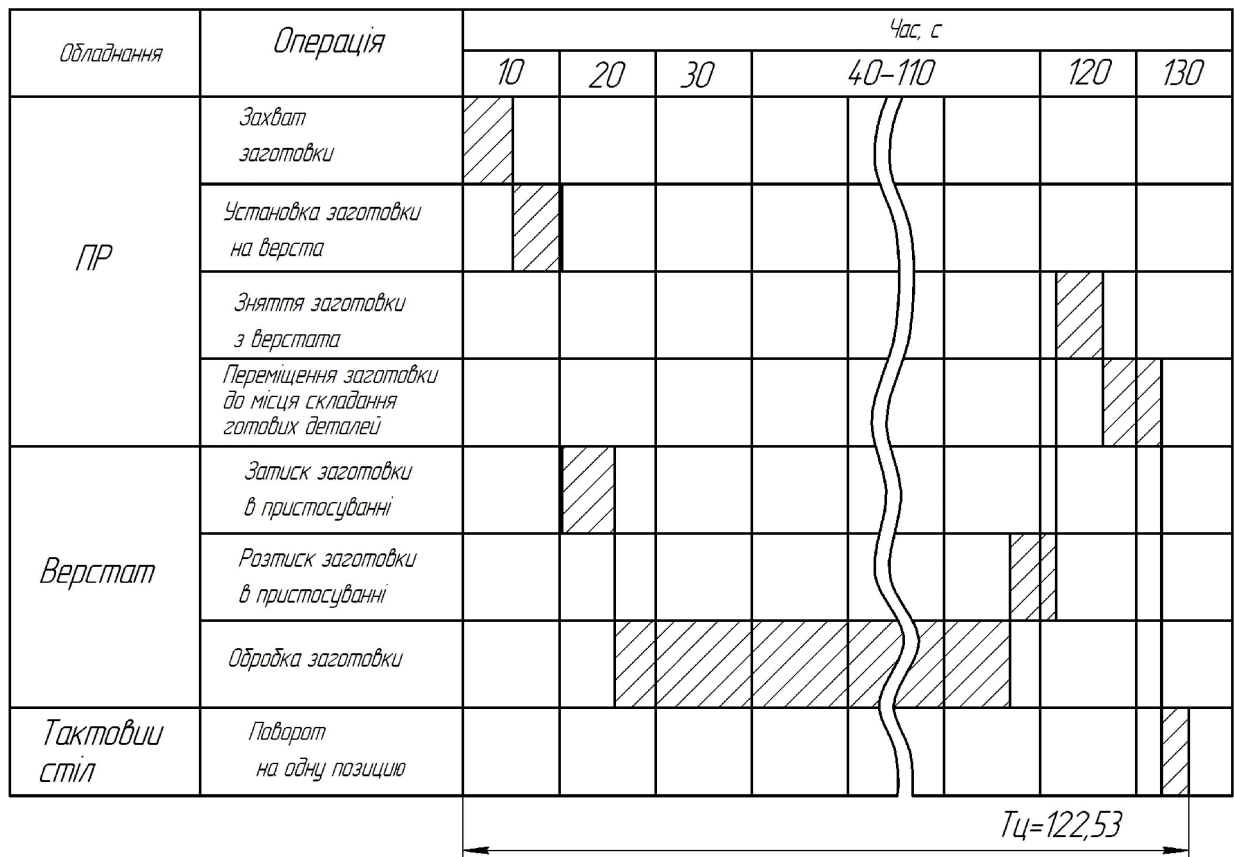


Рисунок 2.18 – Циклограма роботи РТК

### 2.2.12 Визначення основних показників РТК

Основні показники, що характеризують роботу РТК наступні: циклова продуктивність  $Q_{\text{ц}}$ ; коефіцієнт відносної завантаженості ПР  $K_{\text{зр}}$ ; коефіцієнт використання ПР  $K_{\text{вр}}$ ; коефіцієнт використання основного устаткування  $K_{\text{во}}$ ; коефіцієнт завантаженості ПР  $K_{\text{зв}}$ ; режиму роботи робота.

Циклова продуктивність визначається по наступній формулі:

$$Q_{\text{ц}} = \frac{1}{T_{\text{р}}}; \quad (2.17)$$

де  $T_{\text{р}}$  - тривалість робочого циклу,  $T_{\text{р}} = 122,53$  с;

$$Q_{ц} = \frac{1}{122,53} = 0,008(c);$$

Коефіцієнт відносної завантаженості  $K_{зр}$

$$K_{зр} = \frac{P_{ср}}{P}; \quad (2.18)$$

де  $P_{ср}$  - середнє значення робочого навантаження,  $P_{ср} = 2,7$  кг;

$P$  - вантажопідйомність робота,  $P = 12$  кг;

$$K_{зр} = \frac{2,7}{12} = 0,225.$$

Коефіцієнт використання  $K_{вр}$

$$K_{вр} = \frac{T_{пр}}{T_p}; \quad (2.19)$$

де  $T_{пр}$  - час роботи ПР за робочий цикл,  $T_{пр} = 24,13$  с;

$$K_{вр} = \frac{24,13}{122,53} = 0,2;$$

Коефіцієнт використання основного устаткування  $K_{во}$

$$K_{во} = \frac{T_o}{T_p}; \quad (2.20)$$

де  $T_o$  - час роботи основного устаткування за робочий цикл,  $T_o = 98,4$ с;

$$K_{BO} = \frac{98.4}{122,53} = 0,81.$$

Розрахувавши значення коефіцієнтів, по [5] встановлюємо, що режим роботи ПР "легкий" при цьому коефіцієнт завантаженості  $K_{np} = 1,1$ .

Отже, застосування промислових роботів при обслуговуванні верстатів з ЧПК дозволяє виключити участь робітника у виконанні допоміжних операцій автоматизувати процес механічної обробки.

Розроблено автоматизоване робоче місце механічної обробки деталі «Корпус 56.02» на основі РТК для виконання токарної операції. Для даного РТК вибрана компоновальна схема кільцевого типу. Це пояснюється, перш за все, тим, що розміри і маса заготовки не великі, тому застосування компоновальної схеми лінійного типу не доцільне.

Час циклу складає 122,53 с, в ході роботи розраховані усі часові витрати на виконання основних та допоміжних операцій, побудована циклограма роботи РТК. Коефіцієнт використання  $K_{вр}$  рівний 0,123, режим роботи ПР "легкий", коефіцієнт завантаженості  $K_{np} = 1,1$ .

## 2.3 Розробка програми обробки деталі на верстаті з ЧПК

### 2.3.1 Характеристика САМ програми

На етапі складання технічного завдання здійснюється вибір базових систем для вирішення задач автоматизації проектування і управління ТПВ. До базових систем для автоматизації проектування відносяться системи класу CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) і класу CAE (Computer Aided Engineering), а до базових систем для автоматизації управління ТПВ - системи класу PDM (Product Data Management). Коротка характеристика таких систем приводиться нижче.

У дослівному перекладі термін CAD/CAM (Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing) означає комп'ютерне проектування і виготовлення.

Під комп'ютерним проектуванням в загальному випадку розуміється розробка конструкторського проекту виробу на основі тривимірного геометричного моделювання деталей і складальних одиниць, з подальшим автоматизованим формуванням комплекту креслярсько-конструкторської документації. Система, що виконує комп'ютерне проектування, називається CAD-системою.

CAD/CAM-системой називається система, яка забезпечує інтегроване вирішення задач розробки конструкторського проекту виробу і формування керуючих програм для обробки деталей виробу на устаткуванні з ЧПК. Об'єднання цих, достатньо різних, класів задач в рамках однієї системи обумовлене тим, що їх вирішення базується на використуванні єдиної тривимірної геометричної моделі виробу. Спільність моделі дозволяє уникнути всіх проблем, пов'язаних з передачею даних з однієї системи в іншу, забезпечує інтегроване рішення проектних задач.

### 2.3.2 Опис послідовності виконання програми для обробки деталі на верстаті з ЧПК

Після створення тривимірної моделі деталі «Корпус 56.02» файл автоматично передається у модуль технології обробки на обладнаннях з ЧПК. Для цього необхідно у меню “Файл” вибрати функцію “Експорт” → в документ ЧПК (рис. 2.19).

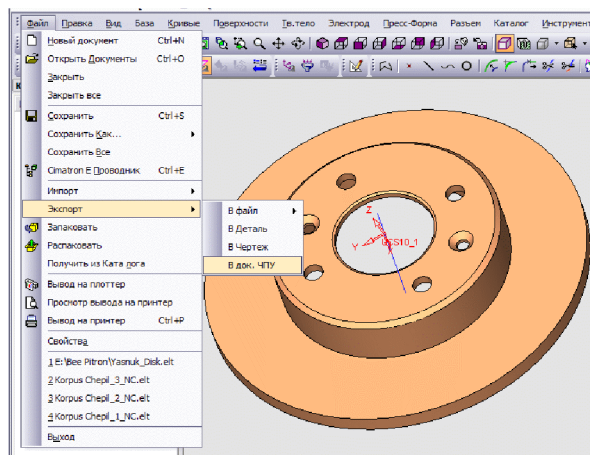


Рисунок 2.19 – Экспорт в документа систему разработки ЧПК

У модулі ЧПК задаємо модель та заготовку моделі деталі. Оскільки, планується виконати серію операцій отримання та обробки двох отворів  $\varnothing 8$  мм та чотирьох отворів  $\varnothing 12$ , то завантажуюємо утиліту “Q - сверление”. Створюємо траєкторію (рис. 2.20).

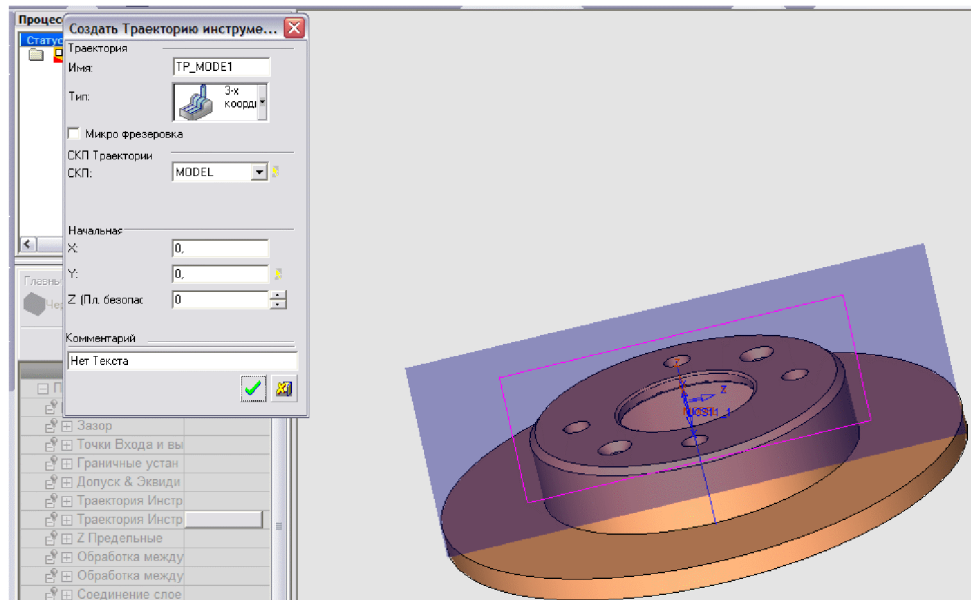


Рисунок 2.20 – Створення траєкторії

Задаємо контури деталі (рис. 2.21).

