

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:

РОБОЧЕ МІСЦЕ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «СТАКАН 53.18» З  
ВИКОРИСТАННЯМ САД/САМ-СИСТЕМ

08-26.МКР.002.00.000 ПЗ

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

Бабак В.В. \_\_\_\_\_

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

Петров О.В. \_\_\_\_\_

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. АТМ

Галушак О.О. \_\_\_\_\_

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

Вінниця ВНТУ – 2020 року

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

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

ПОГОДЖЕНО

Головний технолог

керівник або заступник

ПрАТ «Вінницький завод «Маяк»

назва підприємства чи установи

Марчук А.В.

підпис

ініціали та прізвище

«05» жовтня 2020 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

зав. кафедри ТАМ

д.т.н., професор Козлов Л.Г.

(підпис)

«05» жовтня 2020 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Бабаку Владиславу Валентиновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Робоче місце механічної обробки деталі «Стакан 53.18» з використанням САД/САМ-систем  
керівник МКР к.т.н., доцент каф. ТАМ Петров О.В.

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

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

2. Строк подання студентом МКР: 10 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до МКР: деталь «Стакан 53.18», матеріал Сталь 45 Л  
ГОСТ 1050-74, програма випуску N = 4700 шт. на рік

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): вступ, технологічний розділ, розробка робочого місця механічної обробки з використанням САД/САМ-систем, економічна частина, охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): креслення деталі, креслення заготовки, ТП механічної обробки деталі, карта налашки на операцію, розмірний аналіз ТП, компоновка РТК, циклограма функціонування РТК, робоче місце механічної обробки деталі.

## 6. Консультанти розділів МКР

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

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

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Бабак В.В.

Керівник МКР

\_\_\_\_\_

(підпис)

Петров О.В.

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	5
ABSTRACT.....	6
ВСТУП.....	7
1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	10
1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи.....	10
1.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі.....	12
1.3 Вибір способу виготовлення заготовки.....	16
1.4 Розробка маршруту механічної обробки.....	28
1.5 Висновки до технологічної частини.....	48
2 РОЗРОБКА РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «СТАКАН 53.18».....	49
2.1 Розробка тривимірної моделі деталі.....	49
2.2 Розробка програми обробки деталі на верстаті з ЧПК.....	50
2.3 Розробка та вибір роботизованого технологічного комплексу.....	55
2.4 Висновки до розділу 2.....	72
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	73
3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	73
3.2 Прогнозування витрат на розробку нового технічного рішення.....	76
3.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	82
3.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності... ..	84
3.5 Висновки до економічної частини.....	88
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	89
4.1 Аналіз умов праці на робочому місці механічної обробки.....	89
4.2 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи.....	89
4.3 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії....	90
4.4 Пожежна безпека.....	95
4.5 Висновки до розділу 4.....	96
ВИСНОВКИ.....	97
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	98



ДОДАТКИ.....	101
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 «Стакан 53.18», визначено припуски на механічну обробку та режими різання.

У другому розділі розроблено робоче місце механічної обробки деталі «Стакан 53.18» 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 "Glass 53.18" 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 " Glass 53.18" 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

Сучасні роботизовані технологічні комплекси (РТК) призначені для автоматизації виконання багаторазово повторюваних завдань, тоді як роботизовані технології майбутнього будуть створюватися для виконання великої кількості завдань, що повторюються по декілька разів. Розвиток в цьому напрямку потребують від виробників створення легко перепрограмованих РТК з швидкознімною змінною оснащенням.

В даний час впровадження роботизованих технологій в діюче виробництво здійснюється із залученням провідних іноземних компаній, що володіють досвідом автоматизації виробництва. Тому актуальною задачею є не тільки підготовка вітчизняних фахівців, які б могли кваліфіковано обслуговувати існуючі іноземні зразки РТК, але і освоєння власного виробництва роботизованих технологій в Україні.

### **Актуальність теми.**

Спроби автоматизувати допоміжні операції робилися давно. Наприклад, в токарних автоматах управління всіма допоміжними рухами забезпечуються від кулачків. В автоматичних лініях установка заготовки на кожен верстат і повернення її на транспортний пристрій забезпечує автооператори або багатоопераційні маніпулятори, руху яких автоматизуються так само за допомогою жорстких зв'язків. Переналагодження істотно ускладнена. Вирішувати завдання переналагодження можна, якщо застосувати промисловий робот, керований за заданою програмою.

У відомих роботах Бурдакова С.Ф., Довбня Н.М., Козирева Ю.Г. та інших йдеться про сучасну тенденцію поширення роботів, які замінюють людини в умовах небезпечного виробництва і в виробничих процесах, що вимагають кваліфікованих робітників і стабільної якості продукції. При цьому провідниками роботизованих технологій у виробництво є системні інтегратори, кваліфікація і виробничі можливості яких відіграють значну роль в автоматизації виробничих процесів.

Автоматизація технологічних процесів механічної обробки деталей в машинобудуванні є одним із пріоритетних напрямків розвитку промисловості України. Якщо завдання автоматизації обробки деталей вирішується шляхом застосування спеціальних верстатів-автоматів і автоматичних ліній в умовах масового виробництва і верстатів з ЧПК в умовах дрібносерійного виробництва, то усунення ручної праці на допоміжних операціях, особливо при виготовленні деталей малими партіями, пов'язане з величезними труднощами. Це пов'язано з різноманіттям рухів при виконанні допоміжних операцій.

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є розробка роботизованого технологічного комплексу механічної обробки деталі «Стакан 53.18».

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати такі завдання:

- провести огляд службового призначення та умов роботи деталі у вузлі;
- визначити тип виробництва та рівень технологічності заданої деталі;
- спроектувати конструкцію заготовки;
- виконати проектування типових послідовностей обробки поверхонь заготовки та операційного технологічного процесу виготовлення деталі;
- 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 «Стакан 53.18».

**Предмет дослідження** – технологічний процес механічної обробки деталі «Стакан 53.18».

**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 метод визначення циклограми функціонування роботизованого технологічного комплексу на основі раціонального розподілу часу виконання основних рухів алгоритму роботи промислового робота для робочого місця механічної обробки деталі «Стакан 53.18».

**Практичне значення одержаних результатів:**

1. Розроблено заготовку деталі «Стакан 53.18» та технологічний процес механічної обробки її виготовлення, який за умови програми випуску обсягом 4700 шт на рік забезпечує термін окупності вкладених коштів протягом 4,85 років.

2. Розроблено робоче місце механічної обробки деталі «Стакан 53.18» на основі застосування CAD-системи КОМПАС V15 та CAD/CAM-системи Simatron, а також застосування роботизованого технологічного комплексу на базі робота «Циклон 5.02».

3. Розроблено керуючу програму обробки деталі «Стакан 53.18» 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, що характеризують параметри затискачів.

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

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

## 1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій:

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

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

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

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

1. Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі «Стакан 53.18» і занесені до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

Перехід мех. обробки	Тосн	фк	Тшт-к, хв	Ср	Спр	ηзр	ηзн	О	Кзм
1. Точіння Ø50H7 попереднє (згідно 14 квалітету)	85	2,14	0,182	0,04	1	0,04	0,75	19	22
2. Точіння Ø50H7 попереднє (згідно 8 квалітету)	90	2,14	0,193	0,42	1	0,42	0,75	18	22
3. Точіння Ø50H7 остаточне.	100	2,14	0,214	0,047	1	0,047	0,75	16	22
4. Точіння Ø55,6H9 попереднє (згідно 14 квалітету)	47	2,14	0,1	0,022	1	0,022	0,75	34	22
5. Точіння Ø55,6H9 попереднє (згідно 10 квалітету)	50	2,14	0,107	0,023	1	0,023	0,75	33	22
6. Точіння Ø55,6H9 остаточне	56	2,14	0,12	0,026	1	0,026	0,75	29	22

Розрахуємо основний час за формулою:

$$T_{\text{осн}} = T_{\text{шт-к}} \cdot \Phi_{\text{к.}}, [\text{ХВ}] \quad (1.2)$$

Розрахуємо кількість верстатів:

$$C_P = \frac{N_{\text{пр}} \cdot T_{\text{шт-к}}}{60 \cdot \Phi_{\text{д}} \eta_{\text{ЗН}}}, [\text{шт}] \quad (1.3)$$

де  $\Phi_{\text{д}}=2040$  год – дійсний річний фонд часу,

$\eta_{\text{ЗН}}=0,75$  – нормативний коефіцієнт завантаження.

Приймаємо кількість верстатів  $C_{\text{пр}}$ .

Визначаємо коефіцієнт завантаження:

$$\eta_{\text{ЗП}} = \frac{C_P}{C_{\text{пр}}}. \quad (1.4)$$

Визначаємо кількості операцій:

$$O = \frac{\eta_{\text{ЗН}}}{\eta_{\text{ЗФ}}}, [\text{шт}] \quad (1.5)$$

Таким чином, коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{\text{ф.і.}} = \frac{\sum O_i}{D_{\text{в}}} = \frac{19+18+16+34+33+29}{1+1+1+1+1+1} = 22 - 10 < K_{\text{з.о.}} < 20 - \text{виробництво серійне.}$$

Заданий добовий випуск виробів:

$$N_{\text{д}} = \frac{N}{254} = \frac{40000}{254} = 157,5, \quad N_{\text{о}} = \frac{4700}{254} = 19 \text{ (шт)}$$

Добова продуктивність потокової лінії:



$$Q_{\bar{a}} = \frac{F_{\bar{a}}}{T_{\sigma \dot{\sigma} - \dot{e}.cp}} \cdot \eta_{\zeta} = \frac{4060}{0,153} \cdot 0,75 = 19902 \text{ в, (шт)}$$

де  $T_{шт-к.ср}$  – середній штучно-калькуляційний час, який визначається за формулою:

$$T_{\sigma \dot{\sigma} - \dot{e}.cp} = \frac{\sum_s^i T_{\sigma \dot{\sigma} - \dot{e}.s}}{n} = \frac{0,182 + 0,193 + 0,214 + 0,1 + 0,107 + 0,12}{6} = 0,153, \text{ (хв)}.$$

де  $T_{шт-к i}$  – штучний час  $i$ -ої основної операції;

$n$  – кількість основних переходів механічної обробки.

Так як  $N_{\sigma} \leq Q_{\sigma}$ , то організація потової лінії недоцільна.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску допускається визначати спрощеним способом за формулою

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{4700 \cdot 6}{254} = 111, \text{ (шт)}.$$

де  $a$  – періодичність запуску в днях (прийнято  $a = 6$ )

Отже тип виробництва – серійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 111 шт.

## 1.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі

Деталь «Стакан 53.18» (рис. 1.1) служить напрямною в складі вузла приводу технологічної робочої машини. 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.

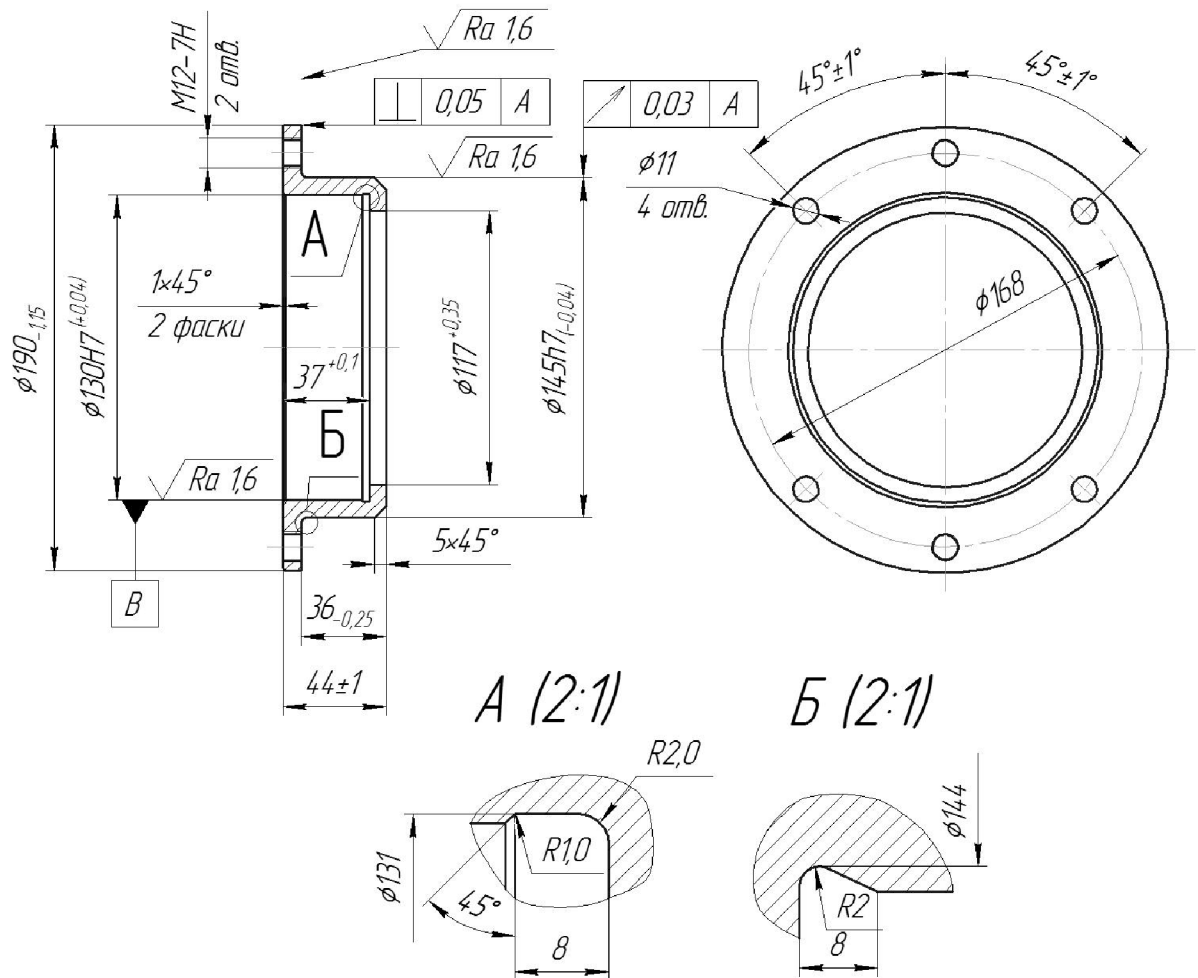


Рисунок 1.1 – Деталь «Стакан 53.18»

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

На основі робочого креслення деталі виконується аналіз технологічності конструкції деталі – якісний та кількісний.

Деталь Кришка має відносно складну зовнішню форму. Але її геометрична форма може вважатися технологічною. Вона не містить глухих отворів, всі отвори виконуються на прохід. Найвищу точність мають циліндричні поверхні  $\text{Ø}130\text{H}7$  та  $\text{Ø}145\text{h}7$ , які мають шорсткість 1,6 мкм. Всі інші поверхні виконуються за 10 і вище квалітетом точності і мають

шорсткість 3,2 та вище. До поверхні Ø145h7 вказана вимога радіального биття до бази В, що досить легко досягти використавши базу В як технологічну.

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

1 Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

$$K_{ye} = Q_{ye} / Q_e \quad (1.1)$$

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

Таблиця 1.2 – Лінійні та діаметральні розміри

Кутовий розмір	Уніфікований розмір	Діаметральний розмір	Уніфікований розмір	Лінійний розмір	Уніфікований розмір	Шорсткість	Уніфікована шорсткість
45	+	Ø190	+	44	–	1,6	+
45	+	Ø168	–	37	–	1,6	+
45	+	Ø145h7	–	36	+	1,6	+
45	+	Ø130H7	+	1	+	6,3	+
45	+	Ø131	–	5	+	6,3	+
		M12 (2 отв)	+	8	+	6,3	+
		Ø11 (4 отв)	+	8	+	6,3	+
		Ø117	–			6,3	+
		Ø144	–				
		R 1	+				
		R 2	+				

Таблиця 1.3 – Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

Розміри						Шорсткість	
Діаметральні		Лінійні		Кутові		Ш	Ш <sub>y</sub>
<i>P</i>	<i>P<sub>y</sub></i>	<i>P</i>	<i>P<sub>y</sub></i>	<i>P</i>	<i>P<sub>y</sub></i>		
11	6	7	5	5	5	8	8
Q <sub>e</sub> =31, Q <sub>ye</sub> =24						$K_y = \frac{24}{31} = 0,77$	

2 Коефіцієнт точності обробки згідно ГОСТ 18831-73:

$$K = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (1.2)$$

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

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (1.3)$$

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

Таблиця 1.4 – Коефіцієнт точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
7	2 (130Н7, 145h7)	7·2 = 14
12	2 (Ø11 – 4 отв, М12 – 2 отв.)	12·2 = 12
14	8 (Ø144, Ø131, Ø190, Ø117, Ø168, 36, 37, 44)	14·8 = 112
Всього	12	138

$$T_{cp} = \frac{138}{12} = 11,5, \quad K_T = 1 - \frac{1}{11,5} = 0,913$$

3 Коефіцієнт шорсткості поверхні згідно ГОСТ 18831-73:

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}}, \quad (1.4)$$

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

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_K \cdot n_K}{\sum n_K}, \quad (1.5)$$

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

Таблиця 1.5 – Коефіцієнт шорсткості поверхні

Шорсткість $R_a$ , мкм	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6	3	$1,6 \cdot 3 = 4,8$
6,3	5	$6,3 \cdot 5 = 31,5$
$Ш_{cp} = \frac{36,3}{8} = 4,54, K_T = \frac{1}{4,54} = 0,22$		142,6

Отже виконуються умови:

$$K_y > 0,6, K_T > 0,8, K_{ш} < 0,32$$

тобто деталь за кількісними показниками технологічна. Отже деталь технологічна за якісними та кількісними показниками..

### 1.3 Вибір способу виготовлення заготовки

#### 1.3.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Тип серійності виробництва на першому етапі проектування може бути визначений згідно рекомендацій згідно даних:

Кількість оброблюваних деталей  $N = 4700$  шт.

Маса деталі  $m = 1,9$  кг.

Згідно з заданою річною програмою випуску деталей, масою деталей, встановлюємо, що тип виробництва – середньосерійний.

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

Можливі способи одержання заготовки це – це відцентрове лиття та лиття в піщано-глинисті форми.

### 1.3.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох варіантів її виготовлення

Вибір вихідних параметрів заготовки, що характеризують її точність, наведено у табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Параметри точності заготовок

Вихідні дані	Відцентрове лиття		Лиття в піщано-глинисті форми	
	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності	9т-13	11т	9-13	11
Ступінь жолоблення елементів виливки	5-8	6	7-10	8
Ступінь точності поверхні виливка	8-13	10	12-19	15
Шорсткість поверхонь виливка	Ra	16	Ra	50
Клас точності маси	7-15	11	8-15	11т
Ряд припусків	3-6	4	6-9	7

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

середньосерійне і виливок середньої складності приймаємо середні наближені до більш точних значень з вибраних діапазонів параметрів точності.

Клас розмірної точності виливка призначаємо враховуючи спосіб лиття, найбільший габаритний розмір виливка (190 мм), тип матеріалу – Сталь 45Л:

- при відцентровому литті 9т-13;
- в піщано-глинистих формах: 9-13.

Ступінь жолоблення елементів виливка призначаємо згідно відношення найменшого розміру елемента виливка до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента виливка). Найбільший розмір – 190 мм, найменший – 7,5 мм, отже, відношення –  $7,5/190 = 0,039$ :

- при відцентровому литті: 5-8;
- в піщано-глинисті форми: 7-10.

Ступінь точності поверхонь виливка призначаємо з врахуванням способу лиття, найбільшого габаритного розміру виливка (190 мм) і матеріал – Сталь 45Л:

- при відцентровому литті: 8-13;
- в піщано-глинисті форми: 12-19 .

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

- при відцентровому литті: 16 мкм ;
- в піщано-глинисті форми: 50 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  $Q_{дет} = 1,9$  кг, тоді маси заготовки будуть відповідно лиття в кокіль  $Q_{заг} = 2,53$  кг і лиття в оболонкові форми  $Q_{заг} = 2,11$  кг. Від 1 до 10 кг для обох способів і тип матеріалу Сталь 45Л.

- при відцентровому литті: 7-15;
- в піщано-глинисті форми: 8 – 15.

Ряд припусків призначаємо з врахуванням ступеня точності поверхні:

- при відцентровому литті: 3-6 ;
- в піщано-глинисті форми: 6-9.

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 таблиці 1.7 та 1.8. На тих ділянках вилівка, де отвори, впадини, порожнини і тому подібне одержати способами лиття важко або неможливо призначають напуски.

Таблиця 1.7 – Параметри точності заготовки, отриманої відцентровим литтям

Відцентрове лиття						
Розрахункові розміри	Ø190 <sub>-1,15</sub>	Ø145h7 <sub>-0,04</sub>	Ø130H7 <sup>+0,04</sup>	Ø117 <sup>+0,35</sup>	37 <sup>+0,1</sup>	44 <sub>-0,25</sub>
Допуски						
Розмірів	4,4	4,0	4,0	4,0	2,8	3,2
Форми чи розміщення	0,64	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
Зміщення по площині роз'єму	–	0,5	–	–	1,6	1,6
Зміщення через перекіс стержня	--	--	1,0	1,0	–	–
Допуски маси	20%					
Допуски нерівностей	0,4					
Загальний допуск	5,0	5,0	5,0	5,0	3,2	3,2
Припуски						
Припуск мінімальний	0,4					
Припуск загальний	3,4	6,5	6,5	6,0	4,3	3,6
Кількість переходів механічної обробки						
По точності розмірів	1	4	4	2	3	2
Розрахункові розміри	Ø190 <sub>-1,15</sub>	Ø145h7 <sub>-0,04</sub>	Ø130H7 <sup>+0,04</sup>	Ø117 <sup>+0,35</sup>	37 <sup>+0,1</sup>	44 <sub>-0,25</sub>
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	1	3	3	3	2	2
Прийнята кількість переходів	1	4	4	3	3	2
Розміри заготовки	Ø196,8	Ø167	Ø117	Ø105	32,7	47,9



Таблиця 1.8 – Параметри точності заготовки, отриманої литтям піщано-глинисті форми

Лиття в піщано-глинисті форми						
Розрахункові розміри	Ø190 <sup>-1,15</sup>	Ø145h7 <sup>-0,04</sup>	Ø130H7 <sup>+0,04</sup>	Ø117 <sup>+0,35</sup>	37 <sup>+0,1</sup>	44 <sup>-0,25</sup>
Допуски						
Розмірів	6,0	5,0	5,0	5,0	3,6	4,0
Форми чи розміщення	1,0	0,8	0,8	0,64	0,64	0,64
Зміщення по площині роз'єму	–	–	–	–	2,4	2,4
Зміщення через перекіс стержня	–	–	1,6	1,6	–	–
Допуски маси	24%					
Допуски нерівностей	1,2					
Загальний допуск	6,4	6,4	6,4	6,4	4,0	5,0
Припуски						
Припуск мінімальний	0,8					
Припуск загальний	4,4	7,5	7,5	6,3	5,1	5,4
Кількість переходів механічної обробки						
По точності розмірів	1	2	2	2	3	2
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	1	3	3	2	2	2
Прийнята кількість переходів	1	3	3	2	3	2
Розміри заготовки	Ø199,6	Ø166,6	Ø117,4	Ø111,2	32,1	48,4

Допуск розмірів, враховуючи клас розмірної точності (відцентрове лиття-11т, лиття в піщано-глинисті форми – 11) і номінальний розмір на який призначаємо допуск.

Допуск форми і розміщення – враховуючи ступінь жолоблення (відцентрове лиття – 6, лиття в піщано-глинисті форми – 8) і номінальний розмір нормованої ділянки.

Допуск нерівностей – враховуємо ступінь точності поверхні виливка (відцентрове лиття – 10, в піщано-глинисті форми – 15).

Допуск маси – залежно від класу точності маси виливка (відцентрове лиття – 11, в піщано-глинисті форми – 11т) і номінальної маси виливка.

Допуск зміщення площини роз'єму – вибирається на рівні класу розмірної точності виливка за номінальним розміром найбільш тонкої зі стінок виливка, що виходить на лінію роз'єднання півформ або перетинаючи її. При відцентровому литті та литті в піщано-глинисті форми це зміщення буде впливати на діаметральні розміри  $\varnothing 190-1,15$ ,  $\varnothing 154h7-0,04$ ,  $\varnothing 130H7+0,04$  та  $\varnothing 117+0,35$  враховуючи клас розмірної точності виливка по номінальному розміру найбільш тонкої зі стінок виливка, які виходять на роз'єм.

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

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

Вибір припусків. Мінімальний припуск призначаємо залежно від ряду припусків [17]: при литті в піщано-глинисті форми мінімальний припуск (для ряду припусків 7) становить 0,8 мм; при відцентровому литті (для ряду припусків 4) – 0,4 мм.

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

Кількість переходів механічної обробки в залежності від необхідної точності розмірів оброблюваної деталі визначаємо згідно [17].

