

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

Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи
на тему:
«ПРОЕКТУВАННЯ РОБОТИЗОВАНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ
ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС»»
08-28.МКР.012.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу,
групи 2ПМ-18м
спеціальності 131 –
«Прикладна механіка»
Коломійчук А.В. _____
Керівник: к.т.н., доцент
Лозінський Д.О. _____
Рецензент: _____

Вінниця ВНТУ – 2019 року

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри ТАМ
д.т.н., професор Козлов Л. Г.

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Коломійчук Антон Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Проектування роботизованого
робочого місця механічної обробки заготовки деталі «Корпус»

керівник МКР Лозінський Дмитро Олександрович, к.т.н., доцент,

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

затверджені наказом ВНТУ від «2» жовтня 2019 року № 254.

2. Строк подання студентом МКР: 16 грудня 2019

3. Вихідні дані до МКР: деталь «Корпус Підшипника»
річна програма N = 4500 шт/рік

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ; технологічна частина, розробка роботизованого робочого місця механічної обробки; Економічна частина; Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
креслення деталі, креслення заготовки, технологічний процес механічної обробки деталі, карта налагоджень, розмірний аналіз технологічного процесу, компоновка роботизованого робочого місця, циклограма функціонування роботизованого робочого місця, схема модернізованої системи керування промислового робота, алгоритм роботи промислового робота, стенд для дослідження роботи системи керування промисловим роботом.

6. Консультанти розділів МКР

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Лозінський Д.О. доцент кафедри ТАМ		
Економічна частина	Кавецький В.В. доцент кафедри ЕПВМ		
Охорона праці та безпека життєдіяльності	Віштак І.В., доцент кафедри БЖДПБ		

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

_____ (підпис)

Керівник МКР

_____ (підпис)

АНОТАЦІЯ

У магістерській кваліфікаційній роботі розглядається приклад впровадження елементів роботизації для обслуговуванні робочого місця механічної обробки на базі верстатів з ЧПК, що дозволяє знизити вплив людського фактора при виконанні допоміжних операцій та підвищити рівень автоматизації механічної обробки заготовки.

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

У другому розділі розроблено робоче місце механічної обробки деталі «Корпус» для виконання вертикально-свердлильної 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 an example of the implementation of robotic elements for servicing the workplace of machining on the basis of CNC machines is considered, which allows to reduce the influence of the human factor in performing auxiliary operations and increase the level of automation of mechanical processing of workpieces.

In the technological part, the analysis of the part's designation and analysis of the details of the component was made on the process, the type of production was determined, the workpiece was designed, the technological process of mechanical processing of the component "Hull" was considered, the admissions to mechanical processing and cutting modes were determined.

In the second section a working place of mechanical processing of the part "Hull" was developed for carrying out the vertically-drilling operation on the basis of RTC, which was 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.

In the section on occupational safety and safety in emergencies, recommendations are made for improving the working conditions of workers.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	9
1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи.....	9
1.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі.....	12
1.3 Вибір способу виготовлення заготовки.....	15
1.4 Розробка маршруту механічної обробки.....	24
2 РОЗРОБКА РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС».....	52
2.1 Розробка тривимірної моделі деталі.....	52
2.2 Розробка програми обробки деталі на верстаті з ЧПК.....	53
2.3 Розробка та вибір роботизованого технологічного комплексу.....	58
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	80
3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	80
3.2 Прогнозування витрат на розробку нового технічного рішення.....	83
3.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	90
3.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	92
3.5 Висновки до економічної частини.....	96
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	97
4.1 Аналіз умов праці на робочому місці механічної обробки.....	97
4.2 Виробнича санітарія	97
4.3 Техніка безпеки	100
4.4 Пожежна безпека.....	101
4.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях	102
ВИСНОВКИ.....	106
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	108
ДОДАТКИ.....	111

Додаток А. Технічне завдання

Додаток Б Креслення деталі

Додаток В Креслення заготовки

Додаток Г Технологічний процес механічної обробки деталі

Додаток Д Карта налагодження

Додаток Е Розмірний аналіз технологічного процесу

Додаток Є Компоновка роботизованого робочого місця

Додаток Ж Циклограма функціонування роботизованого робочого місця

Додаток З Схема модернізованого системи керування промислового робота

Додаток И Алгоритм роботи промислового робота

Додаток І Стенд для дослідження роботи системи керування промисловим роботом

ВСТУП

Темпи розвитку рівня сучасного виробництва невідмінно зростають, зокрема машинобудівельне виробництво, яке підвищує рівень технологічності, автоматизації та впровадження комп'ютерних систем. Велика кількість підприємств шукає шляхи покращення виробництва продукції та збільшення продуктивності без втрати точності її виготовлення.

Одним із рішень, що може позитивно вплинути на вказані проблеми є модернізація дільниць та робочих місць для механічної обробки.

Актуальність теми.

Сьогодні для виробництва однією з першочергових задач є зменшення факторів які можуть вплинути на продуктивність та точність виготовлення. Так як людина не може завжди працювати в одному і тому ж темпі, забезпечувати постійну швидкість й точність протягом довгого періоду часу, тому заміна людської праці на механічну та автоматизовану є одним із вирішень цієї задачі. Автоматизоване обладнання або ж роботизовані комплекси мають можливість швидко переналагоджуватись на випуск різноманітної продукції та забезпечують стабільний цикл роботи на протязі тривалих проміжків часу.

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

Магістерську роботу виконано відповідно до науково-дослідної тематики кафедри «Технологія та автоматизація машинобудування» (ТАМ) Вінницького національного технічного університету (ВНТУ).

Метою роботи Проектування роботизованого робочого місця механічної обробки заготовки деталі «Корпус».

Для досягнення даної мети виконаємо такі завдання:

- виконати аналіз службового призначення та умов роботи деталі у вузлі;
- провести аналіз технологічності деталі;
- розробити раціональну конструкцію заготовки вказаної деталі;

- на основі типових рішень та врахувавши сучасні тенденції розробити послідовність обробки поверхонь заготовки та технологічний процес виготовлення деталі;

- виконати тривимірну модель деталі у CAD-системі;

- розробити у CAD/CAM-системі програму обробки деталі на технологічному обладнанні з ЧПК;

- розробити роботизований комплекс для робочого місця механічної обробки деталі;

- модернізувати систему керування промислового робота, забезпечивши можливість швидкого переналагодження.

- провести розрахунок та аналіз економічної доцільності виготовлення деталі ;

- провести аналіз умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – робоче місце механічної обробки деталі «Корпус».

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

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

Наукова новизна одержаних результатів:

- методика розрахунку часових витрат отримала подальший розвиток роботизованого робочого місця та механічної обробки деталі за рахунок врахування масово-інертних характеристик промислового робота та алгоритму його роботи.

Практичне значення одержаних результатів:

1. Розроблено заготовку деталі «Корпус» та технологічний процес механічної обробки її виготовлення, який за умови програми випуску обсягом 4500шт на рік забезпечує термін окупності вкладених коштів протягом 0,94року.

2. Спроектовано роботизоване робоче місце механічної обробки, заготовки деталі «Корпус».

3. Модернізовано систему керування промислового робота, що забезпечують можливість швидкого переналагодження робота.

5. Спроектовано стенд для дослідження роботи промислового робота та особливостей його програмування.

6. Застосувавши CAD/CAM-системи КОМПАС V16 та ADEM розроблено керувальну програму для обробки деталі на верстаті з ЧПК

Особистий внесок здобувача. Основні результати досліджень отриманні автором самостійно. Мета та завдання досліджень узгоджено з науковим керівником. В працях, що опубліковані у співавторстві, автору належать: виконання розрахунків основних показників, що характеризують роботу робочого місця.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи розглядалися на XLVII 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 (березень 2018 р.).

Публікації. Матеріал магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано у 1 – тезі доповідей регіональної конференції.[14]

1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій [1,]:

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

де $\sum O_i$ – кількість операцій, які виконуються на дільниці; $\sum P_i$ – кількість робочих місць на дільниці.

Прийняті такі коефіцієнти закріплення операцій:

$K_{з.о.} = 14,26$ – середньосерійне виробництво;

$1 < K_{з.о.} \leq 10$ – великосерійне виробництво;

$10 < K_{з.о.} \leq 20$ – середньосерійне виробництво;

$20 < K_{з.о.} \leq 40$ – дрібносерійне виробництво.

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

Найбільш характерні переходи механічної обробки поверхонь деталі.

Розточити $\emptyset 52H7(+0,03)$ попередньо (згідно 14 квалітету).

Розточити $\emptyset 52H7(+0,03)$ попередньо (згідно квалітету).

Розточити $\emptyset 52H7(+0,03)$ остаточно (згідно 7 квалітету).

Розточити $\emptyset 44H12(+0,25)$ попередньо (згідно 12 квалітету).

Точити $\emptyset 60h12(-0,3)$ попередньо (згідно 12 квалітету).

Точити $\emptyset 60h12(-0,3)$ остаточно (згідно 12 квалітету).

Точити $\emptyset 64js7(\pm 0,015)$ попередньо (згідно 7 квалітету).

Точити $\emptyset 64js7(\pm 0,015)$ остаточно (згідно 7 квалітету).

Точити $\emptyset 60h12(-0,3)$ попередньо (згідно 12 квалітету).

Розрахунок штучного-калькуляційного часу $T_{шт-к}$

$$T_{\text{шт-к}} = T_o \cdot \varphi_k \text{ [хв]} \quad (1.2)$$

Розрахунок кількості верстатів для виконання вказаних переходів механічної обробки:

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

де N – річна програма випуску деталей, $N = 4500$ шт.

F_d – ефективний фонд часу роботи верстата $F_d = 3890$ год

$\eta_{\text{з.н.}}$ – нормативний коефіцієнт завантаження (залежить від типу виробництва)

$\eta_{\text{з.н.}} = 0,8$ (серійний тип вироб).

Розраховуємо фактичний коефіцієнт завантаження верстатів

$$\eta_{\text{з.ф.}} = \frac{C_p}{P}, \quad (1.4)$$

Визначаємо кількість операцій, що виконуються на одному робочому місці

$$O = \frac{\eta_{\text{з.н.}}}{\eta_{\text{з.ф.}}}, \quad (1.5)$$

Розрахунок заносимо в таблицю 1.1

Таблиця 1.1 – Розрахунок переходів

Переходи механічної обробки	Формула та розрахунок T_o	φ_k	$T_{\text{шт-к}}$	C_p	P	$\eta_{\text{з.н.}}$	$\eta_{\text{з.ф.}}$	O
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.Розточити отвір $\varnothing 52H7^{(+0,03)}$, $\varnothing 44H12^{(+0,25)}$ попередньо	$0.18dl = 0.18 \cdot 52 \cdot 16 = 0.15$ $0.18dl = 0.18 \cdot 44 \cdot 64 = 0.5$	1.98	1.3	0.03	1	0.8	0.031	25.53
2.Роточити отвір $\varnothing 52H7^{(+0,03)}$, попередньо та остаточно	$0.18dl = 0.18 \cdot 52 \cdot 16 = 0.15$ $0.21dl = 0.21 \cdot 52 \cdot 16 = 0.17$	1.98	0.64	0.02	1	0.8	0.015	51.67

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.Точити поверхню Ø60h12(-0.3) та Ø64js7(±0.015) попередньо	0.20dl = 0.2 · 60 ·48 = 0.57 0.20dl = 0.2 · 64 ·16 = 0.2	1.98	1.55	0.04	1	0.8	0.037	21.47
4.Точити поверхню Ø60h12(-0.3) , та Ø64js7(±0.015) остаточно	0.22dl = 0.22 · 60 ·48 = 0.63 0.22dl = 0.22 · 64 ·16 = 0.22	1.98	1.7	0.04	1	0.8	0.041	19.52
5.Точити поверхню Ø60h12(-0.3) остаточно	0.20dl = 0.2 · 60 ·24 = 0.28	1.72	0.5	0.01	1	0.8	0.012	67.01

Розраховуємо сумарне значення О та Р і за формулою знаходимо $K_{3,0}$

$$K_{3,0} = \frac{185,2}{5} = 37,04;$$

Так як $K_{3,0} = 37,04$ і попадає в проміжок $20 < K_{3,0} < 40$, це означає що виробництво у нас дрібносерійне.

Визначення форми виробництва

Розраховуємо і порівнюємо добовий випуск продукції N_d та розрахунковий добовий випуск продукції Q_d .

$$N_d = \frac{N}{254}, \quad (1.6)$$

$$N_d = \frac{4500}{254} = 17,77.$$

Приймаємо 18 деталей.

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{шт-к}} \eta_3 \text{ [шт]} \quad (1.7)$$

$$Q_d = \frac{3890}{1,136} 0,8 = 2739,4 \text{ (шт)};$$

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{(1,3 + 0,64 + 1,55 + 1,7 + 0,5)}{5} = 1,136 \text{ (хв)}$$

Потокова форма роботи не доцільна, так як $N_d < Q_d$.

Визначаємо кількість заготовок у партії

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, [\text{шт}] \quad (1.8)$$

$$n = \frac{4500 \cdot 12}{254} = 212.6 \text{ (шт)}$$

a – Періодичність запуску деталей на обробку a = 12 днів.

Приймаємо 213 шт.

1.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі

Аналіз службового призначення деталі.

Деталь відноситься до класу фланець. Його службове призначення полягає в наступному:

- Орієнтація виконавчого елемента машини наприклад валу, через підшипникові вузли за допомогою двох поверхонь діаметром 52Н7

Основними конструкторськими базами деталі є циліндрична поверхня Б (див рис 1) і площина лівого торця фланцевої частини деталі, а виконавчими поверхнями є два отвори $\emptyset 52\text{H}7$, під підшипники.

Деталь представляє форму тіло обертання, в цілому відносно не складної форми. До всіх поверхонь деталі є вільний доступ інструмента, що не створює труднощі в процесі механічної обробки деталі.

Разом з тим деталь має поверхні до яких ставлять високі вимоги точності(див на рис 1) - це діаметральні розміри під підшипники. площину Б і їх взаємне розташування.

Деталь з точки зору технологічності не складна і придатна для обробки та забезпечення всіх норм точності що вказані на кресленні. Виготовляється деталь із сталі 20 ГОСТ 1050-88.

Найбільш точними поверхнями є внутрішні отвори $\varnothing 52H7, R_a = 1.6 \text{ мкм}$, з лівого та правого торця деталі, та $\varnothing 64js7, R_a = 1.6 \text{ мкм}$.

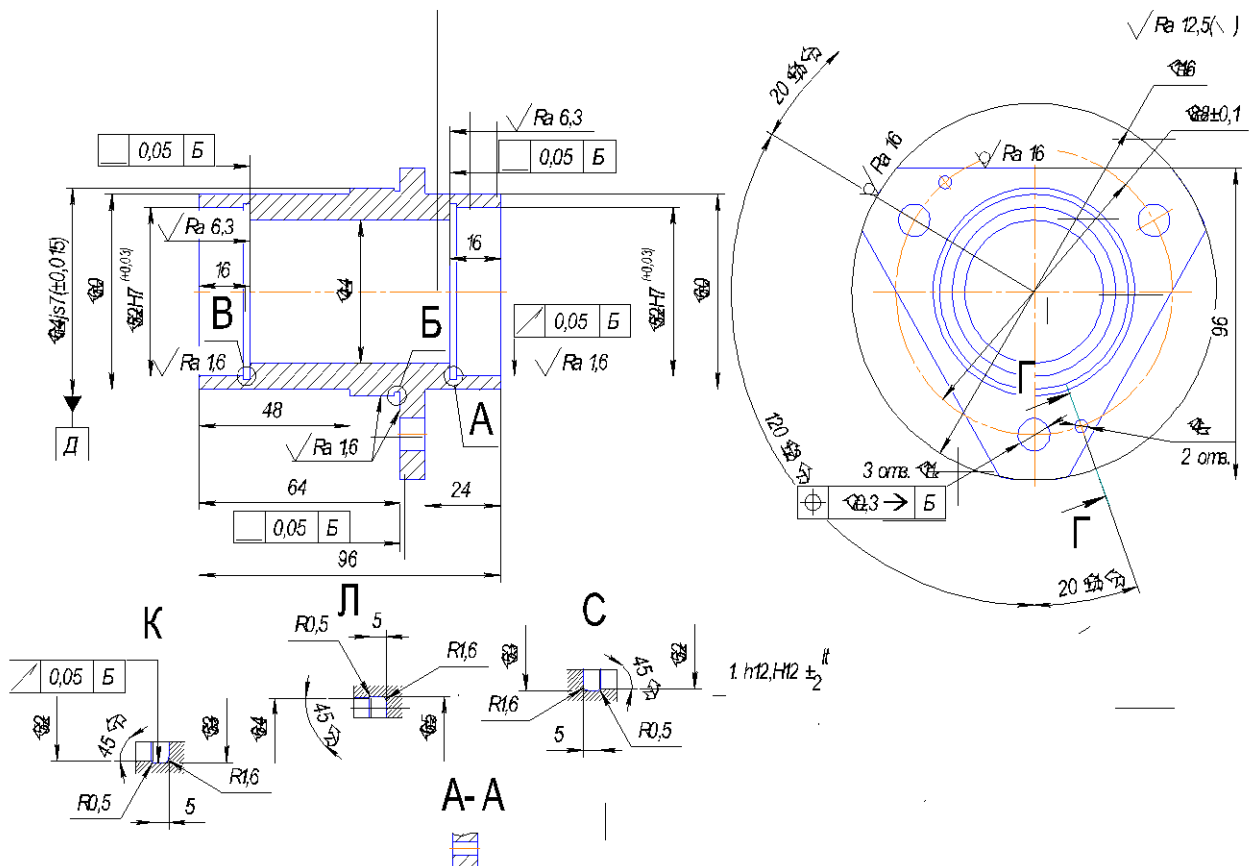


Рисунок 1.1 - деталь «Корпус»

1.2.1 Кількісний аналіз деталі

Згідно з ГОСТ 18831-74 кількісна оцінка технологічності оцінюється наступними показниками:

- Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів розраховується за формулою:

$$K_y = \frac{Q_{ye}}{Q_e}, \quad (1.9)$$

де Q_{ye}, Q_e – відповідна кількість уніфікованих елементів і загальна кількість типорозмірів конструктивних елементів (різьба, отвори, фаска і т.ін.)

Таблиця 1.2 – Коефіцієнт уніфікації

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Шорсткість
16 (2 пов) *	$\emptyset 116h12$	$120^\circ \pm 2^\circ$ (3)	1,6 (6 пов.)*
96(2 пов)	$\emptyset 11H12$ (3 отв.)*	$20^\circ \pm 1^\circ$ (2)	12,5(11 пов.)*
24*	$\emptyset 4H12$ (2 отв.)*		
60*	$\emptyset 52H7$ (2 отв.)		
48*	$\emptyset 60h12$ (2 отв.)*		
	$\emptyset 44H12$		
2,5 (3 роз)*	$\emptyset 64js7$		
$\sum \text{заг} = 10$	$\sum \text{заг} = 12$	$\sum \text{заг} = 5$	$\sum \text{заг} = 22$
$\sum \text{уніт} = 8$	$\sum \text{уніт} = 7$	$\sum \text{уніт} = 5$	$\sum \text{уніт} = 22$

Згідно з кресленням деталі

$$K_y = \frac{15}{22} = 0,68 > 0,6 \text{ деталь технологічна}$$

- Розрахунок коефіцієнта точності

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} \quad (1.10)$$

де T_{cp} – середній квалітет точності

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}. \quad (1.11)$$

Таблиця 1.3- Коефіцієнт шорсткості

Квалітет	Кількість поверхонь	розрахунок
7 (Ø52H7(2 отв.), Ø64js7)	3	$7 \cdot 3 = 21$
12 (Ø116h12, Ø11H12 (3 отв.), Ø4H12 (2 отв.) Ø60h12 (2 отв.), Ø44H12, Ø62, 96, 96, 24, 64, 48, 16 (2р) 2,5 (3 роз)).	19	$12 \cdot 19 = 228$
Сума	22	249

Згідно креслення деталі

$$T_{cp} = \frac{249}{22} = 11,3$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{11,3} = 0,91 > 0,8 \text{ деталь технологічна}$$

- Коефіцієнт шорсткості поверхні

$$K_{ш} = \frac{1}{ш_{cp}}, \quad (1.12)$$

де $ш_{cp}$ – середня шорсткість поверхні;

$$ш_{cp} = \frac{\sum ш_i \cdot n_i}{n_i} [Ra]. \quad (1.13)$$

Згідно креслення деталі

$$ш_{cp} = \frac{(1,6 \cdot 6 + 12,5 \cdot 16)}{22} = 9,53 (Ra)$$

$$K_{ш} = \frac{1}{9,53} = 0,104 < 0,32 \text{ деталь технологічна}$$

Висновок: $K_T = 0,91 > 0,8$; $K_y = 0,68 > 0,6$; $K_{ш} = 0,104 < 0,32$ – отже, деталь за кількісними показниками є технологічною.

1.3 Вибір способу виготовлення заготовки

Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Вихідні дані:

Робоче креслення деталі – «Корпус»;

Матеріал деталі – Сталь 20Л ГОСТ 1050-88;

Маса деталі – 1,11 кг;

Річна програма випуску деталей – 4500 шт;

Вибір методів, можливих способів виготовлення заготовки, їх порівняльний аналіз. Визначення 2-х альтернативних варіантів виготовлення заготовки.

За тими ж вихідними даними за табл. 2 вибираємо такі можливі методи лиття:

- Лиття за виплавними моделями
- Лиття в піщано-глинисті форми з механічним формуванням.

Кількісну характеристику вибраних методів лиття оформляємо у вигляді табл.

1.4, а якісну – у вигляді табл. 1.5

Таблиця 1.4 – Кількісна характеристика.

Спосіб лиття	Тип виробництва	Матеріал виливки	Маса виливки, кг	Товщина стінок, мм	Досягнення точності	Шорсткість поверхні	Кеф. використанн я матеріалу
1	2	3	4	5	6	7	8
За виплавними моделями	Масове, серійне	Високолеговані сталі, жароміцні сплави, кольорові метали і сплави	0,01...135	>0,7	11...14	40...10	0,85...0,95

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8
В піщано-глинисті форми	Серійне, масове	Чавун, сталь, кольорові метали	10...100	3	14..17	320..80	0,55..0,70

Таблиця 1.5 – Якісна характеристика

Спосіб лиття	Суть способу	Переваги	Недоліки	Область застосування
За виплавними моделями	Суть способу лиття за виплавними моделями полягає в тому, що форму, яка є нероз'ємною керамічною вогнетривкою заготовки заливається розплавленим металом. Він заповнює порожнину форми утворюючи її точну копію, що відповідає формі заготовки. Вогнетривка оболонка виготовляється із легкоплавкої речовини, яка вилучається нагріванням	Відсутність роз'єму форми і знакових частин, не роз'ємність моделі забезпечує підвищену точність маси та розмірів вилівки – 11-14 класів. Низьку шорсткість Rz = 40 – 10 мкм. Високу точність і якість поверхонь що дає змогу заміняти	Підвищена температура заливки і застосування попередньо нагрітих форм проводять до зниження механічних властивостей і сприяє утворенню більш глибокого шару на поверхні вилівок;	Лопатки турбін, зубчасті колеса, штуцери, фітінги та ін.
Лиття в піщано-глинисті форми	Лиття в піщано-глинисті форми є основним способом одержання вилівок із сплавів чорних та кольорових металів. При виготовленні ливарної форми машинним способом використовують металеві модельні плити, які роблять збірними або цільнолитими. В першому випадку модель виготовляють окремо, а потім монтують на плиті, в другому випадку модель і плиту виготовляють як одне ціле. На модельних плитах разом з моделями вилівок закріплюють моделі елементів ливникової системи.	Використовуються порівняно дешеві матеріали для виготовлення форм та стержнів, які практично доступні для всіх типів виробництва; обладнання та оснащення значно простіше, ніж при інших способах лиття; собівартість виготовлення заготовок найнижча із усіх способів лиття; можливе виготовлення вилівок будь-якої конфігурації з різноманітних ливарних матеріалів та сплавів.	Низька точність форми, розмірів, взаємного розміщення поверхонь, що збільшує об'єм наступної механічної обробки; технологічний процес виготовлення вилівок достатньо трудомісткий і особливо важкий при виконанні ручного формування; зайняті значні площі; екологічно брудне виробництво	Втулки, фланці, кришки, станини, корпуси насосів, редукторів, корпуси різних видів об'єктів.

Розрахунок розмірів заготовки для 2-х варіантів її виготовлення.

Клас розмірної точності:

– Залежно від технологічного процесу лиття, найбільшого габаритного розміру та типу сплаву приймаємо оптимальний для даного типу виробництва.

– Для лиття в піщано-глинясті форми з механічним формуванням (2,8 – 3,5 кг/см²), Сталь 20Л для середньосерійного типу виробництва обираємо діапазон значень класу розмірної точності 7-12.

Приймаємо : 9.

– Для лиття за виплавними моделями клас розмірної точності 5-9.

Приймаємо: 7.

Ступінь жолоблення елементів виливків:

– Залежно від відношення найменшого розміру елемента виливка до найбільшого ($S_{min}/S_{max}=8/116$).

– Для лиття в піщано-глинясті форми з механічним формуванням (2,8 – 3,5 кг/см²), Сталь 20Л для середньосерійного типу виробництва обираємо діапазон значень ступеня жолоблення виливка 5-8.

Приймаємо : 7

- Для лиття за виплавними моделями, ступінь жолоблення елементів виливка обираємо з діапазона 5-8

Приймаємо: 6

Ступінь точності, поверхонь виливків

Вибирається відповідно до технологічного процесу лиття, найбільшого габаритного розміру виливка ($\emptyset 116$), типу сплаву та наявності термічної обробки.

- Для лиття в піщано-глинясті форми з механічним формуванням (2,8 – 3,5 кг/см²), обираємо з діапазона 10-17, а для лиття за виплавними моделями обираємо з діапазона 5-10.

Приймаємо:

для лиття в піщано-глинясті форми з механічним формуванням - 13

для лиття за виплавними моделями - 7

Шорсткість поверхонь виливків

Вибирається згідно із ступенем точності поверхонь виливка.

для лиття в піщано-глинисті форми з механічним формуванням – Ra = 32.0;

для лиття за виплавними моделями – Ra = 8.0;

Клас точності маси виливків

Приймається в залежності від технологічного способу лиття, номінальної маси виливка, типу сплаву, наявності термічної обробки, температури плавлення.

При виборі класу точності маси відсутня інформація про масу виливка. Тому наближено вона може бути визначена, виходячи із формули $K_{TM} = G_{дет} / G_{вил}$, де K_{TM} – коефіцієнт точності маси заготовки; $G_{дет}$ – маса деталі, кг; $G_{вил}$ – маса виливка, кг.

Тоді маса виливка $G_{вил} = G_{дет} / K_{TM}$, де $G_{дет}$ – вказана на робочому кресленні деталі

$K_{TM} = 0,55 \dots 0,70$ приймаємо

$K_{TM} = 0,65$ – для лиття в піщано – глинисті форми

$K_{TM} = 0,85 \dots 0,95$, приймаємо

$K_{TM} = 0,92$ – для лиття за виплавними моделями

$$G_k = \frac{G_{дет}}{K_{TM}}, [кг] \quad (1.14)$$

$$G_k = \frac{1,11}{0,65} = 1,707 \text{ (кг)}$$

$$G_T = \frac{G_{дет}}{K_{TM}}, [кг] \quad (1.18)$$

$$G_T = \frac{1,11}{0,92} = 1,206 \text{ (кг)}$$

Для лиття в піщано-глинисті форми з механічним формуванням б-13, приймаємо – 9

для лиття за виплавними моделями 4-11т, приймаємо – 7

Ряд припусків на обробку виливків

Приймається згідно із ступенем точності поверхні. для лиття в піщано-глинясті форми з механічним формуванням обираємо з діапазонна (3-6), а для лиття за виплавними моделями (1-4)

Приймаємо:

для лиття в піщано-глинясті форми з механічним формуванням - 4

для лиття за виплавними моделями - 2

Розрахункові розміри для дослідження точності виготовлення заготовок вказані в таблицях, відповідно для лиття в піщано-глинясті форми з механічним формуванням таблиця 2, а для лиття за виплавними моделями таблиця 3.