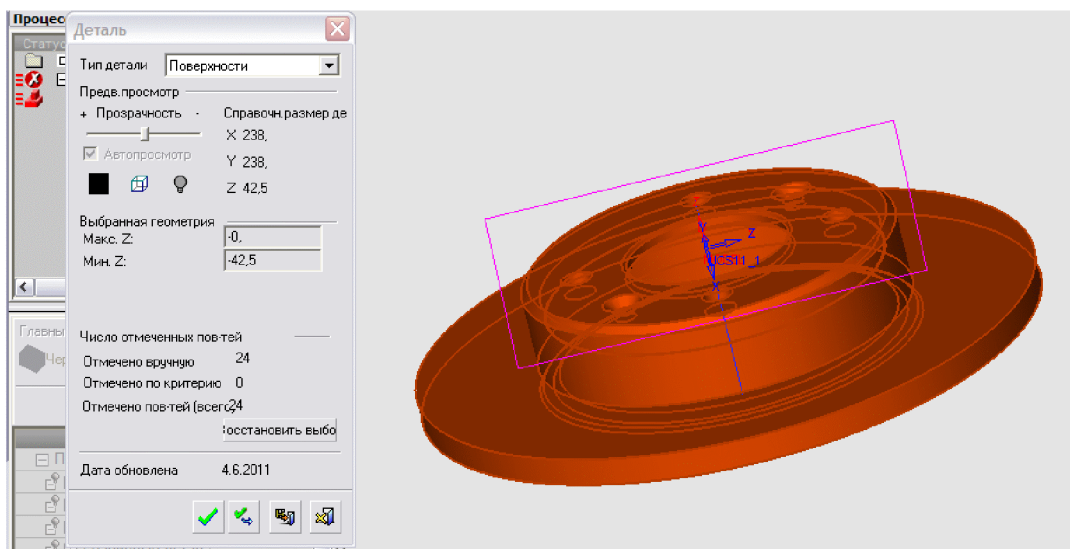


Рисунок 2.21 – Створення контурів деталі



Задаємо контури заготовки (рис. 2.22).

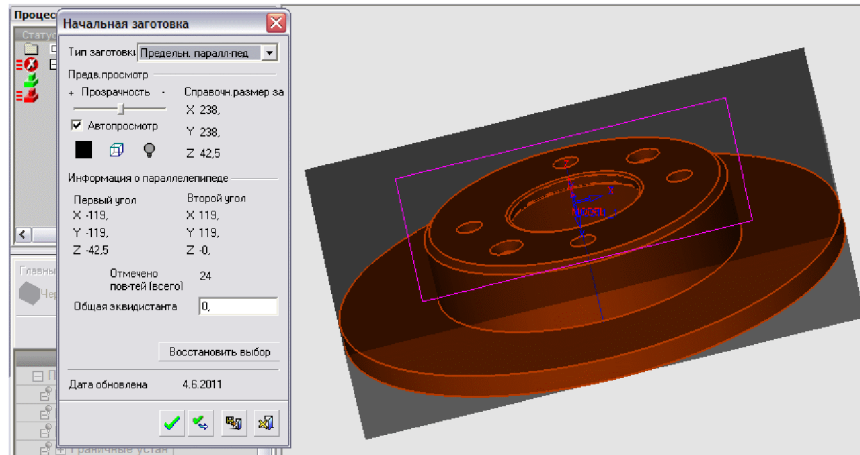


Рисунок 2.22 – Створення контурів заготовки

Створюємо “групу” отворів. “Група” отворів створюється автоматично з автоматичним визначенням форми та параметрів. Задаємо послідовність обробки двох отворів  $\varnothing 8$  мм та чотирьох отворів  $\varnothing 12$  (рис. 2.23).

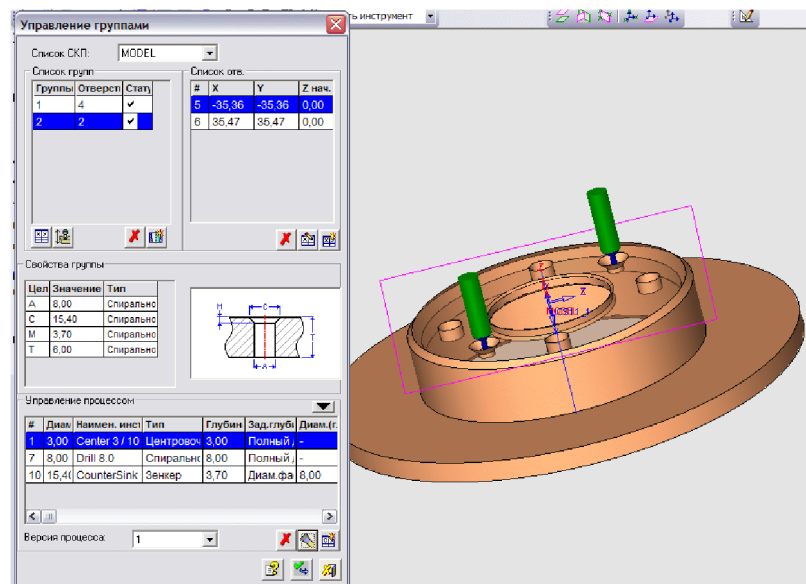


Рисунок 2.23 – Проектування послідовності обробки отворів

Отже, створено дві групи отворів: перша група – два наскрізні отвори  $\varnothing 8$  мм та друга група – 4 наскрізні отвори  $\varnothing 12$ .

Для кожної групи 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, спіральне свердло, зенкер та мітчик. Типорозміри інструментів вибираємо з бази даних програми. Вибираємо центрувальне свердло (рис. 2.24), спіральні свердла (рис. 2.25) та зенкер (рис. 2.26).

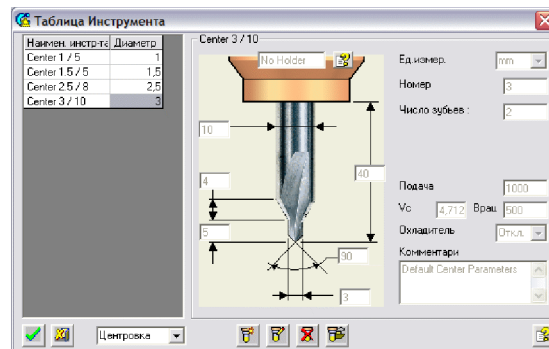


Рисунок 2.24 – Центрувальне свердло

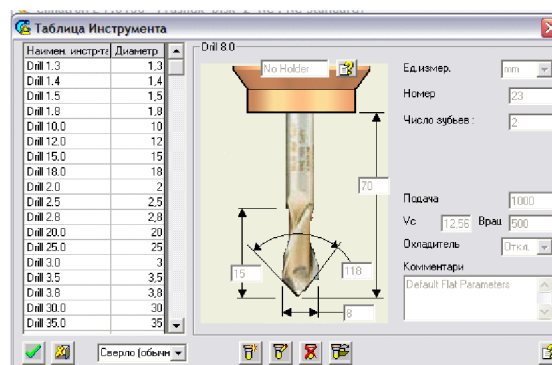


Рисунок 2.25 – Спіральне свердло

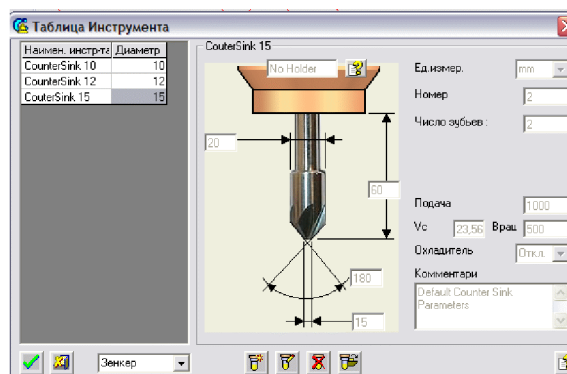


Рисунок 2.26 – Зенкер

Після завершення вибору інструментів створюємо траєкторію руху інструментів (рис. 2.27) з відповідним постпроцесором (рис. 2.28).

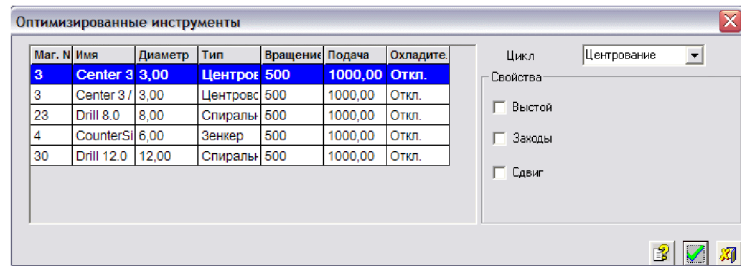


Рисунок 2.27 – Вибір траєкторії руху інструментів

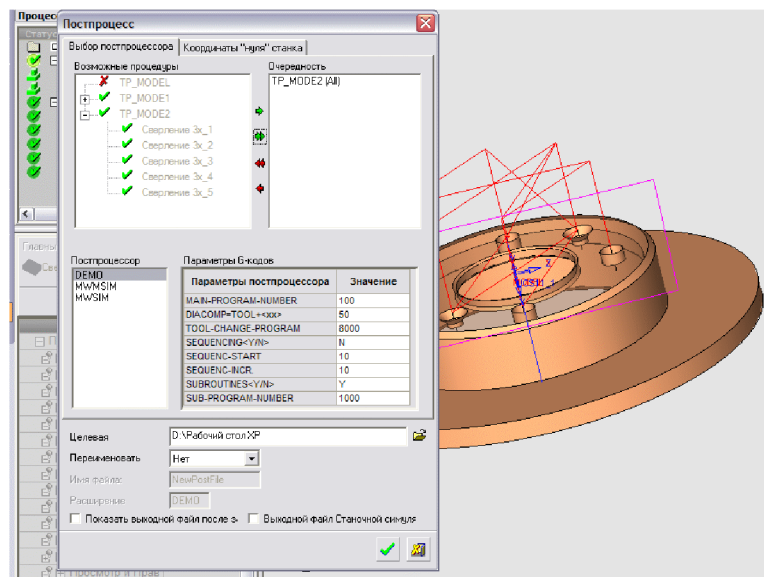


Рисунок 2.28 – Вибір постпроцесора для проектування траєкторії руху інструмента

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

В результаті проектування програми обробки деталі «Корпус 56.02» на верстаті з ЧПК отримана програма, що представлена у додатку В.

### 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.	Дусанюк Ж.П.	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 <sub>1</sub> =30	СБ <sub>2</sub> =35	СБ <sub>3</sub> =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:

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

де  $Z_0$  – основна заробітна плата розробників, грн.;

$Z_p$  – основна заробітна плата робітників, грн.;

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

$Z_n$  – нарахування на заробітну плату розробників, грн.;

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

$M$  – витрати на матеріали, грн.;

$K_e$  – витрати на комплектуючі, грн.;

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

$B_{\text{ін}}$  – інші витрати, грн.

