

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**АВТОМАТИЗАЦІЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ "КРОНШТЕЙН КР-25В"**

08-64. МКР.005.00.000.ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, групи ІПМ-24м
спеціальності 131 – Прикладна механіка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Вовк
Богдан ВОВК
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

Лозинський
Дмитро ЛОЗИНСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

« 4 » 12 2025 р.

Опонент: к.т.н., доц. каф. АТМ

Митко
Микола МИТКО
(прізвище та ініціали)

« 16 » 12 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ТАМ

Козлов Л.Г.
Л.Г. Козлов
(прізвище та ініціали)

« 16 » 12 2025 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет Машинобудування та транспорту
Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 13-Механічна інженерія
Спеціальність – 131 – Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма – Технології машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТАМ
д.т.н., проф. Козлов Л.Г.

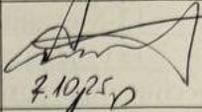
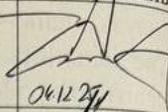
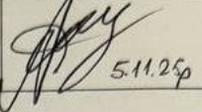
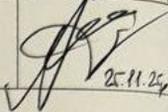
6.10. 2025 року

ЗАВДАННЯ **НА МАГІСТЕРСКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Вовку Богдану Федоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. Автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі “Кронштейн КР-25В”
керівник роботи Лозінський Дмитро Олександрович, к.т.н., доцент
затверджені наказом вищого навчального закладу від 24.09.2025 року № 313
2. Строк подання студентом роботи 18 грудня 2025 року
3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі “Кронштейн КР-25В”, маршрут механічної обробки заготовки деталі “Кронштейн КР-25В”, тип виробництва серійний
4. Зміст текстової частини: 1 Огляд методів та засобів автоматизації виробництв. 2 Розробка схеми автоматизованого робочого місця механічної обробки деталі Кронштейн КР-25В на фрезерній операції з ЧПК. 3 Алгоритм роботи автоматизованого робочого місця механічної обробки деталі Кронштейн КР-25В на фрезерній операції з ЧПК. 4 Автоматизація елементів виробництва. 5 Економічна частина.
5. Перелік ілюстративного матеріалу
мета та задачі роботи; креслення деталі, маршрут механічної обробки деталі Кронштейн КР-25В, огляд існуючих автоматизованих робочих місць для механічної обробки; схема автоматизованого робочого місця та алгоритм роботи; карта налагодження; верстатне оснащення, розрахункова схема визначення сил закріплення; дослідження характеристик роботи промислового робота; компоновка автоматизованого робочого місця; алгоритм функціонування та циклограма роботи автоматизованого робочого місця;
висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	К.т.н., доц. Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ	 7.10.25р	 04.12.25р
Економічна частина	К.е.н., проф. Олександр ЛЕСЬКО	 5.11.25р	 25.11.25р

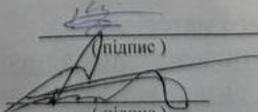
7. Дата видачі завдання 7 жовтня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	9.10.25р	Вн
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	25.10.25р	Вн
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	30.10.25р	Вн
4	Розв'язання поставлених задач	20.11.25р	Вн
5	Формулювання висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	22.11.25р	Вн
6	Виконання розділу «Економічна частина»	25.11.25р	Вн
7	Перевірка роботи на плагіат	04.12.25р	Вн
8	Попередній захист МКР	4.12.25р	Вн
9	Нормоконтроль МКР	16.12.25р	Вн
10	Рецензування МКР	18.12.25р	Вн
11	Захист МКР	22.12.25р	Вн

Студент

Керівник роботи


(підпис)

Богдан ВОВК

Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Вовк Б.Ф. Автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі “Кронштейн КР-25В”. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – прикладна механіка. Вінниця ВНТУ, 2025, 101с.

На укр. мові. Бібліограф.: 28 назв; рис. 23; табл. 17.

У магістерській кваліфікаційній роботі представлено матеріали присвячені розробці автоматизованого робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі “Кронштейн КР-25В”.

В роботі виконано огляд методів та засобів автоматизації сучасного технологічного виробництва, основні тенденції їх розвитку, за результатами якого запропоновано принципову схему автоматизованого робочого місця та алгоритм його роботи.

Розроблено конструкцію автоматизованого верстатного пристосування та визначено його основні характеристики. Проведені дослідження роботи автоматизованого робочого місця та досліджено вплив конструктивних параметрів промислового робота на час виконання операції.