Розміри заготовки

Для лиття за виплавними моделями розрахункові розміри наступні

$$1) \text{ } \emptyset 64 + 2 \times 2,1 = \emptyset 68,2 \text{ (мм);}$$

$$2) \text{ } \emptyset 44 - 2 \times 1,5 = 41 \text{ (мм);}$$

$$3) \text{ } \emptyset 60 + 2 \times 1,1 = 62,2 \text{ (мм);}$$

$$4) \text{ } \emptyset 116 + 2 \times 1,3 = 118,6 \text{ (мм);}$$

$$5) \text{ } \emptyset 52 - 2 \times 1,7 = 48,6 \text{ (мм);}$$

$$6) \text{ } 16 - 1,5 + 1,5 = 16 \text{ (мм);}$$

$$7) \text{ } 24 - 1,4 + 1,4 = 24 \text{ (мм);}$$

$$8) \text{ } 48 - 1,5 + 1,9 = 48,4 \text{ (мм);}$$

$$9) \text{ } 64 - 1,9 + 1,9 = 64 \text{ (мм);}$$

$$10) \text{ } 96 + 1,4 + 1,9 = 99,3 \text{ (мм);}$$

$$11) \text{ } 96 + 2 \times 1,3 = 98,6 \text{ (мм).}$$

Таблиця 1.6 – Розрахункові розміри при литті в піщано глинисті форми з механічним формуванням форми.

Розрахункові розміри	Ø64js7 (±0,015)	Ø44H12 (+0,25)	Ø60h12 (-0,3)	Ø116h12 (-0,35)	96 (±0,175)	24 (±0,105)	64 (±0,15)
Допуски:							
розмірів	2,2	2,0	2,0	2,4	2,2	1,6	2,2
Форми чи розміщення	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Розрахункові розміри	Ø64js7 (±0,015)	Ø44H12 (+0,25)	Ø60h12 (-0,3)	Ø116h12 (-0,35)	96 (±0,175)	24 (±0,105)	64 (±0,15)
Зміщення по площині роз'єму	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Зміщення через перекіс стержня	-	0,8	-	-	-	-	-
Нерівносте	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
маси	8%						
Загальний допуск	2,4	2,2	2,2	2,4	2,4	1,8	2,4
Припуски:							
мінімальний	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Кількість переходів механічної обробки							
за точністю розмірів	3	2	1	2	1	2	2
за відхиленнями форми і взаємного розміщення поверхонь	3	-	-	-	-	-	3
Прийнята кількість переходів	3	2	1	2	1	2	3
Загальний припуск	3,3	2,7	2,0	2,9	2,1	2,3	3,3
Розраховані розміри:	70,6	38,6	64	121,8	101,6	24	64

Таблиця 1.7 – Розрахункові розміри при литті за виплавними моделями

Розрахункові розміри	Ø64js7 (±0,015)	Ø44H12	Ø60h12	Ø116h12	Ø52H7	
Допуски:						
розмірів	1,1	1,0	1,0	1,2	1,0	
Форми чи розміщення	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Розрахункові розміри	Ø64js7 (±0,015)	Ø44H12	Ø60h12	Ø116h12	Ø52H7	
Зміщення по площ. роз'єму	-	-	-	-	-	
Зміщення через перекіс стержня	-	0,64	-	-	0,64	
Не рівносте	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
маси	6,4%					
Загальний допуск	1,4	1,2	1,2	1,4	1,2	
Припуски:						
мінімальний	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
Кількість переходів механічної обробки						
за точністю розмірів	4	2	1	1	4	
за відхиленнями форми і взаємного розміщ. пов.	3	-	-	-	3	
Прийнята кількість переходів	4	2	1	1	4	
Загальний припуск	2,1	1,5	1,1	1,3	1,7	
Розраховані розміри:	68,2	41	62,2	118,6	48,6	
Розрахункові розміри	16 (±0,175)	24 (±0,105)	48 (±0,15)	64 (±0,15)	96 (±0,175)	96 (±0,175)
Допуски:						
розмірів	0,7	0,8	1,0	1,1	1,1	1,1
Форми чи розміщення	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Зміщення по площині роз'єму	-	-	-	-	-	-
Зміщення через перекіс стержня	-	-	-	-	-	-
Не рівносте	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
маси	6,4%					
Загальний допуск	1,0	1,0	1,2	1,4	1,4	1,4
Припуски:						
мінімальний	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Продовження таблиці 1.7

Розрахункові розміри	16 (±0,175)	24 (±0,105)	48 (±0,15)	64 (±0,15)	96 (±0,175)	96 (±0,175)
Кількість переходів механічної обробки						
за точністю розмірів	1	2	2	1	1	1
за відхиленнями форми взаємного розміщення поверхонь	3	-	-	3	-	-
Прийнята кількість переходів	3	2	2	3	1	1
Загальний припуск	1,5	1,4	1,5	1,9	1,3	1,3
Розраховані розміри:	16	24	48,4	64	99,3	98,6

Для лиття за виплавними моделями розрахункові розміри наступні

- 1) $\emptyset 64 + 2 \times 2,1 = \emptyset 68,2$ (мм);
- 2) $\emptyset 44 - 2 \times 1,5 = 41$ (мм);
- 3) $\emptyset 60 + 2 \times 1,1 = 62,2$ (мм);
- 4) $\emptyset 116 + 2 \times 1,3 = 118,6$ (мм);
- 5) $\emptyset 52 - 2 \times 1,7 = 48,6$ (мм);
- 6) $16 - 1,5 + 1,5 = 16$ (мм);
- 7) $24 - 1,4 + 1,4 = 24$ (мм);
- 8) $48 - 1,5 + 1,9 = 48,4$ (мм);
- 9) $64 - 1,9 + 1,9 = 64$ (мм);
- 10) $96 + 1,4 + 1,9 = 99,3$ (мм);
- 11) $96 + 2 \times 1,3 = 98,6$ (мм).

Техніко-економічне порівняння двох варіантів виготовлення заготовки і вибір найбільш раціонального способу.

Остаточний вибір способу виготовлення заготовки визначають порівнювання собівартості виготовлення заготовки. Для цього використаємо формулу для знаходження собівартості:

$$C_{\text{заг.лит}} = \frac{(Q_{\text{заг}} \cdot C_{\text{л}} \cdot K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{С}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{П}})}{1000} - \frac{(Q_{\text{зан}} - Q_{\text{дет}}) \cdot C_{\text{відх}}}{1000}, [\text{грн}] \quad (1.19)$$

де $C_{\text{л}}$ – базова вартість 1 т заготовки, грн.;

$K_{\text{Т}}, K_{\text{М}}, K_{\text{С}}, K_{\text{В}}, K_{\text{П}}$ – коефіцієнти, що залежать відповідно від класу точності вилівка, марки матеріалу, група складності маси і об'єму виробництва заготовки.

Базова вартість 1 т заготовки:

Для лиття в піщано-глинисті форми з механічним формуванням $C_{\text{л}} = 54600$ грн;

Для лиття за виплавними моделями $C_{\text{л}} = 112000$ грн;

Вибираємо коефіцієнти для розрахунку:

для лиття в піщано-глинисті форми з механічним формуванням:

$$K_{\text{Т}} = 1,05; K_{\text{М}} = 1,26; K_{\text{С}} = 1; K_{\text{В}} = 1,0; K_{\text{П}} = 1.$$

для лиття за виплавними моделями

$$K_{\text{Т}} = 1,0; K_{\text{М}} = 1,26; K_{\text{С}} = 1; K_{\text{В}} = 0,62; K_{\text{П}} = 1,23.$$

Знайдемо собівартість лиття заготовки:

для лиття в піщано-глинисті форми з механічним формуванням:

$$C_{\text{заг.лит}} = \frac{(2,873 \cdot 54600 \cdot 1,05 \cdot 1,26 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1)}{1000} - \frac{(2,873 - 1,11) \cdot 1225}{1000} = 205,37 \text{ (грн)}$$

для лиття за виплавними моделями:

$$C_{\text{загл.лит}} = \frac{(1,662 \cdot 150000 \cdot 1 \cdot 1,26 \cdot 1 \cdot 0,62 \cdot 1,23)}{1000} - \frac{(1,662 - 1,11) \cdot 1225}{1000} = 238,87 \text{ (грн)}$$

Так як 205,37 грн < 238,87 грн, то можна зробити висновок що виготовлення заготовки методом лиття в піщано-глинисті форми є більш доцільнішим, в даному випадку.

Креслення заготовки дивитись у додатку В

1.4 Розробка маршруту механічної обробки

Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва, їх аналіз та предмет використання при проектуванні маршруту механічної обробки

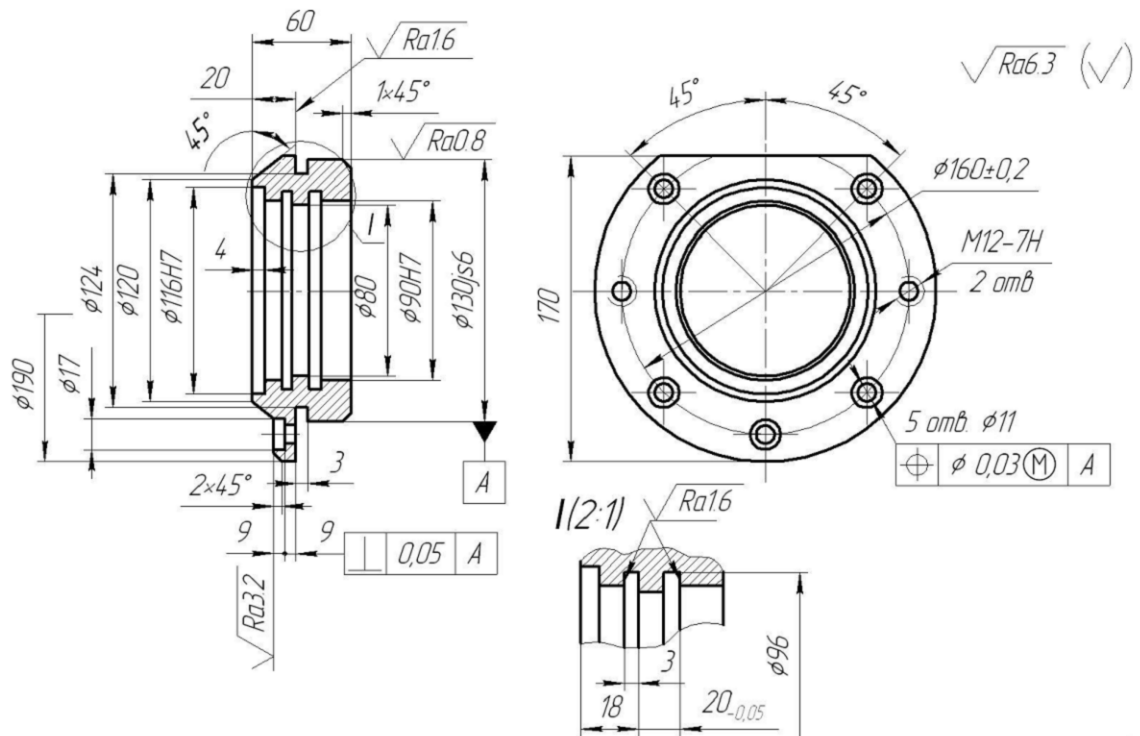
Аналіз будем проводити за представленим маршрутом обробка стакан

Таблиця 1.8 - Маршрут механічної обробки деталі «Стакан»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
1	2	3	4
005	Лиття		
010	Обрубка і очищення вилівка		
015	Підрізати торці Ø130Js6/Ø90H7, торця Ø190(правий торець), точити поверхню Ø130Js6, точити канавку, розточити отвори Ø80 і Ø90H7, з підрізанням внутрішнього торця Ø90H7/ Ø80	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
020	Підрізати торці Ø190(лівий торець), торець Ø144, розточити отвір Ø116H7, обточити поверхні Ø190 і конічну поверхню Ø144×45°	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон

Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4
025	Термічна обробка		
030	Підрізати торець $\varnothing 130\text{Js6}/\varnothing 90\text{H7}$ остаточно, точити поверхню $\varnothing 130\text{Js6}$ з підрізанням торця $\varnothing 190$ (правий торець) під шліфування, фаски, канавку остаточно. Розточити отвір $\varnothing 90\text{H7}$ з підрізанням внутрішнього торця $\varnothing 90\text{H7}/\varnothing 80$ і отвір $\varnothing 80$, канавки $3 \times \varnothing 96$ остаточно, притупити гострі кромки	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
035	Підрізати торці $\varnothing 144/\varnothing 116\text{H7}$, точити поверхню $\varnothing 190$, конусну поверхню $\varnothing 144 \times 45^\circ$ остаточно. Розточити отвори $\varnothing 90\text{H7}$, з підрізанням внутрішнього торця $\varnothing 90\text{H7}/\varnothing 80$ під тонке розточування виточки $\varnothing 116\text{H7}$ і двох канвок $3 \times \varnothing 96$	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий пневматичний патрон
040	Свердлити 5 отворів $\varnothing 11$, два отвори $\varnothing 10,2$ під різьбу М12 – 7Н, зенкувати 5 отворів $\varnothing 11/\varnothing 17$, фаски $2 \times 60^\circ$, нарізати різьбу М12. Фрезерувати лиски у розмір 120	Багатоцільовий вертикальний фрезерно-свердильний ГФ2171	Наладка УСПО
045	Зачистити заусенці	Машина для зняття заусенців	
050	Розточити два отвори $\varnothing 90\text{H7}$	Алмазно – розточний (спеціальний)	Установочне пристосування
055	Шліфувати $\varnothing 130\text{Js6}$ з під шліфуванням торця $\varnothing 190$ (правий торець)	Круглошліфувальний напівавтомат ЗУ131ВМ	Спеціальна оправка
060	Промити деталь	Машина для миття	
065	Технічний контроль		
070	Нанесення антикорозійного покриття		



Невказані граничні відхилення розмірів: валів $h14$, отворів $H14$, інші $\pm \frac{IT14}{2}$
 Вид заготовки – виливок.
 Матеріал – чавун СЧ20.
 Число деталей з заготовки – 1

Рисунок 1.2 –Креслення подібної деталі «Стакан»

Проаналізувавши маршрут, можна зробити наступні висновки:

- Доцільне використання обладнання з програмами ЧПК, заготовки виготовляти найбільш наближено до розмірів деталі

Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричних поверхонь.

Кількість переходів, які необхідно виконати для досягнення заданої точності розміру, взаємного розміщення може бути визначена за коефіцієнтом уточнення:

$$\varepsilon = T_{\text{заг}}/T_{\text{дет}}, \quad (1.20)$$

де $T_{\text{заг}} = 0,62$ мм – допуск розміру, після попереднього розточування отвору $\varnothing 44$;

$T_{\text{дет}} = 0,03$ мм – допуск розміру деталі (згідно із робочим кресленням).

Відповідно отримуємо:

$$\varepsilon = \frac{620}{30} = 20,6$$

Обробку потрібно виконувати за 3 переходи,

відповідно коефіцієнт уточнення для першого переходу випадку приймаємо $\varepsilon_1 = 5$;

для другого переходу випадку приймаємо $\varepsilon_2 = 3$;

коефіцієнт уточнення для останнього переходу складатиме:

$$\varepsilon_3 = \frac{20,6}{5 \cdot 3} = 1,4.$$

Допуски розміру заготовки на виконуваних переходах механічної обробки визначається за формулою:

$$T_{\text{дет } i} = T_{\text{дет } i-1} / \varepsilon_i, \quad (1.21)$$

де $T_{\text{дет } i}$ – допуск розміру деталі виконуваного технологічного переходу, мм;

$T_{\text{дет } i-1}$ – допуск розміру деталі попереднього технологічного переходу, мм;

ε_i – уточнення, що прийнято на виконуваному переході.

Допуск розміру після кожного переходу складатиме:

$$T_1 = \frac{T_{\text{дет}}}{\varepsilon_1} = \frac{620}{5} = 124 \text{ мкм};$$

$$T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{124}{3} = 41,3 \text{ мкм};$$

$$T_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{41,3}{1,4} = 29,5 \text{ мкм};$$

Згідно із розрахованими допусками встановлюється квалітет точності обробки деталі на кожному переході механічної обробки.

Допуск після першого переходу відповідає 10 квалітету точності, після другого 8 квалітету точності, після третього – 7.

Оскільки обробляється внутрішня циліндрична поверхня, то доцільно прийняти способи механічної обробки:

Чорнове розточування

Попереднє розточування

Остаточне розточування

Аналогічно виконуються розрахунки і для інших поверхонь. Результати заносимо в таблицю 1.9

Таблиці 1.9 – визначення кількості ступенів механічної обробки

Розмір	Коефіцієнт уточнення	Розподіл коефіцієнта уточнення	Допуск,	Квалітет	Спосіб механічної обробки
Ø52H7	$\varepsilon = \frac{620}{30} = 20,6$	$\varepsilon_1 = 5;$ $\varepsilon_2 = 3;$ $\varepsilon_3 = 1,4;$	$T_{дет} = 620$ $T_1 = 124$ $T_2 = 41,3$ $T_3 = 29,5$	14 10 8 7	Чорнове розточування Попереднє розточування Остаточне розточування
Ø64js7	$\varepsilon = \frac{2200}{30} = 73,3$	$\varepsilon_1 = 5;$ $\varepsilon_2 = 4;$ $\varepsilon_3 = 2,5;$ $\varepsilon_4 = 1,5;$	$T_{дет} = 2200$ $T_1 = 440$ $T_2 = 110$ $T_3 = 44$ $T_4 = 30$	16 13 10 8 7	Чорнове точіння Попереднє точіння Попереднє точіння Остаточне точіння
Ø60h12	$\varepsilon = \frac{2000}{300} = 6,6$	$\varepsilon_1 = 4;$ $\varepsilon_2 = 1,7$	$T_{дет} = 2000$ $T_1 = 500$ $T_2 = 295$	16 14 12	Чорнове точіння Остаточне точіння
Ø44H12	$\varepsilon = \frac{2000}{250} = 8$	$\varepsilon_1 = 4;$ $\varepsilon_2 = 2$	$T_{дет} = 2000$ $T_1 = 500$ $T_2 = 250$	16 14 12	Чорнове точіння Остаточне точіння

1.4.1 Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз

Вибір чистових баз

При виборі чистових технічних баз, ми повинні забезпечити суміщення вимірювальної та технологічної баз, що буде запорукою відсутності похибки базування і забезпечення необхідної точності обробки деталі.

Для операції 010 в якості чистової бази вибираємо: лівий торець деталі в якості установчої бази, а циліндричну поверхню діаметром 64 – в якості подвійної упорної бази. Таку схему установки схему базування можна забезпечити установлення в 3-х кулачковий патрон.

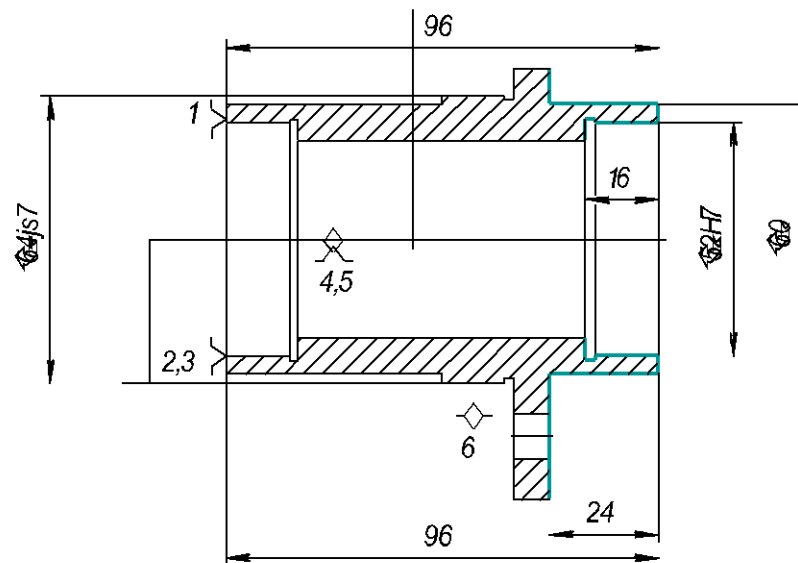


Рисунок 1.3 – схема базування чистової бази варіант 1

Похибка базування на розміри:

$\varepsilon_{60\phi 52H7} = 0$ (діаметральний розмір);

$\varepsilon_{60\phi 60} = 0$ (діаметральний розмір);

На решту розмірів похибка $\varepsilon_{\delta} = 0$, (обробка виконується з одного установка);

При аналізі двох схем чистової бази, можна зробити висновок що більш доцільніше буде використати перший варіант.

Вибір чорнових баз

Чорновими технологічними базами називають поверхні вихідної заготовки, які використовують для обробки на першій (інколи на першій та другій) операціях, для обробки чистових баз.

Під час вибору чорнових баз виконують одну із двох задач:

- забезпечення розмірного зв'язку між обробленими поверхнями деталі і необробленими її поверхнями (1 задача);
- забезпечення зняття мінімального рівномірного припуску з певної поверхні на першому переході її механічної обробки (2 задача).

В даному випадку під час вибору чорної технологічної бази ми виконуємо другу задачу, тобто зняття мінімального шару металу на операції 010 торцевої поверхні А.

Під час обробки на операції 005, виконується обробка в розміри які вказані на рис 3дриа, адже ми виконуємо обробку з одного установа, обробляємо поверхню діаметром 64, для подальшого використання її як чистову базу на операцію 010.

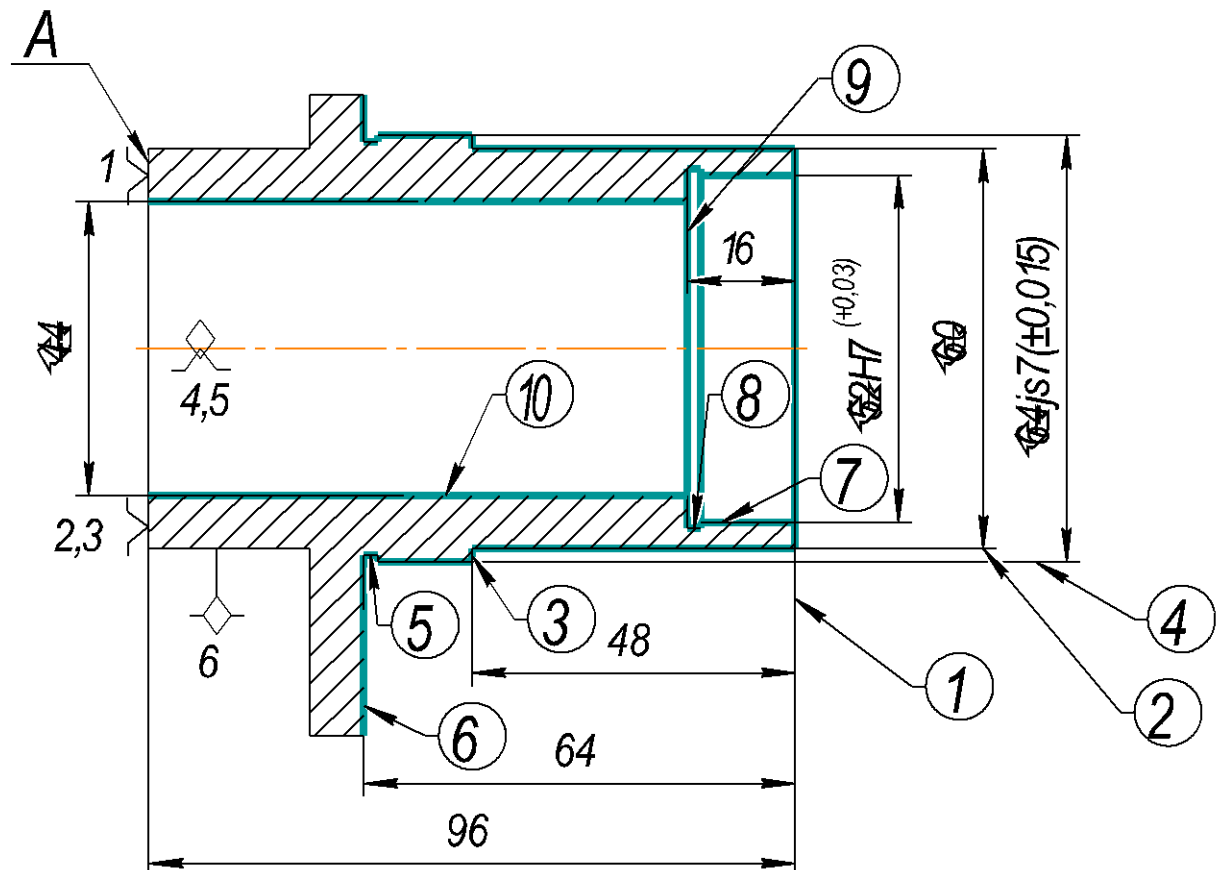


Рисунок 1.5 - схема базування чорнової бази

Похибка базування на всі діаметральні розміри відсутня

Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування

Продовження таблиці 1.10

№	Зміст операцій і переходів	Ескіз та схема установки	Тип обладнання
1	2	3	4
01 0	<p><u>Токарна з ЧПК</u></p> <p>1. Встановити і закріпити заготовку.</p> <p>2. Точити торець 1 однократно, точити циліндричну поверхню 2 попередньо, точити торець 3 однократно</p> <p>3. точити циліндричну поверхню 2 остаточно</p> <p>4. Розточити отвір 4 попередньо, точити торець 6 однократно.</p> <p>5. розточити канавку 5 однократно.</p> <p>6. Розточити отвір 4 попередньо,</p> <p>7. Розточити отвір 4 остаточно.</p> <p>8. Зняти деталь</p>		Токарно-горизонтально з ЧПК 160НТ
01 5	<p><u>Свердлильна з ЧПК</u></p> <p>1. Встановити закріпити заготовку</p> <p>2. Центруємо отвори 2,3.</p> <p>3. Свердлити отвори 2.</p> <p>4. Свердлити отвори 3.</p> <p>5. Зняти деталь.</p>		Вертикально-свердильний з ЧПК 2Н135Ф2

1.4.2 Розмірний аналіз технологічного процесу

Вибір розташування технологічних розмірів

Технологічні розміри потрібно вибрати таким чином, щоб забезпечити розмірну прив'язку між обробленими і необробленими поверхнями. Технологічні розміри поставлені на рисунку 1.5

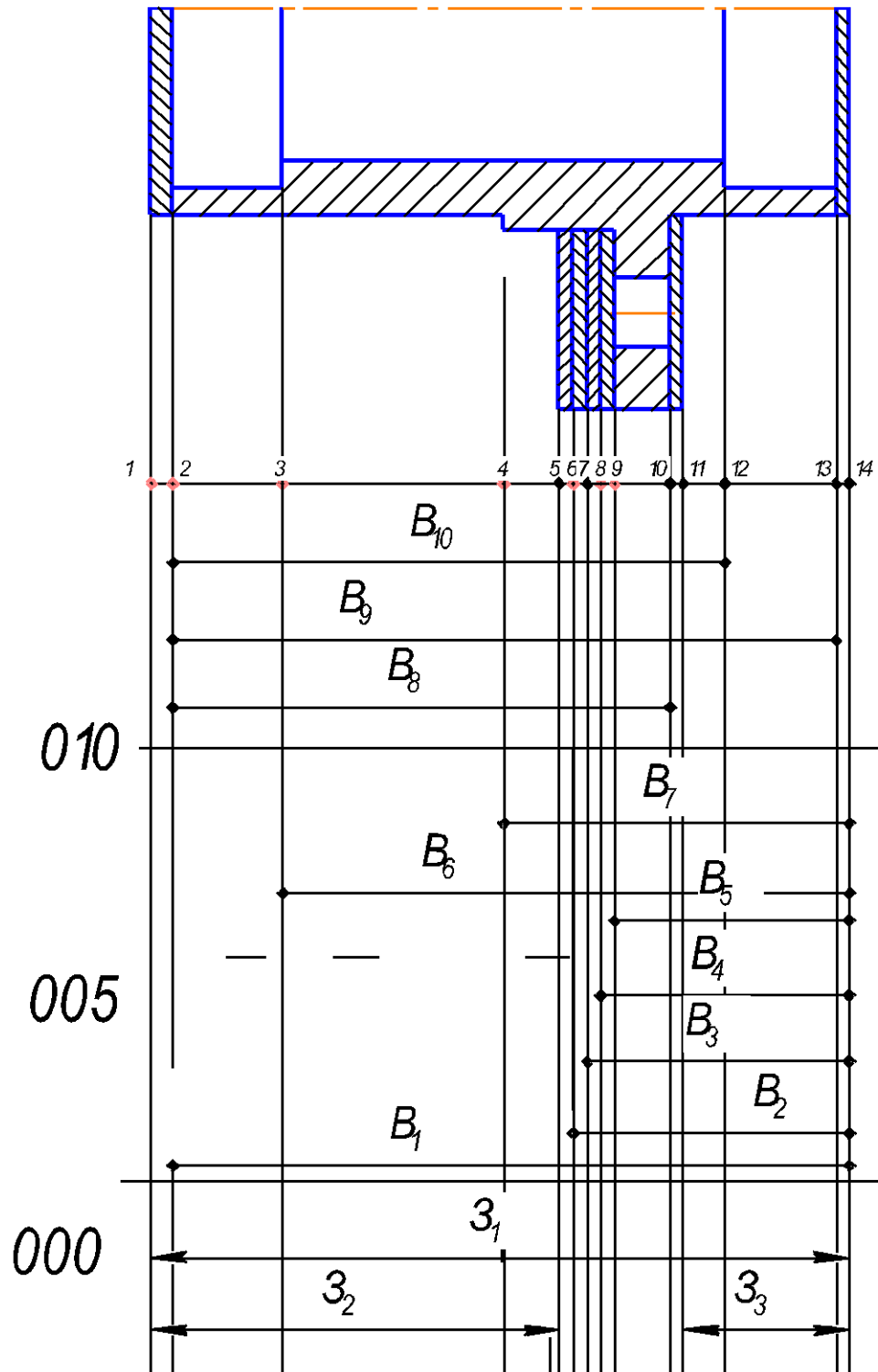


Рисунок 1.5 – розташування технологічних розмірів

Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Таблиця 1.11 – Допуски технологічних розмірів