Витрати на основну заробітну плату розробників розраховують за формулою:

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

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

$t_i$  – число днів роботи конкретного розробника, грн.;

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

Проведені розрахунки зведені до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.	Прим.
Керівник проекту	10000	454,54	24	10909,09	
Інженер-конструктор	8000	380,95	10	3636,36	
Всього				$Z_0 = 14545,45$	

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

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

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

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

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

де  $M_M$  – розмір мінімальної місячної заробітної плати, грн. (4173 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.
Верстат багатоцільовий з ЧПК 1П420ПФ40	0,095	1,37	4 (Кі = 1,35)	33,53	3,19
Внутрішньо- шліфувальний 3К227В	0,031	1,37	4 (Кі = 1,35)	33,53	1,04
Всього					$Z_p = 4,23$

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

$$Z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}} (Z_p + Z_o) = 0,12 \cdot (4,23 + 14545,45) = 1745,96 \text{ (грн.)}$$

Нарахування на заробітну плату розробників та робітників розраховується як 36,3 % від суми основної та додаткової заробітної плати розробників і робітників за формулою:

$$Z_H = H_{\text{зн}} (Z_p + Z_o + Z_{\text{дод}}) = 0,363 \cdot (4,23 + 14545,45 + 1745,96) = 5915,32 \text{ (грн.)}$$

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

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

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

$H_a$  – 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 1П420ПФ40	140000	10	1	1750
Внутрішньо-шліфувальний 3К227В	100000	10	1	1562
Всього:				$A_{\text{обл}} = 8981$

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

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

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

$n$  – кількість видів матеріалів;

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

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

$B_j$  – маса відходів  $j$ -го найменування, кг;

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

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу	Ціна за кг., грн.	Витрач., кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн.	Коеф.	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Сталь 45Л	29,5	3,69	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:

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

де  $B$  – вартість 1 кВт-год. Електроенергії ( $B = 1,00$  грн./кВт);

$P$  – установлена потужність обладнання, кВт;

$\Phi$  – фактична кількість годин роботи обладнання, годин;

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

Таблиця 3.8 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт.	Тривалість роботи, год.	Коефіцієнт використання потужності	Сума, грн.
Освітлення офісних приміщень	0,8	420	0,95	319,2
Освітлення вироб. приміщень	2	25	0,95	47,5
Комп'ютерна техніка	1	420	0,7	294
Верстати та інше обладнання	26	0,128	0,9	2,99
				$B_e = 690,65$

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:

$$B_{in} = 2 (Z_p + Z_o) = 2 \cdot (4,23 + 14545,45) = 29099,36 \text{ (грн.)}$$

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

$$K = 14545,45 + 4,23 + 1745,96 + 5915,32 + 8981 + 118,98 + 958,65 + 690,65 + 29099,36 = 62059,6 \text{ (грн.)}$$

Виконуємо розрахунок загальних витрат на виконання даної роботи.

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

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

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

Тоді

$$\hat{A}_{\text{сдд}} = \frac{\hat{A}_{\text{н}}}{\alpha} = \frac{29099,36}{0,9} = 32332,62 \text{ (грн.)}$$

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:

$$\text{сдд} \hat{A} = \frac{\hat{A}_{\text{сдд}}}{\beta} = \frac{32332,62}{0,7} = 46189,46 \text{ (грн.)}$$

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

### 3.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

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

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

В результаті дослідження виробництв де використовується схожі вироби, можна припустити, що провадження нової розробки дозволить у порівнянні з аналогами збільшити кількість оброблюваних деталей на 20% за перший рік, на 15% в другий, та на 10% у кожен послідуочий 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:

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

де  $\Delta\Pi_{я}$  – покращення основного якісного показника від впровадження результатів розробки у даному році,  $\Delta\Pi_{я} = 30 \cdot 0,4 = 12$  грн;

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

$\Delta N$  – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки;

$\Pi_{я}$  – 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 46189,46 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 46189,46 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  $PV = 3B$ , грн.

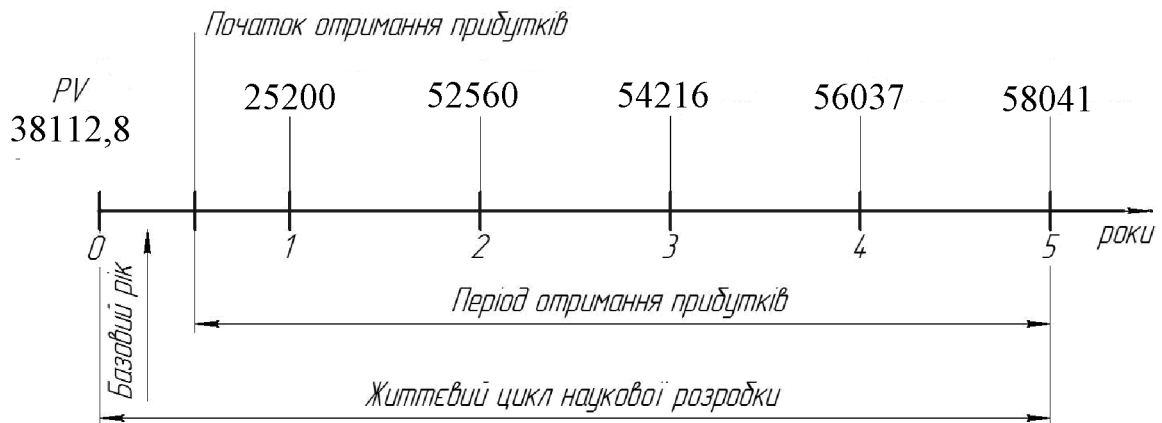


Рисунок 3.1 – Вісь часу з фіксацією платежів, що мають місце під час розробки та впровадження результатів НДДКР

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

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

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;

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



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

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

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

Розрахуємо абсолютну ефективність інвестицій, вкладених у реалізацію проекту. Домовимося, що ставка дисконтування  $\tau$  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  $E_{abc} = (164923 - 46189,46) = 118733,54$  грн.

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

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

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

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

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

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

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

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

де  $d$  – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2019 році в Україні  $d = (0,7...0,15)$ ;

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

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

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

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

$$A_d = \sqrt[5]{1 + \frac{A_{\text{дан}}}{PV}} - 1 = \sqrt[5]{1 + \frac{118733,54}{46189,46}} - 1 = 0,29 \text{ або } 29 \%$$

Оскільки  $E_B = 29\% > \tau_{\text{мін}} = 0,15 = 15\%$ , то інвестора може зацікавити вкладання капіталу в дану розробку.

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

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

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

$$\dot{O}_{ie} = \frac{1}{0,29} = 3,45 \text{ років,}$$

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 (14545,45 грн.) і робітників (4,23 грн. на виготовлення одиниці продукції), а також додаткову заробітну плату (1745,96 грн.), амортизацію обладнання (8981 грн), витрати на електроенергію (690,65 грн), 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 46189,46 грн., спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність (29%/рік) вкладених інвестицій і періоду їх окупності (3,45 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

При виготовленні даного виробу на дільниці механічної обробки будуть виникати небезпечні і шкідливі виробничі фактори, що згідно ГОСТ 12.0.003-74 відносять до фізичної, хімічної і психологічної груп.

До групи фізичних небезпечних і шкідливих виробничих факторів відносяться:

- рухомі машини і механізми, рухомі частини виробничого обладнання, вироби, які переміщуються, заготовки, матеріали;
- підвищена температури поверхонь обладнання і матеріалів;
- підвищений рівень шуму і вібрацій на робочому місці;
- підвищене значення напруги в електричній мережі, замикання якої може відбуватись через тіло людини;
- відсутнє або недостатнє природне освітлення;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- гострі кромки, задирки і шорсткість на поверхні заготовок, інструментів обладнання.

До групи хімічних фізичних небезпечних і шкідливих виробничих факторів відносяться:

- роздратовуючи (хімічні складові, що входять до складу ЗОР);
- загально токсичні (оксид вуглецю).

Психологічну групу шкідливих і небезпечних виробничих акторів складають:

- фізичні перевантаження;
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці).

Групи інших шкідливих факторів відсутні.

## 4.2 Виробнича санітарія

### 4.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат виробничих приміщень залежить від швидкості руху повітря на ділянці. В доповнення до місцевої вентиляції повинна бути встановлена загальна вентиляція, що забезпечує рівномірний розподіл повітря по всьому приміщенню зі швидкістю не більше 0,3м/с. Ділянка відноситься до приміщень зі значними надлишками явного тепла більше 20ккал/м<sup>3</sup>. Отже, категорія робіт II б. робоче місце постійне.

Таблиця 4.1 – Оптимальні та допустимі значення мікроклімату

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

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

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

Таблиця 4.2 – Гранично допустима концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м	Клас небезпеки	Агрегатний стан
Бензин-розчинник	100	4	II
Окис міді	10	4	A
Сірчана кислота	12	A	A

## Продовження таблиці 4.2

Назва речовини	ГДК, мг/м	Клас небезпеки	Агрегатний стан
Свинець та його неорганічні з'єднання	0,01	1	А
Уайт-спірит	600	4	П

Кількість повітря, необхідного для розчинення шкідливих аерозолів до ГДК при повинна бути не менше 38700 м<sup>3</sup>/кг при швидкості руху створюваного місцевими витягами > 1,3 м/с. У приміщенні використовується приточно-витяжні системи вентиляції й місцеві витяги. Повітроводи повинні систематично очищатися від пилу, щоб кількість зваженого в повітрі й осілого пилу не могли створити вибухонебезпечні повітряні суміші в об'ємі більш 1% від об'єму приміщення.

Виробничі приміщення повинні бути обладнані опаленням та загальнообмінною вентиляцією відповідно до вимог СНП 2.04.05-91, ВСА 01-90; забезпечувати стан повітря згідно з ГОСТ 12.1.005-88.

## 4.2.2 Освітлення

Для освітлення приміщення буде використовуватись суміщене освітлення. Приводне освітлення буде здійснюватись комбінованим світлом – через вікна в зовнішніх стінах і ліхтар у перекриттях. Штучне освітлення буде комбінованим. Джерелами загального штучного освітлення будуть газорозрядні лампи, а місцевого – лампи розжарення.

СниП II-4-79 передбачає норми штучного і природного освітлення. В табл.1 подано норму штучного освітлення, а також коефіцієнт природного освітлення для 2-го поясу світлового клімату в залежності від робіт, що виконуються на дільниці. Оскільки місцевість, на якій розташовано підприємство відносять до 4-го поясу світлового клімату, то нормоване значення коефіцієнту природного освітлення обчислюють за формулою (СниП II-4-79):

$$e^{IV} = e^{III} C m \quad (4.1)$$

$e^{III}$  – коефіцієнт природного освітлення для III поясу світлового клімату

$C$  – коефіцієнт сонячності клімату ( $C=0,9$ )

$m$  – коефіцієнт світлового клімату ( $m=0,75$ )

тоді

$$e^{IV} = 2,5 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 1,75\%.$$

Таблиця 4.3 – Характеристика освітлення

Характер зорової роботи	Найменший розмір об'єкту розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкту розрізнення з фоном	Характер фону	Штучне, лм	Природне, %
Високоточн.	Більше 0,15 до 0,3	2	в	Середн.	Середн.	750	2,5

Розрахунок природного освітлення.

Вихідні дані: розміри приміщення 18x36 м, висота

Попередній розрахунок площі світлових пройм при бічному освітленні здійснюється за формулою:

$$100 \frac{S_0}{S_n} = \frac{e_m \kappa_z \eta_0}{\tau_0 r_1}, \text{ [м}^2\text{]} \quad (4.2)$$

де  $S_0$  – площа світлових промінів, м<sup>2</sup>;

$S_n$  – площа підлоги, м<sup>2</sup>;

$l_n$  – нормоване значення КПО;

$\kappa_z$  – коефіцієнт запасу;

$\eta_0$  – світлова характеристика вікна;

$\kappa_{зд}$  – коефіцієнт, що враховує затемнення вікон протистоячими будівлями.

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5 \quad (4.3)$$

$\tau_1$  – загальний коефіцієнт світлопропускання,

$\tau_2$  – коефіцієнт світло пропускання матеріалу,

$\tau_3$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла в несучих конструкціях,

$\tau_4$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла в перельотах світлопроектів;

$\tau_5$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла в захисній сітці, яка

встановлюється на ліхтарях,

Площа підлоги  $S_n = 18 \cdot 36 = 648 \text{ м}^2$  з  $l_n = 1,7\%$ .