В роботі визначено комерційний потенціал дослідження та кошторис капітальних витрат на модернізацію дільниці механічної обробки. Проведено оцінку економічну ефективність інноваційного рішення.

Ключові слова: промисловий робот, автоматизація, технологічний процес, горпус, час роботи.

Кафедра Технологій та Автоматизації Машинобудування

ABSTRACT

Vovk B.F. Automation of the workplace for the technological process of mechanical machining of the "Bracket KP-25B " workpiece. Master's qualification thesis on specialty 131 - applied mechanics. Vinnytsia VNTU, 2025, 101 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 28 titles; Fig. 23; table 17.

The master's qualification thesis presents materials devoted to the development of an automated workplace for the technological process of machining the "Body" workpiece. The thesis includes a review of methods and means of automation in modern technological production, the main trends in their development, based on which a conceptual scheme of the automated workplace and its operating algorithm are proposed.

A design of automated machine equipment has been developed, and its main characteristics have been determined. Research has been conducted on the performance of the automated workplace, and the influence of the design parameters of industrial robots on the operation time of operations has been investigated.

The commercial potential of the research and the estimate of capital expenditures for the modernization of the mechanical processing area have been determined. An assessment of the economic efficiency of the innovative solution has been carried out.

Keywords: industrial robot, automation, technological process, bracket, working time.

Кафедра Технологій та Автоматизації Машинобудування

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВ.....	9
1.1 Огляд існуючих методів та засобів автоматизації виробництва	9
1.2 Висновки до розділу.....	12
2 РОЗРОБКА СХЕМИ АВТОМАТИВАНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ КРОНШТЕЙН КР-25В НА ФРЕЗЕРНІЙ ОПЕРАЦІЇ З ЧПК.....	14
2.1 Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі та конструктивних особливостей виробу.....	14
2.2 Принципова схема автоматизованого робочого місця.....	14
2.3 Висновки до розділу.....	15
3 АЛГОРИТМ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ КРОНШТЕЙН КР-25В НА ФРЕЗЕРНІЙ ОПЕРАЦІЇ З ЧПК.....	16
3.1 Алгоритм роботи автоматизованого робочого місця механічної обробки деталі Кронштейн КР-25В на фрезерній операції з ЧПК.....	16
3.2 Висновки до розділу.....	16
4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВИРОБНИЦТВА.....	17
4.1 Вибір основного обладнання.....	17
4.2 Розробка компонування верстатного пристосування.....	21
4.3 Вибір промислового робота (ПР) для АРМ.....	32
4.4 Проектування (вибір) захватного пристрою.....	34
4.5 Аналіз точності позиціювання деталі.....	37
4.6 Побудова та розрахунок траєкторії руху елементів ПР.....	39
4.7 Вибір допоміжного устаткування для АРМ.....	41
4.8 Аналіз можливих варіантів компоновок АРМ.....	42
4.9 Розрахунок швидкостей переміщення заготовки.....	43

	5
4.10 Розробка циклограми функціонування АРМ.....	45
4.11 Визначення основних показників АРМ.....	49
4.12 Висновки до розділу.....	51
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	52
5.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи.....	52
5.2 Оцінювання комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки.....	54
5.3 Прогноз попиту на інноваційне рішення.....	57
5.4 Вибір каналів збуту та післяпродажного обслуговування.....	57
5.5 Виявлення основних конкурентів.....	57
5.6 Обрання методу ціноутворення.....	58
5.7 Оцінка рівня якості інноваційного рішення.....	59
5.8 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення.....	61
5.9 Прогнозування витрат на виконання роботи.....	61
5.10 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	68
5.11 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	71
5.12 Висновки до розділу.....	73
Висновки.....	75
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	77
ДОДАТКИ.....	81
Додаток А. Ілюстративна частина.....	82
Додаток Б. Специфікація.....	99
Додаток В. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	101

Кафедра Технологій та Автоматизації Машинобудування

ВСТУП

Розвиток виробництва та покращення його характеристик є невід'ємною частиною розвитку держави.

На сьогоднішній день промислові роботи є відповідною технологією для розробки гнучких і переналаштовуваних виробничих систем, які дозволяють автоматично виконувати такі операції, як фрезерування, різання, свердління, шліфування, видалення задирок і полірування [1, 2].

Актуальність теми.