Вихідна заготовка			
Розмір	Спосіб виготовлення	Клас розмірної точності	Допуск, мм
Z_1	Лиття в піщано-глинясті форми	9	2,2
Z_2			2,2
Z_3			1,6
Механічна обробка			
Технологічний розмір	Спосіб обробки	Квалітет точності	Допуск, мм
B_1	одноразове точіння	12	0,35
B_2	попереднє точіння	12	0,25
B_3	попереднє точіння	12	0,25
B_4	попереднє точіння	12	0,25
B_5	одноразове точіння	12	0,25
B_6	одноразове точіння	12	0,3
B_7	одноразове точіння	12	0,25
B_8	одноразове точіння	12	0,3
B_9	одноразове точіння	12	0,35

Похідний, вихідний графі-дерева, суміщений граф

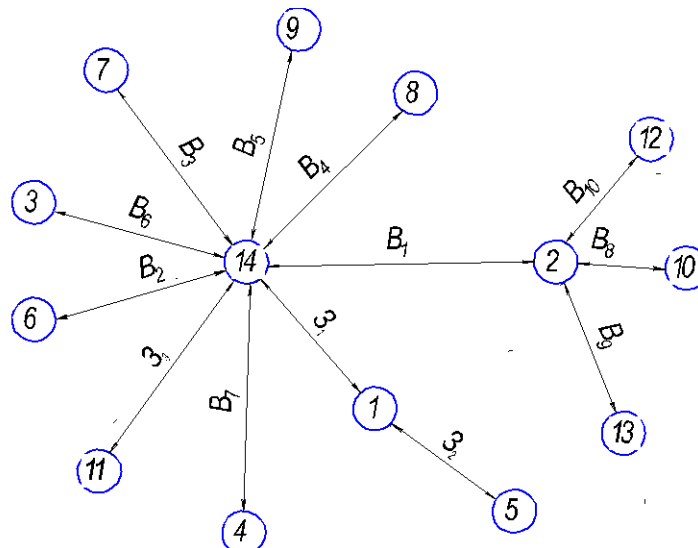


Рисунок 1.7 — Похідний граф-дерево

Розмірна схема технологічного процесу

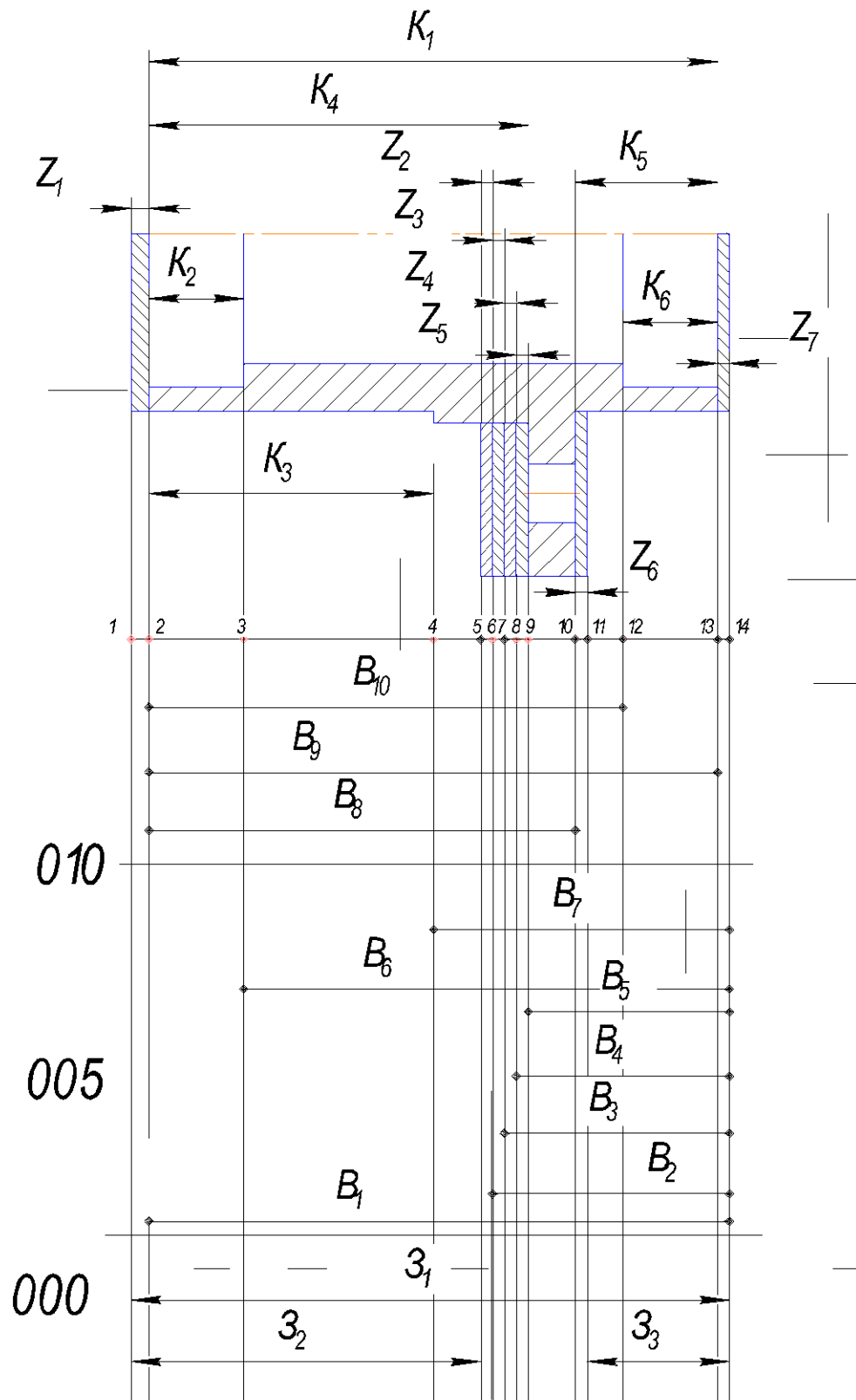


Рисунок 1.6 – розмірна схема технологічного процесу

Рівнянь технологічних розмірних ланцюгів
Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Таблиця 1.12 – Проміжні мінімальні припуски на механічну обробку

Призначення припуску	Спосіб обробки, під час виконання якої знімається припуск	Кількісне значення мінімального припуску, мм
Z ₁	Однократне точіння	1,5
Z ₂	Попереднє точіння	1,8
Z ₃	Попереднє точіння	1,8
Z ₄	Попереднє точіння	1,8
Z ₅	Однократне точіння	1,8
Z ₆	Однократне точіння	1,8
Z ₇	Однократне точіння	1,5

Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція (за необхідністю) допусків технологічних розмірів

Таблиця 1.13 – Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допуски

Познач розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру	
	мін.	макс.			у технологічній документі	Накресленні вихідної заготовки
B ₁	97,675	98,025	0,35	97,85	97,85 ± 0,175	-
B ₂	39,675	39,925	0,25	39,8	39,8 ± 0,125	-
B ₃	37,625	37,875	0,25	37,75	37,75 ± 0,125	-
B ₄	35,575	35,825	0,25	35,7	35,7 ± 0,125	-
B ₅	33,525	33,775	0,25	33,65	33,65 ± 0,125	-
B ₆	81,585	81,885	0,3	81,735	81,735 ± 0,15	-
B ₇	49,55	49,8	0,25	49,675	49,675 ± 0,125	-
B ₈	71,72	72,02	0,3	71,87	71,87 ± 0,15	-
B ₉	95,825	96,175	0,35	96	96 ± 0,175	-
B ₁₀	79,735	80,035	0,3	79,885	79,885 ± 0,15	-
Z ₁	99,525	101,725	2,2	100,625	-	100,625 ± 1,1
Z ₂	60,55	62,75	2,2	61,65	-	61,65 ± 1,1
Z ₃	23,855	25,455	1,6	24,655	-	24,655 ± 0,8

$$1. B_9 - K_1 = 0;$$

$$B_{9\max} = K_{1\max} = 96,175 \text{ (MM)};$$

$$B_{9\min} = B_{9\max} - T(B_9) = 96,175 - 0,35 = 95,825 \text{ (MM)};$$

$$B_9 = 96 \pm 0,175 \text{ (MM)}.$$

$$2. B_1 - B_9 - Z_1 = 0;$$

$$B_{1\min} = B_{9\max} + Z_{1\min} = 96,175 + 1,5 = 97,675 \text{ (MM)};$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + T(B_1) = 97,675 + 0,35 = 98,025 \text{ (MM)};$$

$$B_1 = 97,85 \pm 0,175 \text{ (MM)};$$

$$Z_{7\max} = B_{1\max} - B_{9\min} = 98,025 - 95,825 = 2,2 \text{ (MM)};$$

$$3. B_1 - B_6 - K_2 = 0;$$

$$B_{6\min} = B_{1\min} - K_{2\max} = 97,675 - 16,09 = 81,585 \text{ (MM)};$$

$$B_{6\max} = B_{1\min} + T(B_6) = 81,585 + 0,3 = 81,885 \text{ (MM)};$$

$$B_6 = 81,735 \pm 0,15 \text{ (MM)};$$

$$4. B_9 - K_6 - B_{10} = 0;$$

$$B_{10\min} = B_{9\min} - K_{6\max} = 95,825 - 16,09 = 79,735 \text{ (MM)};$$

$$B_{10\max} = B_{10\min} + T(B_{10}) = 79,735 + 0,3 = 80,035 \text{ (MM)};$$

$$B_{10} = 79,885 \pm 0,15 \text{ (MM)};$$

$$5. B_1 - K_4 - B_5 = 0;$$

$$B_{5\min} = B_{1\min} - K_{4\max} = 97,675 - 64,15 = 33,525 \text{ (MM)};$$

$$B_{5\max} = B_{5\min} + T(B_5) = 33,525 + 0,25 = 33,775 \text{ (MM)};$$

$$B_5 = 33,65 \pm 0,125 \text{ (MM)};$$

$$6. B_4 - Z_5 - B_5 = 0;$$

$$B_{4\min} = B_{5\max} + Z_{5\min} = 33,775 + 1,8 = 35,575 \text{ (MM)};$$

$$B_{4\max} = B_{4\min} + T(B_4) = 35,575 + 0,25 = 35,825 \text{ (MM)};$$

$$B_4 = 35,7 \pm 0,125 \text{ (MM)};$$

$$Z_{5\max} = B_{4\max} - B_{5\min} = 35,825 - 33,525 = 2,3 \text{ (MM)};$$

$$7. B_3 - Z_4 - B_4 = 0;$$

$$B_{3\min} = B_{4\max} + Z_{4\min} = 35,825 + 1,8 = 37,625 \text{ (MM)};$$

$$B_{3\max} = B_{3\min} + T(B_3) = 37,625 + 0,25 = 37,875 \text{ (MM)};$$

$$B_3 = 37.75 \pm 0,125 \text{ (MM)};$$

$$Z_{4\max} = B_{3\max} - B_{4\min} = 37.875 - 35.575 = 2.3 \text{ (MM)};$$

$$8. B_2 - Z_3 - B_3 = 0;$$

$$B_{2\min} = B_{3\max} + Z_{3\min} = 37.875 + 1.8 = 39.675 \text{ (MM)};$$

$$B_{2\max} = B_{2\min} + T(B_2) = 39.675 + 0.25 = 39.925 \text{ (MM)};$$

$$B_2 = 39.8 \pm 0,125 \text{ (MM)};$$

$$Z_{3\max} = B_{2\max} - B_{3\min} = 39.925 - 37.625 = 2.3 \text{ (MM)};$$

$$9. B_1 - B_7 - K_3 = 0;$$

$$B_{7\min} = B_{1\min} - K_{3\max} = 97.675 - 48.125 = 49.55 \text{ (MM)};$$

$$B_{7\max} = B_{7\min} + T(B_7) = 49.55 + 0.25 = 49.8 \text{ (MM)};$$

$$B_7 = 49.675 \pm 0,125 \text{ (MM)};$$

$$10. B_9 - K_5 - B_8 = 0;$$

$$B_{8\min} = B_{9\min} - K_{5\max} = 95.825 - 24.105 = 71.72 \text{ (MM)};$$

$$B_{8\max} = B_{8\min} + T(B_8) = 71.72 + 0.3 = 72.02 \text{ (MM)};$$

$$B_8 = 71.87 \pm 0,15 \text{ (MM)};$$

$$11. B_1 - B_8 - Z_6 - 3_3 = 0;$$

$$3_{3\min} = B_{1\max} - B_{8\min} - Z_{6\min} = 97.675 - 71.02 - 1.8 = 23.855 \text{ (MM)};$$

$$3_{3\max} = 3_{3\min} + T(3_3) = 23.855 + 1.6 = 25.455 \text{ (MM)};$$

$$3_3 = 24,655 \pm 0,8 \text{ (MM)};$$

$$Z_{6\max} = B_{1\max} - 3_{3\min} + B_{8\min} = 97.675 - 23.855 - 71.02 = 2.8 \text{ (MM)};$$

$$12. 3_1 - B_1 - Z_1 = 0;$$

$$3_{1\min} = B_{1\max} + Z_{1\min} = 98.025 + 1.5 = 99.525 \text{ (MM)};$$

$$3_{1\max} = 3_{1\min} + T(3_1) = 99.525 + 2.2 = 101.725 \text{ (MM)};$$

$$3_1 = 100,625 \pm 1,1 \text{ (MM)};$$

$$Z_{1\max} = 3_{1\max} - B_{1\min} = 101.725 - 97,675 = 4.05 \text{ (MM)};$$

$$13. 3_1 - 3_2 - B_2 - Z_1 = 0;$$

$$3_{2\min} = 3_{1\max} - B_{2\min} - Z_{1\min} = 101.725 - 39.675 - 1.5 = 60.55 \text{ (MM)};$$

$$3_{2\max} = 3_{2\min} + T(3_2) = 60.55 + 2.2 = 62.75 \text{ (MM)};$$

$$3_2 = 61,65 \pm 1,1 \text{ (MM)};$$

$$Z_{1\max} = 3_{1\max} - B_{1\min} = 101.725 - 97,675 = 4.05 \text{ (MM)};$$

1.4.3 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні Ø52H7

Визначимо елементи мінімального припуску для всіх переходів обробки отвору.

Визначення значень R і T проводимо відповідно до рекомендацій, враховуючи, що для заготовки дані параметри рівні 200 і 150. При попередньому розточуванні приймаємо $R_Z = T = 50$ мкм, а при остаточному розточуванні $R_Z = 20$ мкм, $T = 25$ мкм, при тонкому – $R_Z = 5$ мкм, $T = 10$

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2} \text{ [мкм];} \quad (1.22)$$

$$\rho_{\text{жол}} = \delta(16) = 180 \text{ (мкм);}$$

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(\Delta_k \cdot D)^2 + (\Delta_k \cdot L)^2} = \sqrt{(0.8 \cdot 52)^2 + (0.8 \cdot 16)^2} = 43.5 \text{ (мкм)}$$

де Δ_k - питома кривизна і дорівнює 0.8 мкм/мм.

$$\rho_3 = \sqrt{43.5^2 + 180^2} = 185 \text{ (мкм)}$$

При подальших переходах механічної обробки:

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

$$\rho_2 = 0,06 \cdot 185 = 11,1 \text{ (мм)}$$

$$\rho_3 = 0,06 \cdot 11,1 = 0,6 \text{ (мм)}$$

$$\rho_3 = 0,05 \cdot 0,6 = 0,03 \text{ (мм)}$$

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

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

ε_1 – похибка установки при чорновому точінні

Похибка установки при попередньому точінні:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \text{ [мкм]} \quad (1.25)$$

де ε_6 – похибка базування;

ε_3 – похибка закріплення.

При обробці даної поверхні $\varepsilon_6 = 0$, $\varepsilon_3 = 120$ мкм [2].

$$\varepsilon_1 = \sqrt{0 + 120^2} = 120 \text{ (мкм)}.$$

ε_2 – похибка установки при чистовому точінні.

$$\varepsilon_2 = 0.05 \cdot \varepsilon_1 \text{ [мкм]}; \quad (1.26)$$

$$\varepsilon_2 = 0.05 \cdot 120 = 6 \text{ (мкм)}.$$

Мінімальний припуск

Попереднє розточування:

$$2Z_{1\min} = 2(200 + 150 + \sqrt{185^2 + 120^2}) = 2 \cdot 570 \text{ (мкм)}.$$

Остаточне розточування:

$$2Z_{2\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{11,1^2 + 120^2}) = 2 \cdot 220 \text{ (мкм)}.$$

Остаточне розточування:

$$2Z_{3\min}=2(25+20+\sqrt{0,6^2+6^2})=2\cdot 51 \text{ (мкм)}.$$

Розрахункові розміри

При остаточному розточуванні маємо отримати розмір вказаний на кресленні:

$$D = 52,03 \text{ мм.}$$

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

для остаточного розточування:

$$D_1 = 52,03 - 2\cdot 51 = 51,928 \text{ (мм)};$$

для попереднього розточування:

$$D_2 = 51,928 - 2\cdot 220 = 51,488 \text{ (мм)};$$

для попереднього розточування:

$$D_3 = 51,488 - 2\cdot 570 = 50,348 \text{ (мм)}.$$

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

Для остаточного розточування допуск складає 46 мкм, відповідно для 78квалітету, для попереднього розточування допуск складає 120 мкм, відповідно для 10 квалітету; для попереднього розточування, відповідно для 9 квалітету, допуск складає 300 мкм та для заготовки, щонає 14 квалітетточності, допуск складає 620 мкм.

Максимальні граничні розміри отримуються по розрахунковим розмірам за округленим до точності допуску відповідного переходу.

Мінімальні граничні розміри визначаються шляхом віднімання від найбільших граничних розмірів допусків відповідних переходів.

Тобто:

$$D_3 = 51,488 - 0,300 = 51,188 \text{ (мм)};$$

$$D_2 = 51,928 - 0,120 = 51,808 \text{ (мм)};$$

$$D_1 = 52,03 - 0,03 = 52 \text{ (мм)};$$

для заготовки

$$D_4 = 50,348 - 0,620 = 49,728 \text{ (мм)}.$$

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

Отже, для остаточного розточування:

$$2Z_{\min 3} = 52,03 - 51,928 = 0,102 \text{ (мм)} ;$$

$$2Z_{\max 3} = 52 - 51,808 = 0,192 \text{ (мм)}.$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 2} = 51,928 - 51,488 = 0,44 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\max 2} = 51,808 - 51,188 = 0,62 \text{ (мм)}.$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 1} = 51,488 - 50,348 = 1,14 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\max 1} = 51,188 - 49,728 = 1,46 \text{ (мм)}.$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 1.14

Таблиця 1.14 – Розрахунок припусків та граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору $\varnothing 52H7$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 52H7$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$	Розрахунковий розмір, D_p	Допуск, δ , мм	Граничний Розмір		Граничні значення припусків	
	R_z	T	ρ	ϵ				D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Заготовка	150	200	185	-	-	50,348	0,62	49,728	50,348	-	-
розточування попереднє	50	50	11,1	120	2·570	51,488	0,30	51,188	51,488	1,46	1,14
розточування попереднє	50	50	1,90	120	2·220	51,928	0,12	51,808	51,928	0,62	0,44
розточування остаточне	20	25	0,03	6	2·51	52,03	0,046	52	52,03	0,192	0,102
Всього										2,272	1,682

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 вибираємо за допомогою дослідно-статистичного (нормативного) методу. Вибрані значення мінімальних припусків записуємо у таблицю 1.15. У цю ж таблицю записуємо розрахунковий розмір, допуски і граничні значення технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки, граничні значення припусків.

Таблиця 1.15 — Припуски і технологічні розміри на механічну обробку
циліндричної поверхні $\varnothing 64js7(\pm 0.015)$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 64js7$	Мінімальний припуск, $2Z_{\min}$	Розрахунковий розмір, d_p	Допуск, Т мкм	Граничний Розмір		Граничні значення припусків	
				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
заготовка	-	66,673	2200	66,673	68,873	-	-
точіння попереднє	2*962	64,749	440	64,749	65,189	2*3,684	2*1,924
точіння попереднє	2*225	64,299	110	64,299	64,409	2*0,78	2*0,45
точіння попереднє	2*106	64,087	44	64,087	64,131	2*0,278	2*0,212
точіння остаточне	2*51	63,985	30	63,985	64,015	2*0,116	2*0,102
Всього						2*4,858	2*2,688

Таблиця 1.16 — Припуски і технологічні розміри на механічну обробку
циліндричної поверхні $\varnothing 60h12(-0.3)$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 60h12$	Мінімальний припуск, $2Z_{\min}$	Розрахунковий розмір, d_p	Допуск, Т мкм	Граничний Розмір		Граничні значення припусків	
				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
заготовка	-	61.684	2000	61.684	63.684	-	-
точіння попереднє	2*636	60.412	500	60.412	60.912	2*2.772	2*1.272
точіння остаточне	2*221	59.97	300	59.97	60.3	2*612	2*0,442
Всього						2*3.384	2*1.714

Таблиця 1.17 — Припуски і технологічні розміри на механічну обробку
циліндричної поверхні $\varnothing 44h12(+0.25)$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 44h12$	Мінімальний припуск, $2Z_{\min}$	Розрахунковий розмір, d_p	Допуск, Т мкм	Граничний Розмір		Граничні значення припусків	
				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
заготовка	-	42.346	2000	40.346	42.346	-	-
точіння попереднє	2*730	43.806	500	43.306	43.806	2*1.46	2*2.96
точіння остаточне	2*222	44.25	250	44	44.25	2*0.444	2*0,694
Всього						2*1.904	2*3.654

1.4.4 Визначення режимів різання (аналітичним способом)

Операція 015

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

глибина різання t , мм;

подача s , мм/об;

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

Інструмент – свердло Р6М5.

Елементи режимів різання повинні підбиратися так, щоб досягти бажаної продуктивності праці при найменшій собівартості операції. Ця вимога досягається використанням інструмента раціональної конструкції (правильно підібраний матеріал ріжучої частини, найвигідніша геометрія, достатня міцність і жорсткість), а також якщо верстат не обмежує його різальних властивостей. Таким чином, режими різання встановлюються виходячи з властивостей оброблюваної деталі, характеристики різального інструмента і верстата. Спочатку встановлюють глибину різання, потім подачу і в останню чергу – швидкість різання.

Наведемо повний розрахунок режимів різання при свердлінні отвора $\varnothing 11h12$

Глибина різання

$$t_1 = d/2 \text{ [мм];} \quad (1.27)$$

$$t_1 = 11/2 = 5.5 \text{ (мм).}$$

Розрахунок подачі

При діаметру свердла $D = 11 \text{ мм}$, $S (0,32-0,36)$ Приймаємо $S = 0,35 \text{ мм/об}$,
 $S_z = S/2 = 0.35/2 = 0.175 \text{ мм/зуб}$.

Швидкість різання

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T_m \cdot S^y} \cdot K_v, \text{ [мм]} \quad (1.28)$$

де

$$C_v = 7; q = 0.4; y = 0.7; m = 0.2$$

$$K_v = K_{Mv} K_{Hv} K_{Iv}, \quad (1.29)$$

$$K_v = 1 \left(\frac{750}{390} \right)^{0.9} \cdot 1 \cdot 1 = 0,55$$

$$v = \frac{7 \cdot 11^{0.4}}{15^{0.2} \cdot 0.35^{0.7}} = 22.12 \left(\frac{\text{м}}{\text{хв}} \right).$$

Розрахунок сили різання та крутного моменту

$$M = 10 \cdot C_M \cdot D^{q_M} \cdot S^{y_M} \cdot K_P, \text{ [Н·м]}$$

$$P_O = 10 \cdot C_P \cdot D^{q_P} \cdot S^{y_P} \cdot K_P, \text{ [Н]}$$

Коефіцієнт K_P залежить тільки від матеріалу оброблюваної заготовки, $K_P = 0,61$

де

$$C_m = 0,0345; q = 2,0; y = 0,8.$$

$$M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 11^2 \cdot 0,35^{0,8} \cdot 0,61 = 11 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

$$C_p = 68; q = 1; y = 0,7,$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 11^1 \cdot 0,35^{0,7} \cdot 0,61 = 2188 \text{ (Н)}$$

Чистота обертання

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}, [\text{мм}] \quad (1.30)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 22,1}{3,14 \cdot 11} = 640 \left(\frac{\text{об}}{\text{хв}} \right).$$

Потужність різання

$$N = \frac{M \cdot n}{9750}; [\text{кВ}] \quad (1.31)$$

$$N = \frac{11 \cdot 640}{9750} = 0,72 \text{ (кВт)}$$

Таблиця 1.18- Режими різання на операції

Технологічні переходи і робочі ходи	t, мм	S, мм\об	v, м/хв	n, об/хв
1	2	3	4	5
005				
Точити торець 1 однократно	2,0	0,2	200	800
Точити поверхню 2 попередньо	2,0	0,15	150,7	600
Точити торець 3 однократно	2,0	0,15	150,7	800
Точити поверхню 4 попередньо	2,0	0,1	200,9	600
Точити торець 6 попередньо	2,0	0,2	200	600
Точити канавку 5 однократно	1,0	0,2	150	800
Точити поверхню 2 остаточно	0,2	0,15	150,7	600
Точити поверхню 4 попередньо	0,2	0,15	150,7	600
Точити торець 6 попередньо	2,3	0,2	200	600
Точити поверхню 4 попередньо	0,1	0,15	150,7	600
Точити торець 6 попередньо	2,3	0,2	200	600

Продовження таблиці 1.19

1	2	3	4	5
Точити поверхню 4 остаточно	0,05	0,1	200,9	800
Точити торець 6 остаточно	1,0	0,1	200,9	800
Розточити отвір 10 попередньо	1,5	0,2	150,7	600
Розточити отвір 10 остаточно	0,5	0,15	200,9	800
Розточити отвір 7 попередньо	1,4	0,2	150,7	600
Точити торець 9 однократно	2,0	0,15	200,9	800
Розточити канавку 8 однократно	1,0	0,15	200,9	800
Розточити отвір 7 попередньо	0,5	0,15	150,7	600
Розточити отвір 7 остаточно	0,1	0,11	200,9	800
010				
Точити торець 1 однократно	2,0	0,2	200	800
Точити поверхню 2 попередньо	2,0	0,15	150,7	600
Точити торець 3 однократно	2,0	0,15	150,7	800
Точити поверхню 2 остаточно	0,4	0,15	150,7	800
Розточити отвір 4 попередньо	1,4	0,2	150,7	600
Точити торець 6 однократно	2,0	0,15	200,9	800
Розточити канавку 5 однократно	1,0	0,15	200,9	800
Розточити отвір 4 попередньо	0,5	0,15	150,7	600
Розточити отвір 4 остаточно	0,1	0,11	200,9	800

Висновок до розділу:

Під час проведення аналізу деталі було визначено: $K_T = 0,91 > 0,8$; $K_Y = 0,68 > 0,6$; $K_{III} = 0,104 < 0,32$, що означає дана деталь є технологічною за кількісними показниками.