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

Лиття в піщано глинисті форми: для розміру  $\varnothing 190-1,15$  допуск розмірів виливка 6,0 мм, допуск розмірів деталі 1,15 мм, співвідношення  $1,15/6,0 = 0,19$ , отже, 1 перехід (чорнова обробка). Аналогічно вибираємо для всіх інших розмірів:

$$\varnothing 190-1,15 - 1,15/6,0 = 0,19 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка);}$$

$$\varnothing 130H7 +0,04 - 0,04/5,0 = 0,0125 \rightarrow 3 \text{ переходи (чистова обробка);}$$

$$\varnothing 145h7-0,04 - 0,04/5,0 = 0,0125 \rightarrow 3 \text{ переходи (чистова обробка);}$$

$$\varnothing 117 +0,35 - 0,35/5,0 = 0,07 \rightarrow 2 \text{ переходи (напівчистова обробка);}$$

$$37+ -0,1 - 0,1/3,6 = 0,027 \rightarrow 2 \text{ переходи (напівчистова обробка);}$$

$$44 -0,25 - 0,25/4,0 = 0,063 \rightarrow 2 \text{ переходи (напівчистова обробка);}$$

Відцентрове лиття: для розміру  $\varnothing 145-1,0$  допуск розмірів виливка 4,0 мм, допуск розмірів деталі 1,0 мм, співвідношення  $1,0/4,0 = 0,25$ , отже, 1 перехід (чорнова обробка). Аналогічно вибираємо для всіх інших розмірів:

$$\varnothing 190-1,15 - 1,15/4,4 = 0,26 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка);}$$

$$\varnothing 130H7 +0,04 - 0,04/4,0 = 0,01 \rightarrow 2 \text{ переходи (напівчистова обробка);}$$

$$\varnothing 145h7-0,04 - 0,04/4,0 = 0,01 \rightarrow 2 \text{ переходи (напівчистова обробка);}$$

$$\varnothing 117 +0,35 - 0,35/4,0 = 0,087 \rightarrow 2 \text{ переходи (напівчистова обробка);}$$

$$37+ -0,1 - 0,1/2,8 = 0,036 \rightarrow 3 \text{ переходи (чистова обробка);}$$

$$44 -0,25 - 0,25/3,2 = 0,078 \rightarrow 2 \text{ переходи (напівчистова обробка);}$$

Загальний припуск призначаємо, враховуючи загальний допуск виливка, від кінцевої обробки і ряд припуску. При відцентровому литті для розміру  $\varnothing 190-1,15$  : загальний допуск 6,4 мм, тонка обробка, ряд припусків 4  $\rightarrow$  загальний припуск становить 4,8 мм. Аналогічно вибираємо і для інших розмірів.

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

При відцентровому литті:

- розмір  $\varnothing 190-1,15$  загальний припуск становить 3,4 мм:

$$\varnothing 190 + (3,4 \cdot 2) = \varnothing 196,8 \text{ мм;}$$

- розмір  $\varnothing 154h7-0,04$  загальний припуск становить 6,5 мм:

$$\varnothing 154 + (6,5 \cdot 2) = \varnothing 167 \text{ мм};$$

- розмір  $\varnothing 130H7 +0,04$  загальний припуск становить 6,5 мм:

$$\varnothing 130 - (6,5 \cdot 2) = \varnothing 117 \text{ мм};$$

- розмір  $\varnothing 117 +0,35$  загальний припуск становить 5,2 мм:

$$\varnothing 117 - (6,0 \cdot 2) = \varnothing 105 \text{ мм};$$

- розмір  $37+0,1$  загальний припуск становить 3,8 мм:

$$37 - 4,3 = 32,7 \text{ мм};$$

- розмір  $44 -0,25$  загальний припуск становить 3,3 мм:

$$44 + 3,6 = 47,9 \text{ мм};$$

При литті в піщано-глинисті форми:

- розмір  $\varnothing 190-1,15$  загальний припуск становить 4,4 мм:

$$\varnothing 190 + (4,4 \cdot 2) = \varnothing 198,8 \text{ мм};$$

- розмір  $\varnothing 154h7-0,04$  загальний припуск становить 7,5 мм:

$$\varnothing 154 + (7,5 \cdot 2) = \varnothing 169 \text{ мм};$$

- розмір  $\varnothing 130H7 +0,04$  загальний припуск становить 7,5 мм:

$$\varnothing 130 - (7,5 \cdot 2) = \varnothing 115 \text{ мм};$$

- розмір  $\varnothing 117 +0,35$  загальний припуск становить 6,3 мм:

$$\varnothing 117 - (6,3 \cdot 2) = \varnothing 103,4 \text{ мм};$$

- розмір  $37+0,1$  загальний припуск становить 5,1 мм:

$$37 - 5,1 = 31,9 \text{ мм};$$

- розмір  $44 -0,25$  загальний припуск становить 5,4 мм:

$$44 + 5,4 = 49,4 \text{ мм};$$

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

Мінімальну товщину стінок вибираємо за рекомендаціями [18] в залежності матеріалу, маси вилівка, і від способу лиття. Для литих заготовок товщину стінок можна визначити в залежності від сплаву та приведенного габариту деталі згідно з графіками [18]. Приведений габарит визначається за формулою:

$$N = (2L + B + H)/4, \text{ [мм]} \quad (1.6)$$

де L, B, H – відповідно довжина (190 мм), ширина (190 мм) та висота (44 мм) деталі. Тоді  $N = (2 \cdot 190 + 190 + 44)/4 = 153,5$ . Для сталевих литих заготовок при  $N \geq 8$  товщину стінок можна приймати 40 мм. Товщина стінок сталевих заготовок, габаритні розміри яких менші 0,5 м, може бути прийнята 1,5-2,0 мм [1].

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

Радіуси заокруглень згідно рекомендацій [18] вибираємо в залежності від співвідношення  $(S+S_1)/2$  і від матеріалу виливка.

Таблиця 1.9 – Радіуси заокруглень в відцентровому литті

$\frac{(S + S_1)}{2}$	Кут між спряженими елементами	Радіус заокруглень
$(13,4 + 13,8)/2 = 13,6$	$90^0$	$\approx 4$
$(12,2 + 11,7)/2 = 11,95$	$90^0$	$\approx 4$

Таблиця 1.10 – Радіуси заокруглень лиття в піщаноглинисті форми

$\frac{(S + S_1)}{2}$	Кут між спряженими елементами	Радіус заокруглень
$(13,8 + 14,2)/2 = 14,0$	$90^0$	$\approx 4$
$(13,5 + 12,6)/2 = 13,05$	$90^0$	$\approx 4$

Нахили. Формувальні нахили призначаються з метою полегшення видалення моделі з форми і стержня. Нахили встановлюються в залежності від розмірів заглиблень, висоти формоутворюючої поверхні, способу лиття і виду модельного комплексу згідно рекомендаціям [17].

При литті в облицьований кокіль:  $h_n = 33,4 \text{ мм} - 0041/;$

При литті в оболонкові форми:  $h_n = 33,4 \text{ мм} - 0041/;$

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

$$d_{min} = d_0 + 0,1S, \text{ [мм]} \quad (1.7)$$

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

Вихідний діаметр вибирається в залежності від матеріалу вилівку – сталь 45Л  $d_0 = 10$  мм,  $S = 6,5$  мм. Тому на отвір  $\varnothing 11$  призначаємо напуск, який потім видаляємо механічною обробкою.

### 1.3.3 Оформлення двох ескізів заготовок

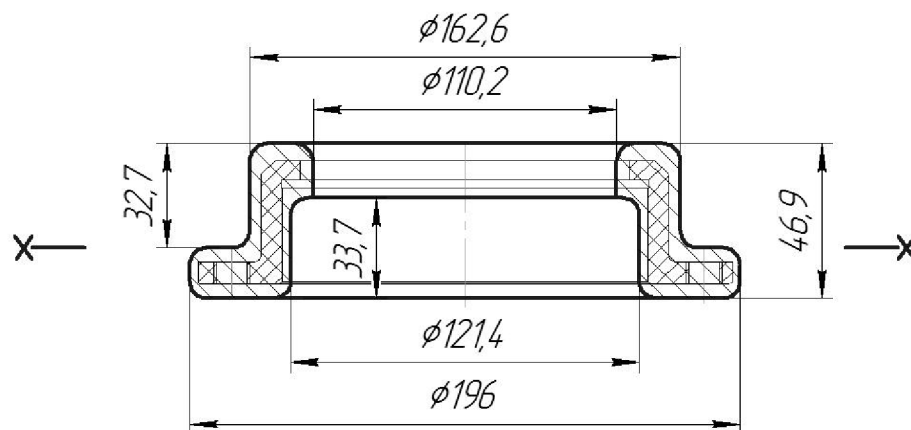


Рисунок 1.2 – Ескіз заготовки, отриманої відцентровим литтям

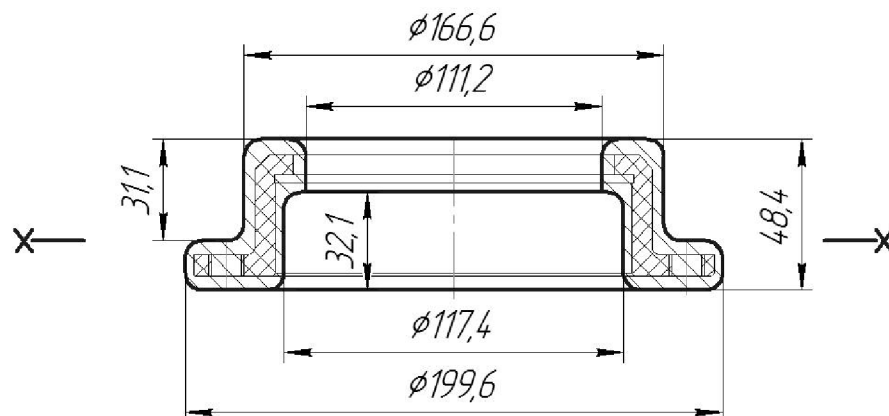


Рисунок 1.3 – Ескіз заготовки, отриманої литтям в піщано глинисті форми

### 1.3.4 Призначення технічних вимог на заготовки

Технічні вимоги для заготовки, отриманої відцентровим литтям:

1. Точність вилівка 11т – 6 – 10 – 11 Зм. 1,6 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 1,9 – 0,8 – 0,8 – 2,63 ГОСТ 26645-85.
3. Радіуси 95-78-65-58,5 ГОСТ26645-85

Технічні вимоги для заготовки, отриманої литтям в піщано-глинисті форми:

1. Точність вилівка 11 – 8 – 15 – 11т Зм. 2,4 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 1,9 – 0,8 – 0,8 – 2,89 ГОСТ 26645-85.
3. Радіуси 95-78-65-58,5 ГОСТ26645-85
4. Допускаються раковини порожнини  $\varnothing 2,8$  на глибині 2,9мм

### 1.3.5 Розрахунок маси і коефіцієнта використання матеріалу заготовки

Масу заготовки визначимо за допомогою тривимірного моделювання заготовки деталі «Стакан 53.18» у САД-системі Компас за розрахованими розмірами. Після побудови тривимірної моделі заготовки скориставшись функцією «МЦХ моделі» визначимо масу заготовки. Вибірково запишемо інформацію про «МЦХ моделі».

Лиття в облицьований кокіль:  $Q_{\text{заг}} = 2,63$  кг. Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:  $\gamma = Q_{\text{дет}} / Q_{\text{заг}} = 1,9 / 2,63 = 0,72$ .

Лиття в оболонкові форми:  $Q_{\text{заг}} = 2,89$  кг. Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:  $\gamma = Q_{\text{дет}} / Q_{\text{заг}} = 1,9 / 2,89 = 0,66$ .

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

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

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

Вартість заготовки визначаємо за формулою:

$$C_{заг.лит} = \frac{Q_{заг}}{1000} \cdot C_{л} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{П} - \frac{(Q_{заг} - Q_{дет})}{1000} \cdot C_{відх}, \text{ [грн]} \quad (1.8)$$

де  $C_{л}$  – базова вартість 1т заготовок, грн, вибираємо згідно [17], враховуючи спосіб одержання литої заготовки;

$K_T$  – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок, вибираємо згідно [17], враховуємо спосіб лиття, матеріал заготовки і клас розмірної точності;

$K_M$  – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки, вибираємо згідно [17]. Враховуємо спосіб лиття і марку матеріалу;

$K_C$  – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки, вибираємо згідно [17]. 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 [17]. Вибираємо згідно способу лиття, маси вилівка, матеріалу вилівка;

$K_{П}$  – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок, вибираємо згідно [17]. Попередньо визначаємо групу серійності в залежності від способу лиття, маси вилівок і об'єму виробництва згідно [17];

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

Таблиця 1.11 – Техніко-економічне порівняння варіантів одержання заготовки

Коефіцієнти	Лиття в піщано-глинисті форми	Відцентрове лиття
$C_{л}$	22800 грн	24400 грн
$K_T$	1,0	1,0
$K_M$	1,18	1,36
$K_C$	1	1
$K_B$	1,08	1,1
$K_{П}$	1,15	1,07



Лиття в піщано-глинисті форми:

$$C_{\text{заг.лит}} = \frac{1,9}{1000} \cdot 22800 \cdot 1 \cdot 1,18 \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 1,15 - \frac{(2,63 - 1,9)}{1000} \cdot 6000 = 59,11 \text{ (грн).}$$

Відцентрове лиття:

$$C_{\text{заг.лит}} = \frac{1,9}{1000} \cdot 24400 \cdot 1 \cdot 1,36 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,07 - \frac{(2,89 - 1,9)}{1000} \cdot 6000 = 61,52 \text{ (грн).}$$

Після розрахунку вартості заготовок бачимо, що вартість заготовки виготовленої відцентровим литтям більша ніж в литтям в піщано-глинистій формі.

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

## 1.4 Розробка маршруту механічної обробки

1.4.1 Розрахунок кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні  $\varnothing 130\text{H}7$ .

Зовнішня циліндрична поверхня:  $\varnothing 130\text{H}7^{+0,04}$ , Ra = 1,6 мкм. Допуск заготовки –  $T_3 = 3200$  мкм. Допуск деталі –  $T_D = 40$  мкм;

Тоді:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_3}{T_D} = \frac{3200}{40} = 80.$$

Для вибору числа ступенів механічної обробки скористаємось формулою:

$$n = \lg \varepsilon_{\Sigma} / 0,46. \quad (1.9)$$

Тоді:

$$n = \lg 80 / 0,46 = 4,14 .$$

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

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

Допуск розміру деталі:

- після першого переходу (точіння попереднє):

$$T_1 = \frac{T_{заг.}}{\varepsilon_1} = \frac{3200}{5,5} = 582 \text{ мкм ( IT 14 )};$$

- після другого переходу (точіння попереднє):

$$T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{582}{4} = 145,5 \text{ мкм (IT 10)};$$

- після третього переходу (точіння остаточне):

$$T_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{145,5}{2,5} = 58,2 \text{ мкм ( IT 8)};$$

- після четвертого переходу (шліфування):

$$T_4 = \frac{T_3}{\varepsilon_4} = \frac{58,2}{1,45} = 40,1 \text{ мкм ( IT 7)}.$$

Таблиця 1.12 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Розмір	Загальне уточнення	Кількість ступенів механічної обробки	Допуск	Квалітет	Вид механічної обробки
Ø145h6	$\varepsilon =$ 4/0,04= =100	$\varepsilon_1=5,8$	$T_1=0,689$	14	Точіння попереднє
		$\varepsilon_2=4$	$T_2=0,172$	10	Точіння попереднє
		$\varepsilon_3=3$	$T_3=0,057$	8	Точіння остаточне
		$\varepsilon_4=1,43$	$T_4=0,040$	6	Шліфування

#### 1.4.2 Вибір чистових та чорнових технологічних баз

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

На першій операції деталь встановлюється у трьохкулачковий патрон і обробці підлягають торцева, зовнішні та внутрішні поверхні деталі на токарному верстаті з ЧПК. Схема вибору технологічних баз, що використовуються на операції 005 показана на рис. 1.4. У таблиці 1.12 приведений аналіз вибору технологічних баз на операції 005.

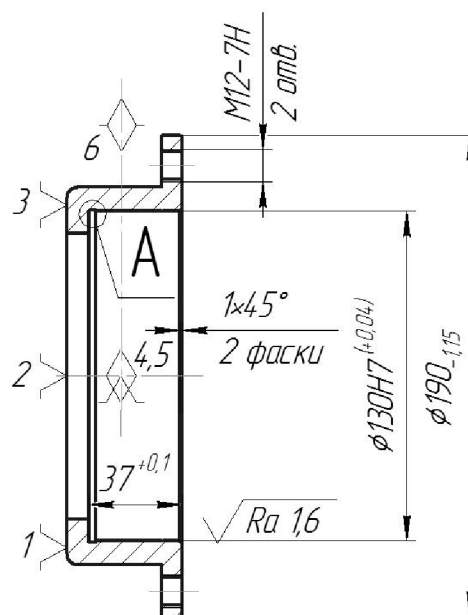


Рисунок 1.4 – Чорнові технологічні бази

Вибір чистових та чорнових технологічних баз. Основними конструкторськими базами є торець та циліндрична поверхня  $\varnothing 130H7$ . Вони використовуватимуться в якості чистових технологічних баз. Деталь встановлюється у трьохкулачковий патрон і обробці підлягають торцева, зовнішні та внутрішні поверхні деталі на токарному верстаті з ЧПК.

Таблиця 1.13 — Аналіз вибору технологічних баз на операції 010

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Токарна з ЧПК	5, 36, 44	відсутня	Виконання принципу суміщення баз
	$\varnothing 117, \varnothing 145h7$	відсутня	Обробка з одного установка
	Вимога циліндричності	відсутня	Виконання принципу суміщення баз

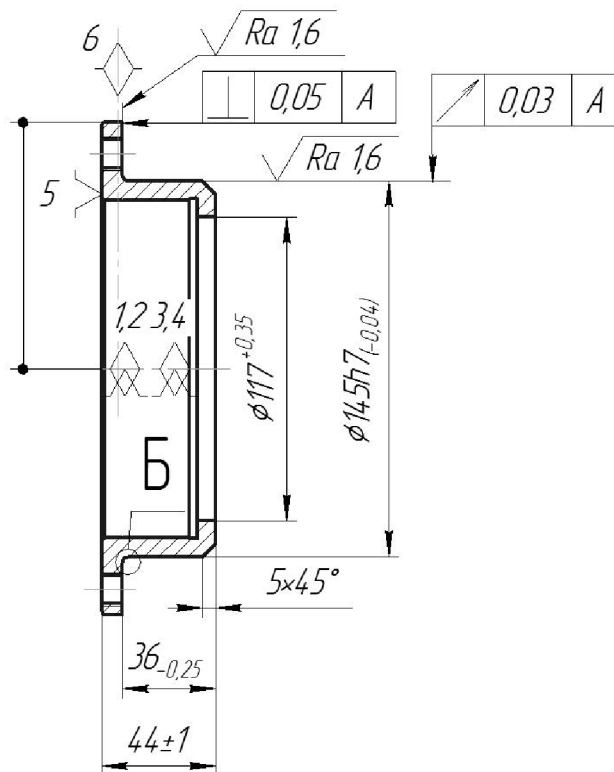


Рисунок 1.5 – Чистові технологічні бази

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



З метою зменшення кількості операцій та використовуваного технологічного обладнання пропонується у представленому маршруті механічної обробки об'єднати операції 005 та 010 за рахунок використання верстата 1П420Ф30. Модернізований варіант маршруту механічної обробки представлений у табл. 1.15.

Таблиця 1.15 – Модернізований варіант маршруту механічної обробки

№ операції	Назва операції та зміст переходів	Операційний ескіз	Обладнання
005	<p><u>Багатоцільова з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Точити торець та циліндричну пов. ① однократно.</li> <li>3. Точити пов. ② попередньо.</li> <li>4. Точити пов. ② попередньо.</li> <li>5. Точити пов. ② остаточно.</li> <li>6. Точити канавку. ③.</li> <li>7. Точити 2 фаски ④.</li> <li>8. Центрувати 4 отв. ⑤ та 2 отв. ⑥.</li> <li>9. Свердлити 4 отв. ⑤ та 2 отв. ⑥.</li> <li>10. Нарізати різь на 2 отв. ⑥.</li> <li>11. Зняти деталь.</li> </ol>		Токарно-револьверний з ЧПК 1П420ПФ30
010	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Точити торець ① однократно.</li> <li>3. Точити пов. ② попередньо.</li> <li>4. Точити пов. ② попередньо.</li> <li>5. Точити пов. ② остаточно.</li> <li>6. Точити канавку ③ однократно.</li> <li>7. Точити пов. ④ однократно.</li> <li>8. Точити фаску ⑤.</li> <li>9. Зняти деталь.</li> </ol>		Токарно-револьверний з ЧПК 1В340Ф30
015	<p><u>Внутрішньошліфувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Шліфувати пов. ①</li> <li>3. Зняти деталь.</li> </ol>		Шліфувальний ЗК227В
020	<p><u>Торцекруглошліфувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Шліфувати пов. ①</li> <li>3. Зняти деталь.</li> </ol>		Шліфувальний ХШ4-104Ф2Н

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

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

Таблиця 1.16 – Визначення штучно-калькуляційного часу

№ опер.	Перехід	Формула	Основ. час викон. переходу, хв	φ
1-й варіант				
005	Точити торець та пов. 1 однократно	$0,052(D-d)$ $0,2dl$	0,16 0,12	1В340Ф30 1,3 (С <sub>П</sub> = 39 грн)
	Точити пов. 2 поперед.	0,17dl	0,9	
	Точити пов. 2 поперед.	0,17dl	0,9	
	Точити пов. 2 остаточно	0,17dl	1,35	
	Точити канавку 3	0,2dl	0,09	
	Точити 2 фаски 4	0,2dl 0,2dl	0,05 0,04	
	Всього		3,61	T <sub>шт-к</sub> = 4,69
010	Центрувати 4 отв. 1 та 2 отв. 2	0,52dl	0,18	2Р135Ф2 1,35 (С <sub>П</sub> = 36,5 грн)
	Свердлити 4 отв. 1 та 2 отв. 2	0,52dl	0,26	
	Нарізати різь на 2 отв. 2	0,4dl	0,32	
	Всього		0,76	T <sub>шт-к</sub> = 1,03
2-й варіант				
005	Точити торець та пов. 1 однократно	$0,052(D-d)$ $0,2dl$	0,16 0,12	1П420Ф30 1,3 (С <sub>П</sub> = 42,5 грн)
	Точити пов. 2 поперед.	0,17dl	0,9	
	Точити пов. 2 поперед.	0,17dl	0,9	
	Точити пов. 2 остаточно	0,17dl	1,35	
	Точити канавку 3	0,2dl	0,09	
	Точити 2 фаски 4	0,2dl 0,2dl	0,05 0,04	
	Центрувати 4 отв. 1 та 2 отв. 2	0,52dl	0,18	
	Свердлити 4 отв. 1 та 2 отв. 2	0,52dl	0,26	
	Нарізати різь на 2 отв. 2	0,4dl	0,32	
		Всього		

Технологічна собівартість операцій мех. обробки:

$$C_o = \frac{C_{пз} \cdot T_{шк}}{60 \cdot K_B}, \text{ (грн)}. \quad (1.10)$$

Отже:

$$C_{oI(005)} = \frac{39 \cdot 4,69}{60 \cdot 1,3} = 2,45 \text{ (грн)}, \quad C_{oI(010)} = \frac{36,5 \cdot 1,03}{60 \cdot 1,3} = 0,48 \text{ (грн)},$$

$$C_{oII(005)} = \frac{42,5 \cdot 5,68}{60 \cdot 1,3} = 2,86 \text{ (грн)}.$$

$$\Sigma C_{oI} = 2,45 + 0,48 = 2,93 \text{ (грн)}. \quad \Sigma C_{oII} = 2,86 \text{ (грн)}.$$

$$\Sigma C_{oI} = 2,93 > \Sigma C_{oII} = 2,86$$

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

#### 1.4.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

Розміри заготовки послідовно змінюються в процесі обробки на шляху перетворення в деталь. При цьому отримуються технологічні розміри  $V_1, V_2$ . Розмір, який буде отриманий в ході виконання операції буде замикаючою ланкою розмірного ланцюга. Частіше всього замикаючою ланкою виступають конструкторські розміри  $K_1, K_2, \dots$ , або припуски  $Z_1, Z_2, \dots$

Технологічні розміри  $V_1, V_2, \dots$  проставляються на розмірній схемі від вибраних баз в сторону механічної обробки. Вибір баз значною мірою впливає на розташування технологічних розмірів.

Допуски технологічних розмірів попередньо призначаємо, виходячи з точності механічної обробки. Значення допусків технологічних розмірів зводимо в табл. 1.17.