Автоматизація виробничих процесів за допомогою роботизованих систем змінює загальне сприйняття виробничих систем. Покращення продуктивності робіт, які виконуються на при виготовленні виробів є однією з основних задач, які вирішується на виробництві і безпосередньо пов'язані із покращенням ефективності організації та виконання допоміжних операцій.

Зазвичай такі операції є частиною роботи робітника, проте за певних умов вони можуть виконуватися не на вищому рівні. В разі застосування автоматизованих елементів для виконання даних завдань можна досягти значного приросту в ефективності виробництва.

В роботах авторів Павленка І.І., Мажари В.А., Козлова Л.Г. та ін. визначається тенденції впровадження засобів автоматизації та промислової робототехніки для вирішення відповідного кола задач технологічного виробництва, представлені різновиди компоновок, характеристики тощо [3 -5].

В роботах авторів Павленка І.І., Мажари В.А., Jüri Riives, Andrius Dziedzickis та інших розглянуті питання застосування автоматизації та роботизації у виробничих галузях [1-6].

Проте елементи автоматизації постійно вдосконалюються тому дослідження присвячені автоматизації елементів виробництва є актуальною задачею [7-9].

Зв'язок роботи з державними науковими програмами, планами, темами.
Магістерську роботу виконано відповідно до науково-дослідної тематики кафедри

«Технологія та автоматизація машинобудування» (ТАМ) Вінницького національного технічного університету (ВНТУ) згідно з науково-дослідною роботою кафедри №17К2/14 «Розробка, дослідження та покращення характеристик енергоощадних гідроприводів технологічних та мобільних машин» (2024-2028 рр.).

Метою роботи є автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Кронштейн КР-25В".

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати такі завдання:

- виконати огляд відомих методів та засобів автоматизації, які застосовуються в технологічному виробництві;
- проаналізувати маршрут механічної обробки та визначити операції, які можуть бути автоматизовані;
- розробити загальну схему автоматизованого робочого місця та алгоритм роботи автоматизованого робочого місця;
- вибрати технологічне обладнання та спроектувати автоматизоване оснащення для нього;
- виконати розрахунки основних параметрів автоматизованого робочого місця;
- розробити компоновку автоматизованого робочого місця;
- провести розрахунок та аналіз економічної доцільності виготовлення деталі;

Об'єкт дослідження – автоматизоване робоче місце технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Кронштейн КР-25В".

Предмет дослідження – технологічний процес механічної обробки деталі «Кронштейн КР-25В».

Методи дослідження. Методи аналітичного та імітаційного моделювання, математичне моделювання та розрахунок параметрів роботи автоматизованого робочого місця, визначення в аналітичній і графічній формі характеристик автоматизованого робочого місця.

Наукова новизна одержаних результатів:

- отримав подальший розвиток метод розрахунку витрат часу на виконання операцій у автоматизованому робочому місці технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Кронштейн КР-25В" за рахунок врахування емпіричних залежностей швидкості виконання основних рухів маніпулятора робота від його конструктивних параметрів та налаштувань.

Практичне значення одержаних результатів:

1. Розроблено автоматизоване верстатне оснащення для фрезерної операції з ЧПК..
2. Розроблено компоновку автоматизованого робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Кронштейн КР-25В".
3. Розраховано часові витрати та побудовано циклограму функціонування автоматизованого робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Кронштейн КР-25В".
4. Сформульовано практичні рекомендації щодо вибору конструктивних параметрів промислового робота для корегування швидкісних параметрів виконання операцій.

Особистий внесок здобувача. Основні результати досліджень по розробленій компоновці робочого місця. Мета та завдання досліджень, схема робочого місця узгоджені з науковим керівником. В працях, що опубліковані у співавторстві автору належать: виконано розрахунки основних показників та пошук інформаційних ресурсів.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи розглядалися на міжнародній науково-практичній Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «МОЛОДЬ В НАУЦІ: ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ (МН-2026)».

Публікації. Матеріал магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано у тезах доповідей конференцій [26].

1 ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВ

1.1 Огляд існуючих методів та засобів автоматизації виробництва

Високі темпи розвитку виробництва, наявність багатьох повторювальних операцій, та операцій, які можуть мати певні небезпечні фактори впливу, саме ці речі стимулюють застосування механізованих, автоматизованих та роботизованих елементів на виробництві [1, 2].