В процесі проектування конструкції заготовки деталі «Корпус», було розглянуто два способи виготовлення заготовки: лиття в піщано-глинисті форми з механічним формуванням та лиття за виплавними моделями. Після проведення техніко-економічного порівняння варіантів заготовок дало можливість вибрати найбільш раціональний та економічний варіант виготовлення заготовки а саме: лиття в піщано-глинисті форми з механічним формуванням є більш доцільним, та раціональним адже собівартість менша 205,37 грн < 238,87 грн.

На основі типового маршруту механічної обробки деталі «Стакан» та врахувавши сучасні тенденції розроблено, був створений технологічний процес деталі «Корпус».

2 РОЗРОБКА РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС»

2.1 Розробка тривимірної моделі деталі

Методика створення 3D-моделі деталі (вузла) із докладним описом дій побудови

Створення 3D-моделі відбуватиметься у САD системі Компас.

Наведемо основні операції побудови 3D моделі деталі.

Для побудови активізуємо будь-яку площину. Обираємо Тиснемо кнопку «Новый эскиз» на панелі керування. Зображуємо в ескізі профіль обертання та вказуємо осьювою лінією вісь обертання. Ескіз зображено на рисунку 2.1

Після цього закінчуємо роботу в режимі ескізу нажавши кнопку «Эскиз». Виконуємо операцію «Вращения», і «Создать объект». В результаті отримуємо тіло обертання показане на рисунку 2.1.

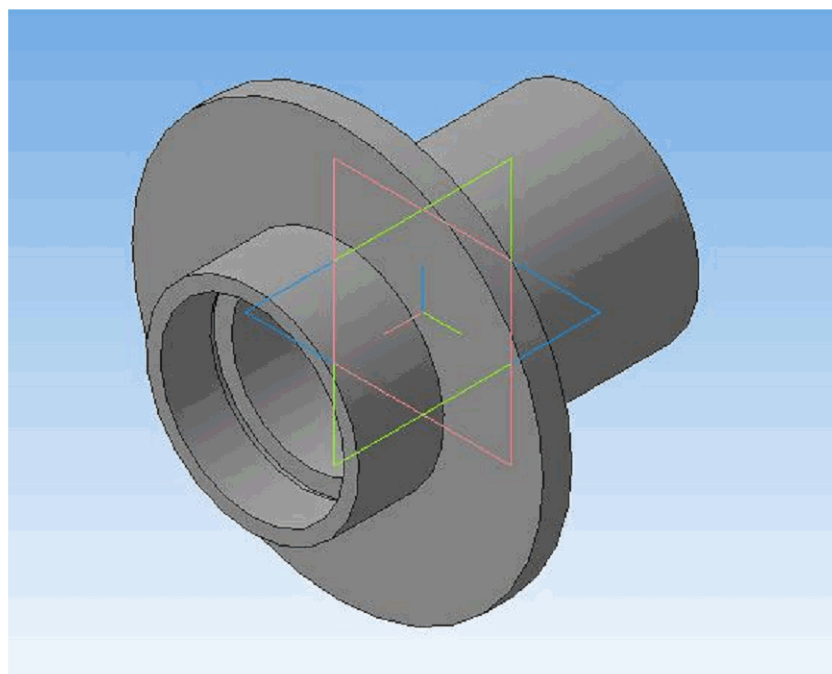


Рисунок 2.1 – Створення основної форми деталі (операція обертання)

Для створення отворів створимо ескіз з граничними частинами, що відповідають контурам отворів та використаємо операції вирізання видавлювання (рис. 2.2).

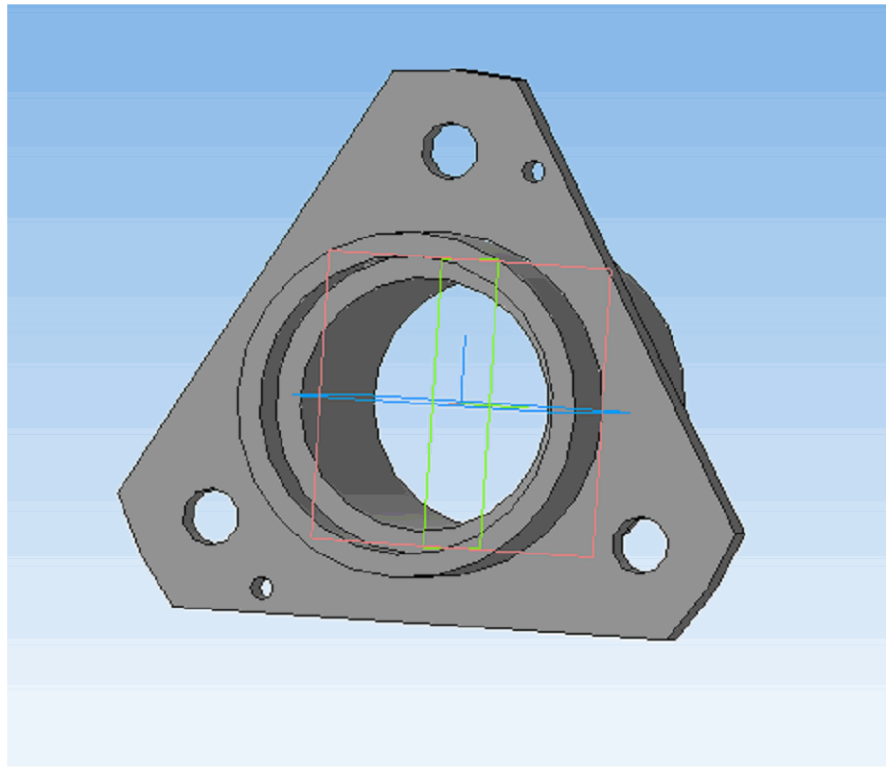


Рисунок 2.2 – Створення отворів та саласок

2.2 Розробка програми обробки деталі на верстаті з ЧПК

Характеристика САМ програми

САМ-системи – це програмний продукт або сукупність програмних продуктів, які створені для розробки керувальних програм для верстатів з ЧПК. В роботі розглянуто та проаналізованого одні з найбільш вживаних САМ-систем та їхні особливості: T-Flex, ArtCAM, Компас ЧПК та ADEM [10].

ADEM (англ. Automated Design Engineering Manufacturing) – російська інтегрована CAD / CAM / CAPP / PDM система, призначена для автоматизації конструкторсько-технологічної підготовки виробництва.

ADEM 9.0 дозволяє автоматизувати наступні види робіт:

- об'ємне і плоске моделювання та проектування;
- оформлення проектно-конструкторської та технологічної документації;

- проектування технологічних процесів;
- аналіз технологічності і нормування проекту;
- програмування обладнання з ЧПУ;
- документообіг, ведення архівів документів та інше.

ADEM застосовується в різних галузях: авіаційній, атомній, аерокосмічній, машинобудівній, металургійній, верстатобудівній.

Порядок створення програми для верстата з ЧПК

Першим етапом потрібно створити в програмі «Компас 3D» 3D-модель деталі (рис. 2.4) та заготовки (рис. 2.3), яку ми отримаємо після обробки на попередній операції. Так, як ми розробляємо програму для обробки на токарному верстаті, то потрібно розмістити моделі так, щоб вісі заготовки та деталі співпадали. Зберігаємо готові деталі у форматі *.sat.

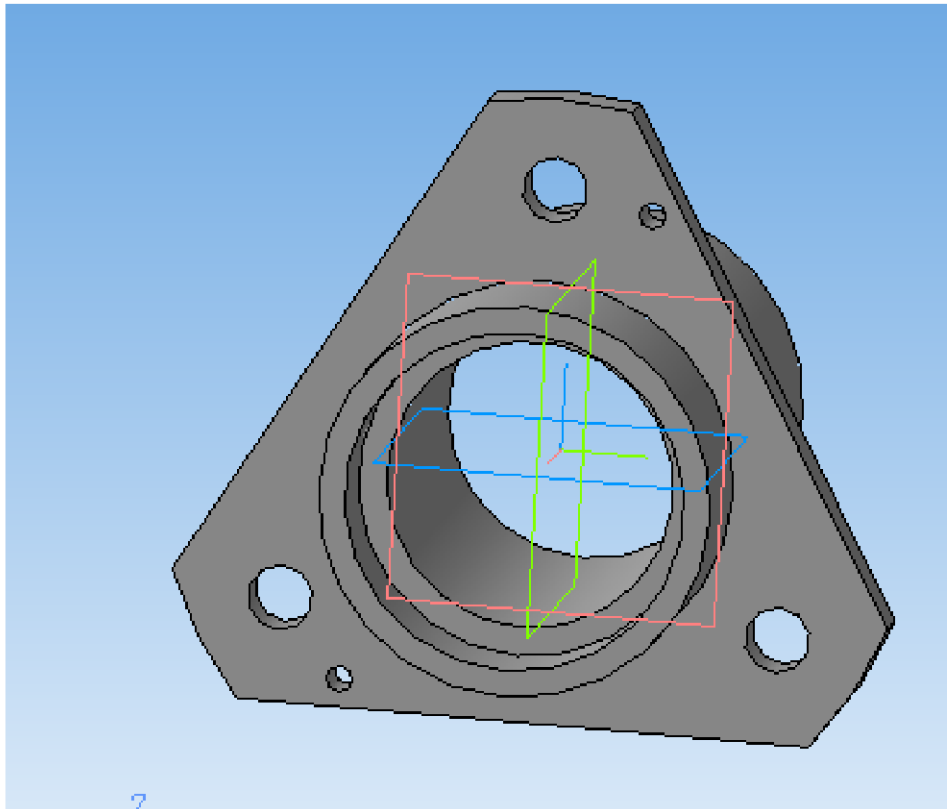


Рисунок 2.3– 3D модель заготовки

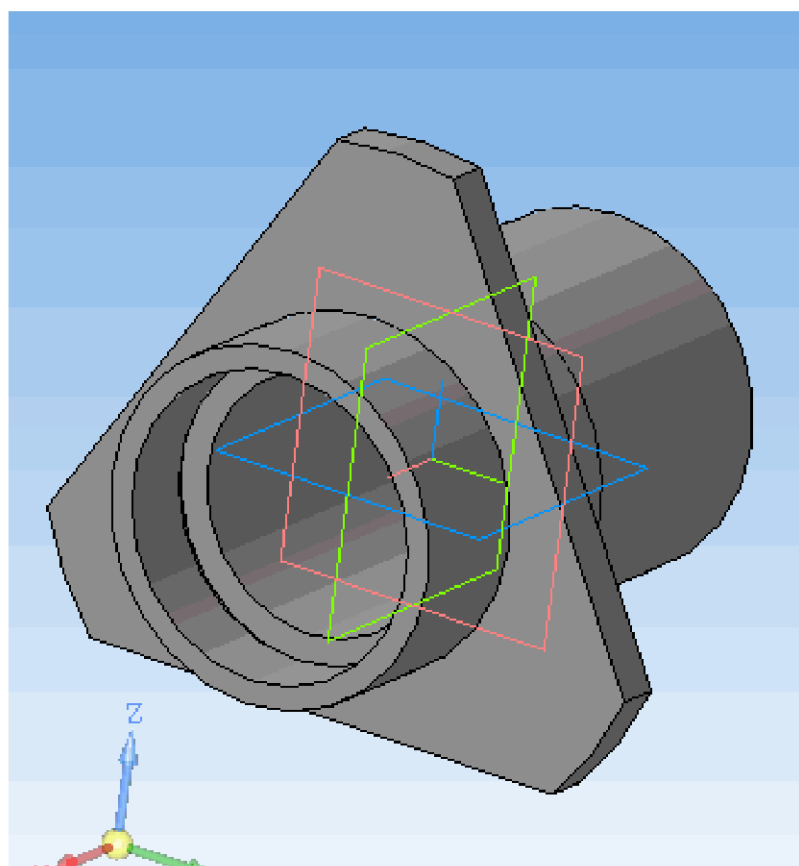


Рисунок 2.4– 3D модель деталі

Для створення керуючої програми використовуємо САМ програму «ADEM 9.0». Після її запуску, в основному вікні програми послідовно імпортуємо файл деталі та заготовки (рис. 2.5).

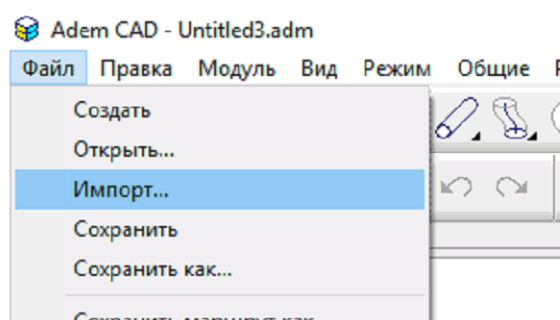


Рисунок 2.5– Імпорт 3-D моделей

Наступним етапом є перехід в модуль Adem CAM/CAPP (рис. 2.6) , який призначений для створення керуючих програм.

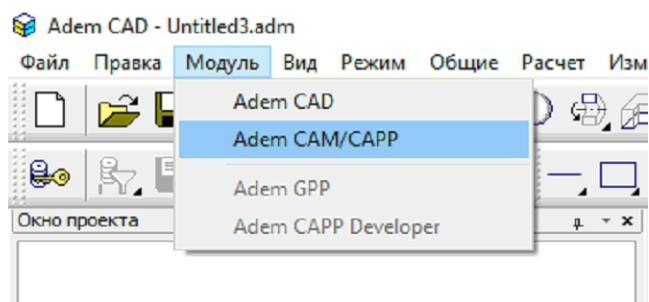


Рисунок 2.6 – Завантаження модуля Adem CAM/CAPP

Наступним кроком є задання початкової точки обробки. Для цього потрібно натиснути кнопку «Початкова точка обробки» на панелі інструментів «Технологічні команди». З'явиться діалог «Початкова точка обробки». Потрібно задати координати цієї точки.

Далі потрібно задати безпечну позицію (точку куди відводиться інструмент перед його змінною). Для цього потрібно натиснути кнопку «Безпечна позиція» на панелі інструментів «Технологічні команди», з'явиться діалог, в якому потрібно ввести необхідні координати. Безпечна позиція знаходиться приблизно 120мм від крайньої точки заготовки.

Останнім кроком є задання тіла заготовки. Для цього потрібно у вікні проекту правою клавішею мишки натиснути на заготовку, та вибрати пункт «Вибрати тіло для заготовки». Натиснути курсором на заготовку (вона повинна змінити колір), а потім середню клавішу мишки (підтвердження виділеного). Далі правою клавішею мишки вибрати пункт зробити невидимим і вибрати заготовку. Це робиться для того, щоб модель заготовки не заважала при створення переходів (рис.2.6).

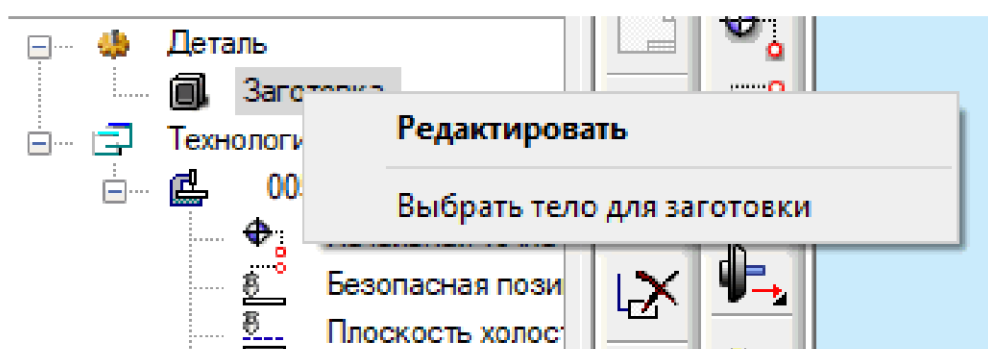


Рисунок 2.7 – Вибір тіла заготовки

Наступним етапом є створення технологічних переходів. Після створення 3 переходів обробки модулюємо програму та отримуємо траєкторію руху, та програму для верстата ЧПК.

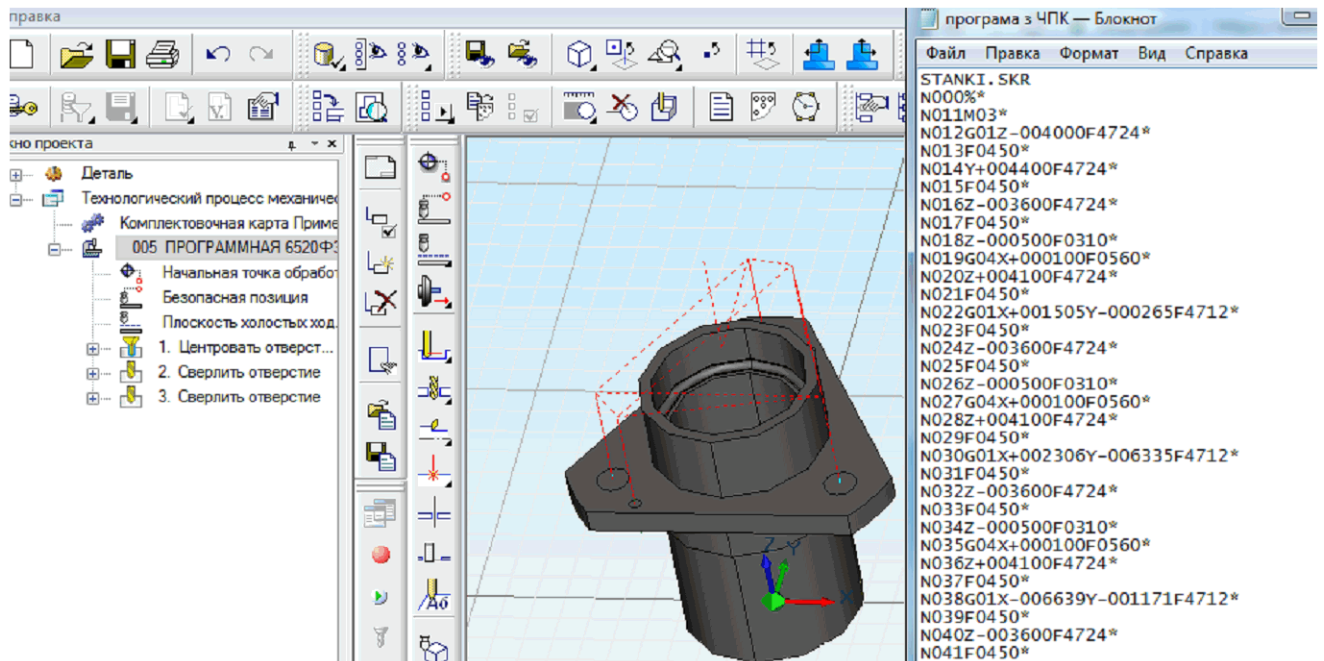


Рисунок 2.8 – Траєкторія руху інструмента, та програма ЧПК

Тепер можна змодельовати роботу верстата та отримати деталь технічного переходу 015

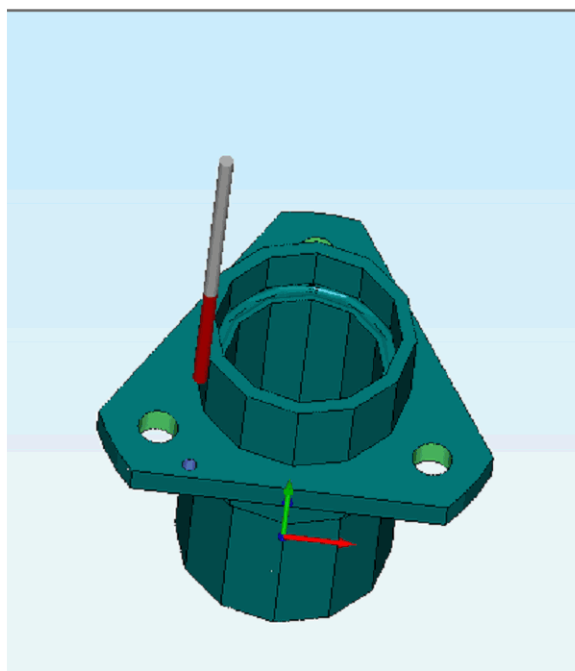


Рисунок 2.9 – Деталь технічного переходу 015

2.3 Розробка та вибір роботизованого технологічного комплексу

У розділі поданому нижче показано вибір основного устаткування, яке використовується на робочому місці РМ

Для початку розглянемо верстат 2Н135Ф2 з ЧПК. Це є універсальний верстат який використовуються у дрібному та серійному виробництві. Через його легкість використані він підходить нам у даній операції. Під час виконання цієї операції верстат буде виконувати такі види обробки як : центрування отворів, та подальше їх свердління.

Технічні характеристики верстата 2Н135Ф2

Найменування параметра – 2Н135Ф2

Основні параметри верстата:

Найбільший діаметр свердління в сталі 45, мм - 35

Найбільший діаметр нарізати різьблення в сталі 45, мм - М24

Найменша і найбільша відстань від торця шпинделя до поверхні стола, мм - 40..600

Відстань від осі вертикального шпинделя до напрямних стійки (виліт), мм - 450

Найбільший діаметр фрези, мм - 100

Найбільша глибина фрезерування, мм - 2

Найбільша ширина фрезерування, мм - 60

Поздовжнє переміщення столу по напрямних санчат (Ось X), мм - 630

Поперечне переміщення санчат по напрямних станини за програмою (Ось Y), мм 360

Найбільше переміщення шпиндельної бабки за програмою (вісь Z), мм - 560

Супорт. Шпиндельна бабка. шпиндель

Частота обертання шпинделя, об / хв 45..2000; 31..1400

Кількість швидкостей шпинделя - 12

Швидкість швидкого переміщення супорта (шпиндельної бабки), м / хв - 4

Кількість подач супорта по осі Z, мм - 18

Подачі супорта, мм - 10..500

Найбільший допустимий крутний момент, Нм – 200

конус шпинделя

Робочий стіл

Розміри робочої поверхні стола, мм - 400 x 710

Максимальне навантаження на стіл (по центру), кг

Число Т-образних пазів Розміри Т-образних пазів - 3

Швидкість швидкого переміщення стола і санчат, м / хв - 7

Швидкість подачі столу і санчат при фрезеруванні, м / хв - 0,22

Мінімальна швидкість переміщення столу, м / хв - 0,05

Точність позиціонування столу і санчат на довжині ходу, мм - 0,05

Система ЧПУ - 2П32-3

Число керованих координат - 3

Число одночасно керованих координат - 2

Дискретність завдання переміщення столу, санчат і супорта, мм - 0,01

Електрообладнання, привід

Електродвигун приводу головного руху, кВт - 3,7

Електродвигун приводу переміщення шпиндельної бабки (супорта), кВт - 1,3

Електродвигун приводу переміщення санчат і столу, кВт - 1,1

Електродвигун приводу обертання револьверної головки, кВт - 0,75

Електронасос охолоджуючої рідини X14-22М, кВт - 0,125

Розмір верстата:

Габарити верстата, мм - 1800 x 2170 x 2700

Маса верстата, кг – 5390

Карту наладки для даної операції представлено додатках

Розрахунок норм часу.

Приведемо приклад розрахунку часових витрат для операції 015. Модель верстата 2Н135Ф2.

Визначення технічних норм часу на операції. Для операції 015 детальне визначення норми часу. Для решти операцій норми часу і їх складові зведені у підсумковій таблиці.

Технічні норми часу в умовах серійного виробництва визначається як норма штучно-калькуляційного часу:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт}, [\text{хв}] \quad (2.1)$$

де $T_{п-з}$ - підготовчо-заклучний час, що для операції 015 в умовах середньосерійного типу виробництва за [3] рівний сумі часу на налагодження верстату та на додаткові прийоми:

$$T_{п-з} = 10 + 2 + 3 + 1 + 3 + 2 + 8 = 30 \text{ (хв);}$$

n - кількість деталей в настоюваній партії, що рівне визначаємо за формулою:

$$n = \frac{N \cdot t}{\Phi} [\text{шт}], \quad (2.2)$$

де N – річна програма випуску деталей, $N = 4500$ шт.;

t – кількість днів запасу деталей на складі, $t = 10$ день;

Φ – кількість робочих днів в року, $\Phi = 252$ дні;

Тоді $n = \frac{4500 \cdot 10}{252} = 178,6 = 179$ деталей;

$T_{шт}$ - норма штучного часу, що визначається за формулою:

$$T_{шт} = T_0 + T_е + T_{об} + T_{от}, [\text{хв}] \quad (2.3)$$

де T_0 - основний час, що рівний для операції 015 за формулами з [3]:

Таблиця 2.1.– Розрахунок основного часу

15	1.Центрувати отвори $\emptyset 4, \emptyset 11$	$T_0 = 0,52 \cdot d_1 = 0,52 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 8 + 0,52 \times 11 \cdot 3 \cdot 8 = 0,17$
	2. Свердлими отвори $\emptyset 4$	$T_0 = 0,52 \cdot d_1 = 0,52 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 8 = 0,03$
	3. Свердлими отвори $\emptyset 11$	$T_0 = 0,52 \cdot d_1 = 0,52 \cdot 11 \cdot 3 \cdot 8 = 0,14$
		$\sum T_0 = 0,34$ хв

T_g - допоміжний час, що можна знайти за формулою:

$$T_g = T_{y.c} + T_{z.o} + T_{yn} + T_{uz}, \text{ [хв]} \quad (2.4)$$

де $T_{y.c}$ - час на установку і зняття деталі, що рівний 0,25 хв.;

$T_{z.o}$ - час на закріплення і розкріплення деталі, що рівний 0,1 хв.;

T_{yn} - час на прийоми управління, що рівний 0,4 хв.;

T_{uz} - час на вимірювання деталі, що рівний 0,1 хв.;

$$\text{Тоді } T_g = 0,25 + 0,1 + 0,4 + 0,1 = 0,85 \text{ хв.};$$

T_{ob} - час на обслуговування робочого місця, що визначається за формулою:

$$T_{ob} = 7\% \cdot (T_0 + T_g) = 0,07 \cdot (0,34 + 0,85) = 0,083 \text{ (хв.)};$$

T_{om} - час на відпочинок і особисті потреби, що визначаємо за формулою:

$$T_{om} = 5\% \cdot (T_0 + T_g) = 0,05 \cdot (0,34 + 0,85) = 0,059 \text{ (хв.)};$$

Тоді матимемо наступне значення штучного часу:

$$T_{шт} = 0,34 + 0,85 + 0,083 + 0,059 = 1,332 \text{ (хв.)};$$

Штучно-калькуляційний час матиме значення:

$$T_{шт-к} = \frac{30}{179} + 1,332 = 1,5 \text{ (хв.)}.$$

Аналогічним способом визначаємо норми часу на інші поверхні деталі та отриманий результат заносимо до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Звідна таблиця технічних норм часу по операціям

Номер і найменування операції	T_o , хв	T_6 , хв			$T_{об}$, хв	$T_{от}$, хв	$T_{шт}$, хв	$T_{п-з}$, хв	n	$T_{шт-к}$, хв
		$T_{у.с} + T_{з.о}$	$T_{у.л}$	$T_{из}$						
Токарно з ЧПК 005	6,35	0,35	0,4	0,1	0,504	0,36	8,06	30	179	8,3
Токарно з ЧПК 005	1,42	0,35	0,4	0,1	0,16	0,114	2,54	30	179	2,7
Свердлильна з ЧПУ	0,34	0,35	0,4	0,1	0,083	0,059	1,33	30	179	1,5

Загальний час на обробку деталі становитиме:

$$T_{заг} = 8,3 + 2,7 + 1,5 = 12,5 \text{ (хв.)}.$$

2.3.1 Вибір промислового робота (ПР) для РМ

Технічні характеристики робота

Зовнішній вигляд

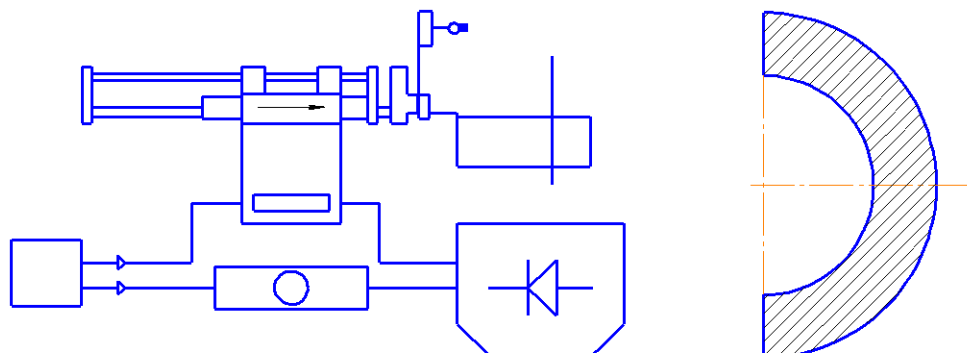


Рисунок 2.10 – схема робота

Технічні характеристики занесені в таблицю 2.3

Таблиця 2.3 – технічні характеристики ПР

№	Назва характеристики	Параметри
1	кількість робочих осей	6(вперед-назад,верх-низ,право-ліво)
2	Точність позиціювання	±0,3 мм
3	Кількість датчиків	8 шт.
4	Максимальна вагопідйомність	10 кг
5	Максимальне видовження захвату	510-600 мм
6	Максимально підйом захвату	0-100 мм
7	Кут повороту відносно вертикальної осі	210 градусів
8	Швидкість руху захвату по горизонтальній осі	0,6 м/с
9	Швидкість руху захвату по вертикальній осі	0,3 м/с
10	Швидкість повороту	90 град/с
11	Сила затиску захвата	900 Н
12	Тип привода	Пневматичний
13	Робочий тиск	0,4 МПа
14	Схема управління	Електронна, циклова
15	Система управління	Інтегральні мікросистеми
16	Робоча напруга	24 В
17	Габаритні розміри	1530×690×975 мм
18	Маса	50 кг.