Коефіцієнт запасу  $\kappa_3$  в приміщенні з повітряним середовищем, що вміщує в робочій зоні менше  $1 \text{ мг/м}^2$  пилу, диму, копоті складає  $\kappa_3 = 1,3$ .

Величина  $\eta_0$  при відношенні довжини приміщення до глибини  $A/C = 1,12$ ; глибини до рівня умовної робочої поверхні  $c/h_1 = 13$  складає  $h_0 = 23$ .

Коефіцієнт, що враховує затемнення вікон протистоячими будівлями,  $\kappa_{зд} = 1,1$ .

Коефіцієнт:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5 = 0,8 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,432$$

Числове значення коефіцієнта  $r_1$  за таблицею 30 складає 1,7 Б.

Тоді площа вікон:

$$S_0 = \frac{l_H \kappa_3 \kappa_{30} \eta_0}{\tau_0 r_1 100}, [\text{м}^2] \quad (4.4)$$

$$S_n = \frac{1,7 \cdot 1,3 \cdot 23 \cdot 1,1}{0,432 \cdot 1,75 \cdot 100} 648 = 47, (\text{м}^2)$$



Площа світлових пройм при верхньому освітленні обчислюється за формулою:

$$100 \frac{S_1}{S_n} = \frac{e_H \kappa_3 \eta_\Phi}{\tau_0 r_2 \kappa_\Phi}, [\text{m}^2] \quad (4.5)$$

де

$S_\Phi$  – площа ліхтарів;

$r_\Phi$  – коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при верхньому освітленні завдяки світлу, що відбивається від поверхні приміщення

$\eta_\Phi$  - світлова характеристика ліхтаря;

$\kappa_\Phi$  – коефіцієнт, що враховує тип ліхтаря.

Коефіцієнт  $\tau_0$  для верхнього освітлення рівний:

$$\tau_0 = 0.8 \cdot 0.9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.9 = 0.648$$

Коефіцієнти  $\eta_\Phi$ ,  $\kappa_\Phi$ ,  $r_2$  відповідно складають:  $\eta_\Phi = 23$ ,  $\kappa_\Phi = 1, 1$ ,  $r_2 = 1, 4$ .

Тоді площа ліхтарів  $S_\Phi$ :

$$S_\Phi = \frac{e_H \kappa_3 \eta_\Phi S_n}{\tau_0 r_2 \kappa_\Phi 100} = \frac{1,7 \cdot 1,3 \cdot 23 \cdot 648}{0,648 \cdot 1,4 \cdot 1,1 \cdot 100} 330 \text{ (m}^2\text{)}.$$

Далі розраховуємо коефіцієнт природного освітлення при комбінаційному освітленні:

$$\varepsilon_p^k = \varepsilon_p^\delta + \varepsilon_p^\delta, \quad (4.6)$$

де  $\varepsilon_p^\delta$  - КПО при бічному і верхньому освітленні відповідно.

$$\varepsilon_p^{\delta} = (\varepsilon_{\delta} q + \varepsilon_{30} R) r_1 \frac{\tau_0}{K_3}, \quad (4.7)$$

де  $\varepsilon_{\delta}$  – геометричне КПО в розрахунковій точці, що враховує пряме освітлення неба.

$$\varepsilon_{\delta} = 0,01(n_1 n_2), \quad (4.8)$$

де  $n_1$  – кількість променів, які проходять від неба через світлові пройми в розрахункову точку в поперечному перерізі приміщення.

$n_2$  – кількість променів, які проходять від неба через світлові пройми в розрахункову точку на плані приміщення.

За графіками I і II визначаємо:  $n_1, n_2, n'_1, n'_2 - n_1=3, n_2=46, n'_1=2, n'_2=46$ .

Тоді:

$$\varepsilon_{\delta} = 0,01 \cdot (3 \cdot 46) = 1,38, \quad \varepsilon_{30} = 0,01 \cdot (2 \cdot 46) = 0,92.$$

$q$  – коефіцієнт, який враховує відносну яскравість хмарного неба ( $q = 0.96$ ).

$R$  – коефіцієнт, який враховує відносну яскравість проти стоячої будівлі ( $R=0.23$ ).

$$\varepsilon_p^{\delta} = (1,38 \cdot 0,96 + 0,92 \cdot 0,23) 1,75 \frac{0,43}{1,3} = 0,9\%$$

$$\varepsilon_p^{\delta} = [\varepsilon_{\delta} + \varepsilon_{\phi} (r_2 K_{\phi} - 1)] \frac{\tau_0}{K_3}, \quad (4.9)$$

де  $\varepsilon_{\phi}$  – геометричний КПО в розрахунковій точці при верхньому освітленні;

$\varepsilon_{cp}$  – середнє значення геометричного КПО при верхньому освітленні на лінії

перетину умовної робочої поверхні і площини характерного вертикального розрізу приміщення.

$$\varepsilon_{\sigma} = \frac{1}{h}(\varepsilon_{\sigma 1} + \varepsilon_{\sigma 2} + \dots + \varepsilon_{\sigma n}) \quad (4.10)$$

де  $\varepsilon_{\sigma n}$  – геометричний КПО в розрахункових точках.

Приймаємо три розрахункові точки. Їх розташування показано на рисунку 20.

$$\varepsilon_{\sigma n} = 0,01(n_3 n_2) \quad (4.11)$$

За графіком II і III визначаємо  $n_2, n_3$  в розрахункових точках і обчислюємо  $\varepsilon_{\sigma n}$ :

$$\varepsilon_{\sigma 1} = 0,01(2 \cdot 54) = 1,08\%$$

$$\varepsilon_{\sigma 2} = 0,01(5 \cdot 62) = 3,1\%$$

$$\varepsilon_{\sigma 3} = 0,01(2 \cdot 54) = 1,08\%$$

Тоді:

$$\varepsilon_{\sigma p} = \frac{1}{3}(1,08 + 3,1 + 1,08) = 1,78$$

$$\varepsilon^n = (1,08 + 1,78(1,4 \cdot 1,1 - 1)) \frac{0,64}{1,3} = 1\%$$

$$\varepsilon_p^k = \varepsilon_p^{\sigma} + \varepsilon_p^e 0,9 + 1 = 1,9\%$$

Розрахункове значення КПО не повинно перевищувати (бути меншим) за нормоване на 10%.

$$B = \frac{\varepsilon_p^k - \varepsilon_n}{\varepsilon_n} 100\% = \frac{1,9 - 1,7}{1,7} 100\% = 10\%$$

Отже, перевірка справджується.

#### 4.2.3 Шум і вібрації

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

Таблиця 4.4 – Нормативні рівні звукового тиску на дільниці

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

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

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

Локальна передається через руки, загальна через підшви ніг. Загальна вібрація категорії “а”, критерій оцінки - границя зниження продуктивності. Норми вібрацій приведено в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Норми вібрацій

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дій	Нормативні коректовані по частоті та еквівалентні значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			$a_{\text{н}} \text{ м/с}^2$	$L a_{\text{н}} \text{ Дб}$	$V_{\text{н}} \cdot 10^2 \text{ м/с}$	$L_{V_{\text{н}}} \text{ Дб}$
Локальна		$X_n, G, z_n$	2,0	125	2,0	112
Загальна	3 типа		0,1	100	0,2	90

### 4.3 Електробезпека

Для живлення обладнання дільниці електричним струмом використовують трифазну чотири провідну мережу напругою до 1000В з заземленою нейтраллю, напругою  $U=380/220\text{В}$ . Оскільки на дільниці мають місце такі небезпечні умови, як наявність струмопровідного пилу, наявність струмопровідної підлоги (залізобетонна), а також є можливість одночасного дотику людини до металевих частин конструкції і машин, то приміщення даної дільниці відносять до приміщень з особливою безпекою, тому для захисту працюючих від можливого ураження електричним струмом слід передбачити такі заходи:

1. Забезпечити недоступність струмопровідних елементів, що знаходяться під напругою для випадкового дотику. Застосування подвійної ізоляції.
2. Застосовувати занулення обладнання дільниці, що може опинитись під напругою.
3. Використання систем захисного відключення.
4. Використання малих напруг в лампах місцевого освітлення та сигналізації.

Техніка безпеки при виконанні операцій та робіт обладнання. При виконанні операцій технологічного процесу, умови праці повинні бути максимально безпечними для працюючих. Операції технологічного процесу, при виконанні яких є небезпека ураження людини, повинні бути повністю автоматизовані. Безпечність технологічного процесу визначає безпеку обладнання, що використовується при виготовленні деталі.

#### 4.4 Техніка безпеки

Технологічне обладнання, пристосування підлягають технологічному періодичному огляду. Працюють особи віком старше 18 років, які пройшли спеціальне навчання та інструктажі з ТБ та ПБ.

Для колективного захисту від дії електричного струму напругою 380/220 В передбачено занулення (захисне заземлення), ізоляція та недоступність струмонесучих частин.

Зняття та встановлення клапанів пружин та гальмівних пружин проводиться тільки з застосуванням спец, пристосувань та інструменту. Розливи мінеральних мастил своєчасно прибирають тирсою. Слюсарі проходять чергові інструктажі з ТБ один раз у квартал.

#### 4.5 Пожежна безпека

Виробництво, що буде організоване на дільниці відноситься до категорії «Д» (відсутність горючих речовин і наявність матеріалів у холодному стані) згідно ОНТП 24-86. Будівлі відносять до II-ї ступені вогнестійкості (несучі і огорожувальні конструкції виконуватимуться залізобетоні з використанням металевих і плитних негорючих матеріалів). В покрівлі приміщень будуть застосовуватись металеві конструкції, приміщення буде обладнане сванцовиходами.

Пожежа на даному виробництві може виникнути по слідуючим причинам:

1. Конструктивний недолік обладнання.
2. Несправність електромережі і електрообладнання.
3. Самозагоряння матеріалів, схильних до займання (промаслене ганчір'я).
4. Порушення технічних режимів
5. Погана підготовка до ремонту.
6. Недотримання графіку планового ремонту, зношення і корозія обладнання та інше.

Для уникнення можливих пожеж необхідно:

1. Дотримання протипожежних норм і правил при експлуатації дільниці.
2. Періодичний інструктаж працюючих з протипожежної безпеки.
3. Дотримання виробничих дисциплін.
4. Дотримання протипожежних норм при проектуванні приміщень і обладнання дільниці.
5. Заборона користування відкритим вогнем в приміщенні дільниці, заборона паління.
6. Регулярне прибирання промасленого ганчір'я.

Крім цього на дільниці слід передбачити засоби пожежогасіння. До таких відносять: лопати, ящики з піском, аспектові полотна, сокири з діелектричними рукоятками, вогнегасники, пожежні трапи, засоби оповіщення. Слід відзначити, що при виникненні пожежі, до зняття електричної напруги, для гасіння пожежі слід використовувати негорючі матеріали, що є діелектриками: пісок, вогнегасники порошкові (ОПС-65, ОПС-10), вуглекислотні (ОУ-2А, ОУ-5, ОУ-8). Після того як електрична напруга буде знята, можна користуватись водою, хімічними вогнегасниками (ОХП-8, ОХП-10).

Кожен працюючий повинен бути ознайомлений з розташуванням засобів гасіння, планом будівлі, обов'язками на випадок пожежі.

Таблиця 4.6 – Мінімальні межі вогнестійкості (в чисельнику) і максимальні межі розповсюдження вогню (в знаменнику)

Ступінь вогнестійкості	Стіни				Колони	Балки	Плити	Елементи покриття	
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні несучі	Внутрішньо несучі				Плити, настили	Балки, рами
II	2/0	1/0	(0,25..0,5)/(0..40)	25/0,40	2/0	1/0	0,75/0	25/н.н	н.н/н.н

Отже, проведено аналіз стану охорони праці на робочому місці, де відбуватиметься технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус 56.02», що забезпечило безпечні умови праці під час роботи.