На сьогодні автоматизація виробництва є одним з головних напрямів імплементації науково-технічних рішень на виробництві і саме завдяки впровадженню автоматизації можна досягти значних позитивних досягнень продуктивності виробництва та покращення стабільних показників роботи [3].

Автоматизація на виробництві може бути впроваджена багатьма засобами та способами в залежності від потреб та особливостей виробництва (рис. 1.1, 1.2).

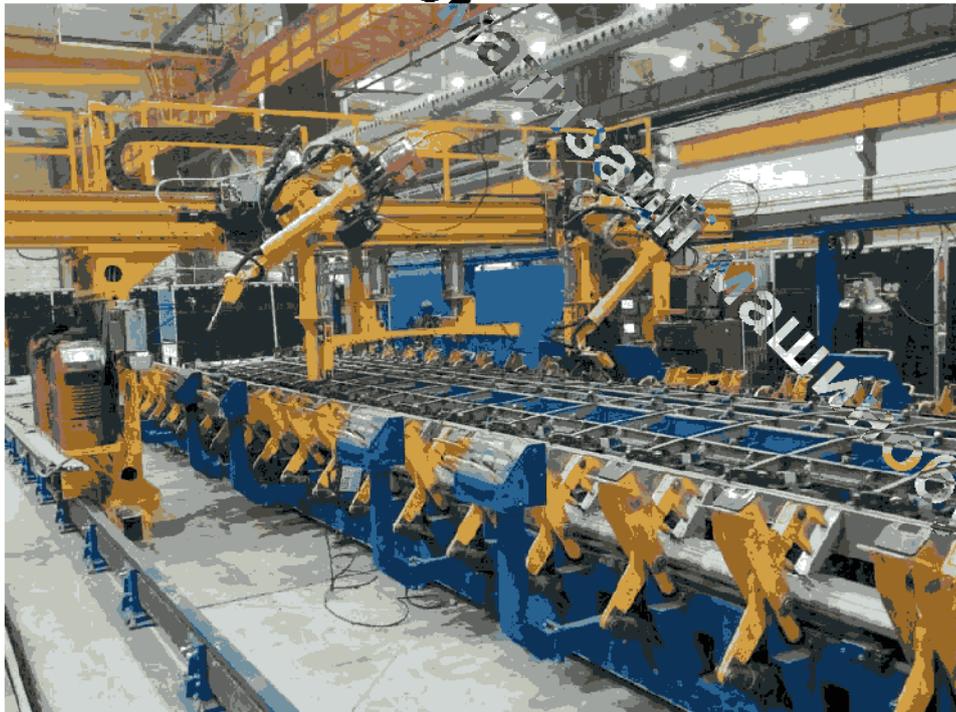


Рисунок 1.1 – Застосування автоматизації на виробництві

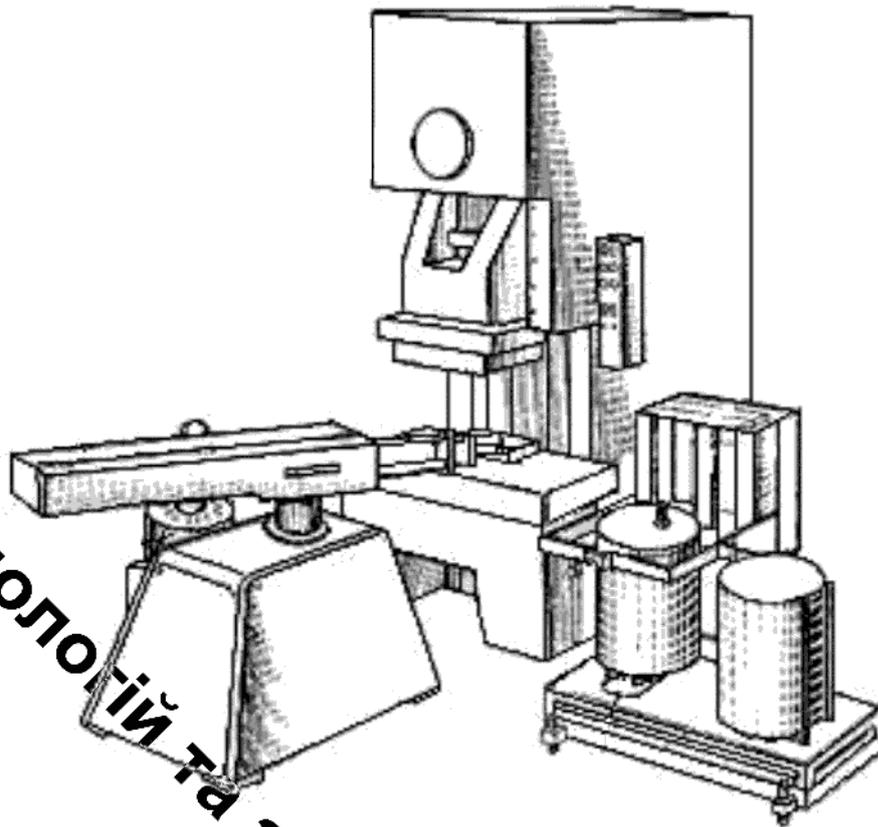


Рисунок 1.2 – Застосування промислових роботів для установки заготовок

Роботизоване обладнання може бути використане для виконання різноманітних задач. Це можуть бути як основні так і допоміжні операції на виробництві [5-6].

На рисунку 1.3 наведено приклад технологічного роботизованого комплексу, призначеного для виконання фрезерно-свердильних операцій [6]. Комплекс включає свердильний верстат із числовим програмним керуванням моделі 2Н135Ф2 та промислового робота ПР-10. Відмінною рисою цього комплексу є використання робота з двома маніпуляторами, це істотно розширює його можливості під час виконання допоміжних операцій. Завдяки паралельній роботі обох «рук» вдається скоротити кількість окремих рухів і підвищити ефективність обслуговування обладнання.

Подача заготовок і вибір готових деталей здійснюються за допомогою конвеєрних пристроїв.

Даний приклад комплексу є досить типовим рішенням для застосування виконання задач технологічного виробництва. Проте існують варіанти де промисловий робот може обслуговувати декілька одиниць верстатного обладнання. Роботизований комплекс призначений для токарної обробки деталей різного типу. Основними складовими частинами комплексу є два токарних верстати з числовим програмним керуванням моделі SE062.10 та промисловий робот моделі “Fanuc-1”.