2.3.2 Проектування (вибір) захватного пристрою

Розрахунок зусиль затиску захватного органу промислового робота Зусилля захоплення визначають з припущення, що утримання об'єкту маніпулювання відбувається за рахунок сил тертя, створюваних цим зусиллям:

$$F = K_1 K_2 K_3 mg \text{ [Н]} \quad (2.5)$$

де m – маса об'єкту маніпулювання;

g – прискорення вільного падіння;

K_1 – коефіцієнт безпеки, $K_1 = 1,2 - 2,0$. Приймаємо $K_1 = 1,2$; 20

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

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

де θ – кут $\theta = 120/2 = 60^\circ$

μ – коефіцієнт тертя між об'єктом маніпулювання і губками. $\mu = 0,16$

$$K_3 = \sin\theta / (2 \cdot \mu) = (\sin 60^\circ) / (2 \cdot 0,16) = 2,7;$$

$$F = 1,2 \cdot 2 \cdot 2,7 \cdot 1,12 \cdot 9,8 = 71,12 \text{ (Н)};$$

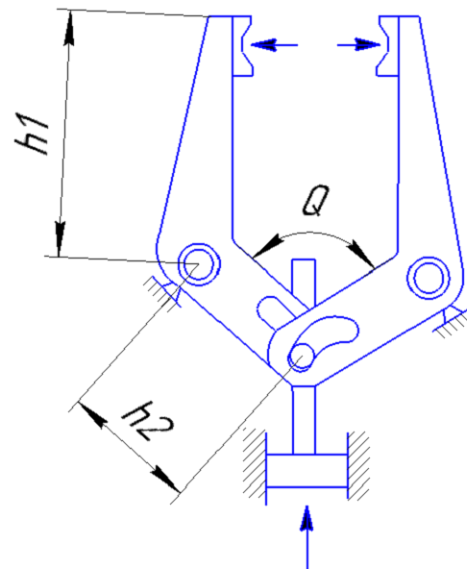


Рисунок 2.11- Схема механічного затискного пристрою

Зусилля затиску для вибраної схеми:

$$\frac{P}{F} = \frac{h_1}{h_2} \cdot 2 \sin\theta \quad (2.6)$$

звідки

$$P = \frac{h_1}{h_2} \cdot 2 \sin \theta \cdot F \quad (2.7)$$

При конструюванні ЗП приймаємо $h_1=0,15\text{м}$ $h_2=0,1$ кут $\theta/2=60^\circ$

$$P = (0.15/0.1) \cdot 2 \sin 60^\circ \cdot 71,12 = 184,77(\text{Н})$$

Визначимо діаметр поршня Для циліндра односторонньої дії [4] в

$$F = p_B \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (2.8)$$

де p_B – робочий тиск повітря в системі. Приймаємо $p_B=0,4 \text{ МПа}=0,4 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$,

D – діаметр поршня;

F_T – сила тертя в ущільненнях (до 10% від зусилля, що розвивається).

Приймаємо $F_{TP}=15 \text{ Н}$;

F_{IP} – зусилля створюване пружиною (в кінці ходу до 10% від зусилля, що розвивається). Приймаємо $F_{IP}=15 \text{ Н}$.

Звідки

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot (F + F_T + F_{IP})}{\pi \cdot p_B}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (184,77 + 15 + 15)}{\pi \cdot 0,4 \cdot 10^6}} = 26,6(\text{мм})$$

Приймаємо найближчий стандартний діаметр поршня $D=32 \text{ мм}$

2.3.3. Вдосконалення системи керування промислового робота

Для модернізації системи керування ПР, використовуємо систему Arduino.

Arduino (Ардуіно) – це платформа яка була створення для аматорського конструювання, маючи в основі плату з мікроконтролером, та середовище програмування на основі мови програмування C+ та C++.

Для даного проекту була вибрана саме ця платформа, адже вона виконує всі задачі які нам потрібні для керування системою ПР.

Існує багато видів даних платформ, як і оригінальних так і схожі на них. Нижче розглянемо декілька представників.

Arduino UNO

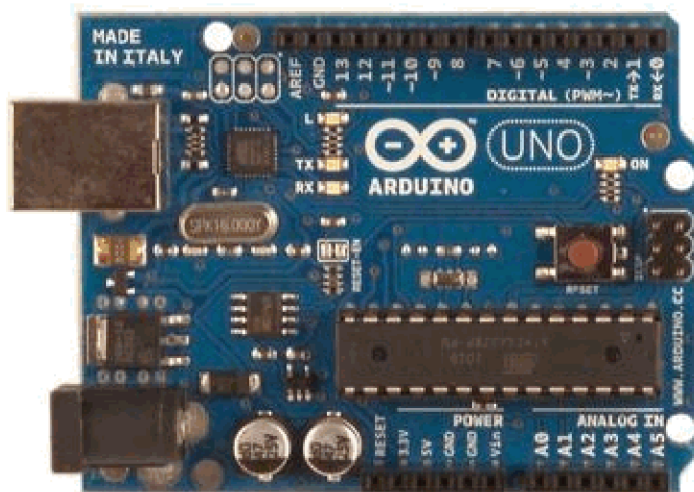


Рисунок 2.12 - Arduino UNO

Основні технічні характеристики:

- Мікроконтролер ATmega328;
- Перетворювач USB-UART;
- Робоча напруга 5В;
- Кількість цифрових входів/виходів – 14;
- Кількість аналогових входів -6;
- Flash-пам'ять - 32 КБ (ATmega328) .

Arduino Leonardo

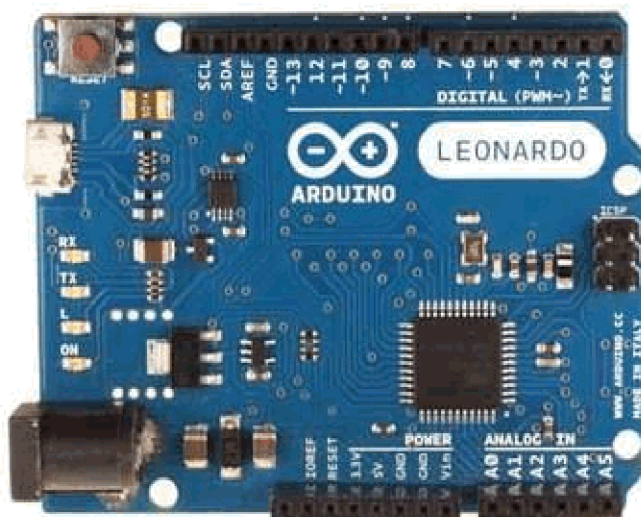


Рисунок 2.13 - Arduino Leonardo

Основні технічні характеристики:

- Мікроконтролер ATmega32u4;
- Перетворювач USB;
- Робоча напруга 5В;
- Кількість цифрових входів/виходів – 20;
- Кількість аналогових входів -12;
- Flash-пам'ять - 32 КБ (ATmega32u4).
- Arduino MEGA 2560

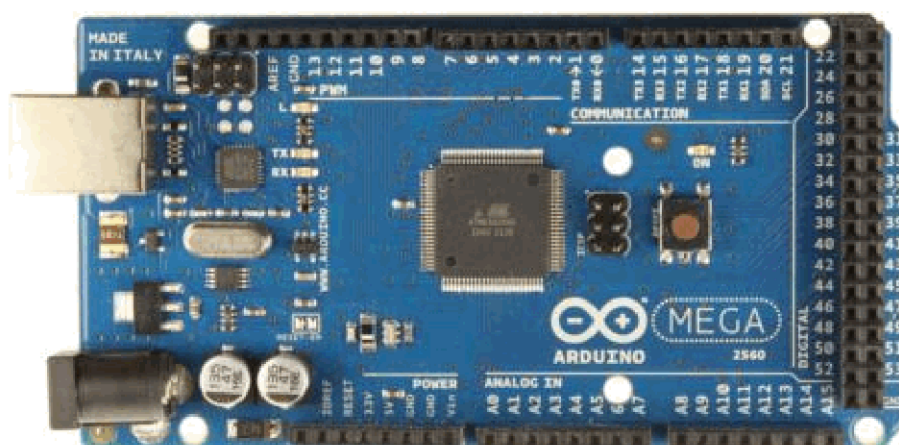


Рисунок 2.14 - Arduino MEGA 2560

Основні технічні характеристики:

- Мікроконтролер ATmega2560;
- Перетворювач USB;
- Робоча напруга 5В;
- Кількість цифрових входів/виходів – 54;
- Кількість аналогових входів -16;
- Flash-пам'ять - 256 КБ (ATmega2560).

ArdinoNano

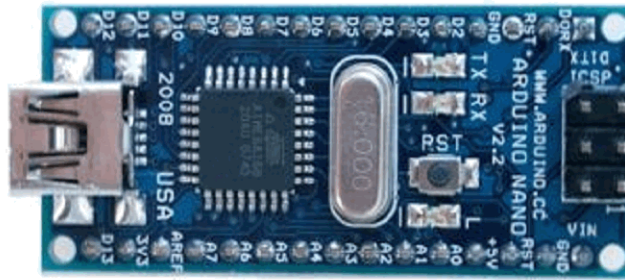


Рисунок 2.15 - ArdinoNano

Основні технічні характеристики:

- Мікроконтролер ATmega168;
- Перетворювач mini-USB;
- Робоча напруга 5В;
- Кількість цифрових входів/виходів – 14;
- Кількість аналогових входів -8;
- Flash-пам'ять - 16 КБ (ATmega168).

Для даного проекту вибираємо Arduino MEGA 2560, але в нашому випадку це буде якісна копія XINDA MEGA 2560, яка має всі ті самі технічні характеристики як і оригінальна.

2.3.4 Алгоритм роботи та програмування ПР

Метою даного розділу є визначення всіх часів необхідних для виконання операції. Результат розрахунків покажемо за допомогою циклограми функціонування РТК.

Для розрахунку часу на кожний перехід використовуємо наступні формули:

$$t_1 = \frac{\varphi}{\omega} [c] \quad (2.9)$$

$$t_1 = \frac{l}{v} [c] \quad (2.10)$$

Де φ - кути поворотів механізмів.

l - лінійні переміщення механізмів

ω v - швидкості кутового і лінійного переміщення по відповідній координаті.

$$t_{01} = \frac{0.6}{0,5} = 1.2(c);$$

$$t_{12} = \frac{0.15}{0,13} = 1.15 (c);$$

$$t_{23} = \frac{0.15}{0,13} = 1.15 (c);$$

$$t_{34} = \frac{0.6}{0,5} = 1.2 (c);$$

$$t_{45} = \frac{90}{30} = 3 (c);$$

$$t_{56} = \frac{0.6}{0,5} = 1.2 (c);$$

$$t_{67} = \frac{0.15}{0,13} = 1.15 (c);$$

$$t_{78} = \frac{0.15}{0,13} = 1.15(c);$$

$$t_{89} = \frac{0.6}{0,5} = 1.2(c);$$

$$t_{9\ 10} = \frac{90}{30} = 3 (c).$$

Таблиця 2.4 – Алгоритм роботи РТК

Дія	Коментар	Величина переміщення, мм(град)	Швидкість переміщення, м/с, °/с	Час, с
1	2	3	4	5
Захоплення заготовки	Переміщення руки вперед	600	0,5	1.2
	Переміщення руки вниз	150	0,13	1.15
	Затиск заготовки захватом	-		0,5
	Переміщення руки вгору	150	0,13	1.15
	Переміщення руки назад	600	0,5	1.2
Сума	-			5.2
Встановлення заготовки на верстат	Поворот руки проти год. стрілкою	90°	30°	3
	Переміщення руки вперед	600	0.5	1,2
	Переміщення руки вниз	150	0.13	1,15
	Розтиск заготовки захвата ПР	-		0,5
	Переміщення руки вгору	150	0,5	1,15
	Переміщення руки назад	600	0,5	1,2
Сума				8,2
Верстат	Затискання заготовки на верстатному пристосуванні	-		5

	Обробка заготовки	-		36
	Розтискання заготовки на верстатному пристосуванні	-		5
Сума				46
Зняття заготовки з верстата	Переміщення руки вперед	600	0,5	1.2
	Переміщення руки вниз	150	0,13	1.15
	Затиск заготовки захватом	-		0,5
	Переміщення руки ввєрх	150	0,13	1.15
	Переміщення руки назад	600	0,5	1.2
Сума	-			5,2

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5
Переміщення заготовки до місця складання готових деталей	Поворот руки проти год. стрілкою	90°	30°	3
	Переміщення руки вперед	600	0,5	1,2
	Переміщення руки вниз	150	0,13	1,15
	Розтиск заготовки захватом	-		0,5
	Переміщення руки ввєрх	150	0,5	1,15
	Переміщення руки назад	600	0,5	1,2
Сума	-			8,2
Повернення руки ПР в початкове положення	Поворот руки за год. стрілки	90°	30°	3
Сума	-	-		3
Тактовий стіл	Переміщення на одну позицію	90°	30°	3

Один цикл роботи РТК становить 66,7 секунд.

Схематично алгоритм дивитись в додатки

Програмування Arduino MEGA 2560

Для виконання даного алгоритмам, використовується наступна програма

```
void setup() {
  pinMode(22,OUTPUT); // циліндер, рух вперед
  pinMode(23,OUTPUT); // циліндер, рух назад
  pinMode(24,OUTPUT); // циліндер захвата, рух вниз
  pinMode(25,OUTPUT); // циліндер захвата, рух у верх
  pinMode(26,OUTPUT); // захвата, затиск
  pinMode(53,INPUT); // датчик руху циліндра вперед
  pinMode(51,INPUT); // датчик руху циліндра назад
  pinMode(49,INPUT); // датчик руху циліндра захвата вниз
  pinMode(47,INPUT); // датчик руху циліндра захвата у верх
  pinMode(45,INPUT); // датчик затиску захвату
}

void loop() {
  Start:
  digitalWrite(22, 0);
```

```
if (digitalRead(53) == 1)
{
    digitalWrite(22, 1);
    digitalWrite(24, 0);
}
else
{
    digitalWrite(22, 0);
}
if (digitalRead(49) == 1)
{
    digitalWrite(26, 0);
    digitalWrite(24, 1);
}
else
{
    digitalWrite(24, 0);
}
if (digitalRead(45) == 1)
{
    digitalWrite(25, 1);
}
else
{
    digitalWrite(26, 0);
}
if (digitalRead(47) == 1)
{
    digitalWrite(23, 0);
    digitalWrite(25, 1);
```

```
    }  
    else  
    {  
        digitalWrite(23, 0);  
    }  
if (digitalRead(47) == 1)  
{  
    digitalWrite(23, 0);  
    digitalWrite(25, 1);  
}  
else  
{  
    digitalWrite(23, 0);  
}  
if (digitalRead(51) == 1)  
{  
    goto Start;  
}
```

2.3.5 Побудова та розрахунок траєкторій руху елементів ПР

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

Таблиця 2.5– Елементи траєкторії переміщення захватного пристрою

Елемент траєкторії	Коментар	Величина переміщення, мм(град)
r0 1.	Переміщення руки вперед	600
z 1 2	Переміщення руки вниз	150
-	Затиск заготовки захватом	-
z2 3,	Переміщення руки вверху	150
r3 4,	Переміщення руки назад	600
φ 4 5.	Поворот руки проти год. стрілкою	90°
r 5 6.	Переміщення руки вперед	600
z 6 7	Переміщення руки вниз	150
-	Розтиск заготовки захватом	-
z 7 8	Переміщення руки вверху	150
r 8 9,	Переміщення руки назад	600
φ9 10.	Поворот руки за год. стрілки	90°

Представимо на рис. 2.15 фрагменти траєкторії переміщення ПР

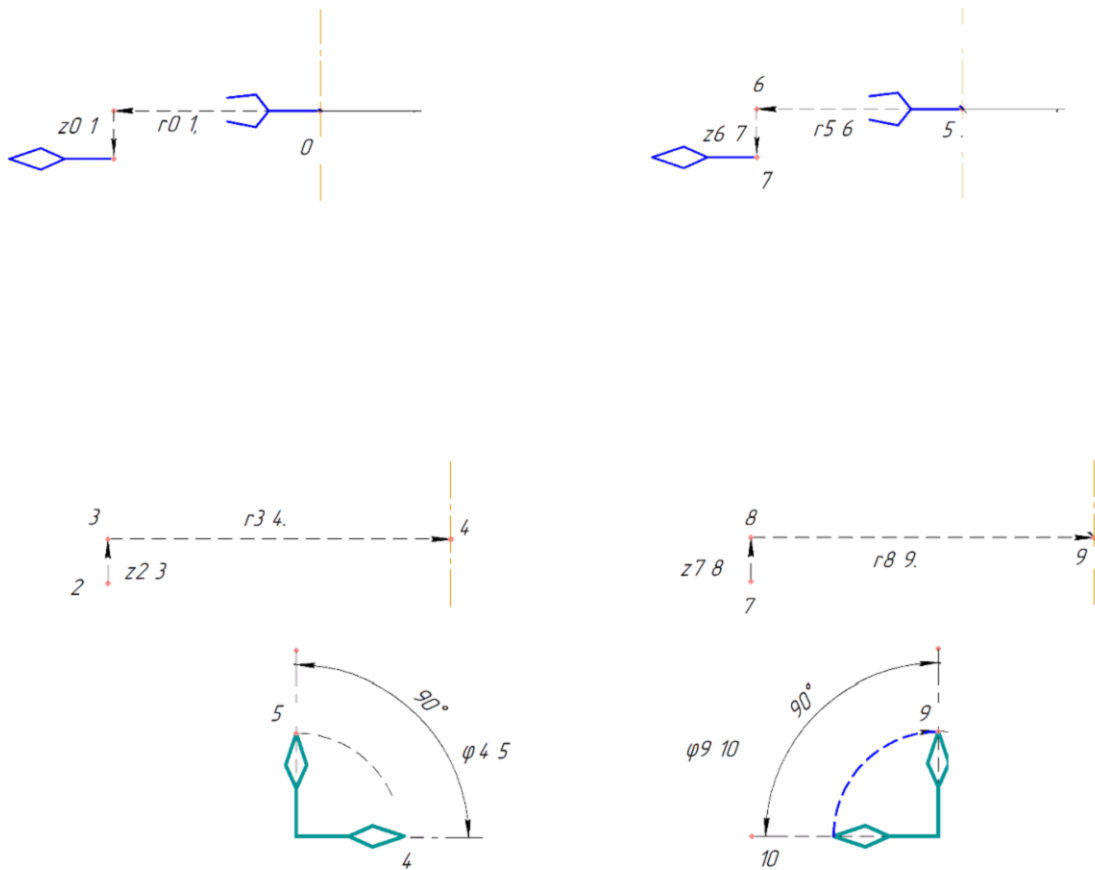


Рисунок 2.15 - Фрагменти траєкторії переміщення ПР

2.3.6. Вибір допоміжного устаткування для роботизованого технологічного комплексу

Для забезпечення безперервної подачі заготовок до робота з певною частотою та необхідною орієнтації в просторі призначаємо тактовий стіл СТ 220

Який має наступну конструкцію:

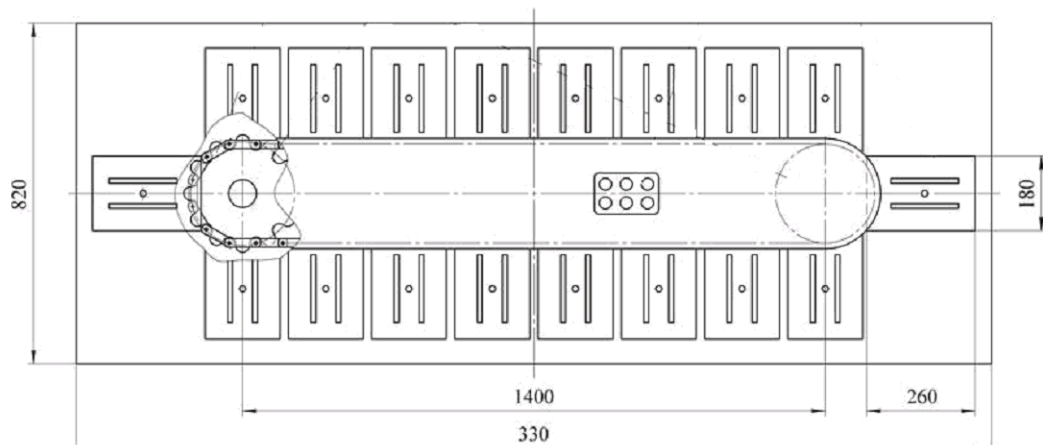


Рисунок 2.16 - Тактовий стіл СТ 220

Заготовка на тактовому столі матиме наступну орієнтацію

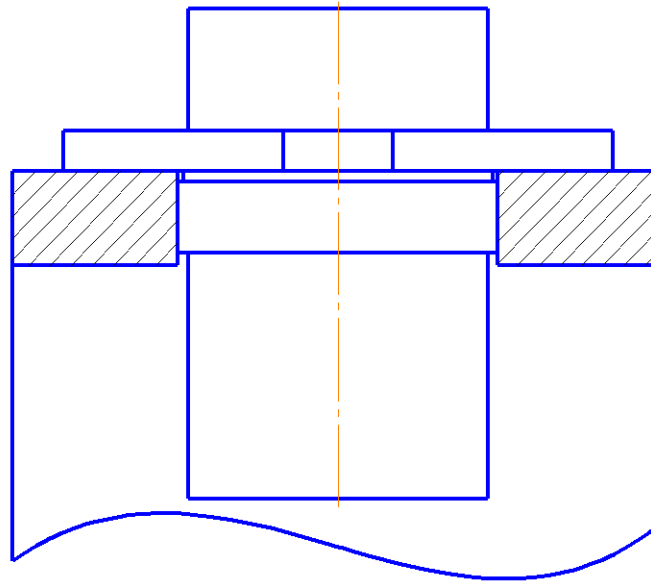


Рисунок 2.17 - Орієнтація заготовки

2.3.7 Аналіз можливих варіантів компоновок роботизованого технологічного комплексу

Аналіз можливих варіантів компоновок роботизованого технологічного комплексу

Проаналізувавши варіанти компоновок роботизованого технологічного комплексу було прийнято варіант з кільцевою установкою. Вибраний варіант дозволить зменшити шлях переміщень (у порівнянні з лінійною компоновкою де робот рухається по направляючим від пристрою подачі заготовок до верстата та пристроя для складання деталей) та дозволить використати робота з двома виконавчими роботами що дозволить збільшити продуктивність та зменшити частку допоміжного часу наобробку.

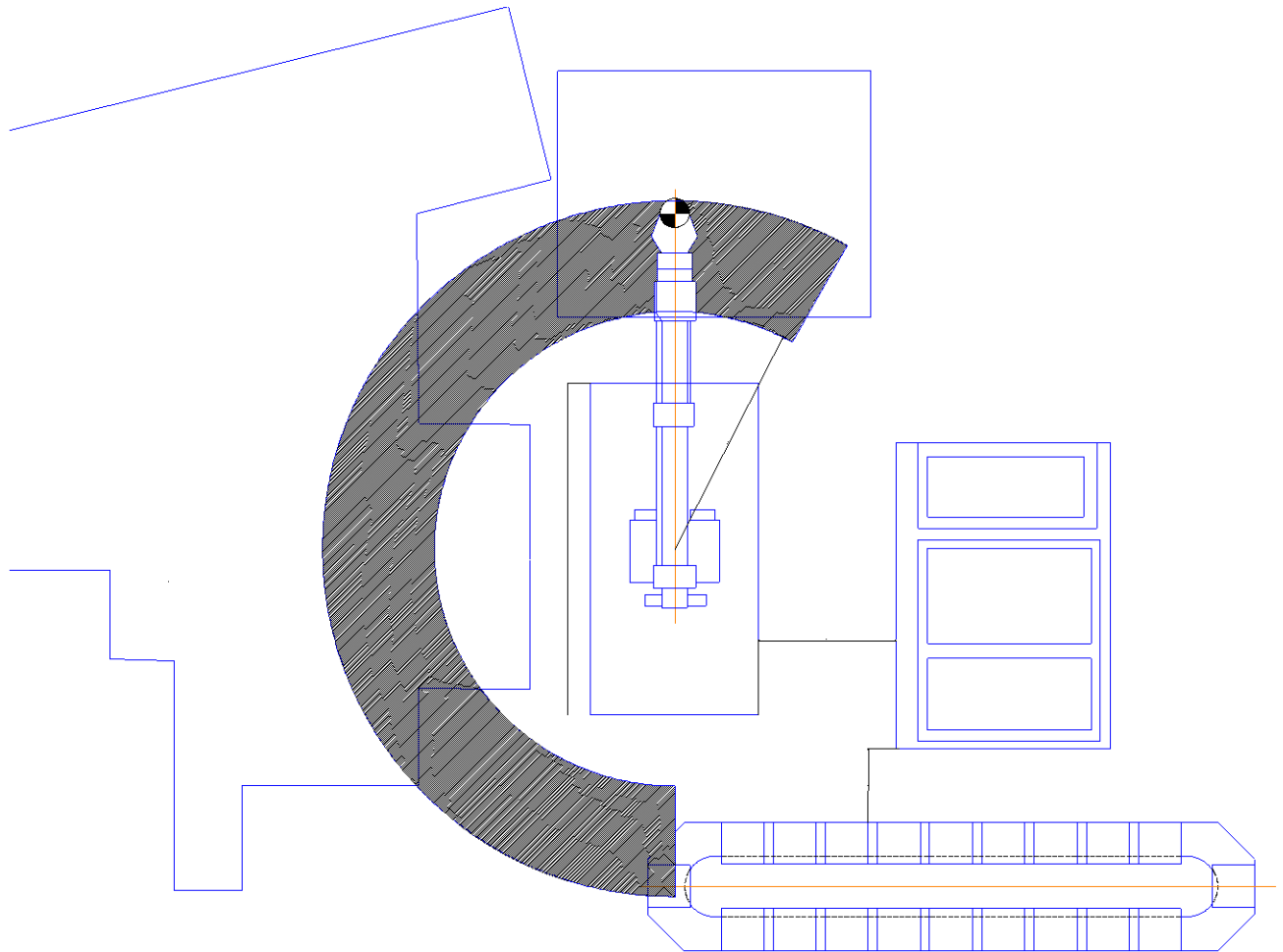


Рисунок 2.17 - Кільцева схема

2.3.8 Розрахунок допустимих швидкостей переміщення заготовки (деталі)

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

$$V_x = \frac{2 \cdot L_x \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, [\text{м/с}] \quad (2.11)$$

де L_x - виліт руки ПР;

Δl - погрішність позиціонування;

M - маса об'єкту маніпулювання (маса заготовки, деталі), $m_{\text{зар}} = 1.12$ кг

$$V_x = \frac{2 \cdot 1,888 \sqrt[4]{0.4}}{\sqrt[3]{1.12}} = 2,89 (\text{м/с})$$

Оскільки максимальна швидкість яку може забезпечити робот 0,5 м/с то приймаємо 0,5м/с

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

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

L_z - довжина шляху при вертикальному переміщенні, м;

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

$$V_z = \frac{2 \cdot \sqrt{0.15} \cdot \sqrt[4]{0.4}}{\sqrt[3]{1.12}} = 0.59(\text{м/с})$$

Кутова швидкість при повороті руки ПР щодо вертикальної осі:

$$\omega = \frac{0.5 \sqrt{\varphi} \cdot \sqrt[4]{\delta}}{\sqrt[3]{(2 \cdot L_x)^4}} \quad (2.13)$$

де δ – погрішність кутового позиціонування, с;

φ – кут повороту руки (120°), рад.;

$$\delta = \frac{\Delta l}{L_x} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot 3600 = \frac{0.0001}{1.888} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot 3600 = 10,93(\text{с})$$

$$\omega = \frac{0.5 \sqrt{2.1} \cdot \sqrt[4]{10,39}}{\sqrt[3]{(2 \cdot 1.888)^4}} = 0.30(\text{рад/с})$$

Приймаємо значення швидкості кутового переміщення 0,30 рад/с.