Таблиця 1.17 – Значення допусків технологічних розмірів

Технологічний розмір	Квалітет точності	Попереднє значення допуску, мм	Остаточне значення допуску, мм
$B_1$	12	0,25	0,25
$B_2$	12	0,1	0,25
$B_3$	12	1,0	1,0
$B_4$	12	0,25	0,25
$З_1$	14	0,74	0,74
$З_2$	14	0,62	0,62
$З_3$	14	0,62	0,62

## 1.4.5 Розмірна схема технологічного процесу

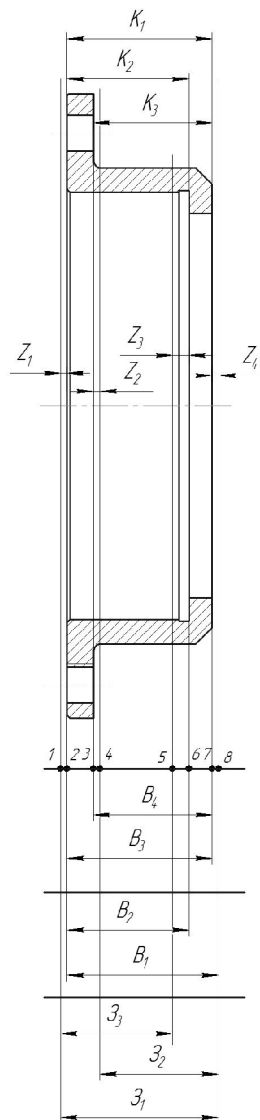


Рисунок 1.6 – Розмірна схема технологічного процесу

#### 1.4.6 Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

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

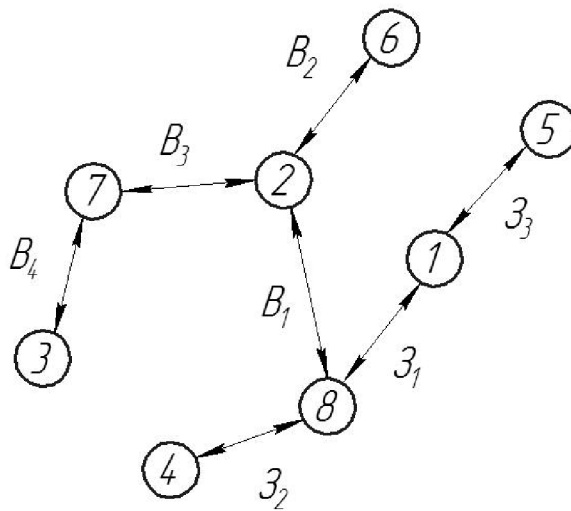


Рисунок 1.7 – Вихідне граф-дерево

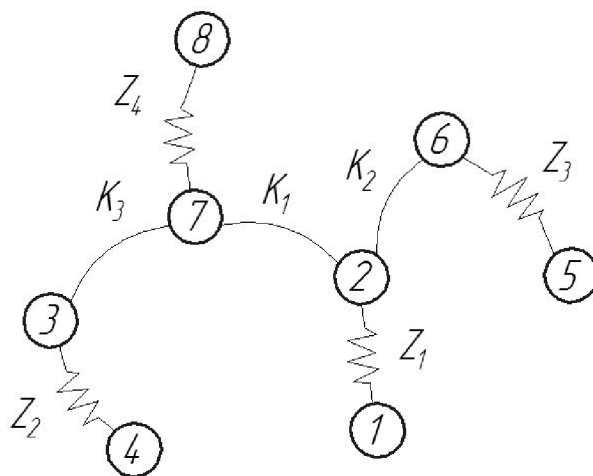


Рисунок 1.8 – Похідне граф-дерево

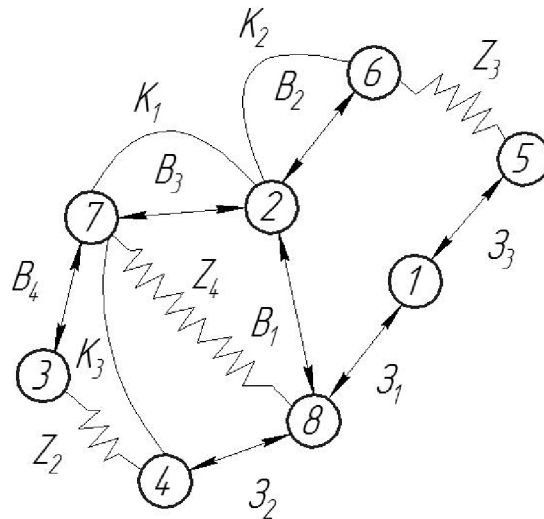


Рисунок 1.9 – Суміщений граф-дерево

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

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

#### 1.4.7 Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Таблиця 1.18 – Значення допусків технологічних розмірів

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

Таблиця 1.19 – Проміжні мінімальні припуски на механічну обробку плоских поверхонь

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

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

$$B_{3min} = K_{1min} = 43 \text{ (мм)},$$

$$B_{3max} = B_{3min} + T(B_3) = 43 + 1 = 44 \text{ (мм)},$$

$$B_{4min} = K_{3min} = 35,75 \text{ (мм)},$$

$$B_{4max} = B_{4min} + T(B_4) = 35,75 + 0,25 = 36 \text{ (мм)},$$

$$B_{2min} = K_{2min} = 37 \text{ (мм)},$$

$$B_{2max} = B_{2min} + T(B_2) = 37 + 0,1 = 37,1 \text{ (мм)},$$

$$B_{1min} = z_{4min} + B_{3min} = 0,6 + 43 = 43,6 \text{ (мм)},$$

$$B_{1max} = B_{1min} + T(B_1) = 43,6 + 0,25 = 43,85 \text{ (мм)},$$

$$Z_{1min} = B_{1min} + z_{1min} = 43,6 + 0,6 = 44,2 \text{ (мм)},$$

$$Z_{1max} = Z_{1min} + T(Z_1) = 44,2 + 0,74 = 44,94 \text{ (мм)},$$

$$Z_{2min} = B_{4min} + z_{4min} + z_{2min} = 35,75 + 0,6 + 0,6 = 36,95 \text{ (мм)},$$

$$Z_{2max} = Z_{2min} + T(Z_2) = 36,95 + 0,62 = 37,57 \text{ (мм)},$$

$$Z_{3min} = B_{3min} + z_{1min} + z_{3min} = 43 + 0,6 + 0,6 = 44,2 \text{ (мм)},$$

$$Z_{3max} = Z_{3min} + T(Z_3) = 44,2 + 0,62 = 44,82 \text{ (мм)},$$

Таблиця 1.20 – Результати розмірно-точнісного моделювання ТП

Технологічний розмір	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$
Квалітет	14	14	14	12	12	12	12
Остаточне значення допуску, мм	0,74	0,62	0,62	0,25	0,1	1,0	0,25
Остаточне значення розміру, мм	min	44,2	36,95	44,2	43,6	37	43
	max	44,94	37,57	44,82	43,85	37,1	44

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

Визначення розрахунково-аналітичним методом мінімальних проміжних припусків на механічну обробку циліндричної поверхні  $\varnothing 130\text{H}7$ , технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки

Технологічний маршрут обробки поверхні  $\varnothing 130\text{H}7^{+0,04}$  складається із двох операцій попереднього точіння, одного остаточного та шліфування. Обточування здійснюється на токарному верстаті з ЧПК при схемі базування в самоцентруючому патроні.

Визначаємо похибку установки за формулою

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2}, [\text{ХВ.}] \quad (5.3)$$

Оскільки в даному випадку обробка здійснюється на токарному верстаті в самоцентруючому патроні, похибка базування буде рівна нулю  $\varepsilon_\delta = 0$  (оброблюється діаметральний розмір), що має значення для даного розміру. В такому разі ця величина виключається із основної формули для розрахунку мінімального припуску і відповідну графу можна не враховувати в розрахункову таблицю. Похибка закріплення заготовок при установці в радіальному напрямку для обробки на токарних верстатах приймаємо відповідно до величини, що має значення при закріпленні заготовок в самоцентруючий патрон, а отже величина становитиме  $\varepsilon_3 = 600$  мкм. Отже,  $\varepsilon_y = \sqrt{0 + 600^2} = 0,600$  (мкм.)

Запишемо розрахункові формули для визначення сумарного значення просторових відхилень:

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

де  $\rho_{\text{жол}}$  – короблення отвору, яке треба враховувати в діаметральному і в осьовому перерізі.

$$\rho_{\text{жол}} = \Delta_k \cdot l = 0,5 \cdot 33 \approx 0,165 \text{ (мм.)},$$

де  $\rho$  - просторове відхилення на зовнішній діаметр,  $\Delta_k$  - часткова кривизна заготовок на один міліметр довжини.  $\rho_{\text{зм}} = 0$  мм.

$$\rho = \sqrt{0^2 + 0,165^2} = 0,165 \text{ (мм.)}$$

Враховуючи значення коефіцієнта уточнення даного виду заготовки і методу обробки, остаточне значення просторового відхилення можна прийняти наступним:

після попереднього точіння  $\rho_1 = 0,06 \cdot 326 = 9,9$  (мкм.);

після остаточного точіння  $\rho_2 = 0,04 \cdot 19,56 = 0,396$  (мкм.);

після шліфування  $\rho_3 = 0,02 \cdot 0,78 = 0,00792$  (мкм.);

Розрахунок мінімальних значень припусків здійснюємо, використовуючи основну формулу:

$$2Z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \text{ [мкм.]}, \quad (1.12)$$

при обробці зовнішньої поверхні обертання.

Тоді матимемо наступні значення мінімальних припусків:

- під попереднє точіння:  $2Z_{\min 1} = 2(150 + 250 + \sqrt{165^2 + 600^2}) = 2 \cdot 1022 \text{ (мкм.)}$ ;

- під повторне попереднє точіння:  $2Z_{\min 1} = 2(100 + 100 + \sqrt{9,9^2 + 140^2}) = 2 \cdot 34 \text{ (мкм.)}$ ;

- під остаточне точіння:  $2Z_{\min 1} = 2(30 + 30 + \sqrt{0,396^2 + 140^2}) = 2 \cdot 200 \text{ (мкм.)}$ ;

- під попереднє шліфування:  $2Z_{\min 1} = 2(10 + 20 + \sqrt{0,00792^2 + 70^2}) = 2 \cdot 170 \text{ (мкм.)}$ .

Аналогічно попередньому прикладу здійснюємо розрахунки і всіх інших колонок таблиці. Знаходивши значення розрахункового діаметра, заповнюємо, починаючи з кінцевого (що на кресленні) розміру шляхом послідовного додавання розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу:

$$d_4 = 130,040 \text{ (мм.)};$$

$$d_3 = 130,40 - 0,34 = 130,06 \text{ (мм.)};$$

$$d_2 = 130,06 - 0,4 = 129,66 \text{ (мм.)};$$

$$d_1 = 129,66 - 0,682 = 128,978 \text{ (мм.)};$$

$$d_{\text{заг}} = 128,978 - 1,51 = 127,468 \text{ (мм.)}.$$

Записавши у відповідній графі розрахункової таблиці значення допусків на кожен технологічний перехід і заготовку, в колонці «найменший граничний розмір» визначаємо їх значення для кожного технологічного переходу, заокруглюючи розрахункові розміри збільшенням їх значень. Заокруглення здійснюємо до того ж знаку десяткового дробу, з яким даний допуск на розмір для кожного переходу. Найбільші граничні розміри визначаємо, додаючи допуск до заокругленого найменшого значення граничного розміру:

$$d_{\text{max } 4} = 130,040 - 0,04 = 130 \text{ (мм.)};$$

$$d_{\text{max } 3} = 130,06 - 0,063 = 129,97 \text{ (мм.)};$$

$$d_{\text{max } 2} = 129,66 - 0,16 = 129,5 \text{ (мм.)};$$

$$d_{\text{max } 1} = 128,978 - 0,63 = 128,348 \text{ (мм.)};$$

$$d_{\text{max заг}} = 127,468 - 4,0 = 123,468 \text{ (мм.)}.$$

Граничні значення припусків  $Z_{\text{max}}^{\text{сп}}$  визначаємо як різниця найбільших граничних розмірів та  $Z_{\text{min}}^{\text{сп}}$  - як різниця найменших граничних розмірів попереднього і виконуваного переходів:

$$2 Z_{\max 4}^{ep} = 130 - 129,97 = 0,03 \text{ мм} = 30 \text{ (мкм.)};$$

$$2 Z_{\max 3}^{ep} = 129,97 - 129,5 = 0,47 \text{ мм} = 470 \text{ (мкм.)};$$

$$2 Z_{\max 2}^{ep} = 129,5 - 128,348 = 1,152 \text{ мм} = 1152 \text{ (мкм.)};$$

$$2 Z_{\max 1}^{ep} = 128,348 - 123,468 = 4,88 \text{ мм} = 4880 \text{ (мкм.)};$$

$$2 Z_{\min 4}^{ep} = 130,40 - 130,06 = 0,34 \text{ мм} = 340 \text{ (мкм.)};$$

$$2 Z_{\min 3}^{ep} = 130,06 - 129,66 = 0,4 \text{ мм} = 400 \text{ (мкм.)};$$

$$2 Z_{\min 2}^{ep} = 129,66 - 128,978 = 0,682 \text{ мм} = 682 \text{ (мкм.)};$$

$$2 Z_{\min 1}^{ep} = 128,978 - 127,468 = 1,51 \text{ мм} = 1510 \text{ (мкм.)}.$$

Загальні припуски розраховуємо, сумуючи проміжні припуски і записуємо отримані значення у нижній частині таблиці 1.21.

Таблиця 1.21 – Припуски на механічну обробку циліндричної поверхні

Технологічні переходи обробки поверхні Ø130H7 <sup>+0,04</sup>	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}^{ep}$	Розрах. Розмір, мм, фр	Допуск, мм $\delta$	Граничний розмір		Граничні значення	
	Rz	T	$\rho$	$\epsilon_y$				dmin	dmax	$2Z_{\min}^{np}$	$2Z_{\max}^{np}$
Заготовка	150	250	326			127,468	4	123,468	127,468		
Точіння попереднє	100	100	19,56	600	2 ·1022	128,978	0,63	128,348	128,978	1,51	4,88
Точіння попереднє	50	50	0,78	140	2·341	129,66	0,16	129,5	129,66	0,68	1,15
Точіння остаточне	30	30	0,0156	140	2·200	130,06	0,063	129,97	130,06	0,4	0,5
Шліфування	10	20		70	2·170	130,040	0,04	130	130,04	0,34	0,36
Сума										2,93	6,89

Виконуємо перевірку правильності виконуваних розрахунків:

$$Z_{\max 1}^{np} - Z_{\min 1}^{np} = 4,88 - 1,51 = 3,37 \text{ мм}; \delta_1 - \delta_2 = 4 - 0,63 = 3,37 \text{ (мм.)};$$

$$Z_{\max 2}^{np} - Z_{\min 2}^{np} = 1,152 - 0,682 = 0,47 \text{ мм}; \delta_2 - \delta_3 = 0,63 - 0,16 = 0,47 \text{ (мм.)}.$$





Рисунок 1.10 – Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку діаметрального розміру  $\text{Ø}130\text{H}7$

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

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

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

Технологічні переходи	Вибраний мінімальний припуск $2z_{\min}$ , мкм	Розрахунковий розмір $d_p$ , мм	Допуск $T$ , мкм	Граничні значення технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки		Граничні значення припусків	
				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$
Циліндрична поверхня $\varnothing 145h7$							
Заготовка		14,4	620	148,38	148,42		
Точіння попереднє	2·1100	147,2	250	147,28	147,18	2260	2680
Точіння попереднє	2·242	145,5	100	146,52	146,48	600	720
Точіння остаточне	2·102,1	145,04	30	145,2	145,4	240	276
Шліфування	2·20	145	4	144,96	145,0	120	130
Сума						3100	3670

### 1.6 Визначення режимів різання

Операція 005: Багатоцільова з ЧПК (свердління отвору).

Модель верстата 1П340ПФ30. Пристосування: 3-х кулачковий патрон.

Перехід 9. Свердлити 4 отв. 5 та 2 отв. 6.

Ріжучий інструмент: Свердло спіральне Р6М5 ГОСТ 10903-77;

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

1. Глибину різання складає:

$$t = \frac{d}{2} = \frac{11}{2} = 5,5(\text{мм}).$$

2. Назначаємо подачу для НВ<229 матеріал Сталь 45

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

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

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

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

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

Допустимий знос  $h_3=0,3-0,45$  мм;

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

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

5. Частота обертання складає:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 27.5}{3.14 \cdot 11} = 673 \text{ (об/хв)}.$$

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

Ефективна потужність верстата на шпинделі:

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

Умови по обробці різанням виконуються.

7. Основний (машинний) час складає:

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

де  $L_{\text{р.х.}} = Lg + y + \Delta = 8 + 4 + 3 = 17$  мм.

Операція 010: Токарна з ЧПК. Модель верстата 1В340Ф30.

Пристосування: 3-х кулачковий патрон. Перехід 5.

Точити остаточно пов. (2) в розмір  $\varnothing 145$ .

Ріжучий інструмент: різець розточний Т15К6 ГОСТ 18063-72;

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

1. Глибину різання визначаємо, виходячи із заданого припуску

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{145,5 - 145}{2} = 0,25 \text{ (мм)};$$

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

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

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

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

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

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

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

5. Частота обертання шпинделя складає:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 120}{3,14 \cdot 145} = 265,8 \text{ (об/хв)}.$$

Дійсна швидкість різання складає:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 145 \cdot 265,8}{1000} = 107,8 \text{ (м/хв)}.$$

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

Ефективна потужність верстата на шпинделі:

$N_B = N_{дв} \cdot \eta = 8 \cdot 0,85 = 6,5$  кВт;  $N_{різ} < N_B$ . Умови по обробці різанням виконуються.

7. Основний (машинний) час по переходам складає:

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

де  $L_{р.х} = L_g + y + \Delta = 36 + 4 + 3 = 49,5$  (мм).

Режими різання для інших операцій визначаємо аналогічно (табл. 1.23).

Таблиця 1.23 – Розрахунок режимів різання

Операції, переходи	Розрах. розміри		припуск к	Режими різання			T <sub>вс</sub> , хв.	T <sub>о</sub> , хв.
	Д/В	L <sub>р.х</sub>		S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв		
005 Багатоцільова з ЧПК								
Точити торець та пов. 1	Ø190	8	1,5	0,25	90,1	204	0,42	0,16
Точити пов. 2 поперед.	Ø128,978	37	1,4	0,25	82,4	196		0,9
Точити пов. 2 поперед.	Ø129,66	37	0,6	0,15	75,2	182		0,9
Точити пов. 2 остаточно	Ø130,06	37	0,5	0,15	75,2	182		1,35
Точити канавку 3	Ø131	8	0,5	0,2	67,2	168		0,09
Точити 2 фаски 4	1×45°	1	1	0,2	62,4	159		0,05
Центрувати 4 отв. 1 та 2 отв. 2	2	1	0,5	0,2	15,1	128		0,18
Свердлити 4 отв. 1 та 2 отв. 2	11	8	0,5	0,2	20,4	135		0,26
Нарізати різь на 2 отв. 2	M12	8	0,5	0,5	3,2	14		0,32
010 Токарно-револьверна з ЧПК								
Точити торець 1	Ø145	2	1,5	3,9	25,3	251	0,32	0,78
Точити пов 2 попередньо	Ø148,2	36	1,1	0,15	106,5	264		0,66
Точити пов 2 попередньо	Ø146,4	36	0,7	0,15	106,5	264		0,66
Точити пов 2 остаточно	Ø145,2	36	0,7	0,15	106,5	264		0,69
Точити пов 3 однократно	Ø117	7	1,1	0,15	106,5	264		0,15
Розточити канавку 3	b = 8	8	0,5	0,2	67,2	168		0,21
Точити фаску 5	5×45°	5	5	0,15	61,3	224		0,04
015 Торцекруглошліфувальна								
Шліфувати пов. 1	Ø145	36	0,2	0,05	136,1	456	0,28	0,36
020 Внутрішньошліфувальна								
Шліфувати пов. 1	Ø130	37	0,2	0,05	142,8	468	0,28	0,42

### 1.5 Висновки до технологічної частини

Отже, проведено визначення типу виробництва і форми організації роботи та аналіз конструкції та технологічності деталі «Стакан 53.18», вибрано спосіб виготовлення заготовки, а також розроблено маршрут механічної обробки деталі «Стакан 53.18».

## 2 РОЗРОБКА РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «СТАКАН 53.18»

### 2.1 Розробка тривимірної моделі деталі

Тривимірну модель деталі «Стакан 53.18» виконується у САД-системі КОМПАС. Система КОМПАС відноситься до класу систем САД (Computer Aided Design) та призначена для автоматизації комп'ютерного креслення, проектно-конструкторських робіт та тривимірного моделювання у різних галузях промисловості, дослідження, наукової діяльності.

Для побудови основи тривимірної моделі деталі «Стакан 53.18» було використано операцію обертання і в якості ескізу взятий вигляд «фланця» у перерізі, де враховані повністю контур деталі та усі фаски. Ескіз та результат роботи операції представлено на рис. 2.1.

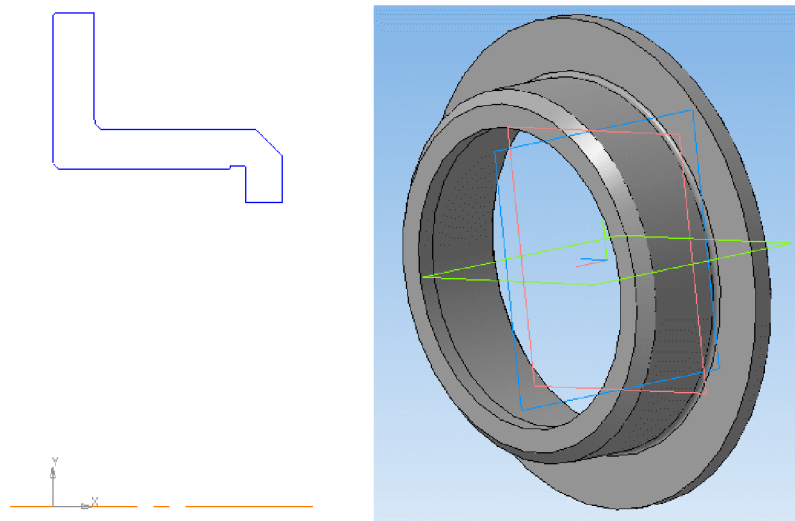


Рисунок 2.1 – Побудова основи моделі за допомогою операції обертання

Для побудови 6 отворів  $\varnothing 11$  мм створено ескіз на торцевій поверхні та за допомогою операції вирізанням побудовано 6 наскрізних отворів. Ескіз та результат роботи операції представлено на рис. 2.2.

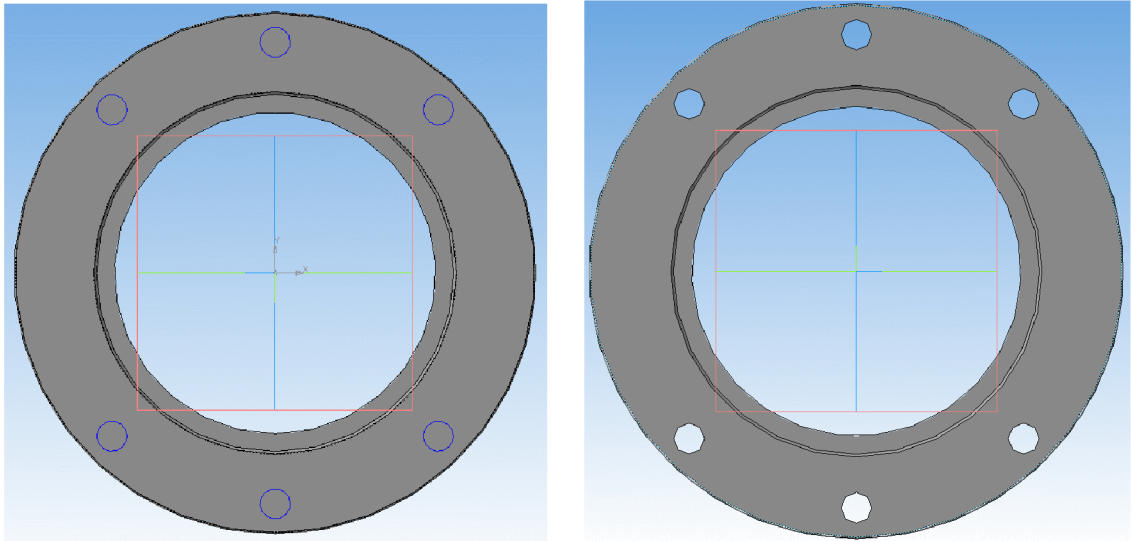


Рисунок 2.2 – Побудова отворів за допомогою операції вирізання

Таким чином, в результаті отримано тривимірну модель деталі «Стакан 53.18», загальний вигляд та алгоритм (дерево) побудови якої представлено на рис. 2.3.

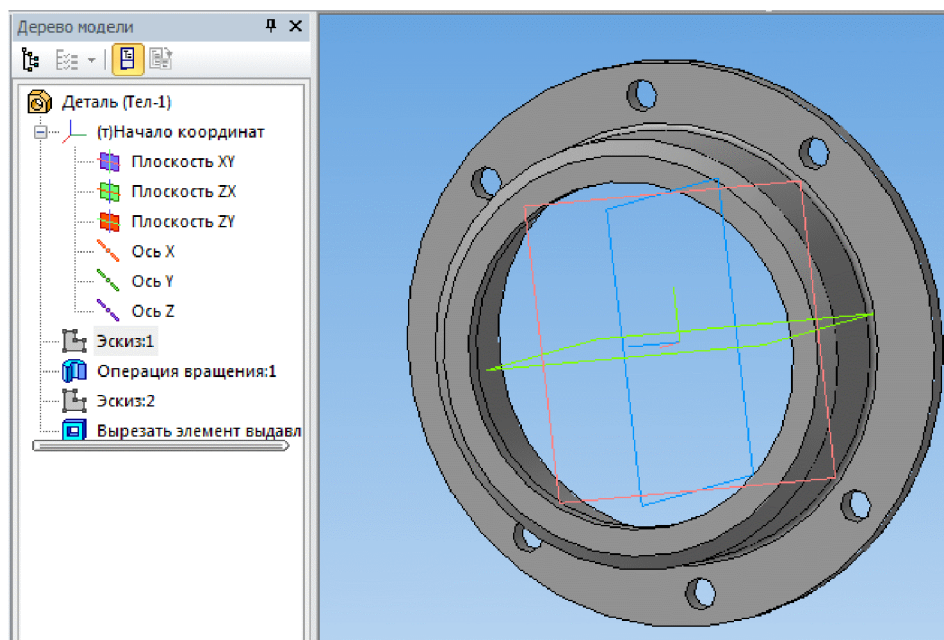


Рисунок 2.3 – Тривимірна модель деталі «Стакан 53.18»

## 2.2 Розробка програми обробки деталі на верстаті з ЧПК

Розробка програми обробки деталі «Стакан 53.18» на верстаті з ЧПК буде виконуватись у CAD/CAM-системі Cimatron. Перед розробкою програми для

обробки поверхні деталі на верстаті з ЧПК виконаємо імпорт тривимірної моделі деталі «Стакан 53.18» з CAD-системи Компас V15 у CAD-систему Cimatron використовуючи проміжний формат конвертації \*.sat. Результат імпортування представлено на рис. 2.4.