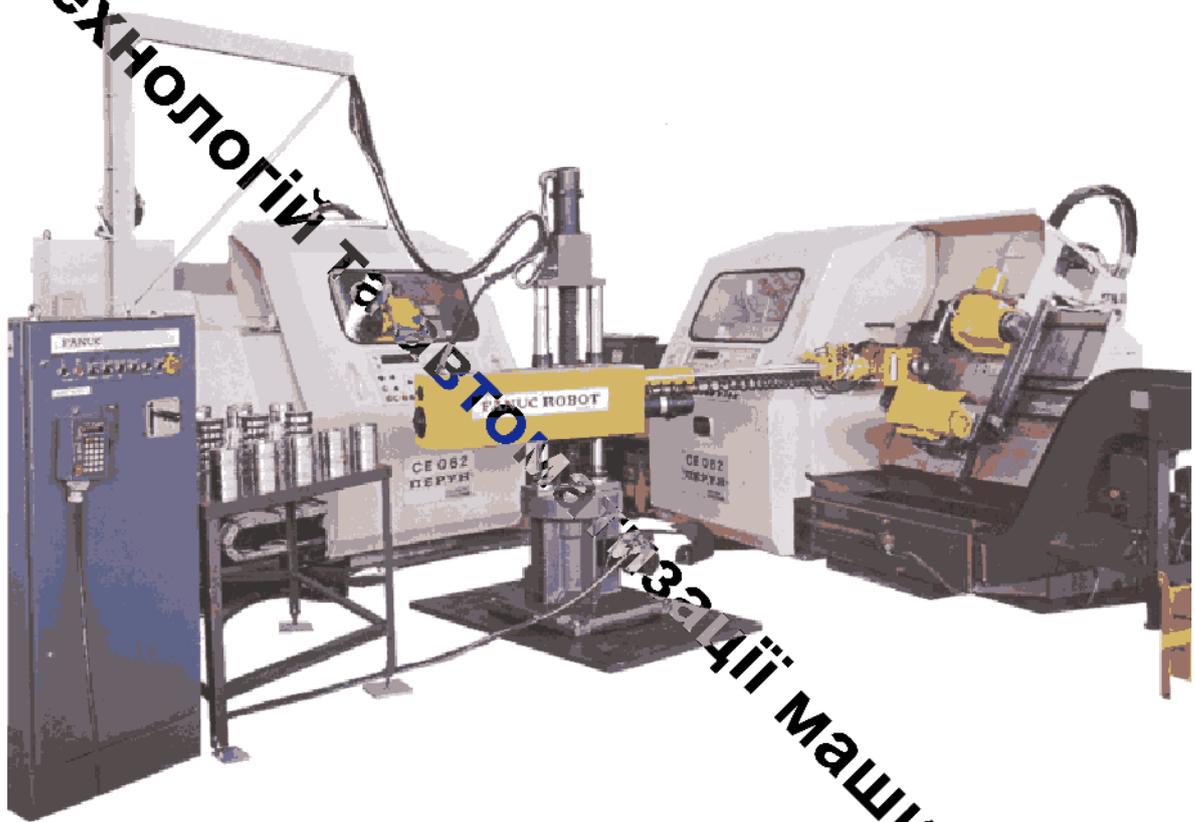


Рисунок 1.3- Роботизований комплекс для виконання на базі двох одиниць технологічного обладнання

Особливістю компоновки даного комплексу є те, що промисловий робот обслуговує одночасно два верстати. Це суттєво підвищує його продуктивність, а також зменшує вартість самого комплексу оскільки потрібно буде закуповувати один промисловий робот. Крім того промисловий робот оснащений двозахватним

пристроєм, що дозволяє виконувати операції маніпулювання декількома виробами одночасно, що покращує його функціональні можливості.

Розвиток інформаційних технологій суттєво впливає на зміни в робототехніці, що сприяє появі нових функціональних рішень і розширює можливості роботів. У цій роботі представлено аналіз застосування промислових роботів для обслуговування верстатів з числовим програмним керуванням (CNC) [13] (рис. 1.4).

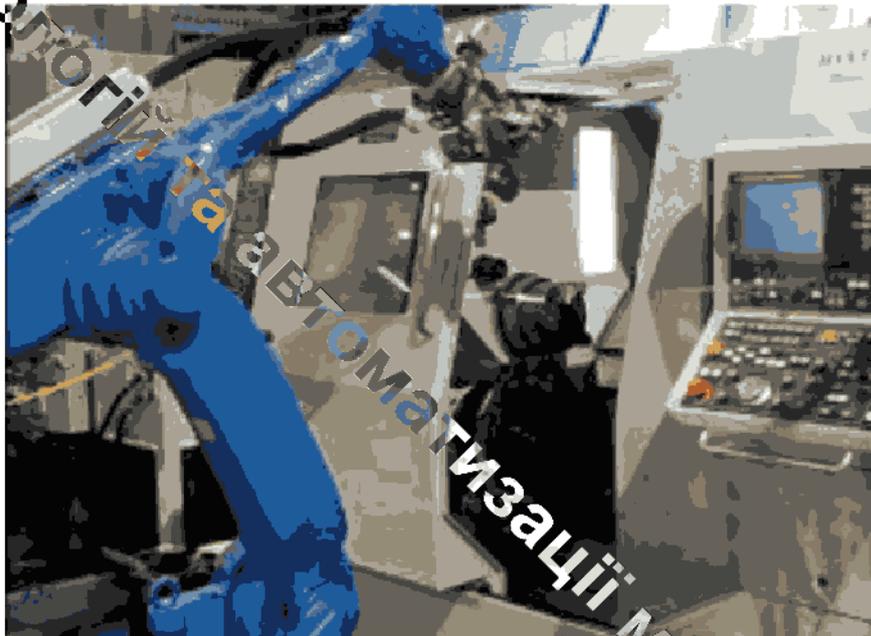


Рисунок 1.4 –Роботизований технологічний комплекс

1.2 Висновки до розділу

1. На основі огляду типових засобів автоматизації можна виділити основні методики за засоби для автоматизації виробництва, а саме застосування роботизованого обладнання та допоміжного устаткування в комплексі з верстаним обладнанням з ЧПК.

2. Автоматизовані чи роботизовані елементи зазвичай виконують допоміжні функції.

3. Для обслуговування верстату зазвичай використовують роботи, що мають 4-6 ступеней вільності

4. В робочому місці промислові роботи виконують первинні задачі автоматизації та - автоматизують розвантажувальні та завантажувальні операції.

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

2 РОЗРОБКА СХЕМИ АВТОМАТИВАНОВОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ КРОНШТЕЙН КР-25В НА ФРЕЗЕРНІЙ ОПЕРАЦІЇ З ЧПК

2.1 Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі та конструктивних особливостей виробу

Щоб обґрунтовано вирішити питання щодо модернізації робочого місця через автоматизацію окремих процесів, необхідно визначити, яка саме технологічна операція є найдоцільнішою для впровадження таких змін.