2.3.8 Визначення основних показників роботизованого технологічного комплексу

Основні показники, що характеризують роботу РТК наступні: циклова продуктивність $Q_{ц}$; коефіцієнт відносної завантаженості ПР $K_{гр}$; 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:

$$Q_{ц} = \frac{1}{T_p}; \quad (2.14)$$

де T_p - тривалість робочого циклу, $T_p = 66,7$ с (тому що руки робота працюють одночасно);

$$Q_{ц} = \frac{1}{66,7} = 0,013.$$

Коефіцієнт відносної завантаженості $K_{гр}$

$$K_{гр} = \frac{P_{ср}}{P}; \quad (2.15)$$

де $P_{ср}$ - середнє значення робочого навантаження, $P_{ср} = 1,12$ кг;

P - вантажопідйомність робота, $P = 6$ кг;

$$K_{гр} = \frac{1,12}{6} = 0,19.$$

Коефіцієнт використання $K_{вр}$

$$K_{вр} = \frac{T_{ПР}}{T_p}; \quad (2.16)$$

де $T_{\text{цп}}$ - час роботи ПР за робочий цикл, $T_{\text{цп}} = 28,96$ с;

$$K_{\text{вр}} = \frac{16,4}{66,6} = 0,246.$$

Коефіцієнт використання основного устаткування $K_{\text{во}}$

$$K_{\text{во}} = \frac{T_{\text{о}}}{T_{\text{р}}}; \quad (2.17)$$

де $T_{\text{о}}$ - час роботи основного устаткування за робочий цикл, $T_{\text{о}} = 46$ с;

$$K_{\text{вр}} = \frac{46}{66,7} = 0,69.$$

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

2.3.9 Стенд для дослідження роботи промислового робота та характеристик його роботи

Таблиця 2.6 – Стенд роботи ПР

Робот	ПМР -0,5-200кв
Система керування	Arduino Mega 2560
Мова програмування	C/C++ з бібліотекою AVR Libc

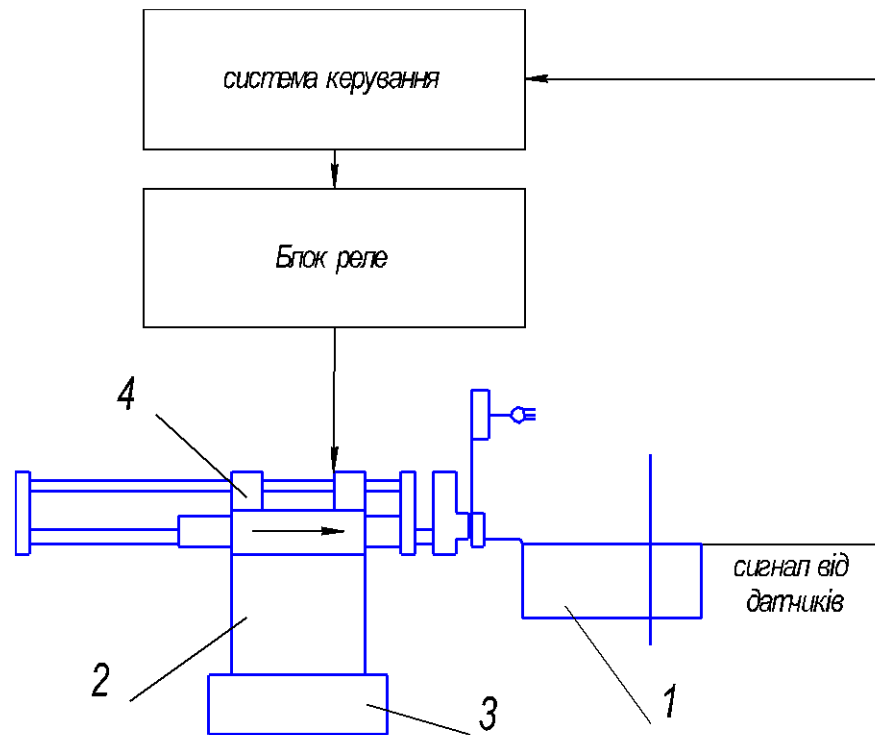


Рисунок 2.18 – схема станда роботи ПР

- 1 – захватний пристрій
- 2 – стійка
- 3 – поворотний механізм
- 4 – рука

Опис роботи станда:

Завантажуємо програму роботи у систему керування, на плату Arduino MEGA 2560 через USB тип В.

2.4 Висновок до розділу

Для створення тривимірної деталі, та програми для верстатів ЧПК було використано сучасні програми такі як Компас 3D та ADEM.

Під час проектування роботизованого робочого місця механічної обробки заготовки деталі «Корпус», було вибраний верстат 2Н135Ф2 з ЧПК. Розраховані технічні норми часу та загальний час на обробку деталі, який складає $T_{\text{заг}} = 12,5$ хв. Прийнято плата управління робота XINDA MEGA 2560, розроблено алгоритм роботи РТК та програма роботи РТК. Визначено час роботи одного циклу РТК становить 66.7 секунд.

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.

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

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

Таблиця 3.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Пурдик В.П.	Петров О.В.	Сухоруков С.І.
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	2
2	1	2	2
3	2	2	3
4	2	2	2
5	3	2	3
6	2	3	2
7	2	2	2
8	3	3	3
9	1	3	2
10	2	3	4
11	3	3	3
12	3	4	3
Сума балів	СБ ₁ =25	СБ ₂ =32	СБ ₃ =31
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_1^3 СБ_i}{3} = \frac{25 + 32 + 31}{3} = 29$		

Згідно 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 ефективно 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:

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

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.;

$K_{\text{с}}$ – витрати на інструменти, 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_{ni} – місячний посадовий оклад конкретного розробника, грн.;

t_i – число днів роботи конкретного розробника, грн.;

T_p – середнє число робочих днів в місяці, $T_p = 21 \dots 22$ дні (приймаємо 21).

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	15000	750	21	15750
Інженер-технолога	10000	500	10	5000
Технік	7000	350	11	3850
Всього				$Z_0 = 24600$

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

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

де C_i – 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.;

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

де M_M – розмір мінімальної місячної заробітної плати, грн. (4173 грн.) :

K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду. Величина чинних тарифних коефіцієнтів робітників відповідних розрядів для бюджетної сфери наведена в [19];

T_p – середнє число робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 21 \dots 22$ дні;

t_{zm} – тривалість зміни, год.

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

Результати розрахунків представлені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт (механічна обробка на верстаті)	Трудомісткість, год.	Коефіцієнт	Розряди робіт	Погодинна тарифна ставка	Величина оплати, грн.
Токарно револьверна з ЧПК (налагодження)	0.1383	1,37	4 ($K_i = 1,5$)	37,258	7,059
Токарно- револьверна з ЧПК (налагодження)	0.045	1,37	4 ($K_i = 1,5$)	37,258	2,297
Вертикально- свердлильна з ЧПК (налагодження)	0.025	1,37	3 ($K_i = 1,2$)	29,807	1,021
Всього					$Z_p = 10,377$

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

$$Z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}} (Z_p + Z_o) = 0,12 \cdot (10,377 + 24600) = 2953,25 \text{ (грн.)}$$

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

$$Z_H = H_{zn} (Z_p + Z_o + Z_{\text{дод}}) = 0,22(10,377 + 24600 + 2953,25) = 6061,8 \text{ (грн.)}$$

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

$$A_{обл} = \frac{Ц \cdot T_{\phi}}{T_K \cdot 12}, \quad (3.5)$$

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

T_{ϕ} – термін використання обладнання, приміщень тощо, місяців;

T_K – термін корисного використання, років.

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	20	1	375
Вироб. прим.	250000	20	1	1041,66
Комп'ютери	12000	4	1	250
Токарний НТ-160	100000	10	1	1562
Свердлильний 2Н135Ф2	65000	10	1	541,7
Всього:				$A_{обл} = 3770,36$

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

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot Ц_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot Ц_{\phi j}, \quad (3.6)$$

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

n – кількість видів матеріалів;

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

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j=1,1\dots1,15$);

B_j – маса відходів j -го найменування, кг;

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

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу	Ціна	Витрат	Величина відходів,	Ціна відходів, грн.	Коеф.	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Чавун	20 грн/кг	2,684 кг	1,574 кг	3	1,1	54,326
Папір офісний	1 грн/шт	100 листоків	20 шт	0,5	1,1	99
Кон.обладнання (олівець, ручка, гумка, лінійка)	50 грн/шт	1 шт.	0	-	1,1	60,5
						213,83

Витрати на інструменти, які використовують при виробництві нового технічного рішення, розраховуються за формулою:

$$B_i = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j \text{ [грн]}, \quad (3.7)$$

де H_j – кількість інструментів;

C_j – покупна ціна інструментів (без ПДВ);

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j=1,1\dots1,15$).

Таблиця 3.7 – Витрати на інструменти

Найменування інструменту	Кількість	Ціна за штуку, грн.	Сума, грн.
Різець торцевий №1	2	30,0	60,0
Різець розточувальний упорний №2	2	40,0	80,0
Різець розточувальний №3	2	40,0	80,0
Різець канавочний №4	2	40,0	80,0
Різець канавочний №5	2	40,0	80,0
Різець прохідний №6	2	40,0	80,0
Різець прохідний упорний №7	2	40,0	80,0
Різець фасоний №8	2	40,0	80,0
Зенківка	1	40,0	40,0
Свердлило спіральне	1	15,0	15,0
Свердлило спіральне	1	15,0	15,0
Всього			690,0

Враховуючи коефіцієнт витрат на транспортування витрати на інструменти дорівнюватимуть $K_e = B_i \cdot 1,1 = 690 \cdot 1,1 = 759$ грн.

Витрати на силову електроенергію для розробки технологічного процесу розраховуються за формулою:

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

де B – вартість 1 кВт-год. Електроенергії ($B = 2,59$ грн./кВт, кВт згідно із тарифами ПАТ «Вінницяобленерго» для промислових та прирівняних до них споживачами з приєднаною потужністю до 750 кВА 2-го класу);

P – установлена потужність обладнання, кВт;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, годин;

K_{Π} – 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.
Комп'ютерна техніка	1	176	0,7	319,1
Верстати та інше обладнання	30	0.029	0,9	2,03
				$B_e = 321,13$

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

$$B_{in} = 2 (Z_p + Z_o) = 2 \cdot (10,377 + 24600) = 49220,76 \text{ (грн.)}$$

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

$$K = 10,377 + 24600 + 2953,25 + 6061,8 + 3770,36 + 213,83 + 759 + \\ + 321,13 + 27659,6 + 49220,78 = 115570,13 \text{ (грн.)}$$

Виконуємо розрахунок загальних витрат на виконання даної роботи.

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

$$B_{заг} = \frac{B_{in}}{\alpha} \text{ [Грн]}, \quad (3.9)$$

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

Тоді

$$B_{\text{заг}} = \frac{B_{\text{ин}}}{\alpha} = \frac{49220,76}{0,9} = 54689,7 \text{ (грн.)}.$$

Виконуємо прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів виконаної наукової роботи. Прогнозування загальних витрат $3B$ на виконання та впровадження результатів виконаної наукової роботи здійснюється за формулою:

$$3B = \frac{B_{\text{заг}}}{\beta} = \frac{49220,76}{0,7} = 70315,37 \text{ (грн.)}$$

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

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

Приблизний час виробництво виробу в рік $T_{\text{вир}}$ (за умови використання в одну зміну) складає 936 год. ($T_{\text{вир}} = 0,208 \text{ год} \times 4500 \text{ шт}$). Приблизна ціна, яка буде менша аналогів та задовольнятиме потреби виробництва, становить $C_{\text{вир}} = 980 \text{ грн}$. Тоді прибуток від реалізації одного виробу становитиме:

$$\Pi = \Pi_{\text{вир}} - M - Z_p = 698 - 668,11 - 20,8 = 291,1 \text{ (грн)}.$$

З цих даних можна розрахувати економічний ефект від впровадження розробки на підприємстві. Розрахунок проводимо за формулою:

$$\Delta\Pi_i = N \cdot \Pi_{\text{вир}} \cdot R_i \cdot 0,8333 \cdot 0,82 \text{ [грн]}, \quad (3.10)$$

де N – програм випуску деталей у рік, шт;

$\Pi_{\text{вир}}$ – запропонована ціна виробу, грн;

R_i – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки в поточному році;

Збільшення чистого прибутку протягом першого року ($R_1 = 0,20$):

$$\Delta\Pi_1 = 4500 \cdot 980 \cdot 0,2 \cdot 0,8333 \cdot 0,82 = 602675,9 \text{ (грн)}.$$

Збільшення чистого прибутку протягом другого року ($R_2 = 0,23$):

$$\Delta\Pi_2 = 4500 \cdot 980 \cdot 0,23 \cdot 0,8333 \cdot 0,82 = 693077,3 \text{ (грн)}.$$

Збільшення чистого прибутку протягом третього року ($R_3 = 0,26$):

$$\Delta\Pi_3 = 4500 \cdot 980 \cdot 0,26 \cdot 0,8333 \cdot 0,82 = 783478,7 \text{ (грн)}.$$

Збільшення чистого прибутку протягом четвертого року ($R_4 = 0,29$):

$$\Delta\Pi_4 = 4500 \cdot 980 \cdot 0,29 \cdot 0,8333 \cdot 0,82 = 873880,04 \text{ (грн)}.$$

Збільшення чистого прибутку протягом п'ятого року ($R_5 = 0,32$):

$$\Delta\Pi_5 = 4500 \cdot 980 \cdot 0,32 \cdot 0,8333 \cdot 0,82 = 964281,4 \text{ (грн)}.$$

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 70315,37 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 70315,37 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.

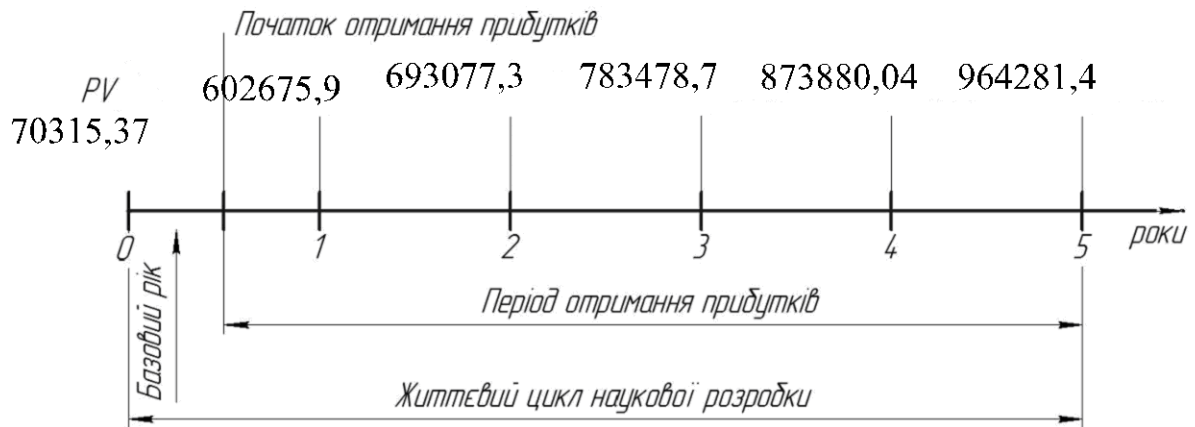


Рисунок 3.1 – Вісь часу з фіксацією платежів, що мають місце під час розробки та впровадження результатів НДДКР

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Таким чином, отримуємо:

$$ПП = \frac{602675,9}{(1+0,1)^2} + \frac{693077,3}{(1+0,1)^3} + \frac{783478,7}{(1+0,1)^4} + \frac{873880,04}{(1+0,1)^5} + \frac{964281,4}{(1+0,1)^6} = 2640847,4 \text{ (грн).}$$

Тоді $E_{\text{абс}} = (2640847,4 - 70315,37) = 2570532,1$ грн.

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

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

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

де $E_{\text{абс}}$ – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, грн;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$E_s = \sqrt[5]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1 = \sqrt[5]{1 + \frac{2570532,1}{70315,37}} - 1 = 1,06 \text{ або } 106 \%$$

Оскільки $E_B = 106\% > \tau_{\min} = 0,15 = 15\%$, то інвестора може зацікавити вкладання капіталу в дану розробку.

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

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

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

$$T_{ок} = \frac{1}{1,06} = 0,94 \text{ років,}$$

що свідчить про можливу доцільність фінансування даної розробки.

3.5 Висновки до економічної частини

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

Комерційний потенціал дослідження за результатами опитування експертів було визначено як вище середнього. Визначення капітальних витрат на розробку нового технічного рішення включало витрати на основну заробітну плату розробників (24600 грн.) і робітників (10,377 грн. на виготовлення одиниці продукції), а також додаткову заробітну плату (2953,25 грн.), амортизацію обладнання (3770,36 грн), витрати на електроенергію (321,13 грн), матеріали (213,83 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 70315,37 грн., спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність (106%рік) вкладених інвестицій і періоду їх окупності (0,94 року). 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 дільниці, де встановлене обладнання для виготовлення деталі «Корпус», живлення здійснюється від трифазної чотири провідної мережі з заземленою нейтральною напругою 380/220 В. Дільниця знаходиться в одноповерховому виробничому приміщенні.

При механічній обробці металів на металорізальних верстатах виникає ряд фізичних, хімічних, психофізіологічних і біологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів:

Фізичними шкідливими виробничими факторами, характерними для процесу різання, є підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони; високий рівень шуму і вібрації; недостатня освітленість робочої зони; наявність прямого і відбитого блиску; підвищена пульсація світлового потоку. При відсутності засобів захисту запиленість повітряного середовища в зоні дихання при свердлильних крихких матеріалів може перевищувати гранично допустимі концентрації.

При роботі тупим ріжучим інструментом відбувається інтенсивне нагрівання внаслідок чого з змащувальна-охолоджуючої речовини виділяються шкідливі гази, що є хімічним шкідливим виробничим фактором. Аерозоль нафтових масел, що входять до складу змащувальна-охолоджувальних рідин (ЗОР), може викликати подразнення слизових оболонок верхніх дихальних шляхів, сприяти зниженню імунобіологічної реактивності.

До психофізіологічних шкідливих виробничих факторів процесів обробки матеріалів різанням можна віднести фізичні перевантаження при установці, закріпленні і зніманні деталей, перенапруження зору, монотонність праці.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

В приміщенні дільниці механічної обробки виконуються роботи середньої важкості (категорія П б): енерговитрати від 200 до 250 ккал / год (232-293Вт), робота виконується стоячи і пов'язана з ходьбою, перенесенням загострених інструментів, супроводжуються помірним фізичним навантаженням. Робота в позі стоячи призводить до швидкої втоми .

4.2.1 Мікроклімат

Якщо по технологічним вимогам, технічним і економічним причинам оптимальні норми не забезпечуються, то встановлюються допустимі величини показників мікроклімату . Відповідно ГОСТ 12.1.005-88 оптимальні і допустимі показники приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Оптимальні і допустимі показники мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/хв	
		Оптим.	Доп.	Оптим.	Доп.	Оптим.	Доп.
Холодний	Пб	17-19	15-21	40-60	75	0,2	<0,4
Теплий	Пб	20-22	16-27	40-60	70-25°	0,3	0,2-0,5

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від відкритих джерел не повинно перевищувати 100 Вт/м² при опроміненні тіла до 25%. Це забезпечується тим, що працівникам видають спеціальний одяг, який захищає людину від теплового опромінення. Джерела інтенсивного теплового опромінення огорожуються захисними огорожами. В приміщенні механічного цеху повинна бути встановлена система опалення на холодний період року, а саме: системи опалення, що використовують рідкий теплоносій (вода). В наших приміщеннях використовують природну та механічну вентиляцію.

Розрахунок вентиляції

Витяжка приєднується до циклону за допомогою гнучкого шлангу.

Розраховуємо кількість повітря, яке виділяється з робочої зони через витяжку.

$$L = 3600 \cdot V \cdot F_n = 3600 \cdot 1.5 \cdot 0.096 = 518.4(\text{м}^3/\text{год})$$

де F_n – площа відкритого прийому, m^3

V (при ГДК $10 \text{ мг/м}^3 = 1,1 \dots 1,5 \text{ м/с}$)

$$F_n = A \cdot B = 0,4 \cdot 0,24 = 0,096(m^3);$$

$$A = d + 0,8h = 0,08 + 0,8 \cdot 0,2 = 0,24(m)$$

$$B = 0,16 \cdot 2 + 0,08 = 0,4 (m).$$

Визначаємо потрібну потужність вентилятора

$$W = \frac{1000 \cdot G}{dy - d\Pi} [m^3/\text{год}]$$

де dy – кількість вологи, що виділяється в приміщенні;

$d\Pi$ – кількість водяної пари, що виділяється в приміщеннях ;

G – кількість водяної пари, що поступає в приміщення.

$$G = 20 \text{ л/м}^3; dy = 23,112; d\Pi = 17,352.$$

$$W = \frac{1000 \cdot 20}{23,11 - 17,35} = 3472,2(m^3/\text{год})$$

Вибираємо вентилятор АБ 100-1 з діаметром колеса 100мм і відповідно двигун 4А80С з $N = 0,75\text{кВт}$, $n = 930 \text{ об/хв}$.

4.2.2 Освітленість

На ділянці механічної обробки застосовують природне і штучне освітлення. Недостатня освітленість приводить до втоми, підвищенню травматизму. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості, штучне освітлення характеризується освітленістю. Для металорізальних верстатів робоча поверхня - це місце обробки деталей. Площина в якій нормується освітлення - горизонтальна. Норми освітлення були прийняті відповідно з ДБН В.2.5-28-2006 (СНиП II-4-79). Освітленість при комбінованому освітлені загальному та

місцевому - 2000 лк, при загальному 200 лк. Освітленість при одному загальному освітлені 500 лк. Для розряду зорової роботи II, під розряду "в" характеристика зорової роботи дуже високої точності, найменший розмір об'єкту розпізнавання від 0,15 до 0,3 мм. Контраст об'єкта розпізнавання з фоном може бути малий, середній, великий і відповідно фон - світлий, темний, середній.

Природне освітлення в приміщенні бічне. Нормоване значення $e_n^m = 1,5\%$. Місто Вінниця знаходиться у IV поясі світлового клімату. Нормоване значення КПО e_n для будов, розташованих у IV поясі:

$$e_n^{IV} = e_n^{III} \cdot m \cdot C = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,95 \cong 1,28\%,$$

де e_n - значення КПО для третього поясу світлового клімату;

m - коефіцієнт світлового клімату, для IV поясу $m = 0,9$;

C - коефіцієнт сонячності клімату, для азимута 0° і поясу світлового клімату IV $C=0,95$.

Для загального штучного освітлення використовуються люмінесцентні лампи, для місцевого освітлення - лампи розжарювання.

4.2.3 Виробничий шум. (СНіП-3223-85).

Джерелами шуму на виробництві основному є робота верстати та приладів.

Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях в виробничих приміщеннях і на територіях підприємств представлені в таблиці 6.2.

Таблиця 4.3 – Нормування значень рівнів шуму

Рівень звукового тиску, дБ, в октавних смугах з середньогеометричними частотами, Гц.									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБ(А)
31,5	63	125	250	500	100	200	450	800	
					0	0	0	0	
107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

В якості акустичних засобів захисту від шуму застосовуються:

- звуко поглинаючі обшивки на редукторах приводів - корпус коробки швидкостей;

- звукоізоляція каналів витяжної вентиляції багат шаровими перегородками,

- звукоізолюючі кожухи на клинопасових передачах. Коли ці засоби виявляються не ефективними, потрібно використовувати засоби індивідуального захисту від шуму: шлеми, беруші

4.2.4 Вібраційна безпека (ГОСТ 12.1.012-78).

Від верстатів, систем вентиляції та іншого обладнання на працюючих може виділятися вібрація. Вібрація поділяється на загальну та локальну

Таблиця 4.3 – Санітарні норми одно числових показників вібраційного навантаження на оператора для зміни в 8 год

Вид вібрації	Категорія вібрації по сан. нормам	Напрямок дії	Нормативні і кореговані частоти і еквівалентні кореговані значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			мс ²	дБ	мс	дБ
локальна	-	X _л Y _л Z _л	2,0	126	2,0	112
загальна	3 тип „а”	Z _з Y _з X _з	0,1	100	0,2	90

Категорія вібрації 3 тип "а" - технологічна на робочих місцях. Критерій оцінки - межа зниження продуктивності прац. На працюючих діє локальна і загальна вібрація. Вона передається через руки працюючих і через підшви ніг.

Засоби захисту від вібрацій: гумові килимки, які поглинають вібрацію.

4.3 Техніка безпеки

Для забезпечення безпечної експлуатації під'ємнотранспортні машини постачають із засобами захисту включаючи системи дистанційного керування. Для

дистанційного керування під'ємнотранспортними машинами застосовують електричні слідкуючі системи (при стаціонарному пульті керування) і радіо керування (при керуванні з різних місць). Інспекція Держнагляду й адміністрація підприємства встановлюють постійний нагляд за станом вантажопід'ємних пристроїв, канатів, ланцюгів, змінних вантаж захоплюючих органів (гаків, вантажопідйомних електромагнітів і т.п.), знімних вантаж захоплюючих пристосувань (стропів, клещей, траверс і т.п.) і тари (контейнерів), доглядом за ними і безпекою експлуатації. Зокрема, правилами Держнагляду передбачається проведення регламентованих, іспитів вантажопід'ємних машин, що подають із погляду охорони праці в машинобудуванні найбільшу небезпеку серед усіх під'ємнотранспортних машин.

4.3.1 Електробезпека

В цехах існує небезпека ураження, так як в механічних цехах експлуатується обладнання, з використанням електричного струму високої напруги. В даному приміщенні наявні такі небезпечні фактори: наявність струмопровідних основ; можливість одночасного дотику людини до металоконструкції які мають з'єднання з землею будівель, технологічних апаратів, допоміжних механізмів з одного боку і до металічних корпусів електрообладнання з іншого.

Електрообладнання живиться від трифазних чотири-провідних мереж з заземленою нейтраллю споживчого трансформатора напругою до 1000 В (380/220В).

Виходячи з вище перелічених факторів і згідно ГОСТ 12Л.013-78, це приміщення можна класифікувати як приміщення особливо небезпечні. Тому для захисту обслуговуючого персоналу згідно ГОСТ 2Л.030-80 вибираємо такі спосіб захисту, як занулення та захисне заземлення.

На випадок обриву нульовий провід повторно заземлюється через кожних 2 метрів та перед вводом в будівлю.

4.4 Пожежна безпека

В приміщенні механічного цеху знаходяться горючі матеріалів. В цеху обробляють метали різанням, при цьому можливі іскри, а також виділення теплоти в процесі різання. Виходячи з цього відносимо механічний цех до категорії "Т": виробництво в якому використовують негорючі речовини і матеріали в гарячому стані.

По степені вогнестійкості будівля відноситься до 1 степені, тобто будівлі має несучі конструкції і природних або штучних кам'яних матеріалів, стіна бетонна і залізобетонна з використанням листових і плитних негорючих матеріалів.

Границі вогнестійкості конструкцій об'єкта повинні бути такими, щоб конструкції зберігали несучі і огорожуючі функції на час евакуації людей або перебування їх у місцях колективного захисту.

В приміщенні висота від підлоги до низу виступаючих конструкцій повинна бути не менша 2,2 м , Висота від підлоги до низу виступаючих частин конструкцій і обладнання у місцях регулярного проходження людей і на шляхах евакуації - не менше 2 м .

Евакуаційні шляхи повинні забезпечувати безпечну евакуацію всіх людей, що знаходяться в приміщеннях споруд, через евакуаційні виходи. Кількість евакуаційних виходів з будівель слід приймати не менше двох.