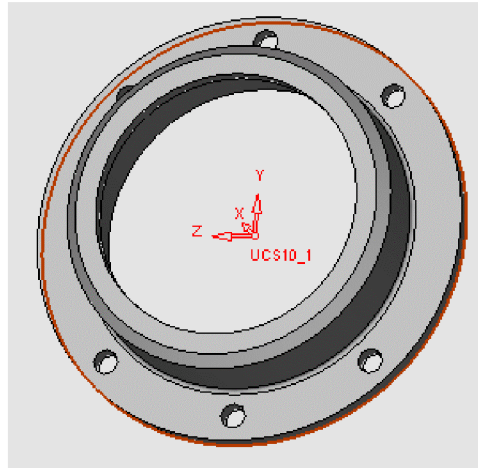


Рисунок 2.4 – Тривимірна модель деталі «Стакан 53.18» у CAD-системі Cimatron

Після створення тривимірної моделі файл автоматично передається у модуль технології обробки на обладнаннях з ЧПК. Для цього необхідно у меню “File” вибрати функцію “Export” → To CNC (рис. 2.5).

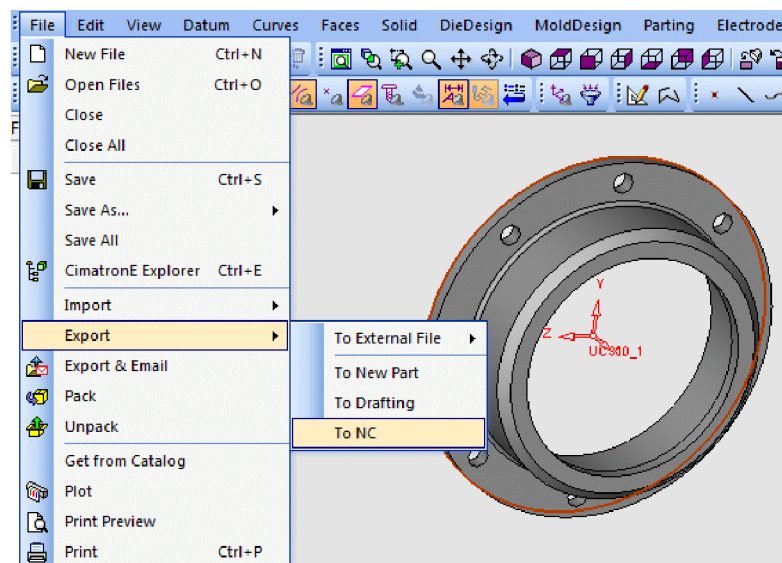


Рисунок 2.5 – Експорт в документ ЧПК



У модулі ЧПК задаємо модель та заготовку моделі деталі. Оскільки, планується виконати обробку 6 отворів  $\varnothing 11$  мм, то завантажуюємо утиліту “Q - сверление”. Створюємо траєкторію (рис. 2.6).

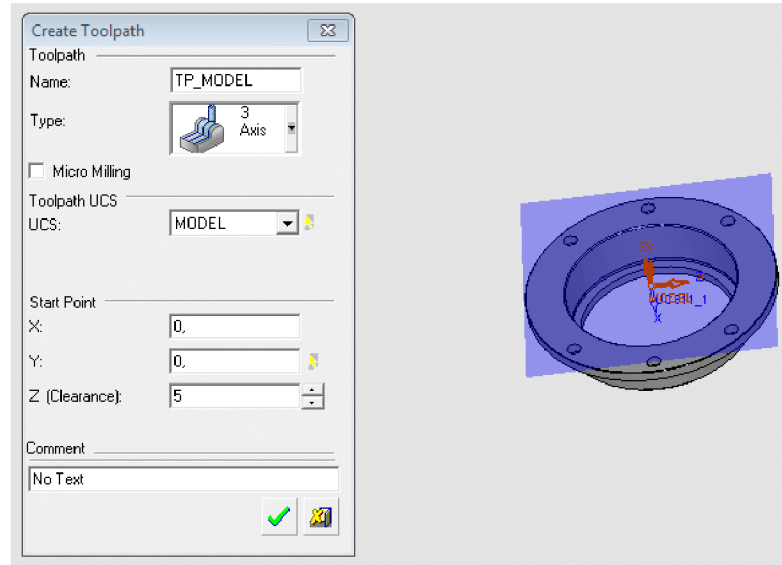


Рисунок 2.6 – Створення траєкторії

Задаємо контури деталі (рис. 2.7).

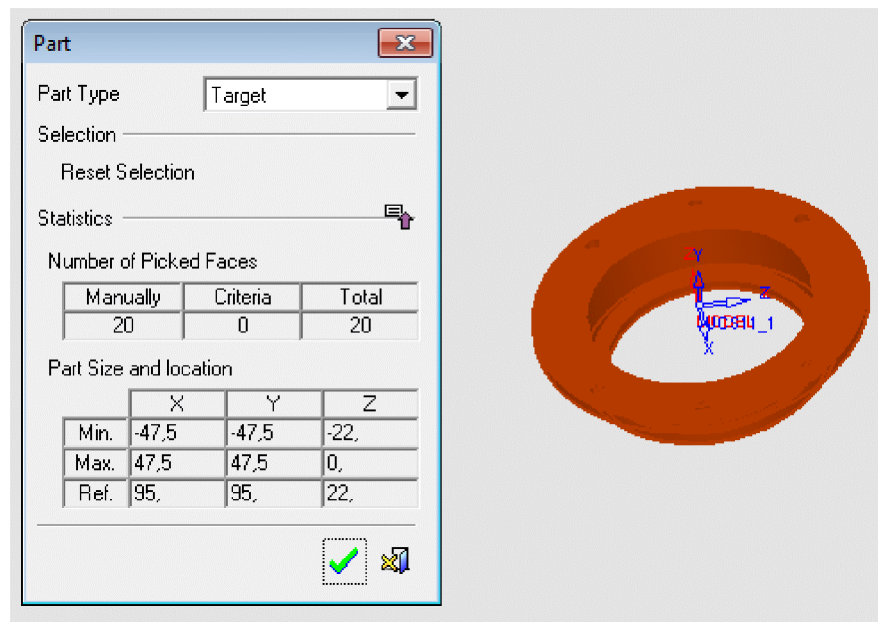


Рисунок 2.7 – Створення контурів деталі

Задаємо контури заготовки (рис. 2.8).

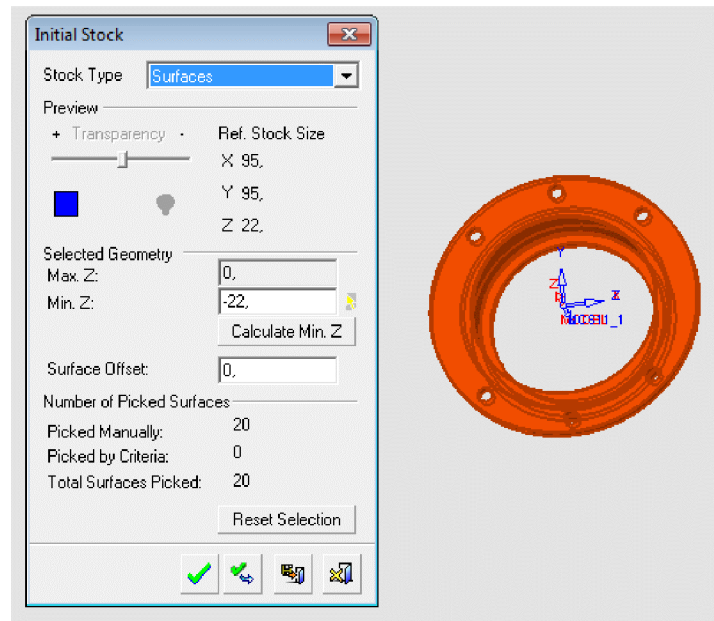
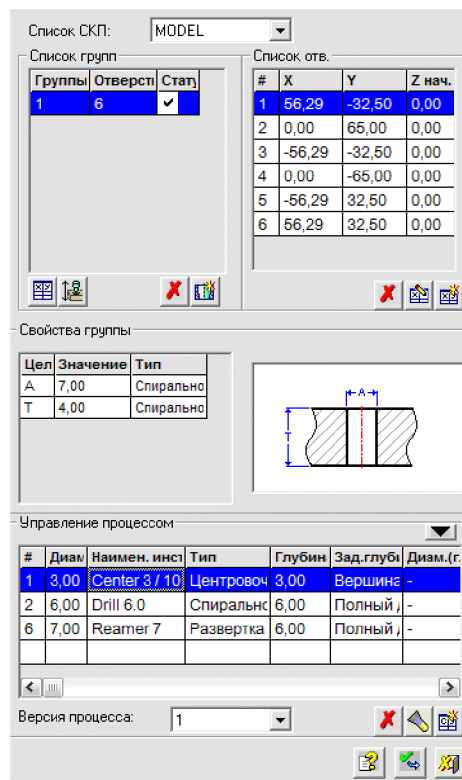


Рисунок 2.8 – Створення контурів заготовки

Створюємо “групу” отворів. “Група” отворів створюється автоматично з автоматичним визначенням форми та параметрів. Задаємо послідовність обробки 6 отворів  $\varnothing 11$  (рис. 2.9).

Рисунок 2.9 – Проектування послідовності обробки 6 отворів  $\varnothing 11$

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

Центрувальне свердло (рис. 2.10) та спіральне свердло (2.11).

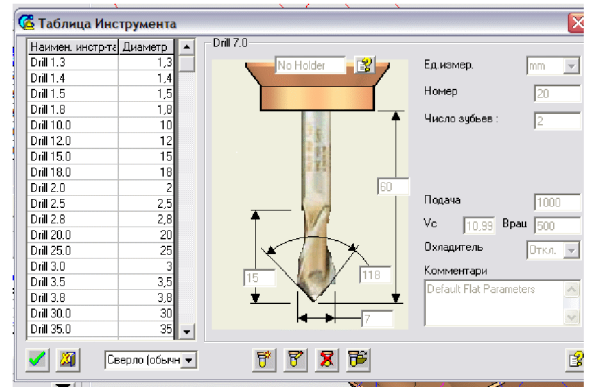
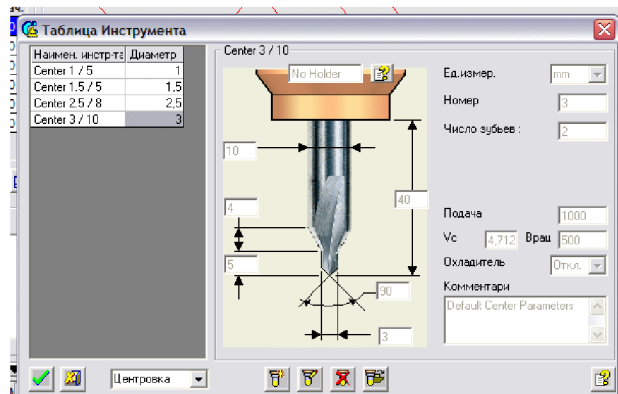


Рисунок 2.10 – Центрувальне свердло Рисунок 2.11 – Спіральне свердло

Після завершення вибору інструментів створюємо траєкторію руху інструментів (рис. 2.12) з відповідним постпроцесором (рис. 2.13).

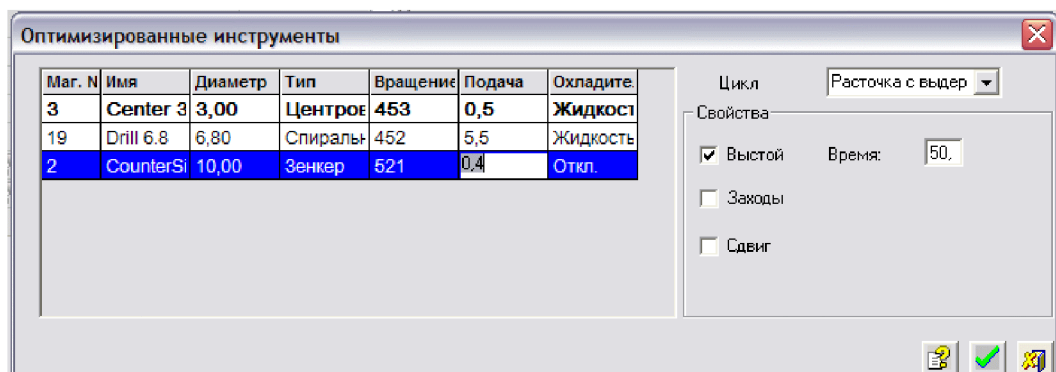


Рисунок 2.12 – Вибір траєкторії руху інструментів

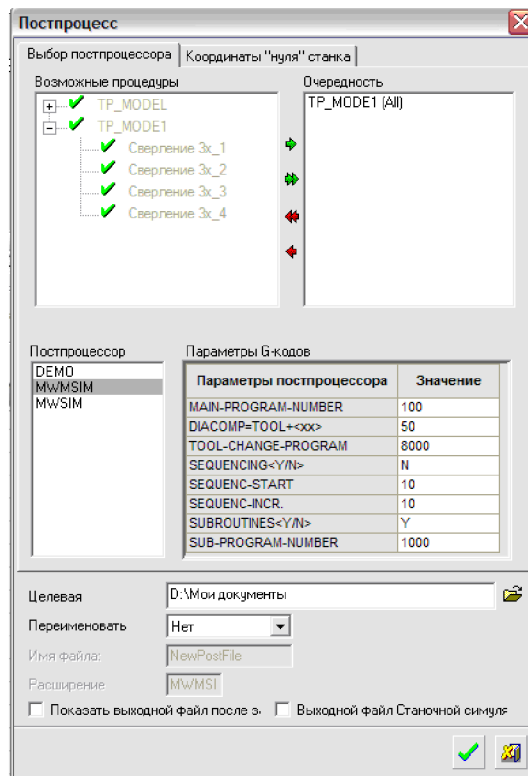


Рисунок 2.13 – Вибір пост процесора для проектування траєкторії руху інструмента

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

В результаті проектування програми обробки деталі «Стакан 53.18» на верстаті з ЧПК отримана програма, що представлена у додатку В.

### 2.3 Розробка та вибір роботизованого технологічного комплексу

У роботі необхідно вибрати основне устаткування, яке входить до складу РТК. 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 «Стакан 53.18» верстаот моделі 1В340Ф30 повністю відповідає заданим вимогам. Токарно-револьверний верстат 1В340Ф30 призначений для

комплексної обробки складних деталей різного профілю за один установ. Верстат дозволяє виконувати токарну, свердлильну, фрезерна обробка деталі за одну операцію. Технічні характеристики операції:

1. Найбільший діаметр заготовки установлюваної над станиною 450 мм.
2. Найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм:
  - штучної заготовки 200;
  - з прутка 50.
3. Найбільша довжина оброблюваної заготовки 130 мм.
4. Точність позиціонування супорта, мкм:
  - в поздовжньому напрямку 25;
  - в поперечному напрямку 10.
5. Найбільший діаметр обертового інструменту, мм - 12.
6. Найбільший допустимий крутний момент, Н·м:
  - на головному шпинделі 500;
  - на інструментальному шпинделі 10.
7. Частота обертання, об / хв:
  - головного шпинделя 20-4000;
  - інструментального шпинделя 20-1500.
8. Габаритні розміри, мм:
  - довжина 4130 мм;
  - ширина (без пульта ЧПК) 2260 мм;
  - висота 2300 мм.
9. Маса 5900 кг.

Розробимо докладний план токарної операції, виконуваної на верстаті даної моделі. Послідовність виконання операції представлена на рис. 2.14.

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

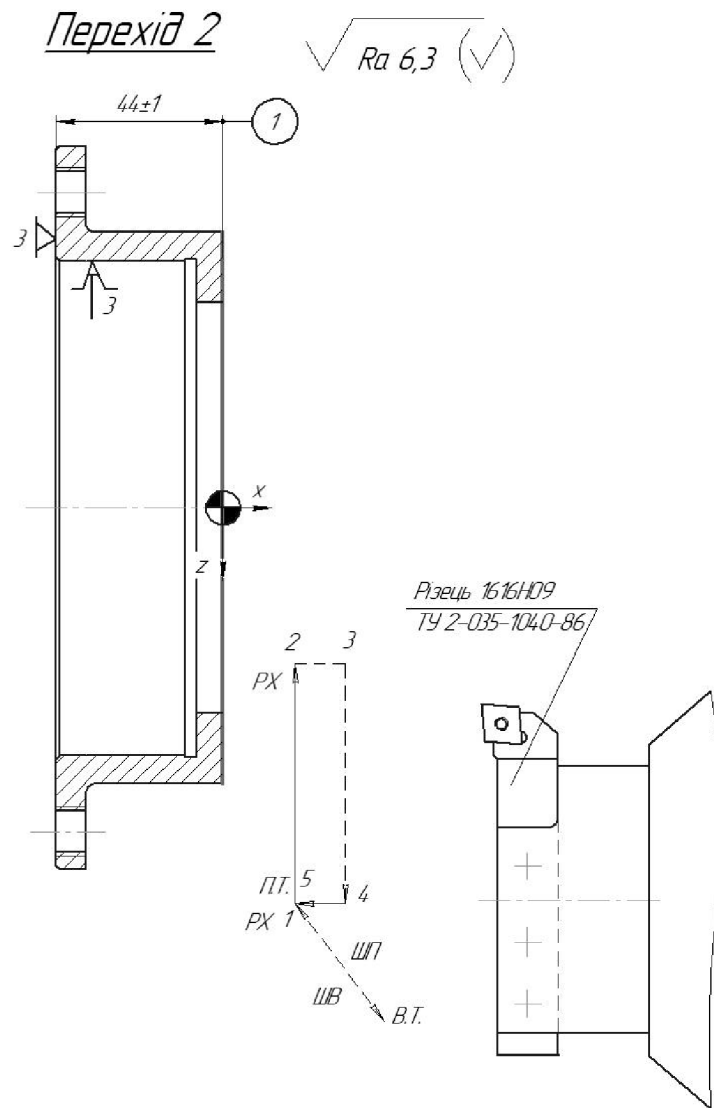


Рисунок 2.14 –Послідовність виконання переходів на операції

Розрахунок норм часу.

Операція 010 Токарно револьверна:

Модель верстата 1В340Ф3.

Пристосування: 3-х кулачковий патрон.

Маса заготовки 16.6 кг.

Основний час  $t_0=9.26$  хв.

Штучний час розраховуємо за формулою:

$$T_{\text{шт}} = t_0 + t_{\text{в}} + t_{\text{м.обс.}} + t_{\text{о.обс.}} + t_{\text{отд.}}, \text{ [хв]}. \quad (2.1)$$

Час на вимірювання і контроль деталі перекривається основним часом.

Штучно калькуляційний час визначаємо за формулою:

$$T_{\text{штк}} = T_{\text{штг}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{\Pi}, [\text{хв}]. \quad (2.2)$$

Оперативний час  $t_{\text{оп}} = t_0 + t_{\text{вс}}$ ;

а) час на установку, закріплення, знімання деталі [3]

$$t_{\text{в}} = 0,18 + 0,04 + 0,02 = 0,24 \text{ (хв.)};$$

б) час на управління верстатом, кнопки “Пуск”, ”Стоп”, і ін., закрити щиток;

$$t_{\text{вс}} = 0,02 + 0,02 = 0,04 \text{ (хв.)};$$

$$t_{\text{оп}} = 9,26 + 0,28 = 9,54 \text{ (хв.)}.$$

Час на технічне обслуговування складає 4% від оперативного.

Час на організаційне обслуговування 4,5% від  $t_{\text{оп}}$ .

$$t_{\text{м.обс}} = \frac{9,54 \cdot 4}{100} = 0,38 \text{ (хв.)};$$

$$t_{\text{о.обс}} = \frac{9,54 \cdot 4,5}{100} = 0,42 \text{ (хв.)};$$

Час на перериви і індивідуальні потреби 5% від  $t_{\text{оп}}$ .

$$t_{\text{омд}} = \frac{9,54 \cdot 5}{100} = 0,46 \text{ (хв.)};$$

Штучний час складає:

$$T_{шт} = 9.54 + 0,38 + 0,42 + 0,46 = 10.8 \text{ (хв).}$$

Штучно-колькуляційний час при партії деталей для наладок  $n=300$  шт

$$T_{шт} = T_{шт} + \frac{T_{н.з.}}{n} = 10.8 + \frac{30}{300} = 10.9 \text{ (хв)}$$

На решту операцій нормування проводимо аналогічно.

Дані розрахунків зводимо в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Норми часу

№	Операції	$t_{oc}$	$t_{bc}$	$t_{т.обс.}$	$t_{o.обс}$	$t_{отд}$	$T_{шт}$
005	Багатоцільова з ЧПК	13.04	0,32	0,52	0,57	0,062	15.05
010	Токарно револьверна з ЧПК	9.26	0,28	0,38	0,42	0,46	10.90
015	Торцекруглошліфувальна	1,31	0,27	0,05	0,06	0,07	1,89
020	Внутрішшліфувальна	1,36	0,28	0,06	0,07	0,08	1,95

### 2.3.1 Вибір промислового робота (ПР) для РТК

Для деталі «Стакан 53.18» керуючись рекомендаціями [30], вибраний промисловий робот моделі «Циклон 5.02», з наступним і характеристиками:

- вантажопідйомність – 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;
- ємність пам'яті системи, число кроків - 31;
- похибка позиціонування -  $\pm 0,1$  мм;
- найбільший виліт руки – 1560 мм;



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

$$r = 600/1,5; z = 100/0,2 \quad x = 400/0,5;$$

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

$$\varphi = 180/120; \alpha = 180/180;$$

габаритні розміри, мм - 860x110x1630;

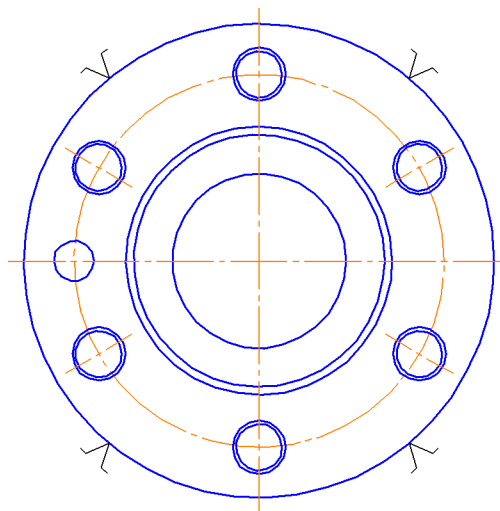
-маса, кг- 780.

### 2.3.2 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. 2.15).

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.



Рисунку 2.15 – Схема закріплення заготовки

Зусилля захоплення визначають з припущення, що утримання об'єкту маніпулювання відбувається за рахунок сил тертя, створюваних цим зусиллям:

$$F = K_1 K_2 K_3 m g, \text{ [Н]} \quad (2.2)$$

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 [21].

$$K_3 = \frac{\sin \theta}{2\mu}, \quad (2.3)$$

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

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

$$K_3 = \frac{\sin 60^\circ}{2 \cdot 0,15} = 2,9 \quad F = 1,2 \cdot 2 \cdot 2,9 \cdot 10 \cdot 9,8 = 680 \text{ (Н)}$$

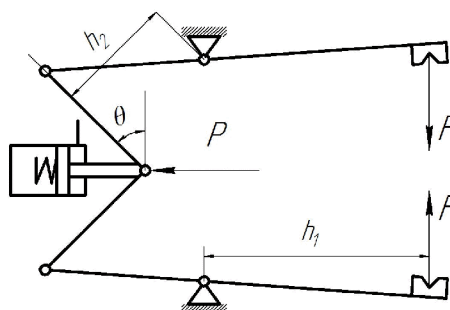


Рисунок 2.16 – Схема захватного пристрою

Зусилля затиску для вибраної схеми:

$$\frac{P}{F} = \frac{h_1}{h_2} \cdot 2 \sin \theta, \quad (2.4)$$

звідки

$$P = \frac{h_1}{h_2} \cdot 2 \sin \theta \cdot F \quad (2.5)$$

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

$$P = \frac{0.080}{0.080} \cdot 2 \cdot \sin 60 \cdot 680 = 1177(H).$$

Визначимо діаметр поршня

Для циліндра односторонньої дії [4]

$$F = p_e \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} - F_T - F_{\text{ПР}} \quad (2.6)$$

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  $F_{TP}=5 \text{ Н}$ ;  $F_{\text{ПР}}$  – зусилля створюване пружиною (в кінці ходу до 10% від зусилля, що розвивається). Приймаємо  $F_{\text{ПР}}=5 \text{ Н}$ . Звідки:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot (F + F_T + F_{\text{ПР}})}{\pi \cdot p_e}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (1177 + 5 + 5)}{\pi \cdot 0.5 \cdot 10^6}} = 55 \cdot 10^{-3} (м).$$

Приймаємо найближчий стандартний діаметр поршня  $D=60 \text{ мм}$ .