Технологічний процес механічної обробки включає три основні операції. Автоматизація повинна сприяти покращенню певних параметрів обробки, тому найраціональніше впроваджувати її саме в ті етапи чи процеси, де виникають значні непродуктивні витрати. До таких витрат належать витрати часу на встановлення та зняття заготовки, її повторне базування та інші допоміжні дії, що не впливають на форму чи розміри виробу.

Проаналізувавши технологічний процес можна виділити дві операції, які мають найменшу кількість переходів і, відповідно, відносну частку допоміжного часу найвищу, це 005 та 015. Проте базування заготовки на операції 015 потребує більш точних рухів, оскільки виконується на два пальці. Тому для впровадження автоматизованих елементів використаєм операцію 005 [14-16].

2.2 Принципова схема автоматизованого робочого місця

Схема автоматизованого робочого місця визначає не тільки розташування елементів але і у великій мірі впливає на тип чи характеристики компонентів, які використовуватимуться у роботизованому комплексі.

В маршруті для виконання операції 005 буде використовуватись одне технологічне обладнання, тому на основі аналізу проведеного в розділі 1 доцільним є застосування кругової схеми компоновки роботизованого робочого

місця (рис. 2.1). Це дозволить виконати компоновку елементів застосовуючи менше виробничих площ. Для обслуговування усіх складових комплексу можна застосувати один промисловий робот з циліндричною чи ангулярною системою координат.

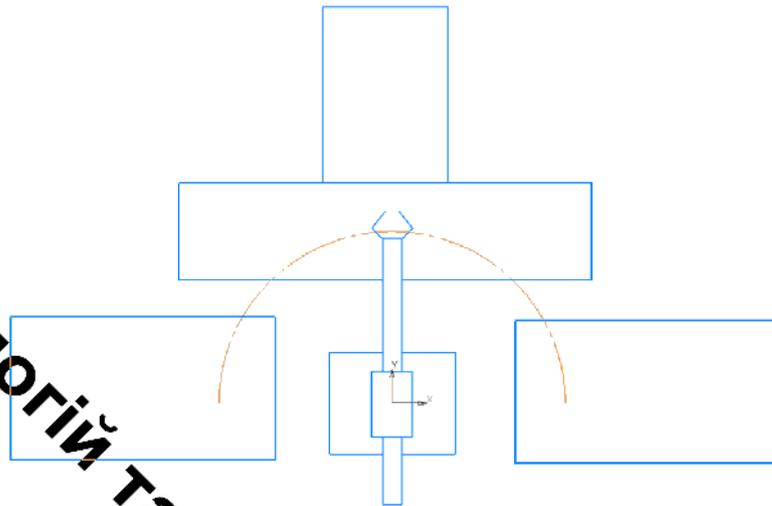


Рисунок 2.1 – Схема автоматизованого робочого місця

2.3 Висновки до розділу

1. Проаналізовано технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Кронштейн КР-25В».

2. На основі аналізу раціональності застосування автоматизації обрано операцію 005, оскільки застосування автоматизації може забезпечити зменшення допоміжних витрат часу.

3 АЛГОРИТМ РОБОТИ АВТОМАТИВАНОВОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ КРОНШТЕЙН КР-25В НА ФРЕЗЕРНІЙ ОПЕРАЦІЇ З ЧПК

3.1 Алгоритм роботи автоматизованого робочого місця механічної обробки деталі Кронштейн КР-25В на фрезерній операції з ЧПК

Оскільки обробка на робочому місці повинна здійснюватися без участі оператора, виникає потреба у формуванні чітко визначеного алгоритму взаємодії всіх елементів робочої позиції, який забезпечує виконання потрібних технологічних переходів і операцій у ході виробничого процесу (табл. 3.1) [11].

Таблиця 3.1 - Алгоритм роботи автоматизованого робочого місця

№	Крок	Опис
1	Установка заготовки на верстат	Злагоджена робота маніпулятора роботу та пристрою для подачі заготовок
2	Робота верстату	Зображення верстатного оснащення та обробка заготовки деталі «Шестерня»
3	Зняття заготовки з верстату	Робота маніпулятора та верстатного оснащення
4	Переміщення заготовки до місця складання готових деталей	Злагоджена робота маніпулятора роботу та пристрою для прийняття оброблених заготовок
5	Позиційне зміщення елементів у «вихідну» позицію	Робота пристрою для подачі заготовок та зміщення елементів маніпулятора у початкову позицію

3.2 Висновки до розділу

1. Визначено перелік дій та обладнання для їх виконання при автоматизованій роботі автоматизованого робочого місця.