## ВИСНОВКИ

Отже в результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи визначено, що деталь «Корпус 56.02» є технологічною, а тип виробництва деталі – середньосерійний. На основі розрахованих техніко-економічних показників способів отримання заготовки деталі «Корпус 56.02» визначення, що найраціональнішим способом є лиття в облицьований кокіль. Виконано проектування послідовностей обробки поверхонь заготовки та операційного технологічного процесу виготовлення деталі з отриманням технологічних карт.

Розроблено робоче місце механічної обробки деталі «Корпус 56.02» на основі застосування CAD-системи КОМПАС V15 та CAD/CAM-системи Сіmatron, а також застосування роботизованого технологічного комплексу на базі робота «Циклон 5.02», що дозволило автоматизувати процес механічної обробки деталі на заданій технологійній операції.

В магістерській кваліфікаційній роботі розраховані основні економічні показники забезпечення виготовлення деталі «Корпус 56.02», що дозволило забезпечити економічний ефект від реалізації вкладених інвестиції з періодом окупності 3,45 років. Розроблено заходи забезпечення умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях під час виготовлення деталі «Корпус 56.02».



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Козловський В.О. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2003. – 75 с.
2. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов]. – 4-е изд., перераб. и доп. – Мн.: Выш. школа, 1983. – 256 с., ил.
3. Руденко П.А. «Проектирование и производство заготовок в машиностроении» Киев. «Вища школа», 1991 г.
4. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: Навч. посібник. – К.: Вища шк., 1993. – 414 с.: іл.
5. Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности “ Технология машиностроения, металорежущие станки и инструменты ” – Л.: Машиностроение. Ленинград. отделение. 1985. – 496 с., ил.
6. Справочник технолога-машиностроителя, т.1. / Под общ. ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1983.
7. Справочник технолога-машиностроителя, т.2. / Под общ. ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1984.
8. Справочник конструктора-инструментальщика / Под общ. ред. В.И. Баранчикова . – Л.: Машиностроение, 1983.
9. Расчеты экономической эффективности новой техники / Под общ. ред. К.М. Великанова . – Л.: Машиностроение, 1983.
10. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Літі заготовки: навчальний посібник. / [Дусанюк Ж. П., Шиліна О. П., Репінський С. В. та ін.] – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 199 с.
11. Методичні вказівки до виконання дипломних проектів для студентів спеціальності 7.05050201 – «Технології машинобудування» / Укладачі: Л. Г. Козлов, О. В. Петров, Ю. І. Муляр, В. В. Савуляк, В. П. Пурдик. –

Вінниця: ВНТУ, 2013. – 45 с.

12. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания. – М.: Экономика, 1990.

13. Станочные приспособления . т.1. / Под ред. Б.М. Вардашкина и др. – М.: Машиностроение, 1984.

14. Мельников Г.Н., Вороненко В.П. Проектирование механосборочных цехов; учебник для студентов машиностроит. специальностей вузов/Под ред. А.М.Дальского – М.:Машиностроение, 1990. – 352 с.: ил.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

24. Пожарная безопасность. Общие требования.

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

26. СНиП 2.01.02. – 85. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений

27. Сакевич В.Ф. Основи розробки питань цивільної оборони в ДП. – Вінниця: ВДТУ, 2001. – 109 с.

28. Автоматизація розрахунку параметрів кондукторних втулок для операцій обробки отворів [електронний ресурс] / О.В. Петров, В.В. Сагайдачний, С.О. Рябий, І.О. Красилюк // 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/7105/5771>.

29. Виконання креслеників та тривимірних моделей машинобудівних виробів за допомогою САД-системи: навчальний посібник / А. Г. Буда, О. В. Петров – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 111 с.

30. Яблочников Е.И., Грибовский А.А., Афанасьев М.Я., Куликов Д.Д.. Методы и системы ИПИ-технологий. Учебное пособие — СПб: Университет ИТМО, 2017. — 64 с.

## ДОДАТКИ

Додаток А

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

Додаток Б

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

## Додаток В

ПРОГРАМА ОБРОБКИ ДЕТАЛІ 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 X0. Y-50. Z50. B0 C0 F BLK8  
MW\_MACHMOVE RAPID X0. Y-50. Z1. B0 C0 F BLK8  
MW\_MACHMOVE FEED X0. Y-50. Z-3. B0 C0 F1000 BLK8  
MW\_MACHMOVE RAPID X0. Y-50. Z50. B0 C0 F BLK8  
MW\_MACHMOVE RAPID X50. Y0. Z50. B0 C0 F BLK9  
MW\_MACHMOVE RAPID X50. Y0. Z1. B0 C0 F BLK9  
MW\_MACHMOVE FEED X50. Y0. Z-3. B0 C0 F1000 BLK9  
MW\_MACHMOVE RAPID X50. Y0. Z50. B0 C0 F BLK9  
MW\_MACHMOVE RAPID X-50. Y0. Z50. B0 C0 F BLK10  
MW\_MACHMOVE RAPID X-50. Y0. Z1. B0 C0 F BLK10  
MW\_MACHMOVE FEED X-50. Y0. Z-3. B0 C0 F1000 BLK10  
MW\_MACHMOVE RAPID X-50. Y0. Z50. B0 C0 F BLK10  
MW\_MACHMOVE RAPID X0. Y50. Z50. B0 C0 F BLK11  
MW\_MACHMOVE RAPID X0. Y50. Z1. B0 C0 F BLK11  
MW\_MACHMOVE FEED X0. Y50. Z-3. B0 C0 F1000 BLK11  
MW\_MACHMOVE RAPID X0. Y50. Z50. B0 C0 F BLK11  
MW\_OP\_END

MW\_OP\_START  
MW\_OP\_NUMBER 1  
MW\_OP\_COMMENT "No Text"  
MW\_TOOL\_NUMBER 1  
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-35.36 Y-35.36 Z50. B0 C0 F BLK8  
MW\_MACHMOVE RAPID X-35.36 Y-35.36 Z1. B0 C0 F BLK8  
MW\_MACHMOVE FEED X-35.36 Y-35.36 Z-4.5 B0 C0 F1000 BLK8  
MW\_MACHMOVE RAPID X-35.36 Y-35.36 Z50. B0 C0 F BLK8  
MW\_MACHMOVE RAPID X35.47 Y35.47 Z50. B0 C0 F BLK9  
MW\_MACHMOVE RAPID X35.47 Y35.47 Z1. B0 C0 F BLK9  
MW\_MACHMOVE FEED X35.47 Y35.47 Z-4.5 B0 C0 F1000 BLK9  
MW\_MACHMOVE RAPID X35.47 Y35.47 Z50. B0 C0 F BLK9  
MW\_OP\_END

MW\_OP\_START  
MW\_OP\_NUMBER 2  
MW\_OP\_COMMENT "No Text"



MW\_TOOL\_NUMBER 2  
MW\_TOOL\_COMMENT "DRILL8.0"  
MW\_TOOL\_HLD\_DEF 0 0 0 0 0 0  
MW\_TOOL\_ARB\_DEF 0 0 0 0 0 0  
MW\_TOOL\_DEF\_APT 8.000000 15. 70. 0.000000 0  
MW\_TOOL\_PROFILE\_CHORDAL\_TOL 0.1  
MW\_TOOL\_LEN\_COMPENSATION 70  
MW\_MACHMOVE RAPID X-35.36 Y-35.36 Z50. B0 C0 F BLK8  
MW\_MACHMOVE RAPID X-35.36 Y-35.36 Z1. B0 C0 F BLK8  
MW\_MACHMOVE FEED X-35.36 Y-35.36 Z-10.4034 B0 C0 F1000 BLK8  
MW\_MACHMOVE RAPID X-35.36 Y-35.36 Z50. B0 C0 F BLK8  
MW\_MACHMOVE RAPID X35.47 Y35.47 Z50. B0 C0 F BLK9  
MW\_MACHMOVE RAPID X35.47 Y35.47 Z1. B0 C0 F BLK9  
MW\_MACHMOVE FEED X35.47 Y35.47 Z-10.4034 B0 C0 F1000 BLK9  
MW\_MACHMOVE RAPID X35.47 Y35.47 Z50. B0 C0 F BLK9  
MW\_OP\_END

MW\_OP\_START  
MW\_OP\_NUMBER 3  
MW\_OP\_COMMENT "No Text"  
MW\_TOOL\_NUMBER 3  
MW\_TOOL\_COMMENT "COUNTERSINK24"  
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 9. 60. 0.000000 45.0  
MW\_TOOL\_PROFILE\_CHORDAL\_TOL 0.1  
MW\_TOOL\_LEN\_COMPENSATION 60  
MW\_MACHMOVE RAPID X-35.36 Y-35.36 Z50. B0 C0 F BLK8  
MW\_MACHMOVE RAPID X-35.36 Y-35.36 Z1. B0 C0 F BLK8  
MW\_MACHMOVE FEED X-35.36 Y-35.36 Z-4.7 B0 C0 F1000 BLK8  
MW\_MACHMOVE RAPID X-35.36 Y-35.36 Z50. B0 C0 F BLK8  
MW\_MACHMOVE RAPID X35.47 Y35.47 Z50. B0 C0 F BLK9  
MW\_MACHMOVE RAPID X35.47 Y35.47 Z1. B0 C0 F BLK9  
MW\_MACHMOVE FEED X35.47 Y35.47 Z-4.7 B0 C0 F1000 BLK9  
MW\_MACHMOVE RAPID X35.47 Y35.47 Z50. B0 C0 F BLK9  
MW\_OP\_END

MW\_OP\_START  
MW\_OP\_NUMBER 4  
MW\_OP\_COMMENT "No Text"  
MW\_TOOL\_NUMBER 4  
MW\_TOOL\_COMMENT "DRILL12.0"  
MW\_TOOL\_HLD\_DEF 0 0 0 0 0 0  
MW\_TOOL\_ARB\_DEF 0 0 0 0 0 0  
MW\_TOOL\_DEF\_APT 12.000000 15. 120. 0.000000 0  
MW\_TOOL\_PROFILE\_CHORDAL\_TOL 0.1  
MW\_TOOL\_LEN\_COMPENSATION 120  
MW\_MACHMOVE RAPID X0. Y-50. Z50. B0 C0 F BLK8  
MW\_MACHMOVE RAPID X0. Y-50. Z1. B0 C0 F BLK8  
MW\_MACHMOVE FEED X0. Y-50. Z-11.6052 B0 C0 F1000 BLK8  
MW\_MACHMOVE RAPID X0. Y-50. Z50. B0 C0 F BLK8  
MW\_MACHMOVE RAPID X50. Y0. Z50. B0 C0 F BLK9  
MW\_MACHMOVE RAPID X50. Y0. Z1. B0 C0 F BLK9

```
MW_MACHMOVE FEED X50. Y0. Z-11.6052 B0 C0 F1000 BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X50. Y0. Z50. B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X-50. Y0. Z50. B0 C0 F BLK10
MW_MACHMOVE RAPID X-50. Y0. Z1. B0 C0 F BLK10
MW_MACHMOVE FEED X-50. Y0. Z-11.6052 B0 C0 F1000 BLK10
MW_MACHMOVE RAPID X-50. Y0. Z50. B0 C0 F BLK10
MW_MACHMOVE RAPID X0. Y50. Z50. B0 C0 F BLK11
MW_MACHMOVE RAPID X0. Y50. Z1. B0 C0 F BLK11
MW_MACHMOVE FEED X0. Y50. Z-11.6052 B0 C0 F1000 BLK11
MW_MACHMOVE RAPID X0. Y50. Z50. B0 C0 F BLK11
MW_OP_END
```

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

ПОГОДЖЕНО

Головний технолог

керівник або заступник

ПрАТ «Вінницький завод «Маяк»

назва підприємства чи установи

Марчук А.В.