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. 2.17):

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

- В1 – відхилення від співвісної заготовки в ЗП;
- В2 – програмовані переміщення ЗП;
- В3 – похибка, що виникає при базуванні деталі на місці складання заготовок;
- В4 – відстань між верстатом і роботом;
- В5 – відстань від осі затискного пристрою верстата до основної бази верстата.

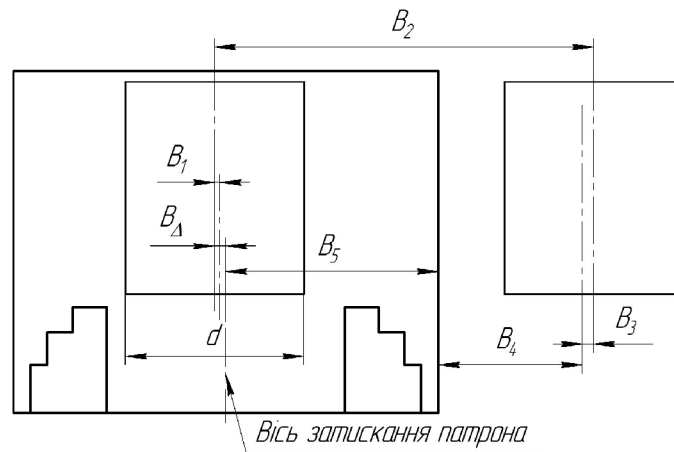


Рисунок 2.17 – Схема розмірних зв'язків

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.

$$B_{max} = \frac{D - d}{2 \cdot K_3}, \text{ [мм]} \quad (2.7)$$

де  $D$  – діаметр розкриття кулачків патрона;

$d$  – діаметр поверхні базування деталі;

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

$$B_{max} = \frac{140 - 120}{2 \cdot 1,2} = 8,3 \text{ (мм)}, B_2 = 600 \pm 0,1 \text{ (мм)};$$

$$B_1 = \frac{1,0}{2} \left( \frac{1}{\sin 120} - 1 \right) = 0,08 \text{ (мм)} \quad (\text{приймаємо допуск розміру } 122);$$

$V_3 = 0,08$  мм; (приймаємо допуск розміру базування по 14 квалітету);

$$V_4 = 1000_{-2,3} \text{ (мм)}; V_5 = 460_{-1,4} \text{ (мм)};$$

$$T\Delta = 0,2+0,08+0,08+2,3+1,4; T\Delta = 4,06 \text{ (мм)}.$$

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

### 2.3.3 Побудова та розрахунок траєкторій руху елементів ПР

Побудову траєкторії виконаємо у вигляді графічного зображення шляху переміщення геометричного центру хватного 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 хватного 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

## Продовження таблиці 2.2

z17 18	Переміщення руки ПР вниз	700
	Розтиск схвата ПР	-
Z18 19	Переміщення руки ПР вгору	100
R19 20	Переміщення руки ПР назад	600
$\varphi$ 20 21	Поворот руки ПР проти год. стрілки	180°

Представимо на рисунку 2.18 фрагменти траєкторії переміщення ПР.

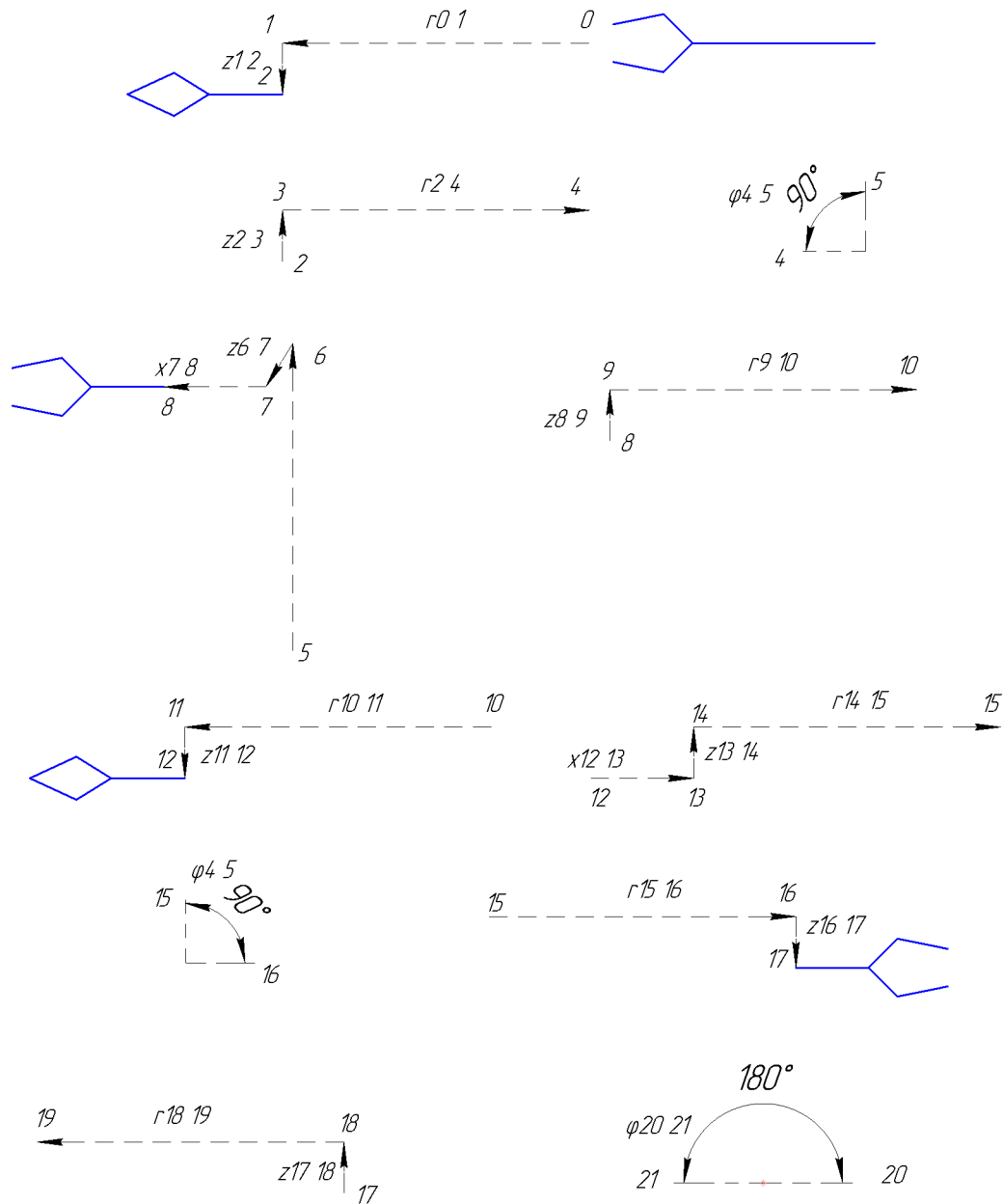


Рисунок 2.18 – Фрагменти траєкторії переміщення ПР

### 2.3.4. Вибір допоміжного устаткування для роботизованного технологічного комплексу

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 2.19.

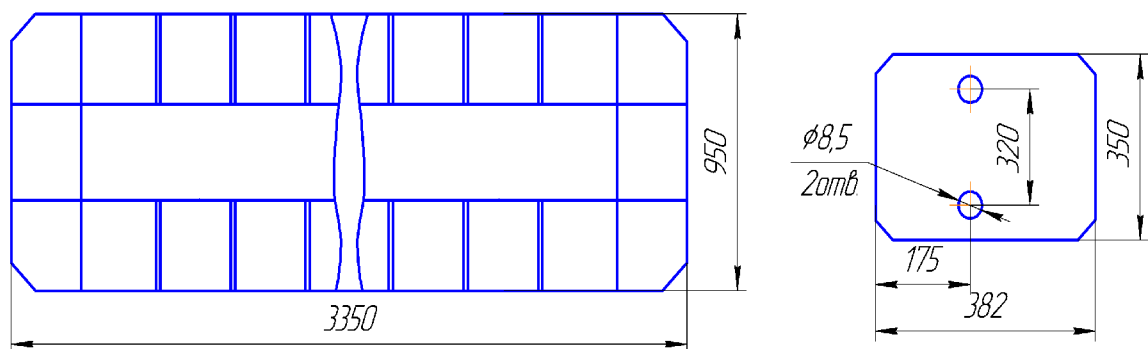


Рисунок 2.19 – Схема тактового столу СТ 350

### 2.3.5 Аналіз можливих варіантів компонок роботизованного технологічного комплексу

Пропонується кільцеве компонування, при якому 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 (рис. 2.20.).

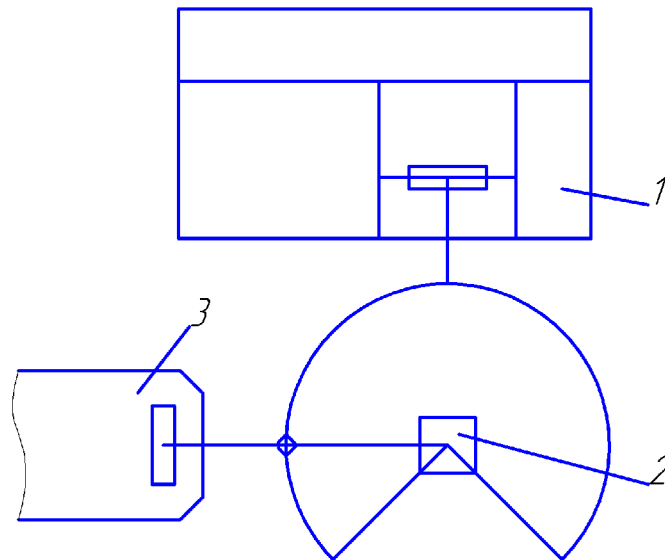


Рисунок 2.20 – Компонувальна схема кільцевого типу:  
1 – верстат, 2 – промисловий робот, 3 – тактовий стіл

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

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

$$V_x = \frac{2 \cdot L_x \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, [\text{м/с}] \quad (2.8)$$

де  $L_x$  - виліт руки ПР;

$\Delta l$  – похибка позиціонування;

$M$  – маса об'єкту маніпулювання (маса заготовки, деталі),  $m_{\text{заг.}} = 9,12 \text{ кг}$ .

$$V_r = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot \sqrt[4]{0,1}}{\sqrt[3]{9,12}} = 0,32 (\text{м/с}).$$

Аналогічно для бокового переміщення:

$$V_x = \frac{2 \cdot 0,1 \cdot \sqrt[4]{0,1}}{\sqrt[3]{9,12}} = 0,05 (\text{м/с}).$$



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

$$V_z = \frac{\alpha_z \cdot \sqrt{L_z} \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, [\text{м/с}] \quad (2.9)$$

де  $\alpha_z$  - коефіцієнт залежний від конструкції приводу,  $\alpha_z = 4$ ;

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

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

$$V_z = \frac{4 \cdot \sqrt{0,1} \cdot \sqrt[4]{0,1}}{\sqrt[3]{10}} = 0,33 (\text{м/с});$$

Кутова швидкість при повороті руки ПР щодо вертикальної осі:

$$\omega = \frac{0,5 \sqrt{\varphi} \cdot \sqrt[4]{\delta}}{\sqrt[3]{(2L_x)^4}}, [\text{рад/с}] \quad (2.10)$$

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.

2.3.7 Розробка алгоритму роботи РТК та побудова циклограми його функціонування.

Після того, як були визначені всі рухи ПР і встановлена послідовність їх виконання, необхідно визначити час виконання кожного руху по наступних формулах:

$$t_I = \frac{\varphi_I}{\omega_I}; [c] \quad (2.11)$$

$$t_I = \frac{l_I}{V_I}, [c] \quad (2.12)$$

де  $\varphi_I$  – кути поворотів механізмів;

$l_I$  – лінійні переміщення механізмів;

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

$$t_{01} = \frac{0,6}{0,32} = 1,88(c);$$

$$t_{12} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5(c);$$

$$t_{23} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5(c);$$

$$t_{34} = \frac{0,6}{0,32} = 1,88(c);$$

$$t_{45} = \frac{90}{115} = 0,78(c);$$

$$t_{56} = \frac{0,6}{0,32} = 1,88(c);$$

$$t_{67} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5(c);$$

$$t_{78} = \frac{0,1}{0,05} = 2(c);$$

$$t_{89} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5(c);$$

$$t_{910} = \frac{0,6}{0,32} = 1,88(c);$$

$$t_{1011} = \frac{0,6}{0,32} = 1,88(c);$$

$$t_{1112} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5(c);$$

$$t_{1213} = \frac{0,1}{0,05} = 2(c);$$

$$t_{1314} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5(c);$$

$$t_{1415} = \frac{0,6}{0,32} = 1,88(c);$$

$$t_{1516} = \frac{90}{115} = 0,78(c);$$

$$t_{1617} = \frac{0,6}{0,32} = 1,88(c);$$

$$t_{1718} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5(c);$$

$$t_{1819} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5(c);$$

$$t_{1920} = \frac{0,6}{0,32} = 1,88(c);$$

$$t_{2021} = \frac{180}{115} = 1,57(c).$$

Внесемо результати розрахунків у таблицю 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	0,32	1,88
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,2	0,5
	Затиск заготовки схватом ПР	-	-	2,0
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,2	0,5
	Переміщення руки ПР назад	600	0,32	1,88
Сума				7,76
Установка заготовки на верстат	Поворот руки ПР за год. стрілкою	90°	115	0,78
	Переміщення руки ПР вперед	600	0,32	1,88
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,2	0,5
	Переміщення корпусу вліво	100	0,05	2,0
	Розтиск схвату ПР	-	-	2,0
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,2	0,5
	Переміщення руки ПР назад	600	0,32	1,88
Сума				9,54
Верстат	Затиск заготовки на верстатному пристосуванні	-	-	6
	Обробка заготовки	-	-	381,6
	Розтискання заготовки на верстатному пристосуванні	-	-	6
				393,6
Зняття заготовки з верстата	Переміщення руки ПР вперед	600	0,32	1,88
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,2	0,5
	Затиск заготовки схватом ПР	-	-	2,0
	Переміщення корпусу вправо	100	0,05	2,0
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,2	0,5
	Переміщення руки ПР назад	600	0,32	1,88
				8,76
Переміщення заготовки до місця складання готових деталей	Поворот руки ПР за год. стрілкою	90°	115	0,78
	Переміщення руки ПР вперед	600	0,32	1,88
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,2	0,5
	Розтиск схвату ПР	-	-	2,0
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,2	0,5
	Переміщення руки ПР назад	600	0,32	1,88
	Поворот руки ПР проти год. стрілки	180°	115	1,57
				9,11
Тактовий стіл	Переміщення на одну позицію	-	-	2,5
				691,67

Циклограма є графічним зображенням послідовності роботи окремих елементів і підсистем (рис. 2.21).

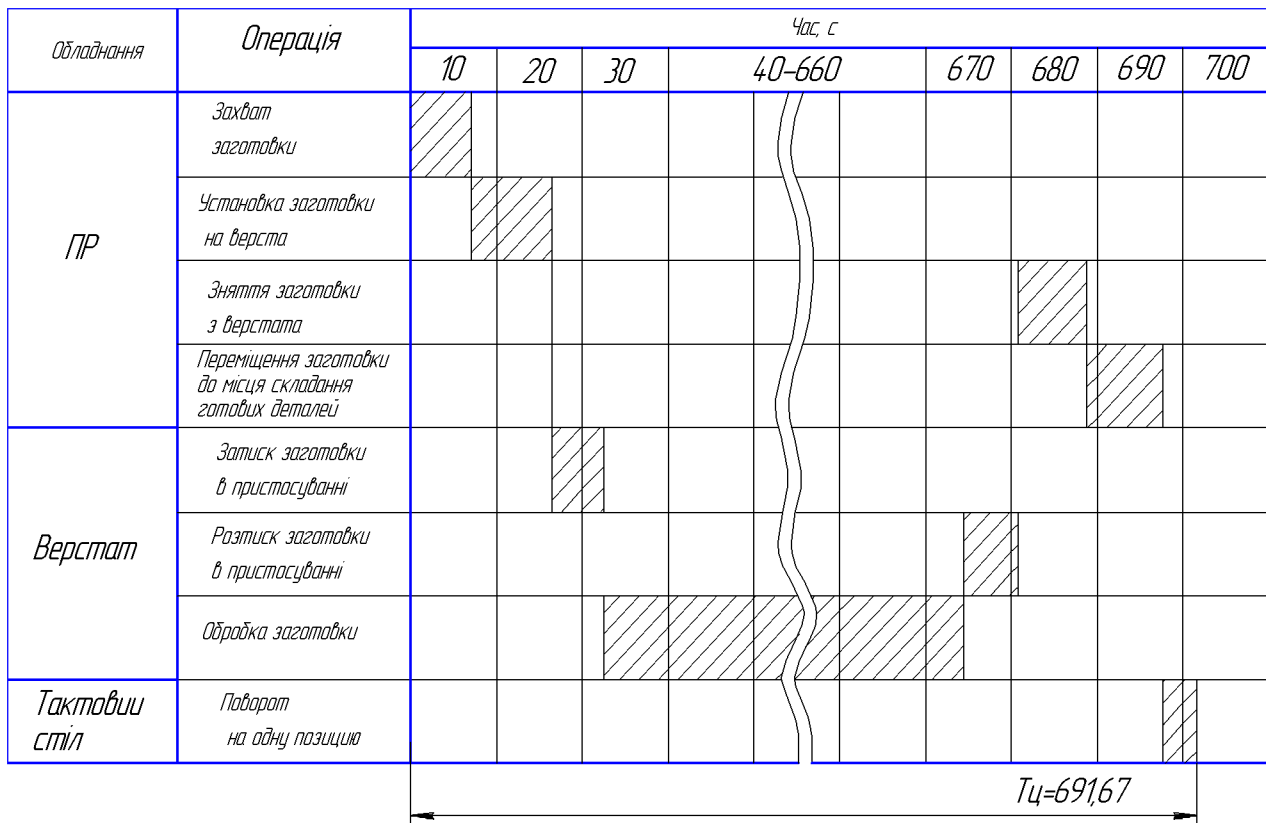


Рисунок 2.21 – Циклограма роботи РТК

### 2.3.8 Визначення основних показників роботизованого технологічного комплексу

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

Циклова продуктивність визначається по наступній формулі:

$$Q_{ц} = \frac{1}{T_p}; \quad (2.13)$$

де  $T_p$  - тривалість робочого циклу,  $T_p = 691,67$  с;

$$Q_{ц} = \frac{1}{691,67} = 0,0015(c);$$

Коефіцієнт відносної завантаженості  $K_{cp}$

$$K_{cp} = \frac{P_{cp}}{P}; \quad (2.14)$$

де  $P_{cp}$  - середнє значення робочого навантаження,  $P_{cp} = 10$  кг;

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

$$K_{cp} = \frac{10,0}{12} = 0,83.$$

Коефіцієнт використання  $K_{cp}$

$$K_{cp} = \frac{T_{np}}{T_p}; \quad (2.15)$$

де  $T_{np}$  - час роботи ПР за робочий цикл,  $T_{np} = 37$  с;

$$K_{cp} = \frac{37,15}{691,67} = 0,05;$$

Коефіцієнт використання основного устаткування  $K_{bo}$

$$K_{bo} = \frac{T_o}{T_p}; \quad (2.16)$$

де  $T_o$  - час роботи основного устаткування за робочий цикл,  $T_o = 394,12$ с;

$$K_{bo} = \frac{642}{691,67} = 0,93.$$

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

## 2.6 Висновки до розділу 2

Отже, розроблено тривимірну модель деталі «Стакан 53.18» у САD-системі Компас, що дозволило розробити у САD/САM-системі Cimatron програму обробки деталі з ЧПК. Розроблено та проведено вибір складових роботизованого технологічного комплексу.

### 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		
	Савуляк В.В.	Репінський С.В.	Дерібо О.В.
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	2
2	1	2	2
3	2	3	3
4	2	2	2
5	3	4	3
6	2	2	1
7	2	2	2
8	3	3	3
9	2	4	2
10	2	3	3
11	4	3	4
12	4	4	4
Сума балів	СБ <sub>1</sub> =28	СБ <sub>2</sub> =34	СБ <sub>3</sub> =31
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_1^3 СБ_i}{3} = \frac{28 + 34 + 31}{3} = 31$		

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

Характеризуючи виріб та ринок його реалізації висвітлюємо наступні питання.

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

Ринками збуту продукції можуть бути промислові регіони України.

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

Оскільки загальний ресурс роботи пропонованого пристрою є досить великим, тому будемо вважати, що його покупка підприємством буде разовою.



Також оцінивши новизну, та техніко економічні показники можна припустити що пристрій буде зберігати свою актуальність протягом 5 років.

### 3.2 Прогнозування витрат на розробку нового технічного рішення

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

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

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

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

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

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

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

$M$  – витрати на матеріали, грн.;

$K_e$  – витрати на комплектуючі, грн.;

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

$B_{\text{ін}}$  – інші витрати, грн.

Витрати на основну заробітну плату розробників розраховують за формулою:

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

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

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

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

Проведені розрахунки зведені до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
Керівник проекту	10000	454,5	24	10908
Інженер-конструктор	8000	363,6	10	3636
Всього				$3_0 = 14544$

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

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

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

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

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

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

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

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

$t_{зм}$  – тривалість зміни, год.

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

Результаті розрахунків представлені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт (механічна обробка на верстаті)	Трудомісткість, год.	Коефіцієнт	Розряди робіт	Погодинна тарифна ставка	Величина оплати, грн.
Багатоцільовий 1П420Ф30	0,053	1,37	4 (Кі = 1,35)	52,53	2,78
Токарно- револьверний з ЧПК 1В340Ф30	0,072	1,37	4 (Кі = 1,35)	52,53	3,78
Внутрішньо- шліфувальний 3К227В	0,006	1,37	4 (Кі = 1,35)	52,53	0,32
Торцекругло- шліфувальний ХЩ4-104Ф2Н	0,007	1,37	4 (Кі = 1,35)	52,53	0,37
Всього					$Z_p = 7,25$

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

$$Z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}} (Z_p + Z_o) = 0,12 \cdot (7,25 + 14544) = 1746,15 \text{ (грн.)}$$

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

$$Z_H = H_{\text{zn}} (Z_p + Z_o + Z_{\text{дод}}) = 0,22 \cdot (7,25 + 14544 + 1746,15) = 3585,43 \text{ (грн.)}$$

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

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

де  $\Pi$  – 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
Токарно-револьверний з ЧПК 1В340Ф30	100000	10	1	1562
Багатоцільовий 1П420Ф30	140000	10	1	1750
Верстат внутрішньо-шліфувальний ЗК227В	100000	10	1	1562
Верстат торцекругло-шліфувальний ХШ4-104Ф2н	100000	10	1	1562
Всього:				$A_{\text{обл}} = 12111$

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

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

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

$n$  – кількість видів матеріалів;

$\Pi_j$  – 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	0,922	0,122	3,9	1,15	30,8
Всього						30,8

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

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

де  $H_j$  – кількість комплектуючих;

$C_j$  – покупна ціна комплектуючих;

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

Таблиця 3.7 – Витрати на комплектуючі

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

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

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$V_e = V \cdot \Pi \cdot \Phi \cdot K_{\Pi}, \quad (3.8)$$

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

$\Pi$  – установлена потужність обладнання, кВт;

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

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

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	267,17
Освітлення вироб. приміщень	2	25	0,95	33,76
Комп'ютерна техніка	1	420	0,7	246,08
Верстати та інше обладнання	21,5	0,138	0,9	6,8
				$V_e = 553,81$

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

$$V_{in} = 2 (Z_p + Z_o) = 2 \cdot (7,25 + 14544) = 29102,5 \text{ (грн.)}$$

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

$$K = 14544 + 7,25 + 1746,15 + 3585,43 + 12111 + 30,8 + 825,83 + \\ + 553,81 + 29102,5 = 64837,3 \text{ (грн.)}$$

Виконуємо розрахунок загальних витрат на виконання даної роботи.

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

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

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

Тоді

$$B_{\text{заг}} = B_{\text{ін}} / \alpha = 29102,5 / 0,9 = 32336,11 \text{ (грн.)}$$

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

$$ЗВ = B_{\text{заг}} / \beta = 32336,11 / 0,7 = 46194,44 \text{ (грн.)}$$

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

### 3.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

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

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

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

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

Розрахунок проводимо за формулою:

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

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

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

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

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

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

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



$$\Delta\Pi_1 = 0.5 \cdot (8 \cdot 3000 + (8 + 8) \cdot 3000 \cdot 0.2) = 16800 \text{ (грн.)}$$

Збільшення чистого прибутку протягом другого року:

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

Збільшення чистого прибутку протягом третього року:

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

Збільшення чистого прибутку протягом четвертого року:

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

Збільшення чистого прибутку протягом п'ятого року:

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

### 3.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

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

1. Розраховують теперішню вартість інвестицій PV, що вкладаються в наукову розробку. Такою вартістю ми можемо вважати прогнозовану величину загальних витрат ЗВ на виконання та впровадження результатів дослідження, що складає 46194,44 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 46194,44 грн. Результати вкладених у наукову розробку інвестицій почнуть виявлятися через шість місяців і впродовж п'яти років від початку розробки впровадження.