Відстань від найбільш віддаленого робочого місця приміщення до евакуаційного виходу із будівлі для даного приміщення згідно СНП 2.01.02-85 не обмежується. Ширина виходу із приміщення: через двері їм, через розважні ворота - 2.5м. Кількість людей па 1 метр складає близько 10 чоловік. Згідно СНП 2.09.02-85 кількість до 120 чоловік. В механічному цеху знаходиться пожежний щит з вогнегасником, сокирою, лопатою, відром, біля щита ящик з піском.

4.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.5.1 Оцінка безпеки роботи обладнання з ЧПК на дільниці механічної обробки деталі «Корпус» в умовах дії іонізуючого випромінювання

За критерій, що визначає безпеку роботи обладнання з ЧПК в цих умовах приймається таке максимальне значення дози опромінення елементної бази (D_{gr}, P) або граничне значення рівня радіації ($p_{gr}, P/\text{год}$), при якому в елементній базі можуть виникнути елементні зміни, але обладнання з ЧПК ще буде працювати з потрібною якістю. Оцінку працездатності проводять в такій послідовності [12]:

1) Аналізуємо систему ЧПК, а саме її елементну базу, від якої залежить функціонування системи на відповідному рівні: транзистори, конденсатори, резистори, діоди, інтегральні схеми, регулятори напруги, силові трансформатори, драйвери управління двигуна.

2) Визначаємо для кожного елемента D_{gr} . Дані заносимо до таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Максимально допустимі значення експозиційних доз опромінення для матеріалів і елементів обладнання з ЧПК

№	Блок	Елементи системи ЧПК	D_{gr}, P	D_{gr}, P
1	Блок живлення	Діоди, P26	10^5	10^5
2		Транзистори T186-500	10^5	
3		Конденсатори, K18Y-6	10^7	
4		Резистори R16	10^7	
5		Силовий трансформатор	10^7	
6		Регулятор напруги	10^7	
1	Блок управління	Діоди, P26	10^5	10^5
2		Транзистори T186-500	10^5	
3		Конденсатори, K18Y-6	10^7	
4		Резистори R16	10^7	
5		Драйвер управління двигуна	10^5	

3) Визначаємо граничне значення рівня радіації p , Р/год:

$$D_{ep} = \frac{2P_{ep}(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{посл}} \Rightarrow$$

$$P_{ep} = \frac{D_{ep} \cdot K_{посл}}{2(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})} [P/\text{год}], \quad (4.1)$$

де t_k - час закінчення роботи, $t_k = 10$ років = 87600 год;

t_n - час початку роботи, год;

$K_{посл}$ - коефіцієнт послаблення, $K_{посл}=4$

$$P_{ep} = \frac{10^5 \cdot 4}{2(\sqrt{87600} - \sqrt{1})} = 677,9 (P/\text{год}).$$

Визначаємо допустимий час

$$t_{дон} = \left(\frac{D_{ep} \cdot K_{посл} + 2 \cdot P_{1\max} \sqrt{1}}{2 \cdot P_1} \right)^2 [\text{год}], \quad (4.2)$$

$$t_{дон} = \left(\frac{10^4 \cdot 4 + 2 \cdot 6,77 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 6,77} \right)^2 = 87332 (\text{год}).$$

Обладнання з ЧПК на дільниці механічної обробки деталі «Корпус підшипника» буде працювати безпечно, якщо граничне значення рівня радіації не буде перевищувати 677,9 Р/год.

4.6 Висновки до розділу 4

Для дільниці механічної обробки деталі «Корпус підшипника» було розроблено заходи з охорони праці на робочому місці. Визначено необхідну кількість ламп (24 шт.) для забезпечення освітлення.

Виявлено, що при дії іонізуючого випромінювання система ЧПК на верстаті 2Н135Ф3 на дільниці механічної обробки деталі «Корпус підшипника» буде працювати у нормальному режимі у разі обмеження значення потужності експозиційної дози від 0 до 677,9 Р/год.

Висновок

Під час виконання даної магістерської роботи, було спроектовано робоче місце з вдосконаленням системи керування, яка забезпечує зменшення впливу людського фактору на обробку деталі, покращення якості обробки, та автономності роботи на даному робочому місці.

Під час проведення аналізу деталі було визначено: $K_T = 0,91 > 0,8$; $K_Y = 0,68 > 0,6$; $K_{III} = 0,104 < 0,32$, що означає дана деталь є технологічною за кількісними показниками.

Під час проектування конструкції заготовки деталі «Корпус», було розглянуто два способи виготовлення заготовки: лиття в піщано-глинисті форми з механічним формуванням та лиття за виплавними моделями. Після проведення техніко-економічного порівняння варіантів заготовок дало можливість вибрати найбільш раціональний та економічний варіант виготовлення заготовки а саме: лиття в піщано-глинисті форми з механічним формуванням є більш доцільним, та раціональним адже собівартість менша $205,37 \text{ грн} < 238,87 \text{ грн}$.

На основі типового маршруту механічної обробки деталі «Стакан» та врахувавши сучасні тенденції розроблено, був створений технологічний процес деталі «Корпус».

Для створення тривимірної деталі, та програми для верстатів ЧПК було використано сучасні програми такі як Компас 3D та ADEM.

Під час проектування роботизованого робочого місця механічної обробки заготовки деталі «Корпус», було вибраний верстат 2H135Ф2 з ЧПК. Розраховані технічні норми часу та загальний час на обробку деталі, який складає $T_{\text{заг}} = 12,5 \text{ хв}$. Прийнято плата управління робота XINDA MEGA 2560, розроблено алгоритм роботи РТК та програма роботи РТК. Визначено час роботи одного циклу РТК становить 66.7 секунд.

В економічній частині було визначено: капітальних витрат на розробку нового технічного рішення включало витрати на основну заробітну плату розробників (24600 грн.) і робітників (10,377 грн. на виготовлення одиниці продукції), а також додаткову заробітну плату (2953,25 грн.), амортизацію обладнання (3770,36 грн.),

витрати на електроенергію (321,13 грн), матеріали (213,83 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 70315,37 грн., спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність (106%рік) вкладених інвестицій і періоду їх окупності (0,94 року). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової роботи оскільки вона є економічно доцільною.

Під час проведення аналізу умов праці та безпеки у надзвичайні ситуації було визначено: для дільниці механічної обробки деталі «Корпус» було розроблено заходи з охорони праці на робочому місці. Визначено необхідну кількість ламп (24 шт.) для забезпечення освітлення.

Виявлено, що при дії іонізуючого випромінювання система ЧПК на верстаті 2Н135Ф2 на дільниці механічної обробки деталі «Корпус» буде працювати у нормальному режимі у разі обмеження значення потужності експозиційної дози від 0 до 677,9 Р/год.

Виконана модернізація робота яка забезпечена розширення функціоналу робота, спрощення програмування, швидке переналагодження, та можливість використання його у навчальних цілях.

Також було виготовлено стенд, який дає можливість швидкого переналагодження робота, та можливість досліджувати роботу робота при переналагодженні.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2. Практикум : навчальний посібник / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Сухоруков С. І. — Вінниця : ВНТУ, 2015. — 116 с.
2. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Пурдик В. П. Методичні вказівки до виконання курсового проектування з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин» для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» та «Металорізальні верстати та системи». – Вінниця, 2009. – 102 с. Електронний ресурс: http://www.vstu.vinnica.ua/ua/inst/inmt/site_tam/.
3. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Мироненко О. М. та ін. Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин. Лабораторний практикум. – Вінниця: ВНТУ, 2006. — 119с.
4. Дерібо О. В., Ж. П. Дусанюк Ж. П., С. В. Репінський С. В.. Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин. Частина 1: практикум /– Вінниця: ВНТУ, 2010. —114 с.
5. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин / Ж. П.Дусанюк, С. В. Дусанюк. — Вінниця : ВНТУ, 2004. — 90 с.
6. Балакшин Б. С. Основы технологии машиностроения. Учебник для машиностроительных специальностей вузов. М.: Машиностроение. 1969. – 358 с.
7. Расчеты экономической эффективности новой техники. Справочник. / Под ред. К. М. Великанова. Л.: Машиностроение. 1990. – 488 с.
8. 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"
9. Технология машиностроения. (специальная часть). / А.А. Гусев, Е.Р.Ковальчук, И.М. Колесов и др. М. : Машиностроение, 1986 – 480 с.
10. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / Под ред. А.Ф. Горбачевича. – Минск: Высшая школа, 1983. – 288 с.

11. ГОСТ 7505 - 89. Поковки стальные штампованные.

12. Обще машиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть I Нормативы времени – Москва Экономика, 1990-206 с.

13. Обще машиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть II Нормативы режимов резания – Москва Экономика, 1990-473 с

14. Д. О. Лозінський Застосування CAD/CAE/CAM-систем для технологічної підготовки виробництва деталей типу корпус / Лозінський Д.О., Коломійчук А. В., Хоменко І. А. // XLVII 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(березень2018р.).Режим доступу до журн.: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2018/paper/view/4510/3607>

15. Методичні вказівки до виконання студентами-магістрантами економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. В. О. Козловський – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 22 с.

16. Методичні вказівки до виконання розділу “ Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях ” в дипломних проектах і роботах студентів технічних спеціальностей /Уклад. І. В. Віштак – Вінниця. : ВНТУ, 2018. - 45 с.

ДОДАТКИ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
зав. кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Л.Г.Козлов

_____ (підпис)

« ____ » _____ 20__ р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

ПРОЕКТУВАННЯ РОБОТИЗОВАНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ
МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС»
08-28.МКР.012.00.000 ТЗ

Керівник роботи: к.т.н., доцент каф. ТАМ
Лозінський Д.О. _____

« ____ » _____ 20__ р.

Виконавець: студент 2 курсу, групи 2ПМ-18м
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»
студент. _ Коломійчук А.В. _____

« ____ » _____ 20__ р.

Вінниця ВНТУ 2019

1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи

а) низький рівень автоматизації, підвищені непродуктивні витрати часу при механічній обробці деталі «КОРПУС»;

б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

2. Мета і призначення МКР

а) мета – є розробка робочого місця механічної обробки деталі «КОРПУС»;

б) розробка призначена для застосування на машинобудівних підприємствах України.

3. Вихідні дані для виконання МКР

Вихідними даними є креслення деталі «КОРПУС». та річна програма випуску 3000 шт.

4. Вимоги до виконання МКР

МКР повинно використовувати розробки, схеми та рішення, адекватність яких підтверджена попередніми дослідженнями, обґрунтованими висновками чи експериментальними даними.

5. Етапи МКР та очікувані результати

№ етапу	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Основні теоретичні та практичні дослідження проведені попередниками	02.09.19 р.	22.10.19 р.	Формування задачі досліджень, розділ 1 ПЗ
2	Методика теоретичних (експериментальних) досліджень об'єкту вивчення	02.09.19 р.	22.10.19 р.	Об'єкт дослідження, розділ 1
3	Моделювання та аналіз результатів дослідження, проектування та розробка.	04.10.19 р.	28.11.19 р.	розділ 2, публікація результатів
4	Підготовка економічної частини	04.10.19 р.	02.12.19 р.	розділ 3, апробація
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	04.10.19 р.	02.12.19 р.	розділ 4
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	04.10.19 р.	02.12.19 р.	пояснювальна записка

6. Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР і ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту МКР на кафедрі, відзив наукового керівника, відзив

рецензента, анотації до МКР українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення МКР діючим вимогам.

7. Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів науково-дослідницької частини МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Представлення МКР на захист відбувається після проходження попереднього захисту на засіданні кафедральної комісії та її позитивного висновку. Готова робота, з усіма необхідними компонентами і підписами подається на кафедри за два дні до захисту. Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, затвердженої 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

Вимоги відсутні.

08-28.МКР.012.00.001

Перв. размер

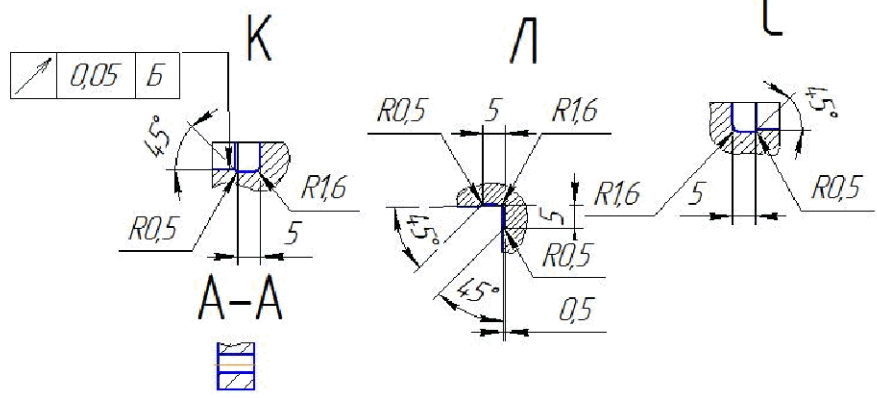
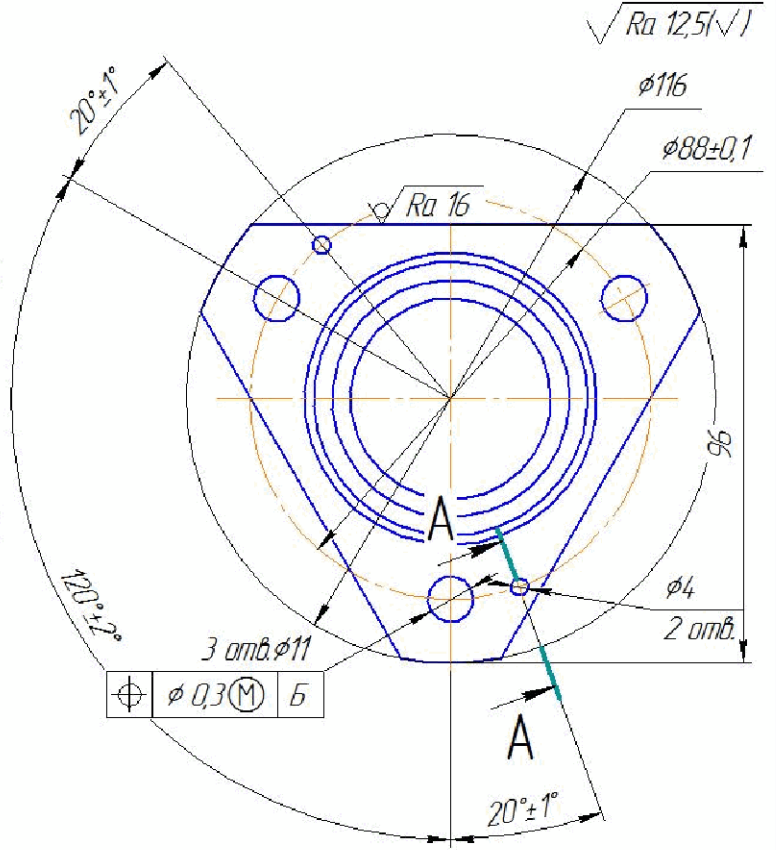
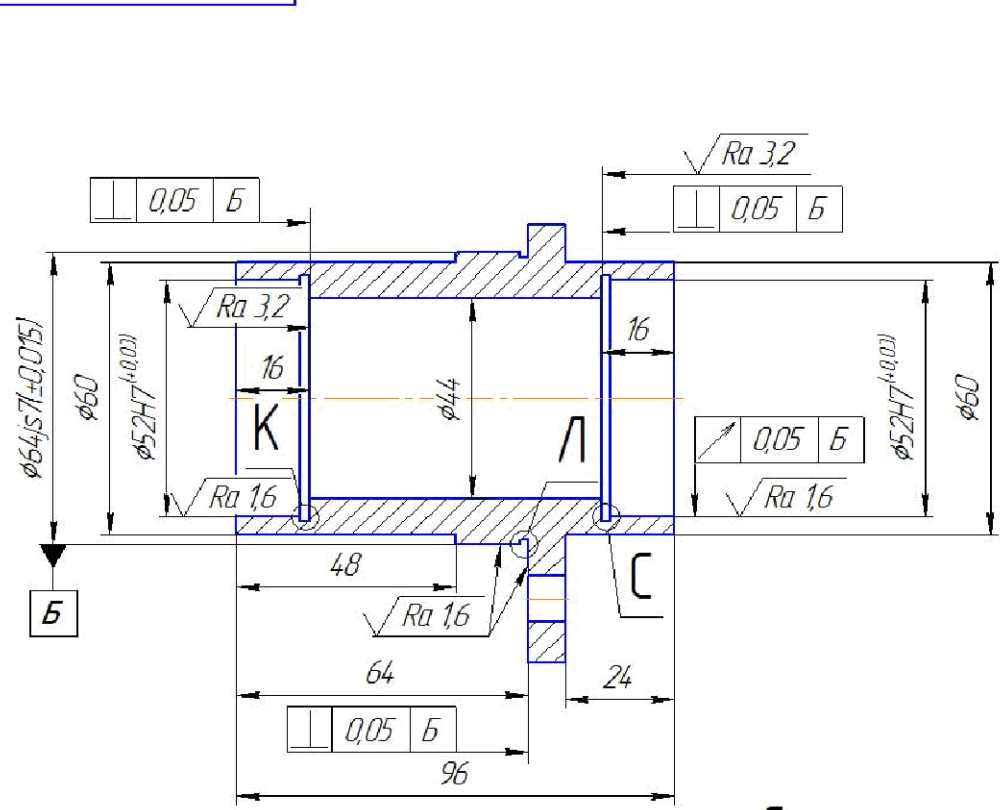
Сред. №

Полн. и дата

Изм. №

Полн. и дата

Изм. №

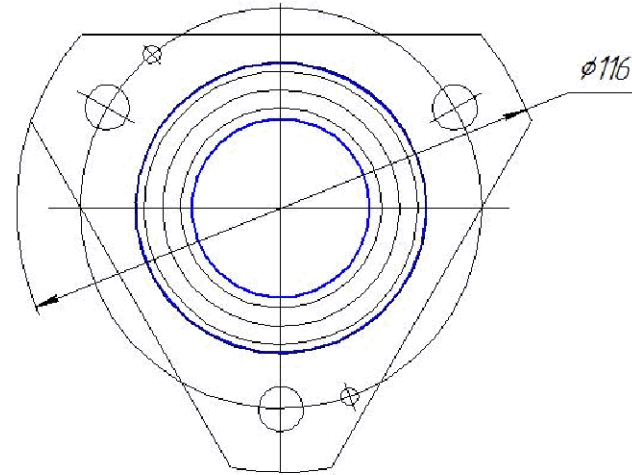
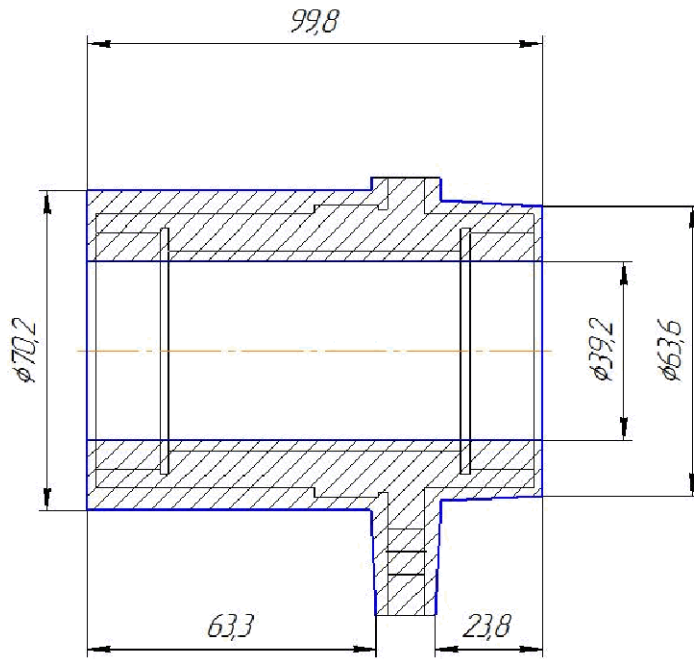


1. h12, H12 $\pm \frac{H}{2}$

				08-28.МКР.012.00.001			
Изм.	Лист	№ док-м.	Лист	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разработ.	Колотийчук А.В.					1,11	1:1
Проект.	Лозинский В.В.						
Т.контр.					Лист	Листов	1
Инж.контр.	Сердюк О.В.				ВНТУ		
Утв.	Козлов Л.Г.				ст.гр.2ГМ-18м		
				Сталь 20Л ГОСТ 1050-88			
				Копирован			
				Формат А3			

08-28.MKP.012.00.002

√ Ra 16



1. Точність виливка 9-7Т-13-8 зм 1,6 ГОСТ26645-85.
2. Маса 1,11 - 3,1 - 2,684 ГОСТ26645-85.
3. Невказанні радіуси заокруглень 2 мм, формувальні нахили 3°.
4. Твердість заготовки 45..50 HRC.

Перш. примієт.

Склад. №

Лист. у дата.

Мат. № змін.

Взам. зм. №

Лист. у дата.

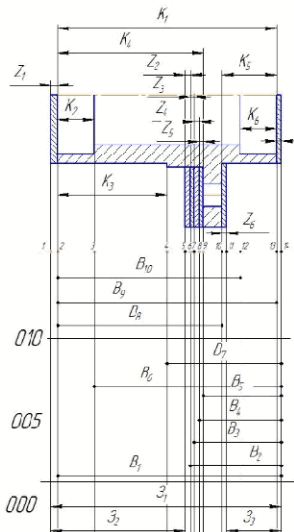
Мат. № змін.

08-28.MKP.012.00.002

№м. лист.	№ док.м.	Лист.	Дата.	08-28.MKP.012.00.002		
Розроб.	Колетичук А.В.			Лит.	Маса	Масштаб
Проб.	Лозинський В.О.				2,684	1:1
Т.контр.				Лист	Листов	1
Н.контр.	Сердюк О.В.			Сталь 20Л ГОСТ1050-88		
Утв.	Козлов Л.Г.			ВНТУ ст.гр. 2ГМ-18М		

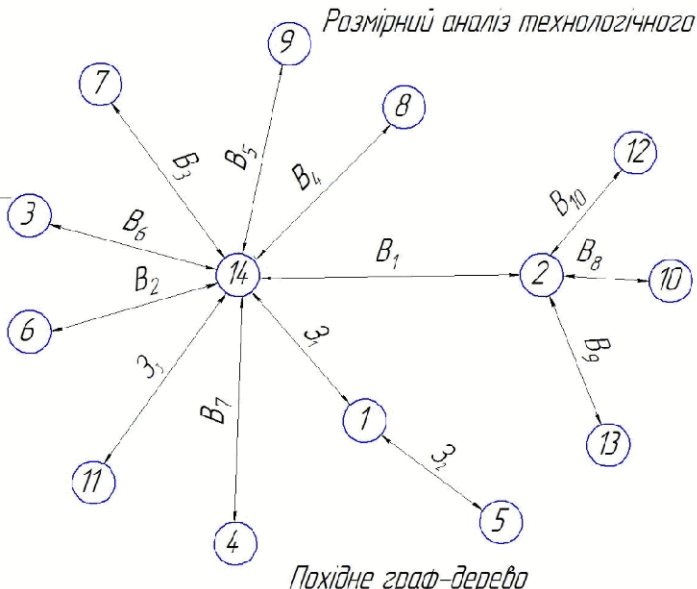
Копіювати

Формат А3

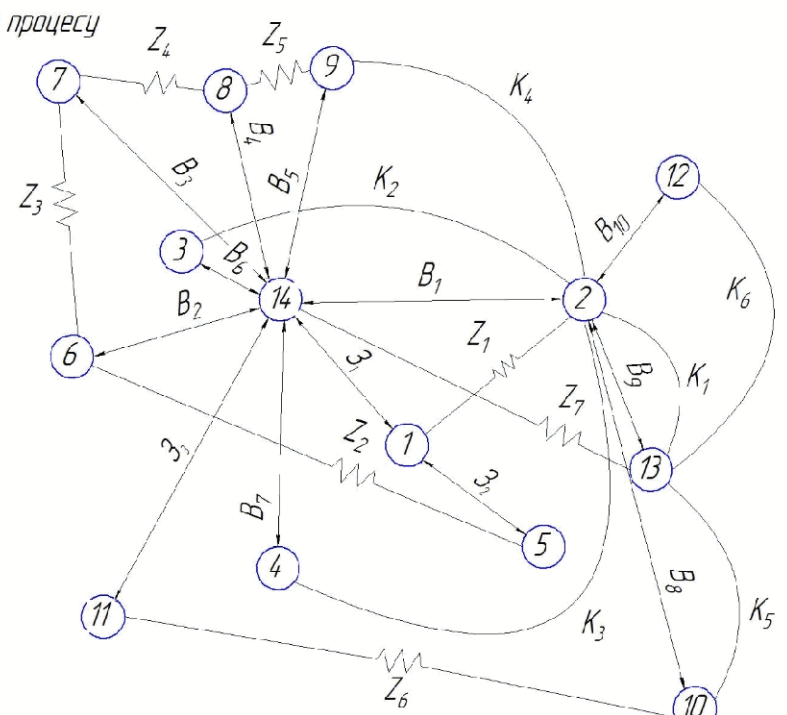


Розташування технологічних розмірів

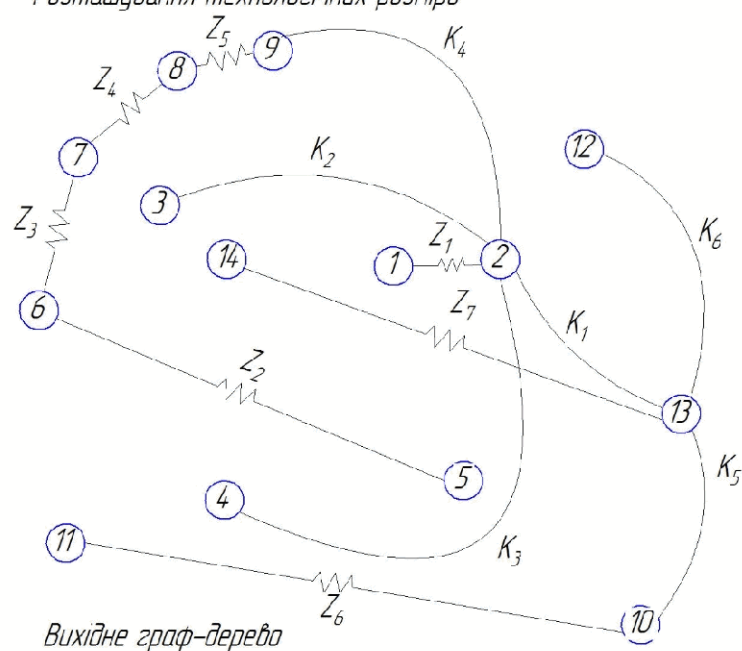
Розмірний аналіз технологічного процесу



Похідне граф-дерево



Суміщене граф



Вихідне граф-дерево

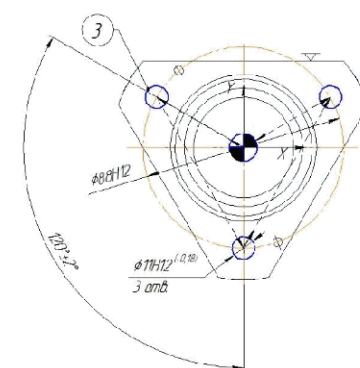
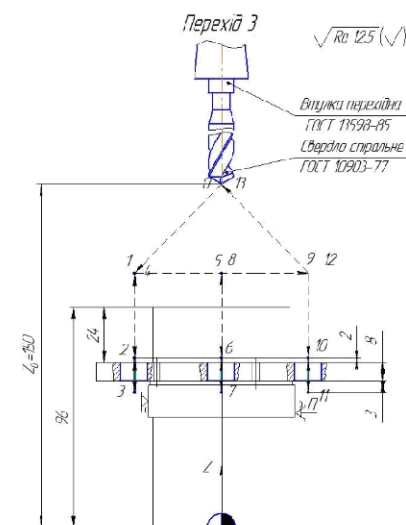
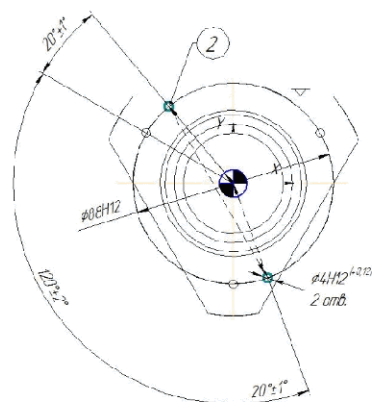
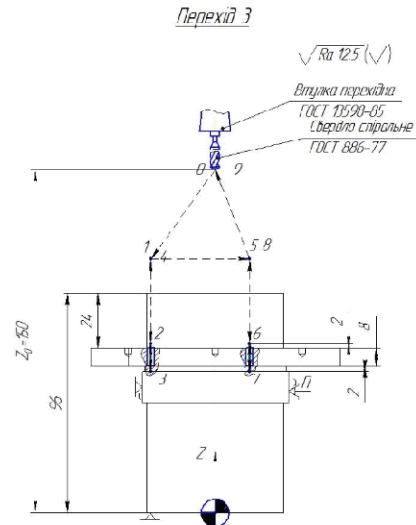
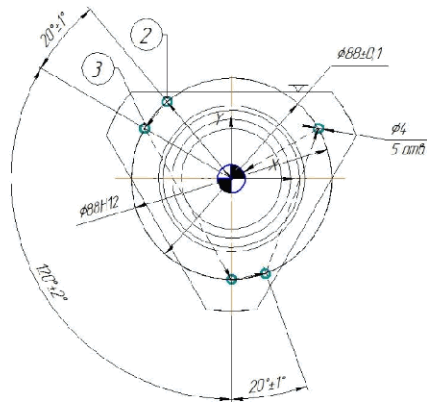
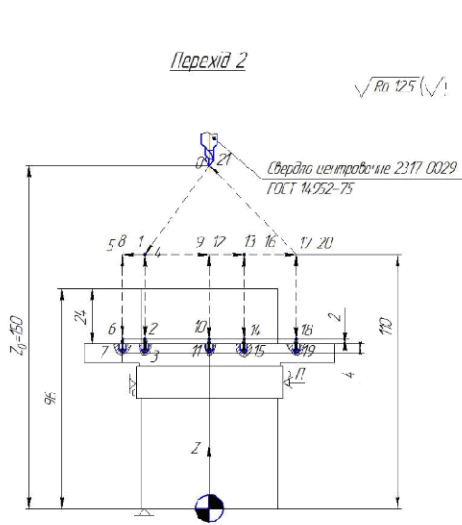
Припуск	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Z ₇
Z _{дм}	15	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	15
Z _{дох}	4,05	2,6	2,3	2,3	2,3	2,0	2,2