підпис

ініціали та прізвище

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

зав. кафедри ТАМ

д.т.н., професор Козлов Л.Г.

(підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

ПРОЕКТУВАННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ  
«КОРПУС 56.02» З ВИКОРИСТАННЯМ САД/САМ-СИСТЕМ

08-26.МКР.013.00.000 ТЗ

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

Петров О.В. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Виконавець: студент 2 курсу, групи 1ПМ-18м  
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Красилюк І.О. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Вінниця ВНТУ 2019

## 1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)

а) потреба у розробці робочого місця механічної обробки деталі «Корпус 56.02» з використанням CAD/CAM-систем в умовах заданої програми виробництва;

б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

## 2. Мета і призначення МКР

а) мета – розробка робочого місця механічної обробки деталі «Корпус 56.02» з використанням CAD/CAM-систем;

б) призначення розробки – технологічний процес механічної обробки деталі на верстаті з ЧПК.

## 3. Вихідні дані для виконання МКР

Технічне креслення та річна програма випуску деталі «Корпус 56.02».

## 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, циклограма роботи РТК, компоновка РТК, робоче місце механічної обробки.

## 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	02.09.19 р.	22.10.19 р.	Формування мети та задач роботи
2	Підготовка технологічного розділу	02.09.19 р.	22.10.19 р.	Об'єкт дослідження, розділ 1
3	Підготовка розділу розробки робочого місця механічної обробки	04.10.19 р.	28.11.19 р.	Розділ 2, публікація результатів
4	Підготовка економічної частини	04.10.19 р.	02.12.19 р.	Розділ 3, апробація
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	04.10.19 р.	02.12.19 р.	Розділ 4
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	04.10.19 р.	02.12.19 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.

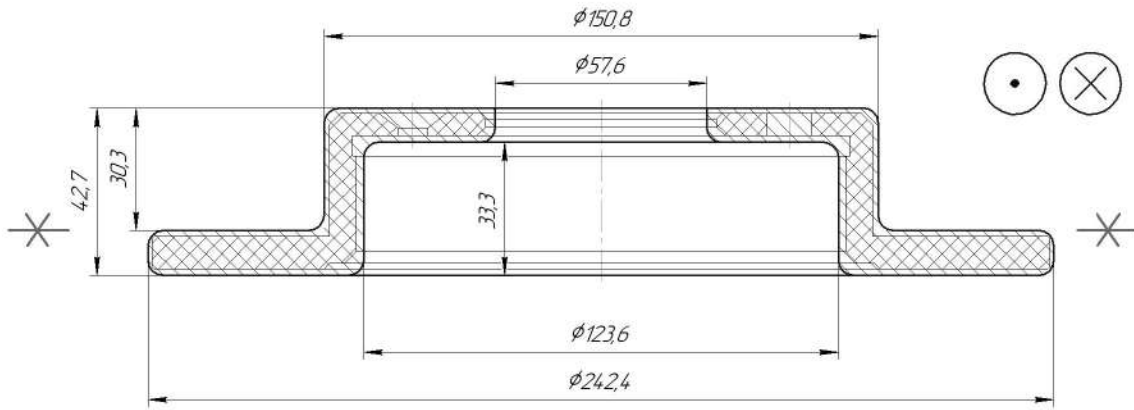
# БАЗОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

№ Операції	Назва операції та зміст переходів	Операційний ескіз	Тип і модель обладнання
005	<p style="text-align: center;"><b>Токарна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2. Точити торець ①, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>3. Точити циліндричну поверхню ② попередньо.</li> <li>4. Точити циліндричну поверхню ② попередньо.</li> <li>5. Точити циліндричну поверхню ② остаточно.</li> <li>6. Точити торець ③, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>7. Точити циліндричну поверхню ④ в розмір <math>\phi 61</math> однократно.</li> <li>8. Точити канавку ⑤, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>9. Точити фаски ⑥ та ⑦, витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>10. Зняти заготовку</li> </ol>	<p style="text-align: center;">Невказані граничні відхилення розмірів отворів Н14, інші <math>\pm \frac{IT16}{2}</math></p>	Токарна з ЧПК 16K20Ф3
010	<p style="text-align: center;"><b>Токарна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2. Точити торець ①, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>3. Точити циліндричну поверхню ② в розмір <math>\phi 238</math> однократно.</li> <li>4. Точити циліндричну поверхню ③ попередньо.</li> <li>5. Точити циліндричну поверхню ③ попередньо.</li> <li>6. Точити циліндричну поверхню ③ остаточно.</li> <li>7. Точити канавку ④, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>8. Точити фаску ⑤, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>9. Точити фаску ⑥, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>10. Зняти заготовку.</li> </ol>	<p style="text-align: center;">Невказані граничні відхилення розмірів отворів Н14, інші <math>\pm \frac{IT16}{2}</math></p>	Токарна з ЧПК 16K20Ф3
015	<p style="text-align: center;"><b>Вертикально-свердильна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2. Центрувати 4 отв. ①, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>3. Свердлити 4 отв. ① в розмір <math>\phi 12</math>.</li> <li>4. Центрувати 2 отв. ②, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>5. Свердлити 2 отв. ② в розмір <math>\phi 8</math>.</li> <li>6. Цекувати 2 пов. ③, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>7. Зняти заготовку.</li> </ol>	<p style="text-align: center;">Невказані граничні відхилення розмірів отворів Н14, інші <math>\pm \frac{IT16}{2}</math></p>	Вертикально-свердильний з ЧПК 2P135Ф2
020	<p style="text-align: center;"><b>Круглошліфувальна</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2. Шліфувати пов. ①, в розмір <math>\phi 14.419</math>.</li> <li>3. Зняти заготовку.</li> </ol>		Круглошліфувальний 3M153ДФ
025	<p style="text-align: center;"><b>Внутрішньошліфувальна</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2. Шліфувати пов. ①, в розмір <math>\phi 130H7</math>.</li> <li>3. Зняти заготовку.</li> </ol>		Внутрішньошліфувальний 3K227В



08-26.МКР.013.02.000

$\sqrt{Ra\ 20}$



1. Точність виливка 9т-6-11-9т 3м 088 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 2,7-3,4-0,5-3,15 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані лубарні радіуси 4 мм.

				08-26.МКР.013.02.000		
				Корпус 56.02 (виливак)		
				Лист	Маса	Масштаб
					3,15	1:1
				Лист	Листов 1	
				Сталь 45Л ГОСТ 977-88		
				ВНТУ, гр. 17М-18М Формат А3		

Копія

Лист 1 з 1

Лист 1 з 1

Лист 1 з 1

Лист 1 з 1

Лист 1 з 1

Лист 1 з 1

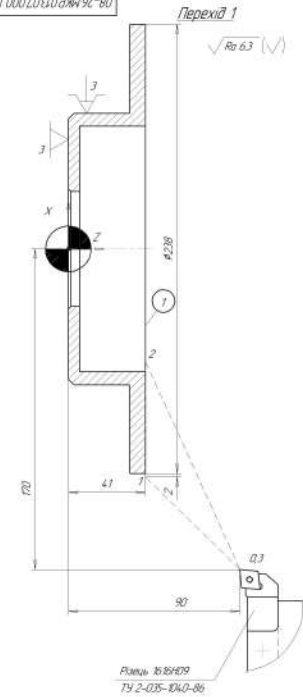
Лист 1 з 1

Лист 1 з 1

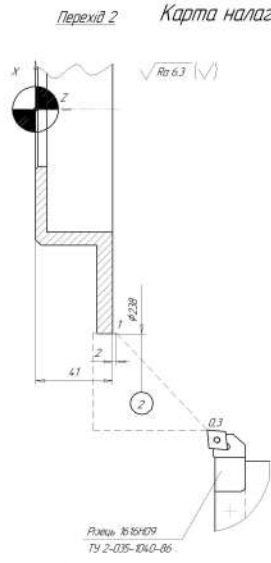


№ 0001.03.01.492-80

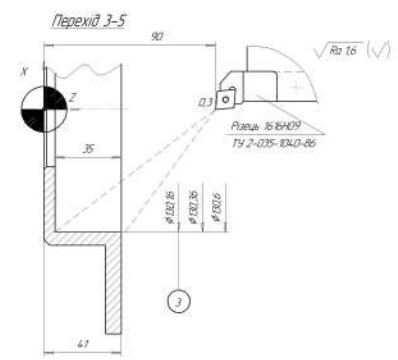
Карта налагодження



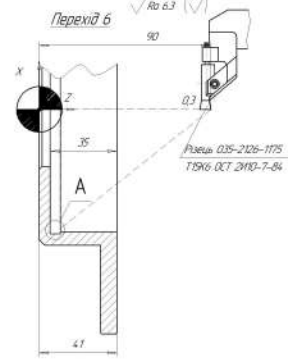
Неказані граничні відхилення розмірів отвору Н14, валу h14, інших IT14/2



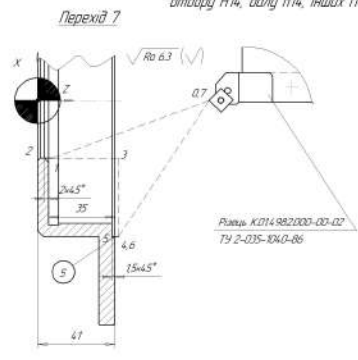
Неказані граничні відхилення розмірів отвору Н14, валу h14, інших IT14/2



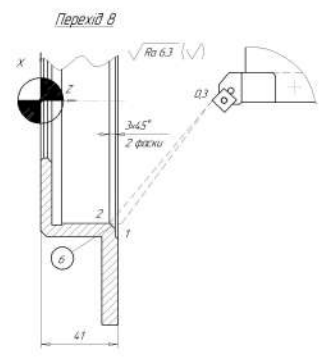
Неказані граничні відхилення розмірів отвору Н14, валу h14, інших IT14/2



Неказані граничні відхилення розмірів отвору Н14, валу h14, інших IT14/2

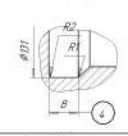


Неказані граничні відхилення розмірів отвору Н14, валу h14, інших IT14/2



Неказані граничні відхилення розмірів отвору Н14, валу h14, інших IT14/2

A (2:1)