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

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

$$E_{абс} = (ПП - PV), \quad (3.11)$$

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

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

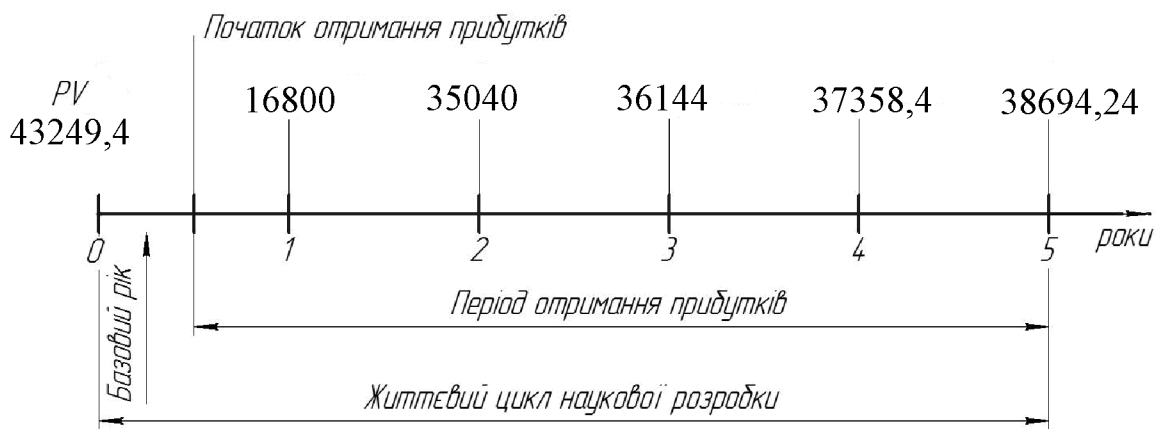


Рисунок 3.1 – Вісь часу з фіксацією платежів, що мають місце під час розробки та впровадження результатів НДДКР

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

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

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

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

$\tau$  – 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:

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

Тоді  $E_{abc} = (109948,58 - 46194,44) = 63754,14$  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:

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

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

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

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

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

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

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

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

$$A_a = \sqrt[5]{1 + \frac{A_{aan}}{PV}} - 1 = \sqrt[5]{1 + \frac{63754,14}{46194,44}} - 1 = 0,189 \text{ або } 18,9\%.$$

Оскільки  $E_B = 18,9\% > \tau_{\min} = 0,15 = 15\%$ , то інвестора може зацікавити вкладання капіталу в дану розробку.

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

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

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

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

що свідчить про можливу доцільність фінансування даної розробки.

### 3.5 Висновки до економічної частини

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

Комерційний потенціал дослідження за результатами опитування експертів було визначено як вище середнього. Визначення капітальних витрат на розробку нового технічного рішення включало витрати на основну заробітну плату розробників (14544 грн.) і робітників (7,25 грн. на виготовлення одиниці продукції), а також додаткову заробітну плату (1746,15 грн.), амортизацію обладнання (12111 грн), витрати на електроенергію (553,81 грн), матеріали (30,8 грн. на одиницю продукції) і таке інше. В розрахунку економічної ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової роботи, що склали 46194,44 грн., спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність (18,9%/рік) вкладених інвестицій і періоду їх окупності (4,85 років). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової роботи оскільки вона є економічно доцільною.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Аналіз умов праці на робочому місці механічної обробки

#### 4.1.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

На розглядуваній ділянці виникають наступні шкідливі та небезпечні фактори:

- фізичні: рухомі частини виробничого обладнання; вироби, що переміщуються; підвищений рівень шуму; гострі кромки, заусенці; підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може пройти через тіло людини; недостатня освітленість робочої зони; недостатня природного освітлення;

- хімічні: загальнотоксичні (СОг - джерело - міжцеховий автотранспорт; вуглеводні -містяться у парах ЗОР); роздратовуючи (пари лугів з ЗОР);

- психологічні: фізичні перевантаження (при перенесенні деталей з конвеєра до робочого місця); нервово-психічні перевантаження (викликаються монотонністю праці);

- біологічні: хвороботворні мікроорганізми та бактерії, що з'являються при роботі з ЗОР.

### 4.2 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

#### 4.2.1 Електробезпека

Проектована ділянця по небезпеці ураження людей електричним струмом до особливо небезпечних приміщень, оскільки на цій ділянці існують струмопровідні поли і можливість одночасного дотику людини до механізмів, що мають з'єднання з землею, з одного боку, і до металевих корпусів з іншого.

В якості захисного засобу на ділянці використовується занулення для трьохфазної чотирьохпровідної мережі із заземленою нейтраллю.

Занулення перетворює замикання на корпус в однофазне коротке замикання між фазним і нульовим проводами з метою утворення більшого струму, здатного забезпечити спрацювання захисту і відключення установки від мережі.

Другим основним засобом електробезпеки є захисне заземлення всіх струмопровідних корпусів обладнання на дільниці.

Захисна дія заземлення ґрунтується на зменшенні напруги дотику між корпусом обладнання і землею. При замиканні будь-якої фази на струмопровідний корпус через провідник заземлення фаза замикається на землю. Це є однофазне коротке замикання, від струму якого спрацює захисне обладнання, яке відключає дану установку від електромережі.

На дільниці виконане природне заземлення - всі струмопровідні корпуси установок та механізмів заземлені на підземні трубопроводи.

#### 4.2.2 Техніка безпеки при виконанні технологічних операцій на дільниці

Виробниче обладнання повинно відповідати ГОСТ 12.2.003-74 „ССБТ. Оборудование произведено. Общие требования безопасности". Для забезпечення безпеки повинні встановлюватися устрій, що виключають можливість проникнення робітника в небезпечну зону; захисні екрани ; переносні огорожі; блокуючі пристрої; пристрої сигналізації ; застосовуватись особливі конструкції кнопок керування, що роблять неможливим попадання робітника у небезпечну зону.

Робітники дільниці обробку різанням повинні проводити згідно ГОСТ 12.3.025-80, мати засоби індивідуального захисту: спецодяг, взуття, які повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.4.011-75.

### 4.3 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

#### 4.3.1 Вимоги до технологічних процесів, обладнання та приміщення

Виробниче приміщення повинно відповідати вимогам СНиП И-2-80, СНиП П-89-80. Згідно ГОСТ 12.2.003-74 „ССБТ. Оборудование производственно.

Общие требования безопасности", обладнання повинно бути безпечним при монтажу, експлуатації і ремонту як окремо, так і в складі технологічних систем, при зберіганні, повинно бути пожежно-вибухо-безпечним і не забруднювати навколишнє середовище вище норм, як показано у таблиці 4.1.

Об'єм промислового приміщення на одного працюючого не повинен бути менше 15м<sup>2</sup>, а площа – 4,5 м<sup>2</sup>.

Таблиця 4.1 – Показники мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура					Відносна вологість %		Швидкість руху повітря м/с	
		Оптим альна	Допустима верхня		Допустима нижня		Оптим альна не більше	Допустима на пост. роб. місцях не більше	Оптим альна не більше	Допустима на пост. роб. місцях не більше
			Пос-тійне робоче місце	Непос-тійне робоче місце	Пос-тійне робоче місце	Непос-тійне робоче місце				
Хол.	Пб	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	0,4
Тепл.	Пб	20-22	27	29	16	15	40-60	70	0,3	0,2-0,5

#### 4.3.2 Мікроклімат в виробничому приміщенні

Згідно з вимогами ССТБ метеорологічні умови визначаються для робочої зони на висоті 2 м над рівнем підлоги. Людина почуває себе гарно, якщо температура навколишнього повітря  $t = 18...22$  °С; відносна вологість ( $\phi = 40...60\%$ , швидкість руху повітря на робочому місці  $V = 0,1...0,2$  м/с).

ГОСТ 12.1.005-88 «Санитарные нормы микроклимата производственных помещений» встановлює оптимальні та доступні параметри мікроклімату для різних категорій робіт, пори року, типів робочих місць. Для категорії робіт П б - роботи середньої важкості, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням та перенесенням невеликих вантажів до 10 кг, які вимагають помірних фізичних напруг, параметри мікроклімату наведені у таблиці 1.



Інтенсивність теплового опромінення працюючих від нагрітих поверхонь технологічного обладнання не повинно перевищувати 100 Вт/м<sup>2</sup> при опроміненні не більше 25% поверхонь тіла.

#### 4.3.3 Опалення та вентиляція

Опалення передбачається для підтримання температури повітря в робочій зоні в межах санітарно-гігієнічних норм, встановлених ГОСТ 12.1.005-76. для приміщення, технологічних процес в яких не супроводжується виділення, пилу згідно СніП 2.04.05-84 рекомендується застосовувати повітряне опалення, суміщене з приточною вентиляцією або з рециркуляційними агрегатами: водяне та парове високого та низького тиску з ребристими трубами, радіаторами, конвекторами, водяне з вбудованими в будівельні конструкції нагрівальними елементами і стояками.

Вентиляція - це організований і регульований повітрообмін. Передбачена природна та механічна вентиляція. При природній вентиляції повітрообмін відбувається за рахунок природних сил і різниці температур зовні і в середині приміщення, під дією вітру. Для притоку повітря в цехах роблять проєми у зовнішніх стінах.

При механічній вентиляції повітрообмін відбувається за рахунок різниці тисків, що створює вентилятор. У механічному цеху, де відсутні шкідливі виділення і необхідно мала кратність повітрообміну, застосовують витяжну загально обмінну вентиляцію.

#### 4.3.4 Освітлення

Згідно СНиП II-4-79 зорова робота на розробляємій дільниці відноситься до I групи: розрізнення об'єктів зорової роботи здійснюється при фіксованому направленні лінії зору робітників на робочу поверхню (виробничі приміщення промислових підприємств).

Природне освітлення на дільниці є верхнє з боковим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості - це відношення

освітленості зовні. Нестачу природої освітленості компенсує штучне. Воно складається з загального освітлення виробничої площі та місцевого освітлення. Місцеве освітлення реалізується лампами розжарювання; загальне - газорозрядними лампами.

Згідно СніП II-4-79 для розряду зорових робіт вищої точності - I б, освітленість має складати: комбінована - 4000 лк; загальна - 1250 лк; контраст об'єкта розпізнавання з фоном – середній; фон – темний.

Нормальне значення для КПО:

$$e_n^{IV} = e_n^{III} \cdot m \cdot c, \text{ [лк]} \quad (4.1)$$

де  $e_n^{III}$  – значення КПО для будівель, що розташовані у II поясі світлового клімату;

$m$  – коефіцієнт світлового клімату, що враховує особливість світлового клімату іншої місцевості;

$c$  – коефіцієнт сонячності клімату.

Для бокового природного освітлення  $e_n^{III} = 10\%$ ; для суміщеного освітлення  $e_n^{III} = 6\%$ ;  $m^{IV} = 0,9$ ;  $C = 0,75$ , для зовнішніх стін азимут  $270^\circ$ . Отже мінімальні значення КІТО:

- для природного освітлення:  $e_n^{IV} = 3 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 2\%$ .

- для суміщеного освітлення:  $e_n^{III} = 6 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 1,215\%$ .

#### 4.3.5 Шум та вібрації

Шум має великий вплив на працездатність людини. Допустимі рівні шуму нормуються у СніП 3223-85 «Санитарные нормы допустимых уровней шума на рабочих местах».

Джерелами шуму на розглядаємій ділянці є працююче обладнання, пневмопристрої, конвеєр, шум з сусідніх ділянок та шум автотранспорту.

Для постійних робочих місць у виробничих приміщеннях і території підприємства допустимі рівні звукового тиску наведені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Гранично допустимий спектр шуму

Рівні звукового тиску в Дб у октавних смугах із середньо геометричними частинами Гц									Еквівалентний рівень звуку дб(А)
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
107	95	82	82	78	75	73	71	69	80

Для захисту від шуму передбачена звукоізоляція приводів верстатів.

Вібрація виникає при зворотно-поступальних рухах системи, обертання нерівноважених мас, ударів деталей. По дії на людину вібрація поділяється на загальну та локальну. Систематична дія вібрації призводить до різноманітних порушень здоров'я людини.

На ділянці механічної обробки на робітників діє локальна та загальна вібрація, джерелом якої є працююче обладнання. Згідно ГОСТ 12.1012-90 ССБТ. «Вібрація. Общие требования безопасности» на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях допустимі такі рівні вібрації (табл. 4.3) для категорій вібрацій 3 тип «а» – технологічна вібрація, що діє на операторів стаціонарних машин та обладнання, чи передається на робочі місця, що не мають джерел вібрації.

Санітарні норми одно чисельних показників вібраційного навантаження на оператора для тривалості зміни 8 год. Наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Допустимі рівні вібрацій.

Вид вібрації	Категорія вібрації за санітарними нормами	Напрямок ДІІ	Нормативне корегування по частоті і			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			м·с <sup>-1</sup>	дБ	М·с <sup>-1</sup> ·10 <sup>-2</sup>	дБ
Загальна	3 тип "а"	Хо; Yo, Zo	0,1	100	0,2	92

#### 4.4 Пожежна безпека

За ступенем вогнестійкості приміщення відноситься до I ступені - приміщення з несучими і огорожуючими конструкціями з природних чи штучних матеріалів, бетону, залізобетону з використанням листових чи плитних перегороджуючих матеріалів.

Пожежі на виробничих підприємствах являють собою велику небезпеку для працюючих і можуть спричинити велику матеріальну шкоду. Можливими причинами виникнення пожеж в механічних цехах можуть бути: порушення технологічного режиму, несправність системи опалення і вентиляції, несправність електрообладнання (коротке замикання, перевантаження), несправність замиряючої арматури, самозапалення матеріалів, схильних до горіння. У відповідності з ОНТП 24-86 усі виробництва поділяються на декілька категорій по пожежній вибуховій і вибуховопожежній безпеці. Дільниця механічної обробки відноситься до категорії Д - виробництво, в якому оброблюються негорючі речовини і матеріали в холодному стані (табл. 4.4)

Таблиця 4.4 – Визначення категорії приміщення

Категорія приміщення	Допустима кількість	Ступінь вогнестійкості	Площа поверхів в межах пожежного відділення, м <sup>2</sup>
д	6	1	не обмежується

Границі вогнестійкості наведені в табл. 4.5.

При проектуванні виробничих приміщень передбачаємо безпечну евакуацію людей на випадок виникнення пожежі у відповідності з СНиП 2.01.02.-85: висота від підлоги донизу виступаючих конструкцій перекриття повинна бути не менше 2,2 (м); висота від підлоги донизу виступаючих частин комунікацій і обладнання в місцях регулярного надходження людей і на шляхах евакуацій не менше 2(м), а в місцях нерегулярного приходу людей - не менше 1,8 (м).

Таблиця 4.5 – Мінімальні границі вогнестійкості і максимальні границі розповсюдження вогню

Стіни				Колони	Поверхові площадки, козовури, балки, марші поверхових клітин	Ненесучі конструкції перекриття	Елементи покриття
Несучі та поверхові клітин	Само-несучі	Зовнішні не несучі	Внутрішні не несучі (перегородки)				
2.5/0	1.25/0	0.5/0	0.5/0	2.5/0	1/0	1/0	0.5/0

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

Таблиця 4.6 – Відстань до виходу

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

Для запобігання пожеж в цеху необхідно провести ряд заходів по ТБ:

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

#### 4.5 Висновки до розділу 4

Розроблено заходи забезпечення умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях під час виготовлення деталі «Стакан 53.18». Розглянуто організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, а також організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи. Крім цього проведено аналіз умов пожежної безпеки під час виготовлення деталі «Стакан 53.18».

## ВИСНОВКИ

Отже в результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи визначено, що деталь «Стакан 53.18» є технологічною, а тип виробництва деталі – середньосерійний. На основі розрахованих техніко-економічних показників способів отримання заготовки деталі «Стакан 53.18» визначення, що найраціональнішим є спосіб відцентрового лиття. Виконано проектування послідовностей обробки поверхонь заготовки та операційного технологічного процесу виготовлення деталі з отриманням технологічних карт.

Розроблено робоче місце механічної обробки деталі «Стакан 53.18» на основі застосування САД-системи КОМПАС V15 та САД/САМ-системи Сіmatron, а також застосування роботизованого технологічного комплексу на базі робота «Циклон 5.02», що дозволило автоматизувати процес механічної обробки деталі на заданій технологічній операції.

В магістерській кваліфікаційній роботі розраховані основні економічні показники забезпечення виготовлення деталі «Стакан 53.18», що дозволило забезпечити економічний ефект від реалізації вкладених інвестиції з періодом окупності 4,85 років. Розроблено заходи забезпечення умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях під час виготовлення деталі «Стакан 53.18».

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Курсовое проектирование по технологій машин ос троения / Под ред. А.Ф. Горбачевича — Мпнск Высшая школа – 1983 – 288 с.
2. Егоров М.Е. и др. Технология машиностроения: Ученик для машиностроительных вузов. – М.: «Высш. Школа» – 1976 – 534 с.
3. Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування: Навч. Посібник. - К. ІСДО-1996-300с
4. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Навч. посібник. - К Виша шк -1993-414с.
5. Справочник технолога-машиностроителя В 2-х т. Т 2 Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова-М.: Машиностроение- 1985-496с.
6. Боженко Л.І Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. - Київ: НМКВО-1990-264с.
7. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов.
8. ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные
9. Струтинський В.Б. Математичне моделювання процесів та систем механіки: Підручник – Житомир: ЖІТІ, 2001.-612с.
10. П.А. Руденко, Ю.А. Харламов, В.М. Плескач Проектрование и производст- во заготовок в машиностроении. -Киев: „Выща школа" - 1991 - 247с
11. Ж.П. Дусанюк, С.В. Дусанюк Методичні вказівки до виконання контрольних робіт з дисципліни "Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні" для студентів заочної форми навчання спеціальності 7.090202 «Технологія машинобудування» – ВНТУ, Вінниця – 2000.
12. Технология машиностроения. (специальная часть). / А.А. Гусев, Е.Р. Ковальчук, И.М. Колесов и др. – М.: Машиностроение – 1986 – 480с.
13. Обработка металлов резанием. Справочник. / Под общ. ред. АА. Панова -М.: Машиностроение- 1990-736с.

14. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. - Львів: ..Світ" - 1996 - 367с
15. Расчеты экономической эффективности новой техники / Под общ. ред. К.М. Великанова . – Л.: Машиностроение, 1983.
16. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навчальний посібник. / [Дусанюк Ж. П., Шиліна О. П., Репінський С. В. та ін.] – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 199 с.
17. Охрана труда в машиностроении / Под ред. Е.Я Юдина, С.В. Белова – М.: Машиностроение, 1985. – 400 с.
18. ГОСТ 12.2.003 – 91. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
19. ГОСТ 12.2.002 – 73. ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.
20. ГОСТ 12.1.030 – 81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, Зануление. Общие требования безопасности, 1987.
21. ГОСТ 12.1.003 – 88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
22. П – 4 – 79/85. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования.
23. ДНАОП 0.03.14 – 83. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих зонах.
24. ГОСТ 12.1.003 – 83. Шум. Общие требования безопасности.
25. ГОСТ 12.1.012 – 90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
26. Пожарная безопасность. Общие требования.
27. ОНТП 24 – 86. Определения категорий помещений и зданий по взрывопожарной опасности.
28. Довбня Н. М. Роботизированные технологические комплексы в ГПС / Н. М. Довбня, А. Н. Кондратьев, Е. И. Юревич. – Л : "Машиностроение", 1990. – 303 с.



29. Козырев Ю. Г. Промышленные роботы : справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. / Ю. Г. Козырев – М. : Машиностроение, 1988. – 392 с.

30. Козырев Ю. Г. Захватные устройства и инструменты промышленных роботов : учебное пособие / Ю. Г. Козырев. – М. : КНОРУС, 2010.– 312 с.

31. Бурдаков С. Ф. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов / С. Ф. Бурдаков, В. А. Дьяченко, А. Н. Тимофеев. – М : Высшая школа, 1986. – 264 с.

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

## ДОДАТКИ

ДОДАТКИ

## ДОДАТОК А

Графічна частина

ПОГОДЖЕНО  
Головний технолог  
керівник або заступник

ПрАТ «Вінницький завод «Маяк»  
назва підприємства чи установи

підпис \_\_\_\_\_  
Марчук А.В.  
ініціали та прізвище

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

зав. кафедри ТАМ

д.т.н., професор Козлов Л.Г.

\_\_\_\_\_ (підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

## ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

РОБОЧЕ МІСЦЕ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «СТАКАН 53.18» З  
ВИКОРИСТАННЯМ САД/САМ-СИСТЕМ

08-26.МКР.013.00.000 ТЗ

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

Петров О.В. \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

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

Бабак В.В. \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

Вінниця ВНТУ 2020

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

а) потреба у розробці робочого місця механічної обробки деталі «Стакан 53.18» 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 «Стакан 53.18» 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 «Стакан 53.18».

## 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	10.10.20 р.	02.11.20 р.	Формування мети та задач роботи
2	Підготовка технологічного розділу	10.10.20 р.	02.11.20 р.	Об'єкт дослідження, розділ 1
3	Підготовка розділу розробки робочого місця механічної обробки	02.11.20 р.	16.11.20 р.	Розділ 2, публікація результатів
4	Підготовка економічної частини	02.11.20 р.	16.11.20 р.	Розділ 3, апробація
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	02.11.20 р.	16.11.20 р.	Розділ 4
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	16.11.20 р.	27.11.20 р.	пояснювальна записка

## 6. Матеріали, що подаються до захисту МКР

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

## 7. Порядок контролю виконання та захисту МКР

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

## 8. Вимоги до оформлення МКР

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

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

## ДОДАТОК Б

Програма для верстату з ЧПК  
для обробки групи отворів деталі «Стакан 52.17»



MW\_UNITS\_METRIC 1

MW\_OP\_START  
MW\_OP\_NUMBER 0  
MW\_OP\_COMMENT "No Text"  
MW\_TOOL\_NUMBER 0  
MW\_TOOL\_COMMENT "CENTER3/10"  
MW\_TOOL\_HLD\_DEF 0 0 0 0 0 0  
MW\_TOOL\_ARB\_DEF 0 0 0 0 0 0  
MW\_TOOL\_DEF\_APT 3.000000 9. 40. 0.000000 0  
MW\_TOOL\_PROFILE\_CHORDAL\_TOL 0.1  
MW\_TOOL\_LEN\_COMPENSATION 40  
MW\_MACHMOVE RAPID X-67.12 Y-38.75 Z50. B0 C0 F BLK8  
MW\_MACHMOVE RAPID X-67.12 Y-38.75 Z1. B0 C0 F BLK8  
MW\_MACHMOVE FEED X-67.12 Y-38.75 Z-3. B0 C0 F1000 BLK8  
MW\_MACHMOVE RAPID X-67.12 Y-38.75 Z50. B0 C0 F BLK8  
MW\_MACHMOVE RAPID X0. Y-77.5 Z50. B0 C0 F BLK9  
MW\_MACHMOVE RAPID X0. Y-77.5 Z1. B0 C0 F BLK9  
MW\_MACHMOVE FEED X0. Y-77.5 Z-3. B0 C0 F1000 BLK9  
MW\_MACHMOVE RAPID X0. Y-77.5 Z50. B0 C0 F BLK^ I9  
MW\_MACHMOVE RAPID X67.12 Y-38.75 Z50. B0 C0 F BLK10  
MW\_MACHMOVE RAPID X67.12 Y-38.75 Z1. B0 C0 F BLK10  
MW\_MACHMOVE FEED X67.12 Y-38.75 Z-3. B0 C0 F1000 BLK10  
MW\_MACHMOVE RAPID X67.12 Y-38.75 Z50. B0 C0 F BLK^ I10  
MW\_MACHMOVE RAPID X67.12 Y38.75 Z50. B0 C0 F BLK11  
MW\_MACHMOVE RAPID X67.12 Y38.75 Z1. B0 C0 F BLK11  
MW\_MACHMOVE FEED X67.12 Y38.75 Z-3. B0 C0 F1000 BLK11  
MW\_MACHMOVE RAPID X67.12 Y38.75 Z50. B0 C0 F BLK^ I11  
MW\_MACHMOVE RAPID X0. Y77.5 Z50. B0 C0 F BLK12  
MW\_MACHMOVE RAPID X0. Y77.5 Z1. B0 C0 F BLK12  
MW\_MACHMOVE FEED X0. Y77.5 Z-3. B0 C0 F1000 BLK12  
MW\_MACHMOVE RAPID X0. Y77.5 Z50. B0 C0 F BLK^ I12  
MW\_MACHMOVE RAPID X-67.12 Y38.75 Z50. B0 C0 F BLK13  
MW\_MACHMOVE RAPID X-67.12 Y38.75 Z1. B0 C0 F BLK13  
MW\_MACHMOVE FEED X-67.12 Y38.75 Z-3. B0 C0 F1000 BLK13  
MW\_MACHMOVE RAPID X-67.12 Y38.75 Z50. B0 C0 F BLK^ I13  
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-77.5 Y0. Z50. B0 C0 F BLK8  
MW\_MACHMOVE RAPID X-77.5 Y0. Z1. B0 C0 F BLK8  
MW\_MACHMOVE FEED X-77.5 Y0. Z-4.5 B0 C0 F1000 BLK8  
MW\_MACHMOVE RAPID X-77.5 Y0. Z50. B0 C0 F BLK8  
MW\_MACHMOVE RAPID X38.75 Y-67.12 Z50. B0 C0 F BLK9

```
MW_MACHMOVE RAPID X38.75 Y-67.12 Z1. B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE FEED X38.75 Y-67.12 Z-4.5 B0 C0 F1000 BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X38.75 Y-67.12 Z50. B0 C0 F BLK^ I9
MW_MACHMOVE RAPID X38.75 Y67.12 Z50. B0 C0 F BLK10
MW_MACHMOVE RAPID X38.75 Y67.12 Z1. B0 C0 F BLK10
MW_MACHMOVE FEED X38.75 Y67.12 Z-4.5 B0 C0 F1000 BLK10
MW_MACHMOVE RAPID X38.75 Y67.12 Z50. B0 C0 F BLK^ I10
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-77.5 Y0. Z50. B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X-77.5 Y0. Z1. B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE FEED X-77.5 Y0. Z-12.4034 B0 C0 F1000 BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X-77.5 Y0. Z50. B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X38.75 Y-67.12 Z50. B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X38.75 Y-67.12 Z1. B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE FEED X38.75 Y-67.12 Z-12.4034 B0 C0 F1000 BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X38.75 Y-67.12 Z50. B0 C0 F BLK^ I9
MW_MACHMOVE RAPID X38.75 Y67.12 Z50. B0 C0 F BLK10
MW_MACHMOVE RAPID X38.75 Y67.12 Z1. B0 C0 F BLK10
MW_MACHMOVE FEED X38.75 Y67.12 Z-12.4034 B0 C0 F1000 BLK10
MW_MACHMOVE RAPID X38.75 Y67.12 Z50. B0 C0 F BLK^ I10
MW_OP_END
```