Познач розміру	Існуючі значення розмірів		Допуск	Відхилення від розміру	Відхилення розміру	
	мм	мкм			у технічному документі	на кресленні вихідні деталі
D1	37,675	36,025	0,35	0,085	0,085±0,175	-
D2	39,675	39,925	0,25	0,08	0,08±0,125	-
D3	37,625	37,875	0,25	0,075	0,075±0,125	-
D4	35,775	35,925	0,25	0,07	0,07±0,125	-
D5	33,525	33,775	0,25	0,065	0,065±0,125	-
D6	41,585	41,835	0,3	0,1135	0,1135±0,15	-
D7	4,955	4,93	0,25	0,0575	0,0575±0,025	-
D8	7,172	7,162	0,3	0,087	0,087±0,15	-
D9	45,825	46,175	0,35	0,09	0,09±0,175	-
D10	39,735	40,035	0,3	0,0965	0,0965±0,15	-
L1	49,525	49,525	±0,2	0,06025	0,06025±0,1	0,06025±0,1
L2	30,55	30,75	±0,2	0,1025	0,1025±0,1	0,1025±0,1
L3	23,85	25,65	±0,6	0,465	0,465±0,8	0,465±0,8

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідомі ланки
1	$B_9 - K_1 = 0$	$B_9 = K_1$	B_9
2	$B_1 - B_9 - Z_1 = 0$	$B_1 = B_9 - Z_1$	B_1
3	$B_1 - B_9 - K_2 = 0$	$B_9 = B_1 - K_2$	B_9
4	$B_9 - K_1 - B_10 = 0$	$B_10 = B_9 - K_1$	B_10
5	$B_1 - K_1 - B_2 = 0$	$B_2 = B_1 - K_1$	B_2
6	$B_1 - Z_2 - B_3 = 0$	$B_3 = B_1 + Z_2$	B_3
7	$B_1 - Z_1 - B_4 = 0$	$B_4 = B_1 - Z_1$	B_4
8	$B_1 - Z_1 - B_5 = 0$	$B_5 = B_1 - Z_1$	B_5
9	$B_1 - K_1 - B_7 = 0$	$B_7 = B_1 - K_1$	B_7
10	$K_1 - K_5 - B_8 = 0$	$B_8 = K_1 - K_5$	B_8
11	$B_1 - B_9 - Z_4 - Z_5 = 0$	$Z_4 = B_1 - B_9 - Z_5$	Z_4
12	$Z_1 - B_9 - Z_1 = 0$	$Z_1 = B_9 + Z_1$	Z_1
13	$Z_1 - Z_1 - B_2 - Z_7 = 0$	$Z_7 = Z_1 - B_2 - Z_1$	Z_7

08-28.МКР.012.00.300 ПЛ			
Лист	№ докум.	Листів	докум.
Розроб.	Метельський А.І.		
Перев.	Метельський О.О.		
Проєкт.			
Масштаб	Середня діля		
Матер.	Алюміній Д1		
Темп.			
Дата			

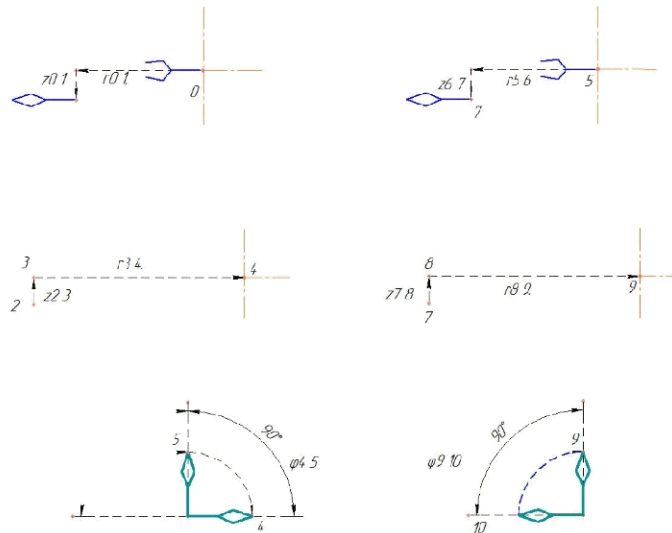
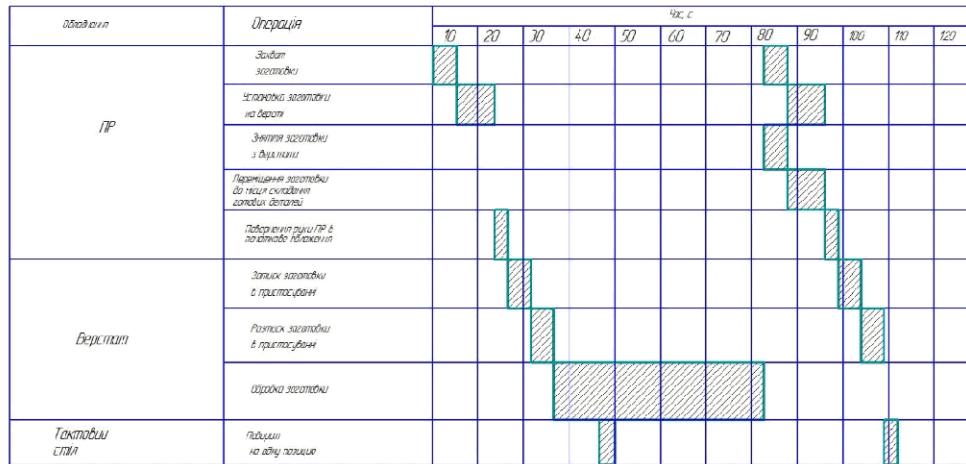
Розмірний аналіз технологічного процесу			Лист	№ докум.	Місяць/рік
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ			11		
			Лист	№ докум.	Місяць/рік
			1		
			ВНТ		
			ст. гр. 214-101		
			світло		



075	4	Сверділити 3 отв. 3	0.2	5.5	99	3000
	3	Сверділити 2 отв. 2	0.2	2	18	600
	2	Центрувати 5 отв. 2 та 3	0.2	15	18	1200
N	Y	Напрямо-розворотники з МЖ	2Н135Ф2		5	1
		Напленнявання операції	Одлюдняння	л. мм	л. мм	л. мм
Режими різання						
08-28.МКР.012.00.004.КН						
Карта налагодження операції: 015						
Дата	Відом.	Лист	Вит.	Лист	Вит.	Лист
11						
ВНТЧ						
с. 20 з 21						

Циклограма функціонування та алгоритм роботи РМ

Циклограма функціонування РМ



Алгоритм роботи РМ

Ліч.	Контур	Результат перемицання (ч/с)	Швидкість перемицання н/с, %/с	Час, с
Заливка заготовки	Переміщення руки вперед	600	0.5	1.2
	Переміщення руки вниз	150	0.13	1.5
	Заливка заготовки заготовки РМ	-	-	0.5
	Переміщення руки вперед	150	0.13	1.5
Відробка заготовки на верстаті	Переміщення руки вперед	600	0.5	1.2
	Переміщення руки вниз	150	0.13	1.5
	Розкладка заготовки заготовки	-	-	0.5
	Переміщення руки вперед	150	0.5	1.5
З. до	Переміщення руки вперед	600	0.5	1.2
	Переміщення руки вниз	150	0.13	1.5
	Заливка заготовки заготовки	-	-	0.5
	Переміщення руки вперед	150	0.13	1.5
Підготовка на другу позицію	Переміщення руки вперед	600	0.5	1.2
	Переміщення руки вперед	600	0.5	1.2
	Переміщення руки вперед	600	0.5	1.2
	Переміщення руки вперед	600	0.5	1.2

08-28.МКР.012.00.300 ПЛ

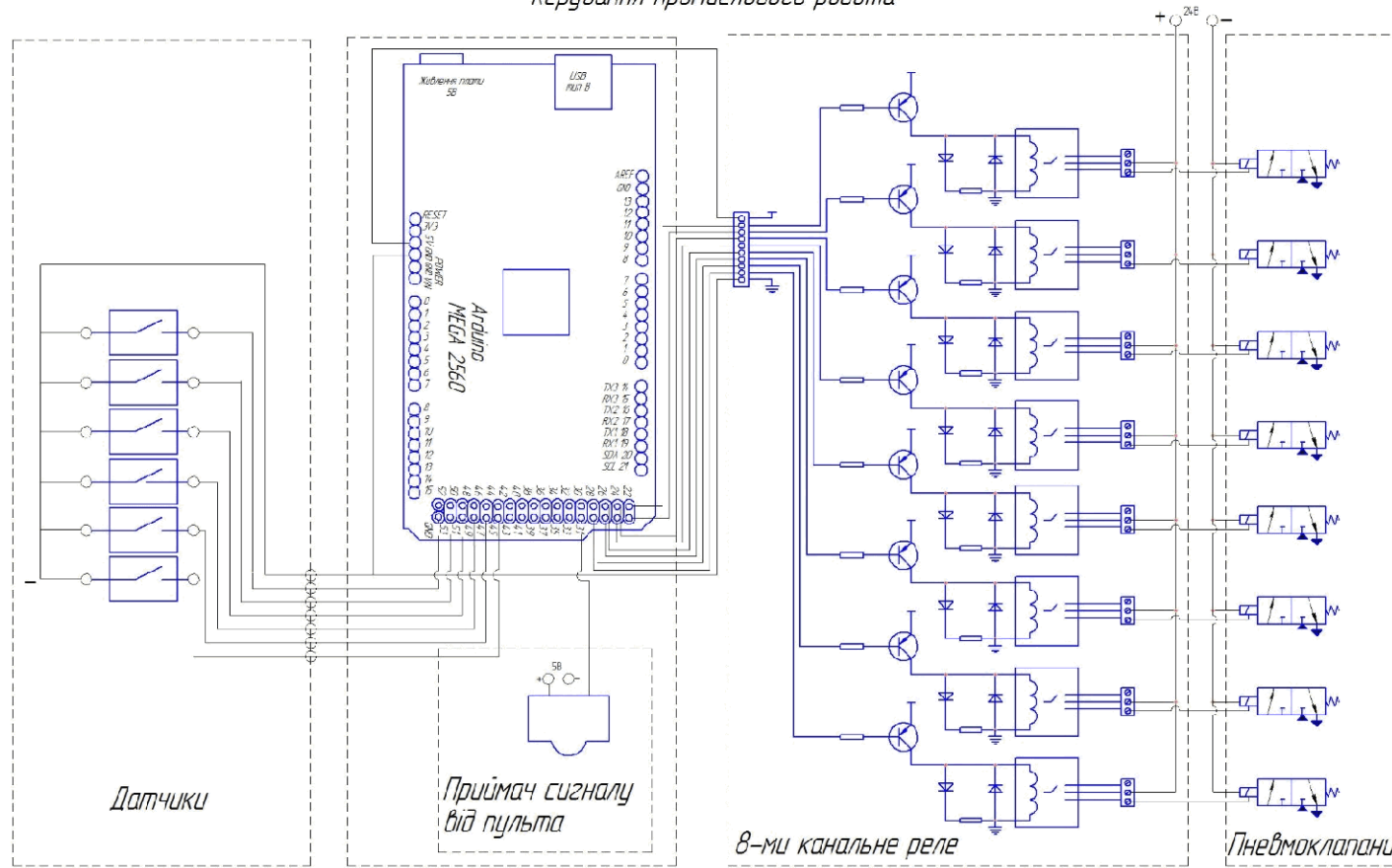
Циклограма функціонування та алгоритм роботи РМ

ВНТУ
с.п.т. 27.04.92

Копія

Формат 2.1

Схема модернізованої системи керування промислового робота

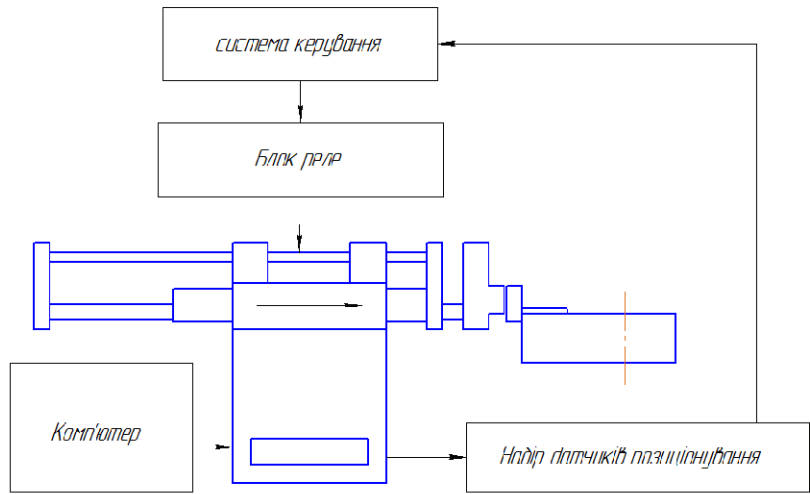


Лист № 02/2017 25.01.17 17:00:00 25.01.17

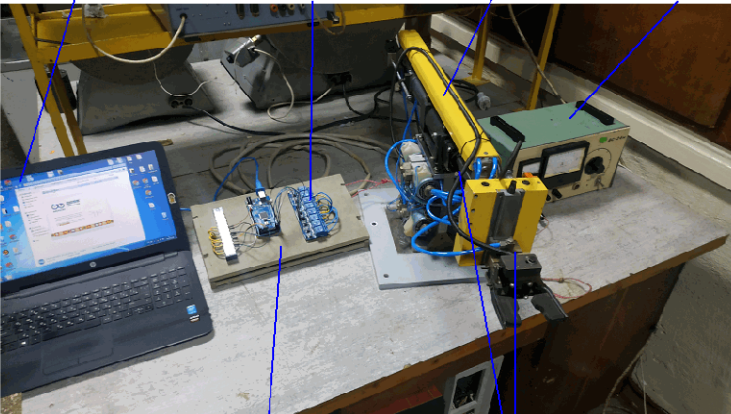
					08-28.МКР.012.00.008П/1		Дата розробки: 25.01.17		
Ім'я:	Кор:	Міс:	Лист:	Листів:	Схема модернізованої системи керування промислового робота			Лист:	Листів:
Створив:	Виконав:	Перевірив:						ВНТУ	
Група:	Тема:	Масштаб:						спр. 27.1.10	
Масштаб:	Висота:	Ширина:						Формат: А1	
Матеріал:	Масштаб:	Масштаб:							

Стенд для дослідження роботи системи керування промисловим роботом

08-28.МКР.012.00.010П/А



Комп'ютер Блок реле Промисловий робот Блок живлення



система керування Набір датчиків позиціонування

08-28.МКР.012.00.010П/А

Мет	Лист	№ докум	Грід	Штук	Стенд для дослідження роботи системи керування промисловим роботом	Лист	Маса	Масштаб
Розроб		Колішечки АВ						1:1
Проб		Лізнський ПУ				Лист		Листов 1
Технар								
Нконтр		Сергійчук О.В.						ВНТУ
Утв		Козлов Л.Г.						ст.20.21ПМ-18м

Копіював

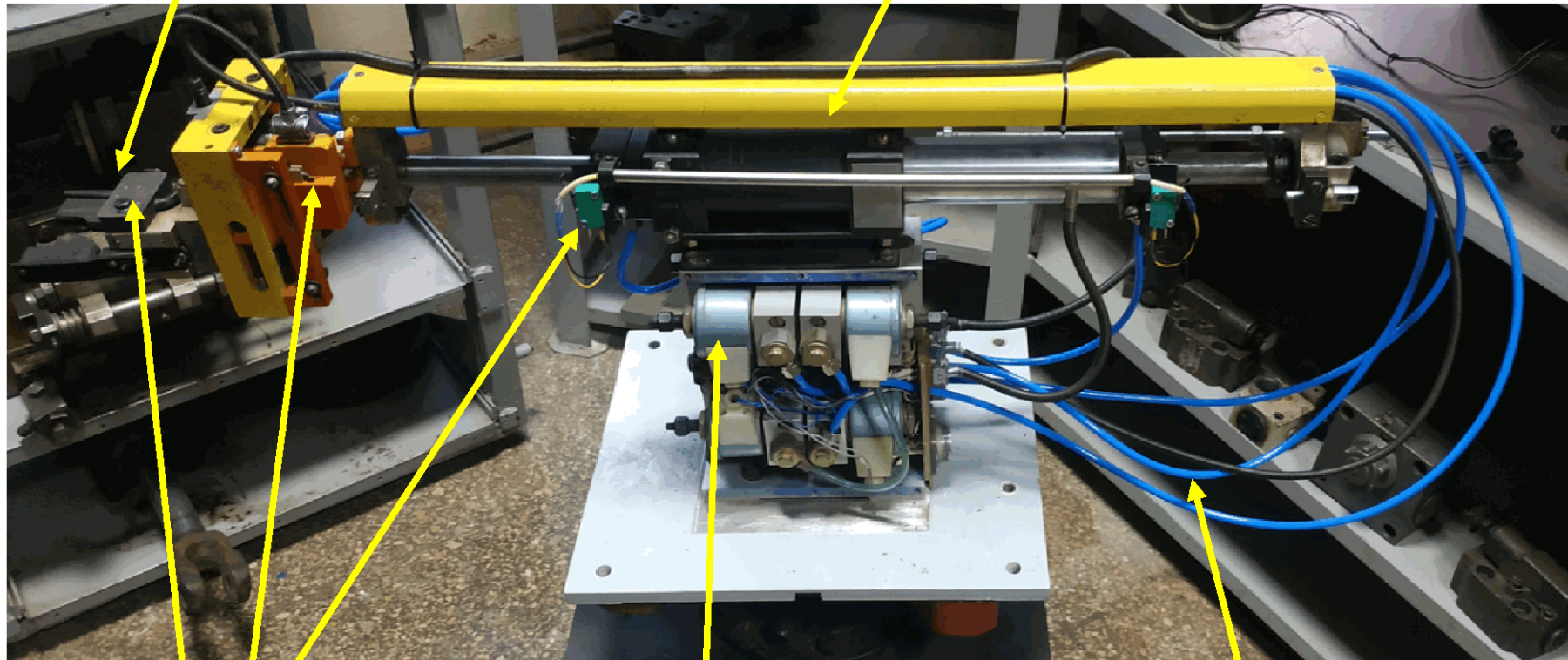
Формат А3

Голов. проєктант.
Спроб. №
Лист № 01/02
Взам. штаб №
Лист № 01/02
Лист № 01/02

Промисловий робот ПМР -0,5-200кв

Захватний пристрій

маніпулятор

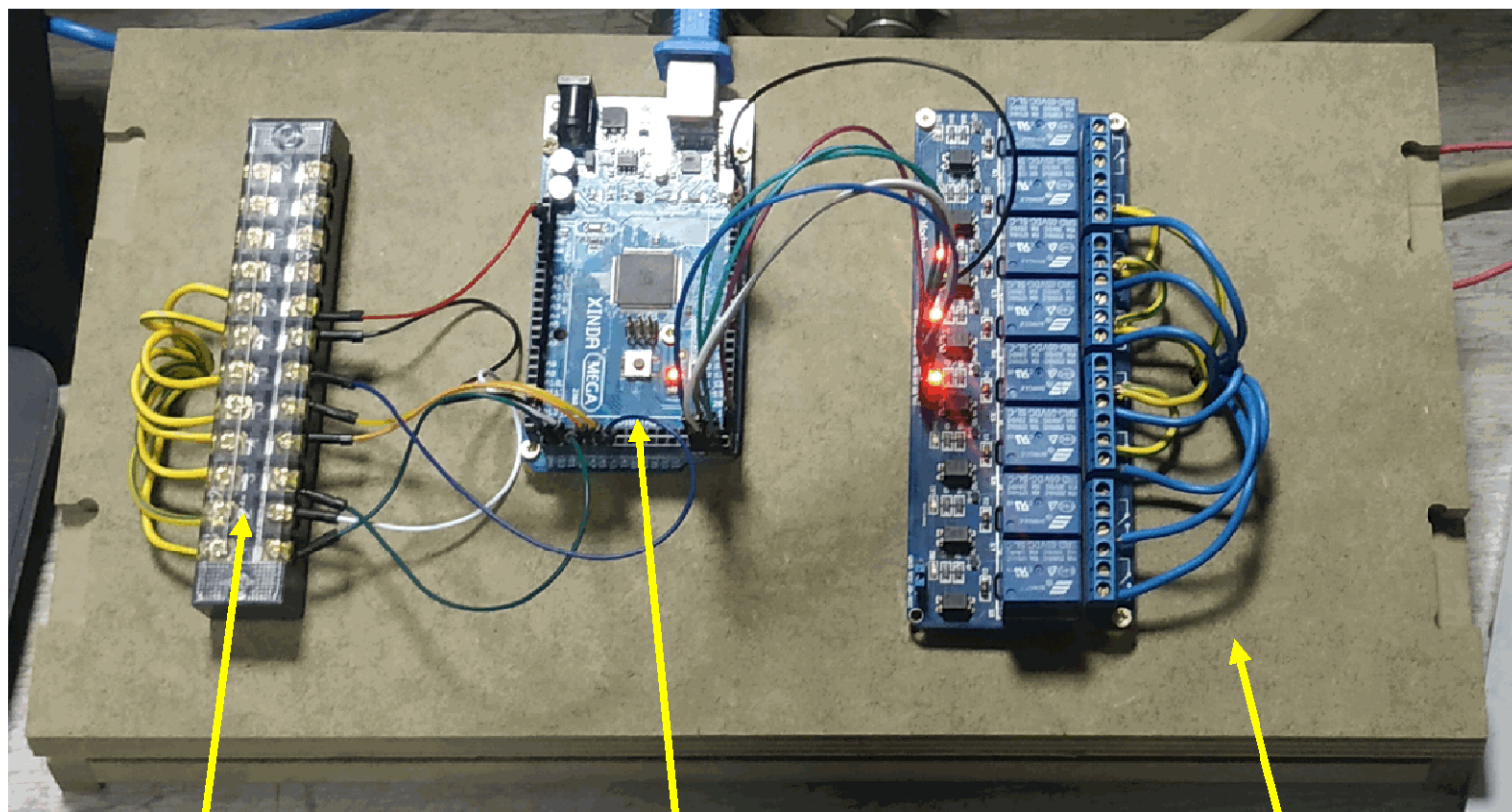


Позиційні датчики

Електромагнітні пневматичні клапани

пневматичні лінії

Модернізована система керування

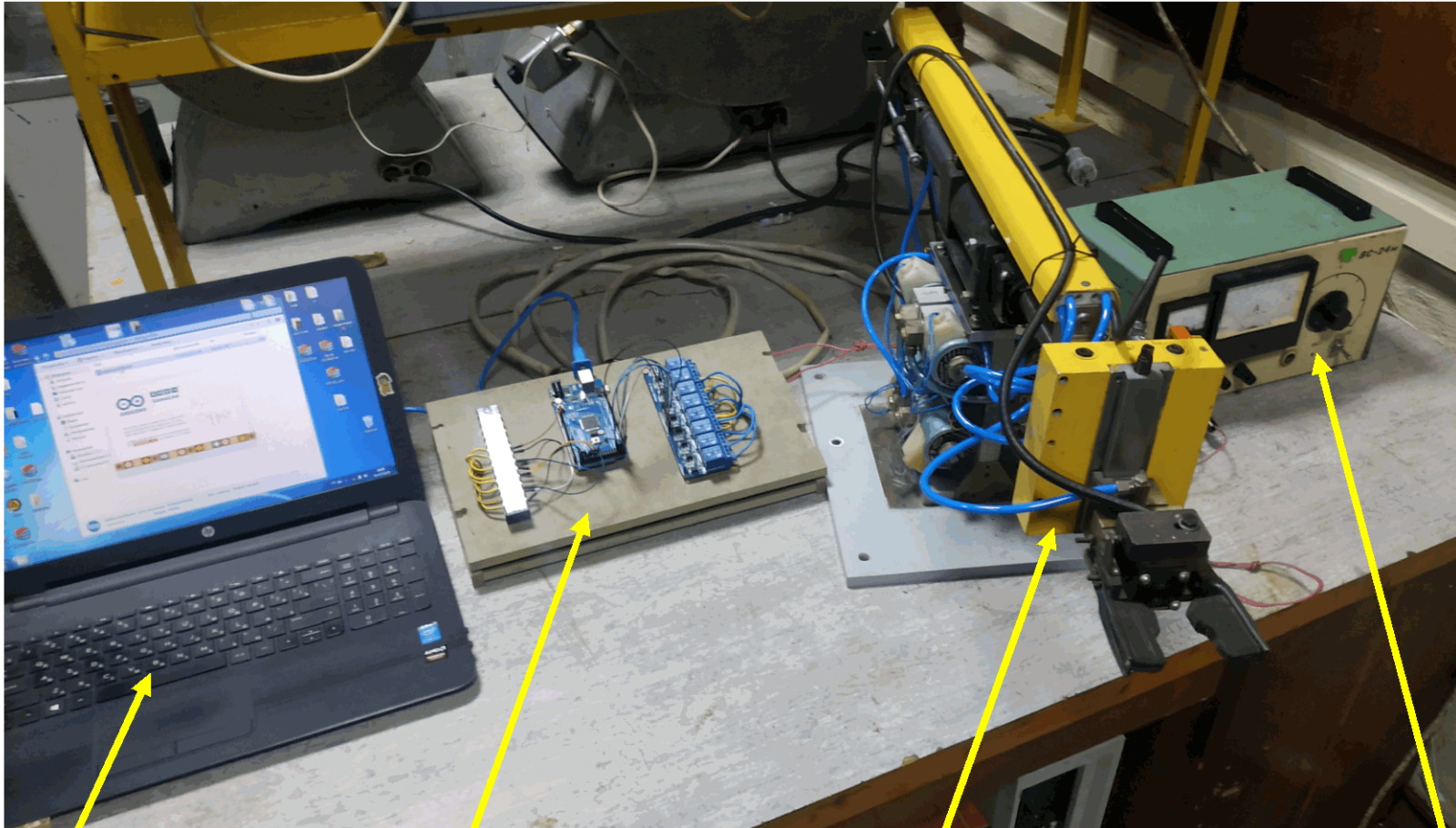


Позиційні датчики

Система керування

Блок реле

Стенд для дослідження роботи просмислового робота (фото)



комп'ютер

Система керування

Промисловий
робот
ПМР -0,5-200кв

Блок живлення