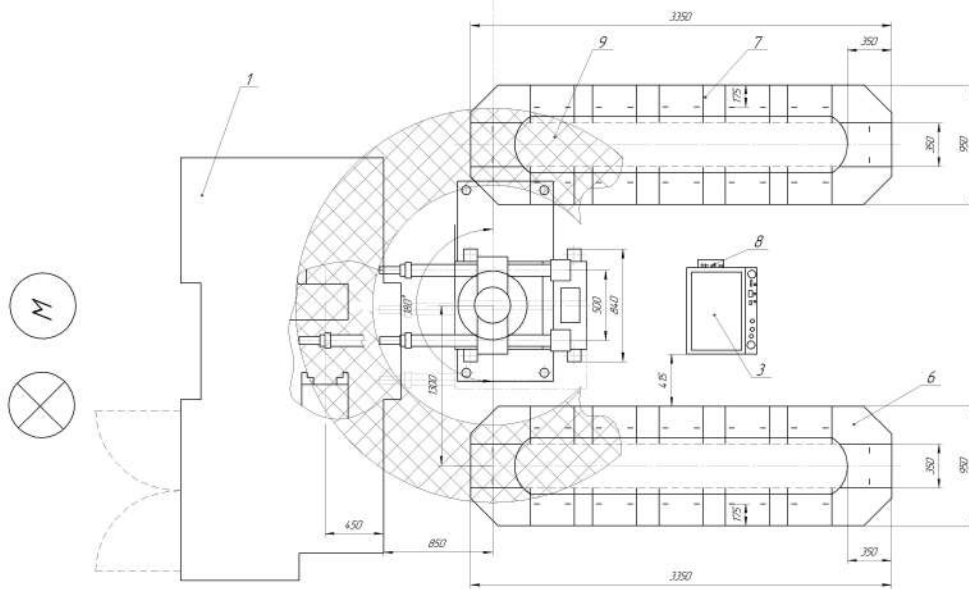
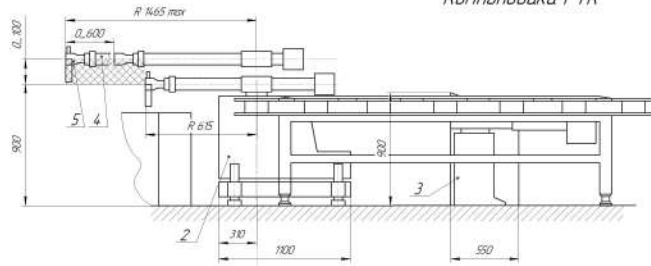
№ точки	№ операції	Точка в чк	Вимірювання	Обладнання	Результат
8	Точки фаски Ø, вилучені розмір фаски на всій довж.	0.6	3.0	117.01	197.80
7	Точки фаски Ø, вилучені розмір фаски на всій довж.	1.5	1.5	140.18	185.36
6	Точки канавки Ø, вилучені розмір канавки на всій довж.	0.8	1.0	187.51	186.37
5	Точки циліндричну поверхню Ø остаточно	0.4	0.1	189.43	152.7
4	Точки циліндричну поверхню Ø попередньо	0.8	0.2	155.24	158.97
3	Точки циліндричну поверхню Ø попередньо	1.5	1.1	231.74	157.1
2	Точки циліндричну поверхню Ø в розмір 238 відкрито	0.8	0.5	121.15	124.38
1	Точки торця Ø, вилучені розмір фаски на всій довж.	1.5	1.5	140.18	185.36

08-26.МКР.013.07.000 П/1

Карта налагодження на операцію 010

№ операції	№ документа	Дата	Вид	Лист	Кількість
010	08-26.МКР.013.07.000 П/1	2014	Д	1	1

Компонувка РТК



1. Верстат моделі 16К20Ф3
2. ПР моделі Циклон 5.02 (модернізований)
3. Пристрій керування
4. Виконавчий орган
5. Захисний пристрій
6. Тактовий стіл СТ 350
7. Місце складування оброблених деталей (тактовий стіл СТ 350)
8. Пульта
9. Робоча зона ПР

Технічні характеристики ПР

- вантажопідйомність - 10 (12) кг
- число ступенів рухливості - 5 або 7
- число рук - 2
- число робочих пристроїв на одній руці - 1
- привод осейних рухів - ланцюговий
- система керування - циклова
- число програмованих координат - 6
- позиція позиціонування - ±0,1 мм
- найбільший діаметр руки - 500 мм
- швидкість переміщення мм/хвилину м/с
- γ = 600/115
- z = 400/12
- κ = 400/115
- кутові переміщення °/хвилину швидкість °/с
- φ = 800/120
- φ = 800/180

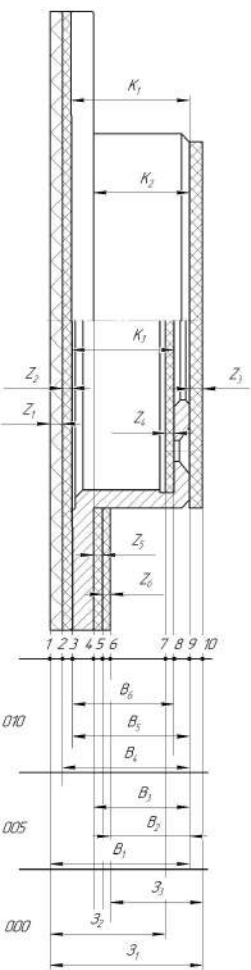
Характеристика робочого місця

- 1 Циклова продуктивність, шт 0,008
- 2 Коефіцієнт відносного завантаження, Кз 0,81
- 3 Режим роботи ПР легкий

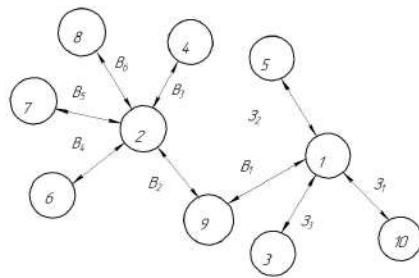
				08-26/МР.013.11.000		
				Компонувка РТК		
Розробник	В.Ф.Бонч	Дата	11.01.00	Лист	1/15	
Проєктант	В.Ф.Бонч	Дата	11.01.00	Лист	1/15	
Виконавець	В.Ф.Бонч	Дата	11.01.00	Лист	1/15	
Перевірив	В.Ф.Бонч	Дата	11.01.00	Лист	1/15	
Затвердив	В.Ф.Бонч	Дата	11.01.00	Лист	1/15	

# МОДЕРНІЗОВАНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

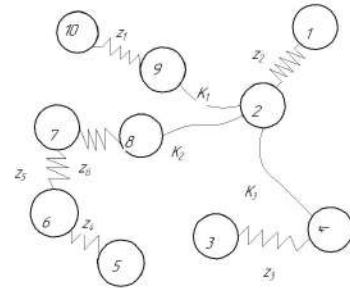
№ Операції	Назва операції та зміст переходів	Операційний ескіз	Тип і модель обладнання
005	<p style="text-align: center;"><b>Багатоцільовий ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2. Точити торець ①, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>3. Точити циліндричну поверхню ② попередньо.</li> <li>4. Точити циліндричну поверхню ② попередньо.</li> <li>5. Точити циліндричну поверхню ② остаточно.</li> <li>6. Точити торець ③, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>7. Точити циліндричну поверхню ④ в розмір <math>\Phi 61</math> однократно.</li> <li>8. Точити канавку ⑤, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>9. Центрувати 4 отв. ⑥, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>10. Свердлити 4 отв. ⑥ в розмір <math>\Phi 6</math>.</li> <li>11. Центрувати 2 отв. ⑦, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>12. Свердлити 2 отв. ⑦ в розмір <math>\Phi 8</math>.</li> <li>13. Цекувати 2 пов. ⑧, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>14. Точити фаски ⑨ та ⑩, витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>15. Зняти заготовку</li> </ol>	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 6,3}</math> (✓)</p> <p style="text-align: center;">Невказані граничні відхилення розмірів отворів Н14, інші <math>\pm \frac{IT_{14}}{2}</math></p>	<p style="text-align: center;">Токарний багато- цільовий 1П420ПФ40</p>
010	<p style="text-align: center;"><b>Токарна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2. Точити торець ①, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>3. Точити циліндричну поверхню ② в розмір <math>\Phi 238</math> однократно.</li> <li>4. Точити циліндричну поверхню ③ попередньо.</li> <li>5. Точити циліндричну поверхню ③ попередньо.</li> <li>6. Точити циліндричну поверхню ③ остаточно.</li> <li>7. Точити канавку ④, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>8. Точити фаску ⑤, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>9. Точити фаску ⑥, витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>10. Зняти заготовку.</li> </ol>	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 6,3}</math> (✓)</p> <p style="text-align: center;">Невказані граничні відхилення розмірів отворів Н14, інші <math>\pm \frac{IT_{14}}{2}</math></p>	<p style="text-align: center;">Токарний з ЧПК 16К20Ф3</p>
015	<p style="text-align: center;"><b>Круглошліфувальна</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2. Шліфувати пов. ①, в розмір <math>\Phi 144f9</math>.</li> <li>3. Зняти заготовку.</li> </ol>	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 0,8}</math></p>	<p style="text-align: center;">Кругло- шліфувальний ЗМ15ЗДФ</p>
020	<p style="text-align: center;"><b>Внутрішньошліфувальна</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2. Шліфувати пов. ①, в розмір <math>\Phi 130H7</math>.</li> <li>3. Зняти заготовку.</li> </ol>	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 0,8}</math></p>	<p style="text-align: center;">Внутрішньо- шліфувальний ЗК227В</p>



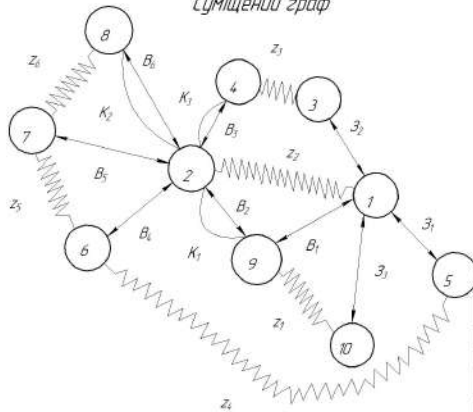
Похідне граф-дерево



Вихідне граф-дерево



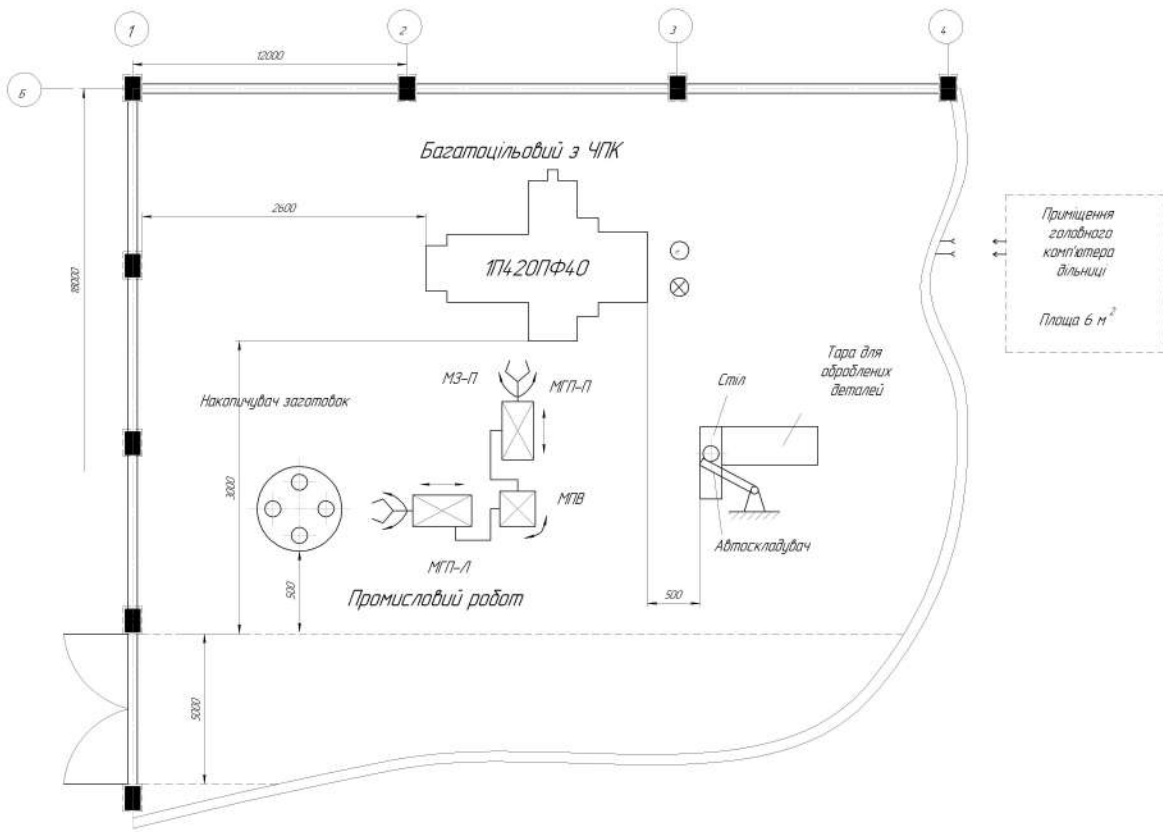
Суміщений граф



Припуски	Z1 min	Z2 min	Z3 min	Z4 min	Z5 min	Z6 min
Z3 min	2	2,1	2	2	1,2	0,8

Размір	B1	B2	B3	B4	B5	B6	31	32	33
Допуск, мм	0,87	0,87	0,62	0,3	0,074	0,03	1,4	1,2	1