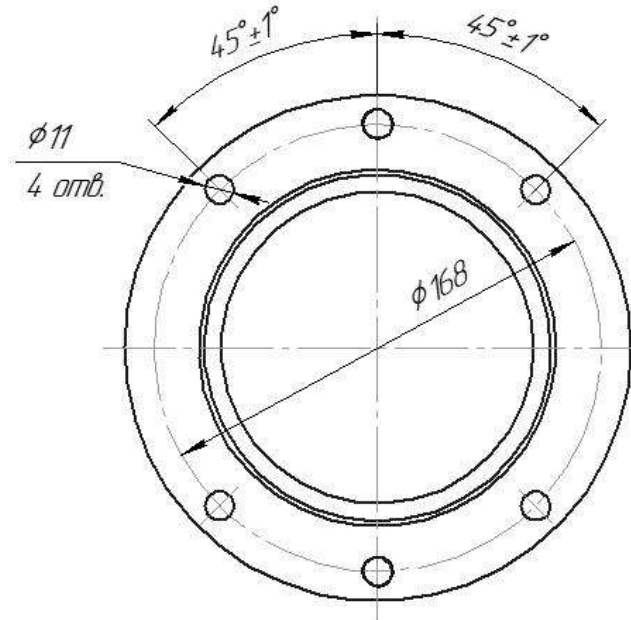
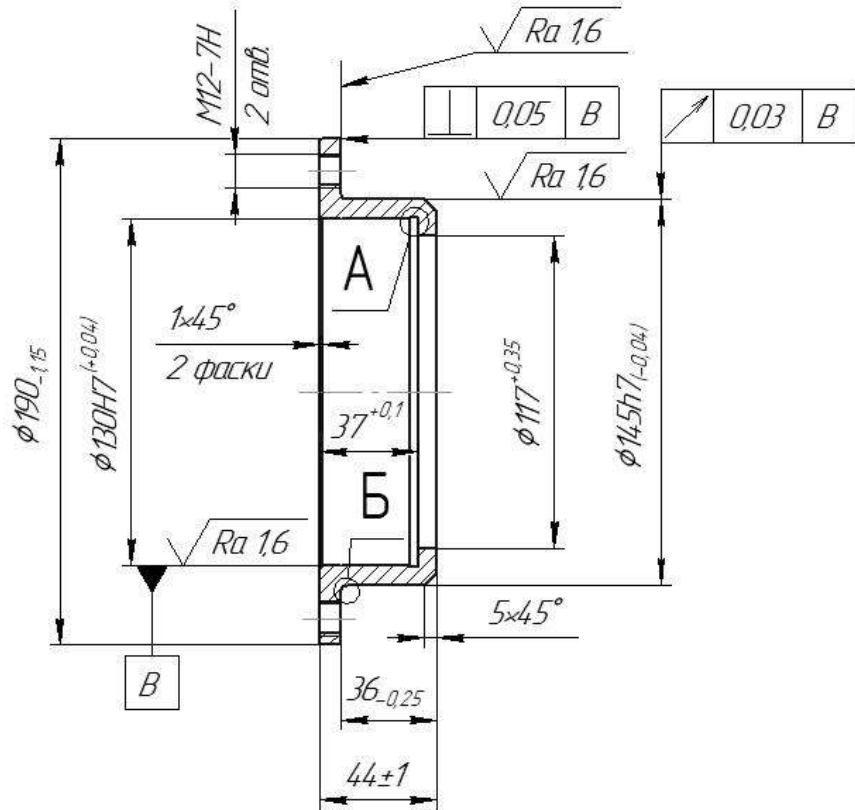
```
MW_OP_START
MW_OP_NUMBER 3
MW_OP_COMMENT "No Text"
MW_TOOL_NUMBER 3
MW_TOOL_COMMENT "DRILL10.0"
MW_TOOL_HLD_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_ARB_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_DEF_APT 10.000000 15. 100. 0.000000 0
MW_TOOL_PROFILE_CHORDAL_TOL 0.1
MW_TOOL_LEN_COMPENSATION 100
MW_MACHMOVE RAPID X-67.12 Y-38.75 Z50. B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X-67.12 Y-38.75 Z1. B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE FEED X-67.12 Y-38.75 Z-13.0043 B0 C0 F1000 BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X-67.12 Y-38.75 Z50. B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X0. Y-77.5 Z50. B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X0. Y-77.5 Z1. B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE FEED X0. Y-77.5 Z-13.0043 B0 C0 F1000 BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X0. Y-77.5 Z50. B0 C0 F BLK^ I9
MW_MACHMOVE RAPID X67.12 Y-38.75 Z50. B0 C0 F BLK10
MW_MACHMOVE RAPID X67.12 Y-38.75 Z1. B0 C0 F BLK10
```

```
MW_MACHMOVE FEED X67.12 Y-38.75 Z-13.0043 B0 C0 F1000 BLK10
MW_MACHMOVE RAPID X67.12 Y-38.75 Z50. B0 C0 F BLK^ I10
MW_MACHMOVE RAPID X67.12 Y38.75 Z50. B0 C0 F BLK11
MW_MACHMOVE RAPID X67.12 Y38.75 Z1. B0 C0 F BLK11
MW_MACHMOVE FEED X67.12 Y38.75 Z-13.0043 B0 C0 F1000 BLK11
MW_MACHMOVE RAPID X67.12 Y38.75 Z50. B0 C0 F BLK^ I11
MW_MACHMOVE RAPID X0. Y77.5 Z50. B0 C0 F BLK12
MW_MACHMOVE RAPID X0. Y77.5 Z1. B0 C0 F BLK12
MW_MACHMOVE FEED X0. Y77.5 Z-13.0043 B0 C0 F1000 BLK12
MW_MACHMOVE RAPID X0. Y77.5 Z50. B0 C0 F BLK^ I12
MW_MACHMOVE RAPID X-67.12 Y38.75 Z50. B0 C0 F BLK13
MW_MACHMOVE RAPID X-67.12 Y38.75 Z1. B0 C0 F BLK13
MW_MACHMOVE FEED X-67.12 Y38.75 Z-13.0043 B0 C0 F1000 BLK13
MW_MACHMOVE RAPID X-67.12 Y38.75 Z50. B0 C0 F BLK^ I13
MW_OP_END
```

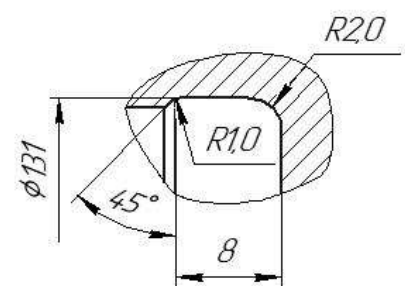
```
MW_OP_START
MW_OP_NUMBER 4
MW_OP_COMMENT "No Text"
MW_TOOL_NUMBER 4
MW_TOOL_COMMENT "COUNTERSINK24"
MW_TOOL_HLD_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_ARB_DEF 0 0 0 0 0 0
MW_TOOL_DEF_APT 6.000000 9. 60. 0.000000 45.0
MW_TOOL_PROFILE_CHORDAL_TOL 0.1
MW_TOOL_LEN_COMPENSATION 60
MW_MACHMOVE RAPID X-77.5 Y0. Z50. B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X-77.5 Y0. Z1. B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE FEED X-77.5 Y0. Z-2.5 B0 C0 F1000 BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X-77.5 Y0. Z50. B0 C0 F BLK8
MW_MACHMOVE RAPID X38.75 Y-67.12 Z50. B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X38.75 Y-67.12 Z1. B0 C0 F BLK9
MW_MACHMOVE FEED X38.75 Y-67.12 Z-2.5 B0 C0 F1000 BLK9
MW_MACHMOVE RAPID X38.75 Y-67.12 Z50. B0 C0 F BLK^ I9
MW_MACHMOVE RAPID X38.75 Y67.12 Z50. B0 C0 F BLK10
MW_MACHMOVE RAPID X38.75 Y67.12 Z1. B0 C0 F BLK10
MW_MACHMOVE FEED X38.75 Y67.12 Z-2.5 B0 C0 F1000 BLK10
MW_MACHMOVE RAPID X38.75 Y67.12 Z50. B0 C0 F BLK^ I10
MW_OP_END
```

08-26.МКР.002.00.001

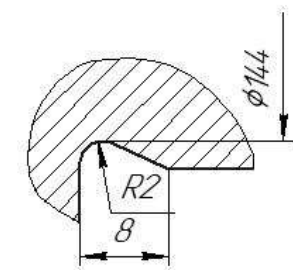
√ Ra 6,3 (√)



A (2:1)



B (2:1)



1. Твердість НВ 160..180.
2. Невказані радіуси 1..5 мм.
3. Невказані граничні відхилення h14, H14, IT14/2.

				08-26.МКР.002.00.001			
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>Stakan 53.18</b>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Бабак В.В.					19	12
Проб.	Петров О.В.				Лист	Листов	1
Т.контр.					Сталь 45/ГОСТ 1050-74		
Н.контр.	Сердюк О.В.				ВНТУ, зр. 11М-19М		
Утв.	Козлов Л.Г.				Формат А3		

Копировал

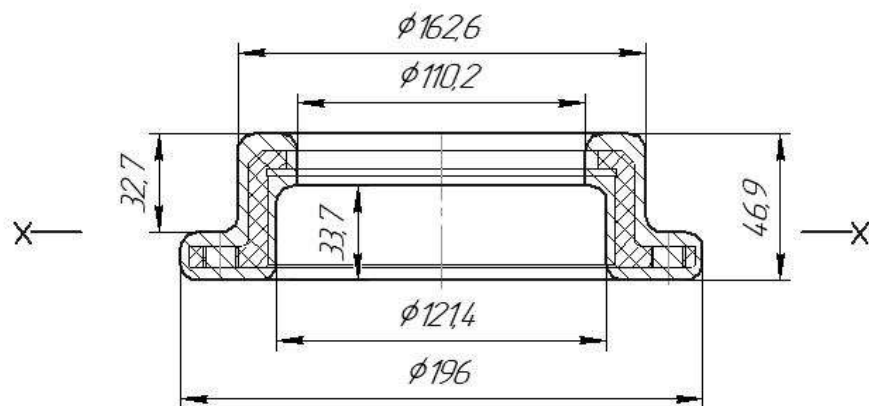
Перв. примен. / Справ. № / Подп. и дата / Инв. № дубл. / Взам. инв. № / Подп. и дата / Инв. № подл.

08-26.МКР.002.00.002

$\sqrt{Ra\ 32}$

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

1. Точність вилівка 10 – 6 – 13 – 11т Зм. 1,6 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 1,9 – 0,8 – 0,8 – 2,63 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані ливарні радіуси 4 мм.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разработ.		Бабак В.В.			
Проб.		Петров О.В.			
Т.контр.					
И.контр.		Сердюк О.В.			
Утв.		Козлов Л.Г.			

08-26.МКР.002.00.002

Стакан 52.17  
(вилівок)

Сталь 45/1 ГОСТ 1050-74

Лит.	Масса	Масштаб
	2,63	1:2
Лист	Листов 1	
ВНТУ, гр. ПМ-19М		

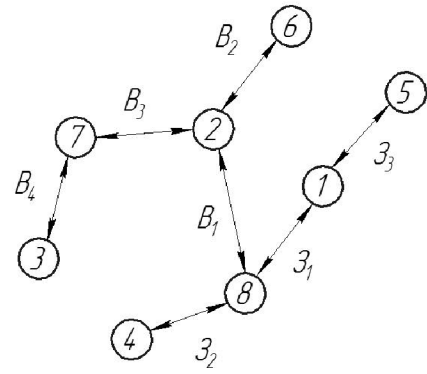
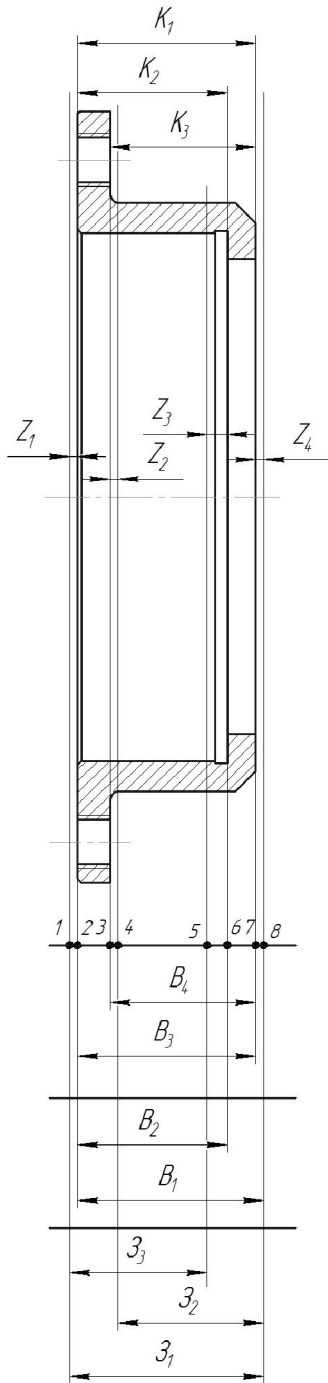
№ операції	Назва операції та зміст переходів	Операційний ескіз	Обладнання
005	<p><u>Багатоцільова з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Точити торець та циліндричну пов. ① однократно.</li> <li>3. Точити пов. ② попередньо.</li> <li>4. Точити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

№ операції	Назва операції та зміст переходів	Операційний ескіз	Обладнання
005	<p><b>Багатоцільова з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Точити торець та циліндричну пов. ① однократно.</li> <li>3. Точити пов. ② у розмір <math>\phi 128,9</math>.</li> <li>4. Точити пов. ② у розмір <math>\phi 129,7</math>.</li> <li>5. Точити пов. ② згідно ескізу.</li> <li>6. Точити канавку. ③.</li> <li>7. Точити 2 фаски ④.</li> <li>8. Центрувати 4 отв. ⑤ та 2 отв. ⑥.</li> <li>9. Сверділити 4 отв. ⑤ та 2 отв. ⑥.</li> <li>10. Нарізати різь на 2 отв. ⑥.</li> <li>11. Зняти деталь.</li> </ol>		<p>Токарно-револьверний з ЧПК 114.20ПФ30</p>
010	<p><b>Токарно-револьверна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Точити торець ① однократно.</li> <li>3. Точити пов. ② у розмір <math>\phi 14,7,2</math>.</li> <li>4. Точити пов. ② у розмір <math>\phi 14,5,5</math>.</li> <li>5. Точити пов. ② згідно ескізу.</li> <li>6. Точити канавку ③ однократно.</li> <li>7. Точити пов. ④ однократно.</li> <li>8. Точити фаску ⑤.</li> <li>9. Зняти деталь.</li> </ol>		<p>Токарно-револьверний з ЧПК 18340Ф30</p>
015	<p><b>Внутрішньошліфувальна</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Шліфувати пов. ① згідно ескізу.</li> <li>3. Зняти деталь.</li> </ol>		<p>Шліфувальний 3К227В</p>
020	<p><b>Торцециркулошліфувальна</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Шліфувати пов. ① згідно ескізу.</li> <li>3. Зняти деталь.</li> </ol>		<p>Шліфувальний ХШ4-104Ф2н</p>

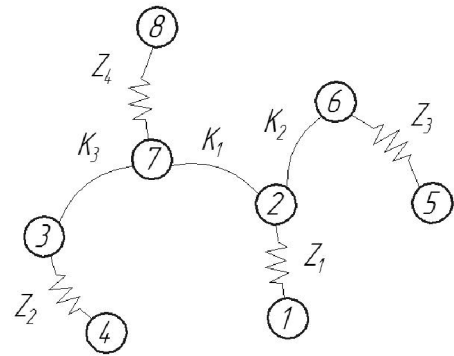
18-26.МКР.002.00.200 П1

08-26.МКР.002.00.200 П1			
Розробник	В. Мухоморов	Перевірив	В. Мухоморов
Конструктор	В. Мухоморов	Затвердив	В. Мухоморов
Технічний керівник	В. Мухоморов	Дата	11
Інженер	В. Мухоморов	Лист	1
Проєктант	В. Мухоморов	Всього	1
Спеціаліст	В. Мухоморов	Затвердив	В. Мухоморов
Машинист	В. Мухоморов	Дата	11
Проєктант	В. Мухоморов	Лист	1
Спеціаліст	В. Мухоморов	Всього	1

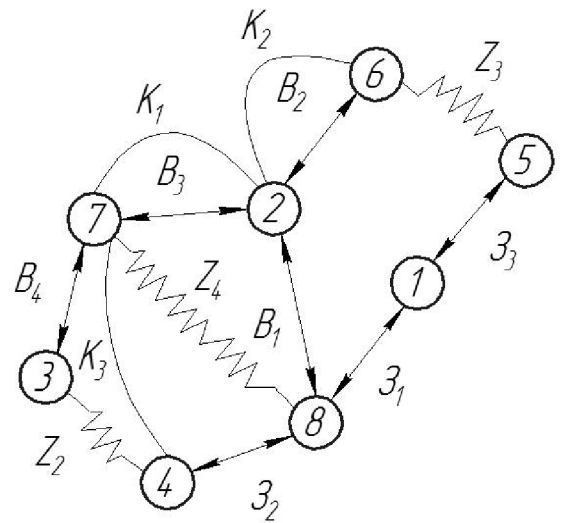
# РОЗМІРНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ



Вихідне граф-дерево



Похідне граф-дерево



Суміщене граф-дерево

Розмірна схема технологічного процесу

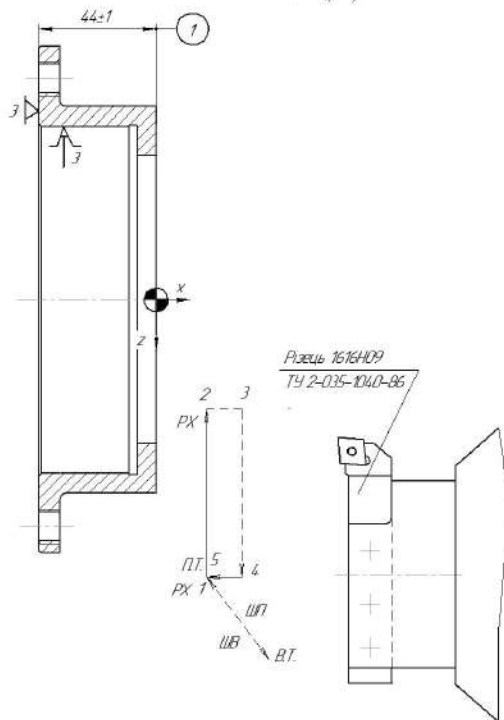
## Результати розмірно-точнісного моделювання ТП

Технологічний розмір	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	
Квалітет	14	14	14	12	12	12	12	
Остаточне значення допуску, мм	0,74	0,62	0,62	0,25	0,1	1,0	0,25	
Остаточне значення розміру, мм	min	44,2	36,95	44,2	43,6	37	43	35,75
	max	44,94	37,57	44,82	43,85	37,1	44	36



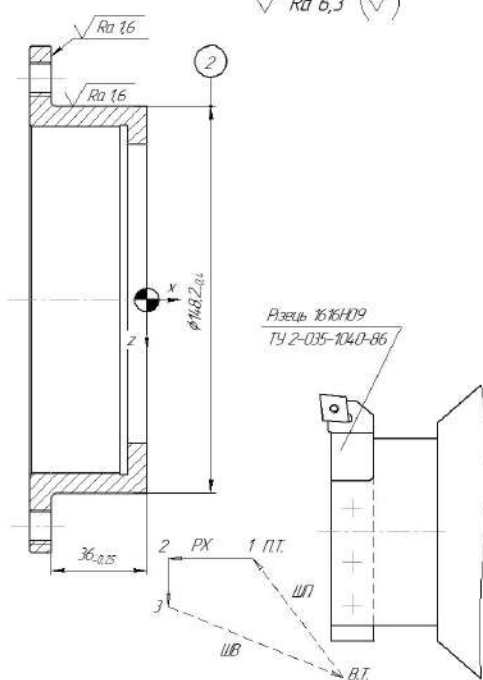
**Перехід 2**

$\sqrt{Ra\ 6,3}$  (✓)



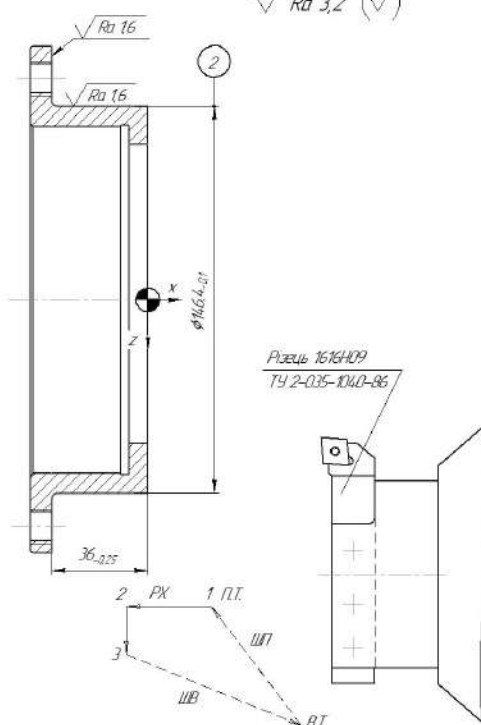
**Перехід 3**

$\sqrt{Ra\ 6,3}$  (✓)



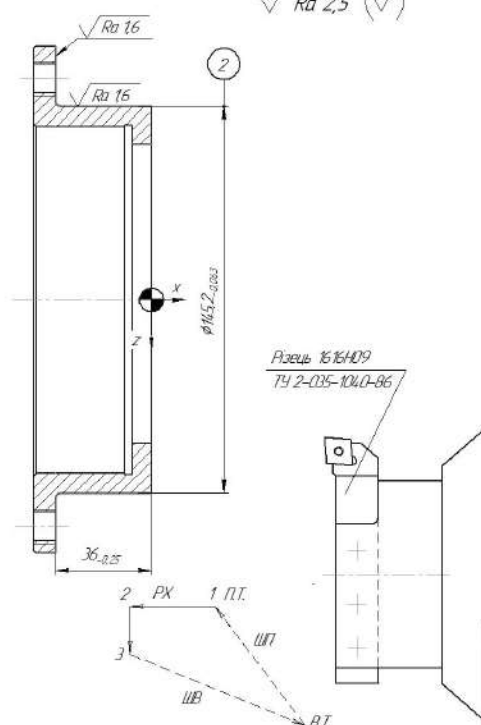
**Перехід 4**

$\sqrt{Ra\ 3,2}$  (✓)



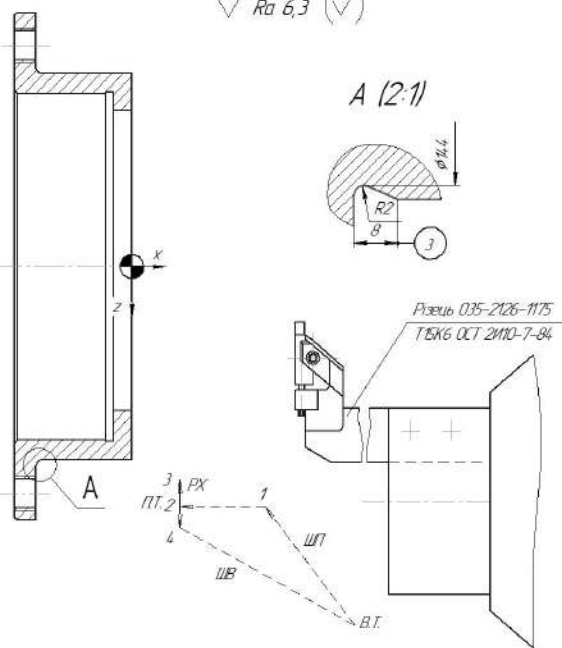
**Перехід 5**

$\sqrt{Ra\ 2,5}$  (✓)



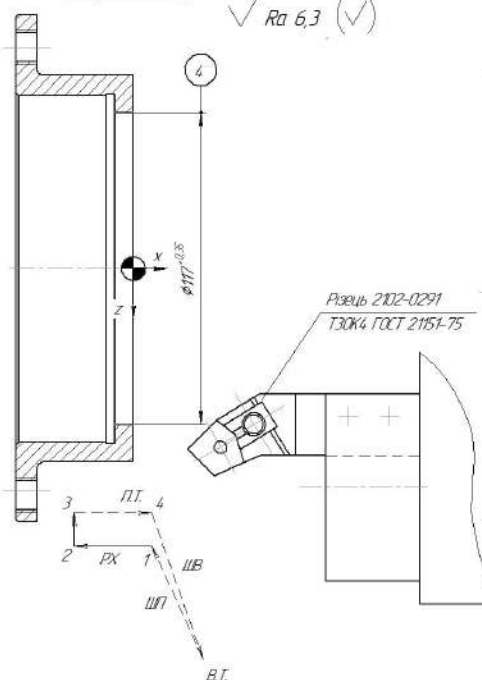
**Перехід 6**

$\sqrt{Ra\ 6,3}$  (✓)



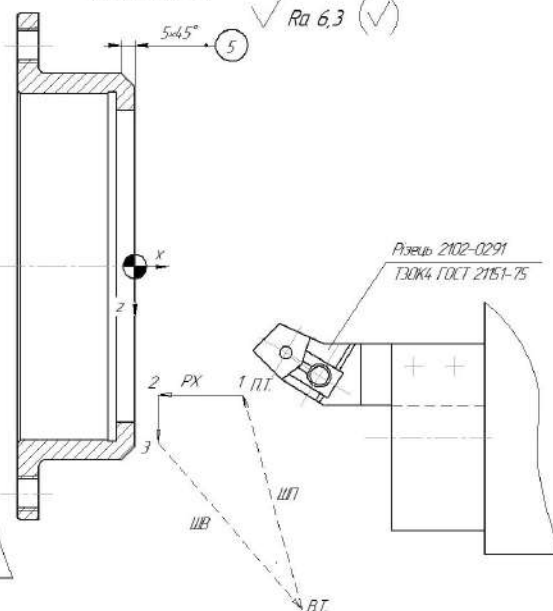
**Перехід 7**

$\sqrt{Ra\ 6,3}$  (✓)



**Перехід 8**

$\sqrt{Ra\ 6,3}$  (✓)



№	№	Точити фаску	5	0,15	61,3	224
7	Точити канівку	0,5	0,2	67,2	168	
6	Точити поверхню	11	0,15	105,3	264	
5	Точити поверхню	0,7	0,15	106,5	264	
4	Точити поверхню	0,7	0,15	106,5	264	
3	Точити поверхню	11	0,15	106,5	264	
2	Точити торць	15	3,9	25,3	251	

№	№	Точити фаску	5	0,15	61,3	224
7	Точити канівку	0,5	0,2	67,2	168	
6	Точити поверхню	11	0,15	105,3	264	
5	Точити поверхню	0,7	0,15	106,5	264	
4	Точити поверхню	0,7	0,15	106,5	264	
3	Точити поверхню	11	0,15	106,5	264	
2	Точити торць	15	3,9	25,3	251	

08-26.МКР.002.00.300 КН

Карта налагоджень на операцію 010

Лист 1

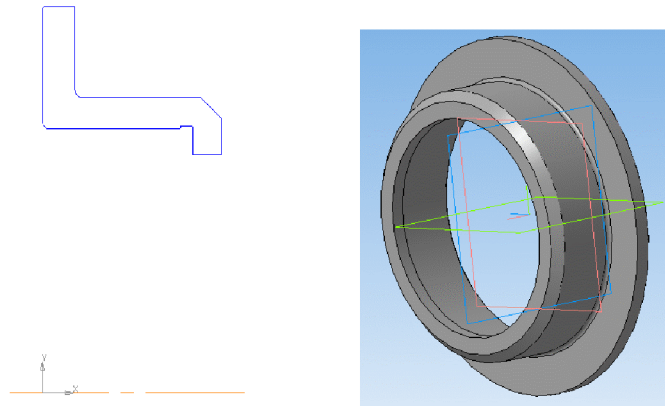
ВН-174

зр. 874-721

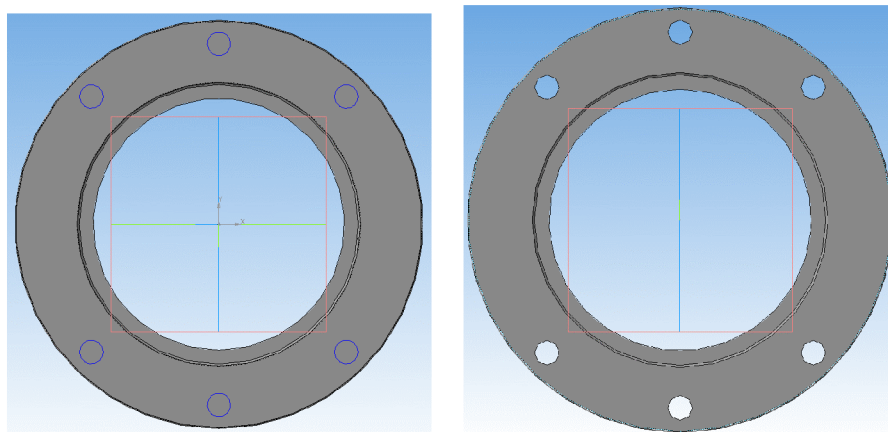
Формат А1

# СТВОРЕННЯ ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ ДЕТАЛІ «СТАКАН 53.18» У CAD-СИСТЕМІ

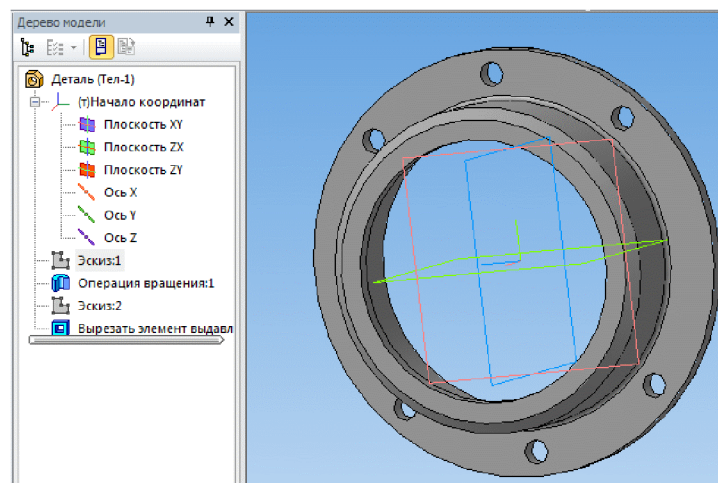
## Крок 1. Побудова основи



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

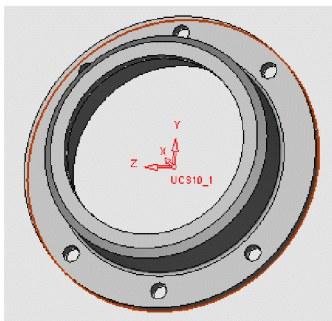


## Крок 3. Тривимірна модель деталі

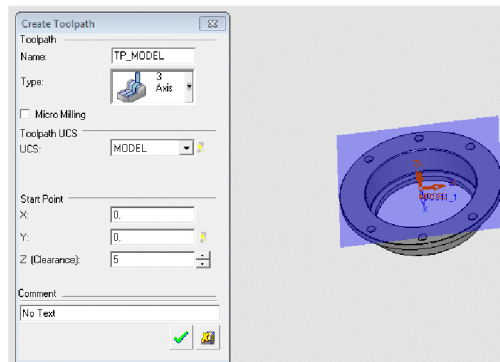


# РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «СТАКАН 53.18» НА ВЕРСТАТІ З ЧПК

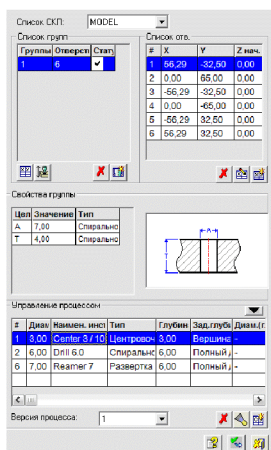
Крок 1. Вибір вихідної тривимірної моделі деталі «Стакан 53.18»



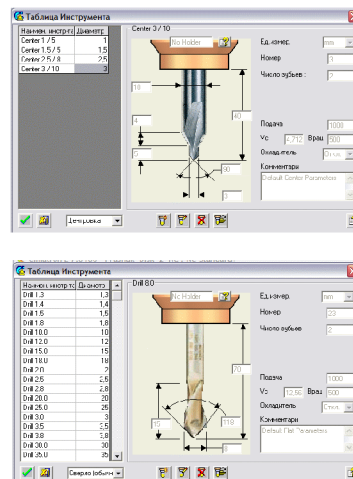
Крок 2. Вибір положення площі координат



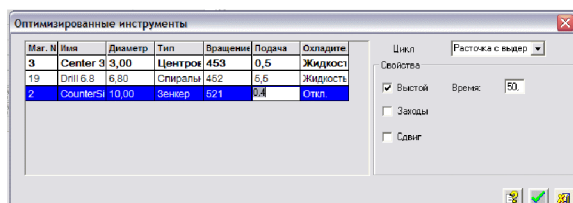
Крок 3. Проектування послідовності обробки отворів



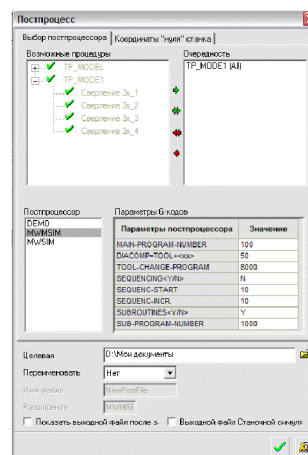
Крок 4. Вибір інструментів для обробки



Крок 5. Вибір послідовності, параметрів та траєкторії руху інструментів



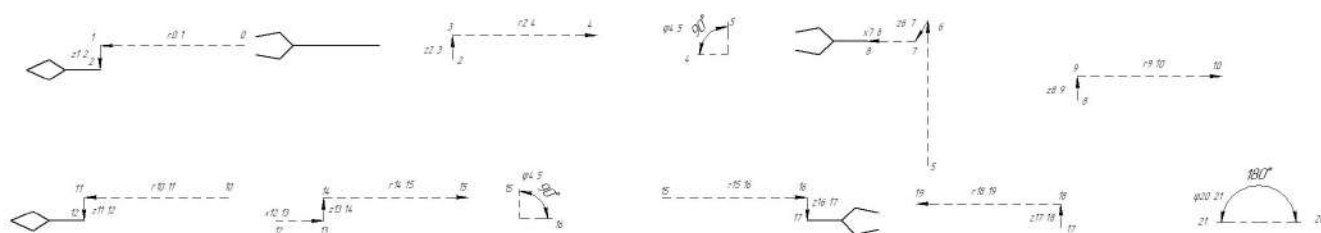
Крок 6. Вибір постпроцесора, проектування та збереження програми обробки



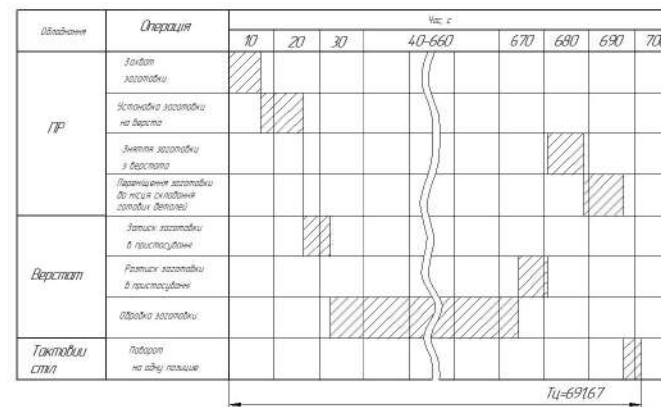
### Алгоритм роботи РТК

	Коментар	Величина переміщення, мм(град)	Швидкість переміщення, м/с, °/с	Час, с
Захват заготовки	Переміщення руки ПР вперед	600	0,32	1,88
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,2	0,5
	Затиск заготовки схватом ПР	-		2,0
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,2	0,5
	Переміщення руки ПР назад	600	0,32	1,88
Сума				7,76
Установка заготовки на верстат	Поворот руки ПР за год стрілкою	90°	115	7,76
	Переміщення руки ПР вперед	600	0,32	0,78
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,2	0,5
	Переміщення корпусу вліво	100	0,05	2,0
	Розтиск схвату ПР	-		2,0
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,2	0,5
Переміщення руки ПР назад	600	0,32	1,88	
Сума				9,54
Верстат	Затиск заготовки на верстатному пристосуванні	-		6
	Обробка заготовки			64,2
	Розтискання заготовки на верстатному пристосуванні			6
				65,4
Зняття заготовки з верстата	Переміщення руки ПР вперед	600	0,32	1,88
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,2	0,5
	Затиск заготовки схватом ПР	-		2,0
	Переміщення корпусу вправо	100	0,05	2,0
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,2	0,5
	Переміщення руки ПР назад	600	0,32	1,88
Сума				8,76
Переміщення заготовки до місця складання готових деталей	Поворот руки ПР за год стрілкою	90°	115	0,78
	Переміщення руки ПР вперед	600	0,32	1,88
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,2	0,5
	Розтиск схвату ПР	-		2,0
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,2	0,5
	Переміщення руки ПР назад	600	0,32	1,88
	Поворот руки ПР проти год стрілки	180°	115	1,57
				9,11
Тактовий стил	Переміщення на одну позицію			2,5

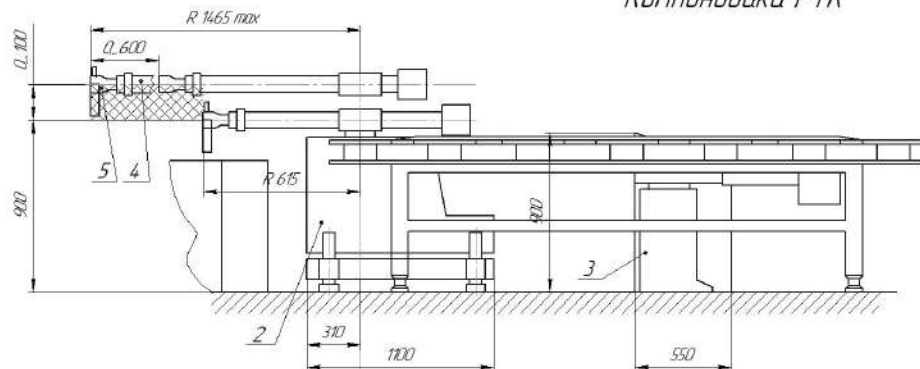
### Циклограма функціонування та алгоритм роботи РТК



### Циклограма функціонування РТК



Компонувка РТК



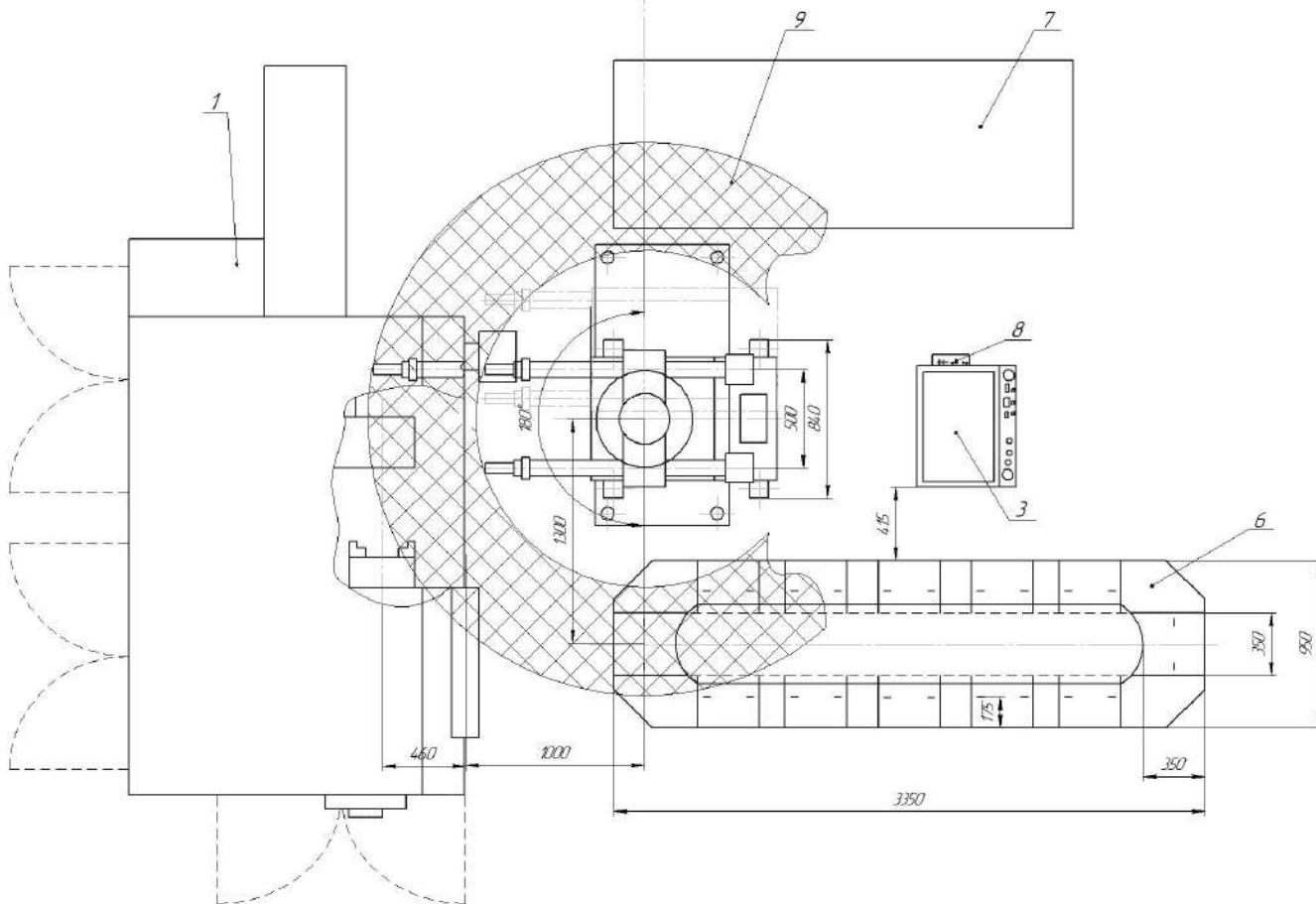
- 1 Верстат моделі 1В340Ф30
- 2 ПР моделі Циклон 5.02
- 3 Пристрій керування
- 4 Виконавчий орган
- 5 Захватний пристрій
- 6 Тактовий стіл СТ 350
- 7 Місце складування оброблених деталей
- 8 Пульт
- 9 Робоча зона ПР

Технічні характеристики ПР

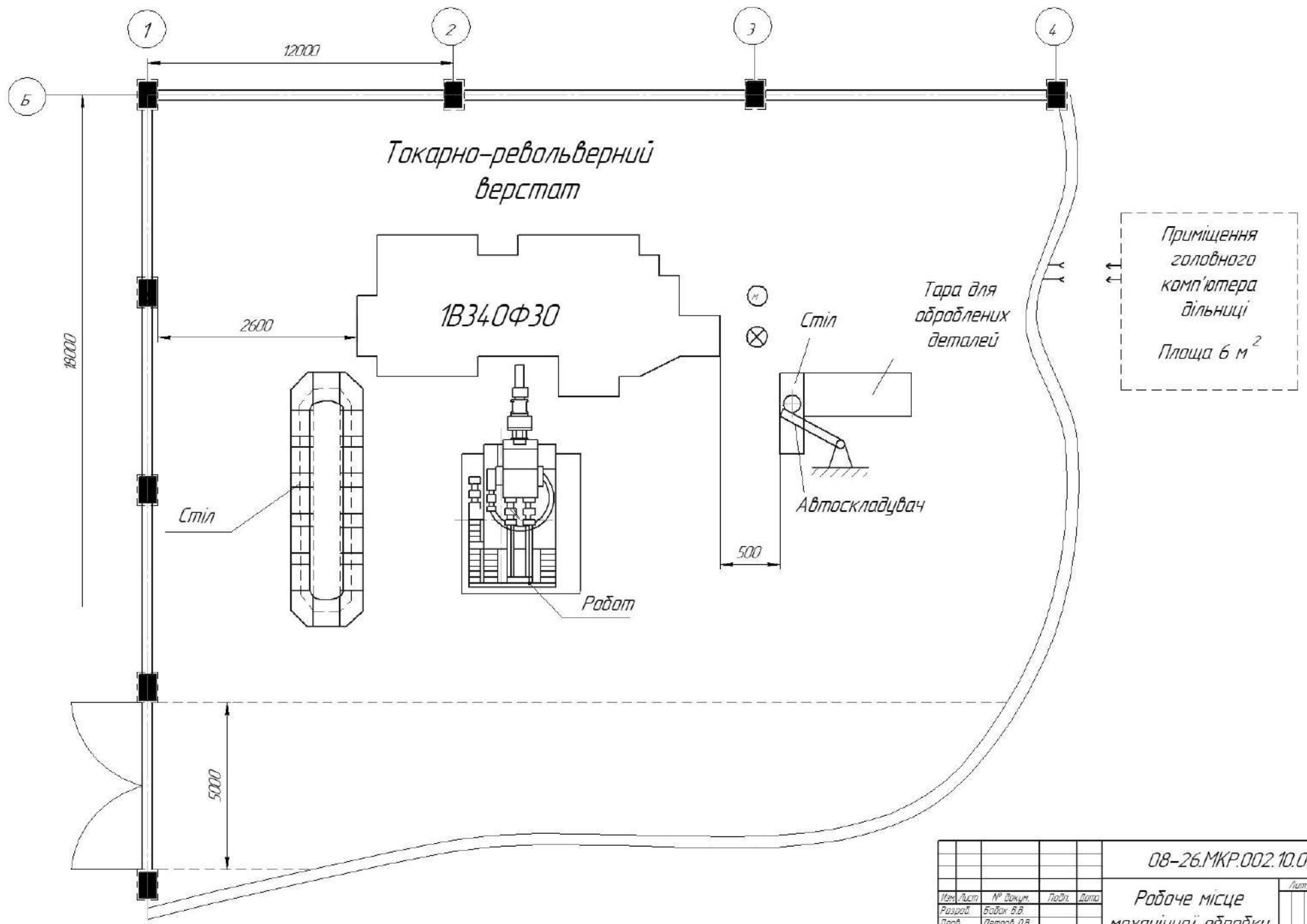
- вантажопідіймальність - 12 кг.
- число ступіней рухливості - 5 або 7.
- число рук - 2.
- число захватних пристроїв на одній руці - 1.
- привід основних рухів - пневматичний.
- система керування - циклова.
- число програмуваних координат - 6.
- заділ програмування переміщення - по углам.
- ємність пам'яті системи - число кроків - 31.
- похибка позиціонування - ±0,1 мм.
- найбільший виїм руки - 1560 мм.
- лінійні переміщення мм/швидкість, м/с.
- r = 600/15.
- z = 100/0,2
- x = 400/0,5.
- кутові переміщення °/кутова швидкість, °/с.
- α = 180/120.
- φ = 180/180.
- габаритні розміри мм - 860x110x1630.
- маса кг - 780.

Характеристика робочого місця

- 1 Циклова продуктивність,  $Q_c$  0.0015
- 2 Коефіцієнт відносного завантаження,  $K_2$  0.92
- 3 Режим роботи ПР легкий



					08-26.МКР.002.05.000.ЗВ		
Ім'я	Дат.	№ докум.	Лист	Всього	Компонувка РТК		
Розроб.	Бабан В.В.						
Проєкт.	Петров О.В.				Лист	Всього	115
Технічна					ВНТЗ		
Наказ	Сарбук В.В.				зр. 874-РЗМ		
Свід.	Александр ЛТ				Формат А1		



Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
№	№	№	№	№	№	№	№
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
№	№	№	№	№	№	№	№

				08-26.МКР.002.10.000.3В		
Лист	Масса	Листов	Рабоче місце механічної обробки			
Лист	Листов	1				
Лист	Листов	1	ВНТУ			
Лист	Листов	1	гр. 11М-19М			
Лист	Листов	1	Формат А2			