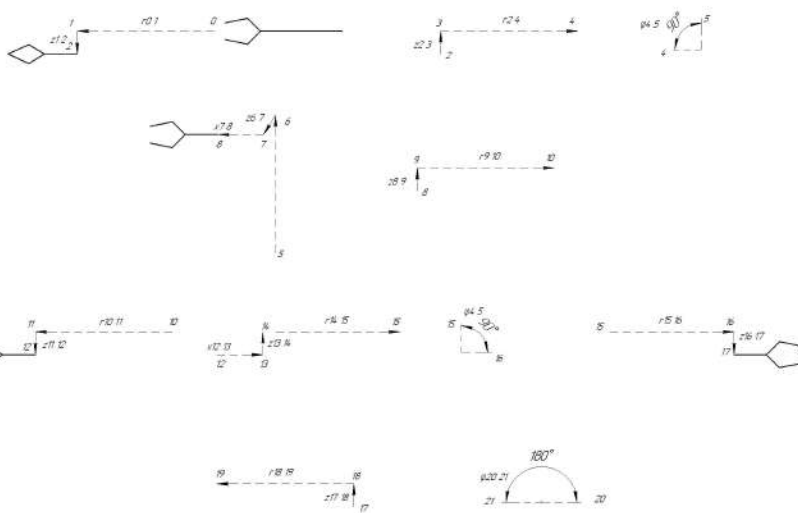
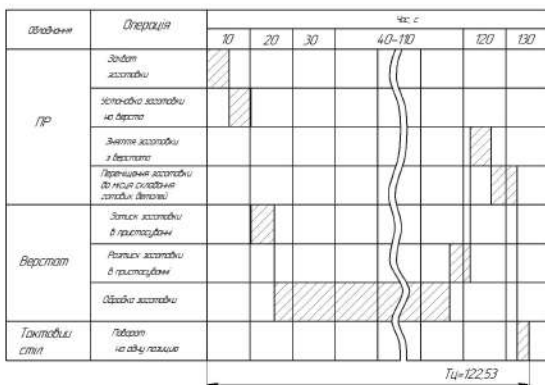
Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Размір, що визначається
$-K3 + B3 = 0$	$K3 = B3$	B3
$-K2 + B6 = 0$	$K2 = B6$	B6
$-K1 + B2 = 0$	$K1 = B2$	B2
$Z2 + B2 - B1 = 0$	$B1 = Z2 + B2$	B1
$Z1 + B1 - 31 = 0$	$31 = B1 + Z1$	31
$B5 + Z6 - B6 = 0$	$B5 = B6 - Z6$	B5
$B4 + Z5 - B5 = 0$	$B4 = B5 - Z5$	B4
$Z4 - B4 + Z2 + 32 = 0$	$Z4 = B4 - Z2 - 32$	32
$Z3 - B3 + 33 + Z2 = 0$	$Z3 = B3 - 33 - Z2$	33



				08-26.МКР.013.12.000		
				Робоче місце механічної обробки		
№	П.І.П.	П.І.П.	П.І.П.	№	№	№
Розроб.	Виконав.	Перевірив.	Затверд.	Дат.	Листів	Т
Дат.	Виконав.	Перевірив.	Затверд.			
Масштаб	Складено	Вибрано	Вибрано			
Стат.	Вибрано	Вибрано	Вибрано			

## Циклограма функціонування та алгоритм роботи РТК

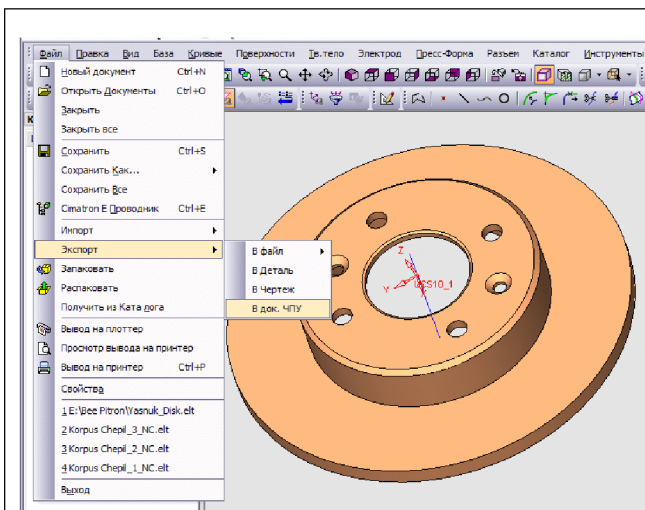
Циклограма функціонування РТК



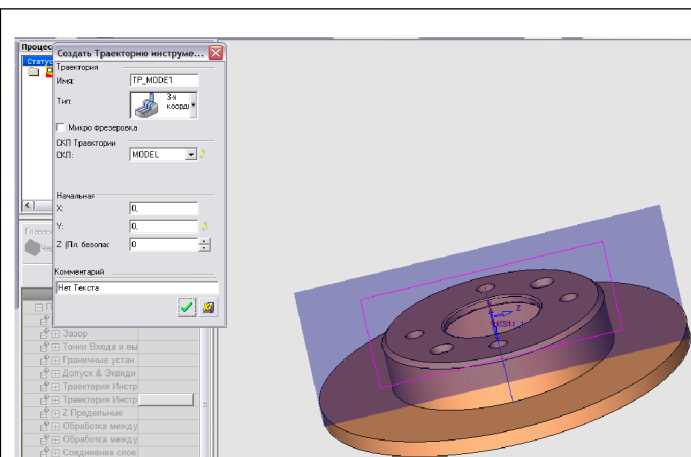
Алгоритм роботи РТК

	Коментар	Величина переміщення, мм/град	Швидкість переміщення, м/с °/с	Час, с
Забір заготовки	Переміщення руки ПР вперед	600	0,48	1,25
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,2	0,5
	Затиск заготовки схватом ПР	-	-	0,5
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,2	0,5
	Переміщення руки ПР назад	600	0,48	1,25
Сума				4,0
Установка заготовки на верстат	Поворот руки ПР за год. стрілкою	90°	115	0,78
	Переміщення руки ПР вперед	600	0,48	1,25
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,2	0,5
	Переміщення корпусу вліво	100	0,08	1,25
	Розтиск схвата ПР	-	-	0,5
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,2	0,5
Переміщення руки ПР назад	600	0,48	1,25	
Сума				6,03
Верстат	Затиск заготовки на верстатному пристосуванні	-	-	6
	Обробка заготовки			86,4
	Розтискання заготовки на верстатному пристосуванні			6
				98,4
Зняття заготовки з верстата	Переміщення руки ПР вперед	600	0,48	1,25
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,2	0,5
	Затиск заготовки схватом ПР	-	-	0,5
	Переміщення корпусу вправо	100	0,08	1,25
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,2	0,5
	Переміщення руки ПР назад	600	0,48	1,25
Сума				5,25
Переміщення заготовки до місця складання готових деталей	Поворот руки ПР за год. стрілкою	90°	115	0,78
	Переміщення руки ПР вперед	600	0,48	1,25
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,2	0,5
	Розтиск схвата ПР	-	-	0,5
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,2	0,5
	Переміщення руки ПР назад	600	0,48	1,25
	Поворот руки ПР проти год. стрілки	180°	115	1,57
Сума				6,35
	Переміщення на одну позицію			2,5

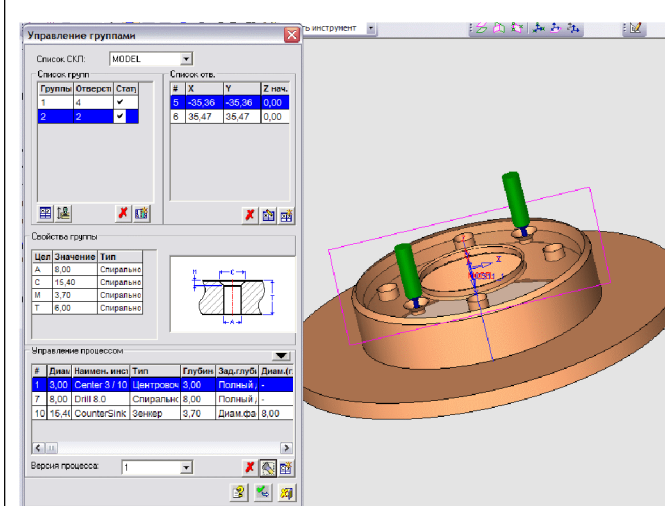
# РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ НА ВЕРСТАТ З ЧПК



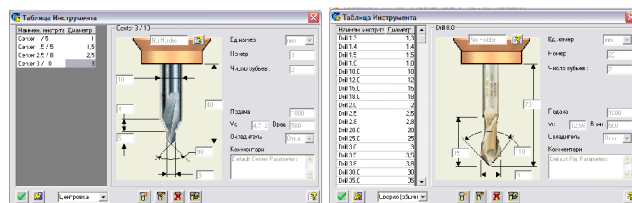
Крок 1. Вибір вихідної тривимірної моделі деталі «Корпус 56.02»



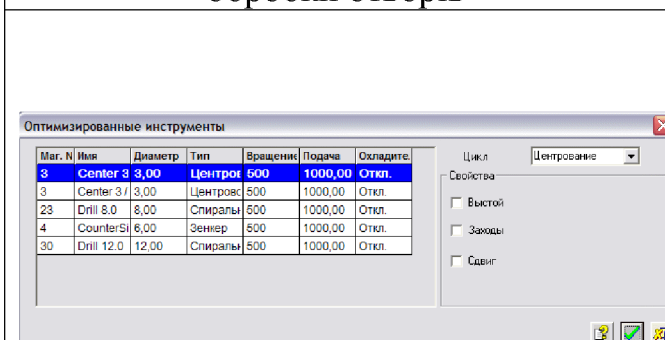
Крок 2. Вибір положення площі координат



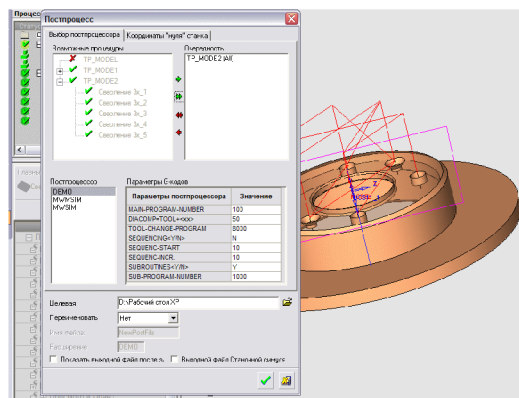
Крок 3. Проектування послідовності обробки отворів



Крок 4. Вибір інструментів для обробки



Крок 5. Вибір послідовності, параметрів та траєкторії руху інструментів



Крок 6. Вибір постпроцесора, проектування та збереження програми обробки