2. Розроблено загальний алгоритм роботи автоматизованого робочого місця для технологічної обробки деталі «Кронштейн КР-25В».

4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВИРОБНИЦТВА

4.1 Вибір основного обладнання

Для організації автоматизованої технологічної обробки часто використовуються відповідне технологічне обладнання – верстати-автомати. Проте таке обладнання досить спеціалізоване і застосовується зазвичай для виробництв з великою програмою випуску виробів. Для роботизованих комплексів можна застосувати верстати з ЧПК відповідно їх дооснастивши певним обладнанням [5-8].

Обладнання, що застосовується на робочому місці, повинно забезпечувати повністю автоматизований режим роботи, включаючи автоматичний затиск заготовки, зміну інструменту та виконання інших допоміжних операцій. Однак у реальних виробничих умовах реалізація такого рівня автоматизації не завжди є можливою, оскільки верстати-автомати не отримали широкого розповсюдження.

Вертикальний фрезерний верстат з нерухомою консоллю, оснащений числовим програмним керуванням та автоматичною системою зміни інструменту, моделі ГФ2171С5, призначений для виконання багатоопераційної обробки деталей складної геометричної форми, виготовлених зі сталі, чавуну, кольорових металів і легких сплавів. Основні техніко-експлуатаційні параметри верстата ГФ2171С5 наведені в таблиці 2.1.

Окрім фрезерування, даний верстат забезпечує можливість виконання високоточного свердління, зенкування, розгортання та розточування координатно пов'язаних отворів. Значна потужність приводу головного руху, широкий інтервал подач і частот обертання шпинделя, а також висока жорсткість конструкції створюють умови для ефективного застосування як інструменту зі швидкорізальної сталі, так і оснащеного твердосплавними та надтвердими синтетичними пластинами.

Верстат обладнаний трьох- або чотирьохкоординатною системою ЧПК із слідкуючими електроприводами подач, що забезпечує обробку складних криволінійних поверхонь з високою точністю. Завдяки своїм технічним

можливостям верстат може ефективно використовуватися як в одиничному, так і в серійному виробництві.

Таблиця 4.1 - Основні технічні дані та характеристики станка ГФ2171С5

Основні параметри	
Кількість керованих координат	3
Кількість одночасно керованих координат при лінійної / крутшової інтерполяції	3/2
Розміри робочої поверхні столу (довжина x ширина), мм	1600 x 400
Граничні розміри оброблюваних поверхні (довжина x ширина x висота), мм	850_250_380
Максимальне навантаження на стіл (по центру), кг	400
Число Т-образних пазів Розміри Т-образних пазів	3
Найбільше поздовжнє переміщення столу (X), мм	1010
Найбільше поперечне переміщення столу (Y), мм	400
Найбільше вертикальне переміщ. столу (установче) (Z), мм	250
Найбільше переміщення повзуна (Z), мм	260
Межа робочих подач столу і повзуна, мм / хв	3..6000
Швидкість швидких переміщень столу (X, Y) і повзуна (Z), мм/хв	7000
Найменше та найбільше відстань від шпинделя до стола, мм	250..500
Відстань від осі шпинделя до верт. напрямних станини (виліт), мм	500
Допустиме зусилля подачі по координаті X і Y, Н	15690
Допустиме зусилля подачі по координаті Z, Н	9806
Точність позиціонування, мм	0,015
Шпиндель	
Частота обертання шпинделя, об / хв	50..2500
Кількість швидкостей шпинделя	18
Найбільший крутний момент, кНм	0,615
Час зміни інструменту, з	20
Максимальний діаметр фрези торцевої, мм	125
Максимальний діаметр фрези кінцевий, мм	40
Максимальний діаметр свердла, мм	30
Виліт інструмента від торця шпинделя, мм, не більше	250

4.1.2 Розробка алгоритму виконання операцій

В попередньому розділі розроблено загальний алгоритм роботи робочого місця, розглянемо послідовність дій, яку необхідно виконати саме для технологічної обробки виробу (рис. 4.1).

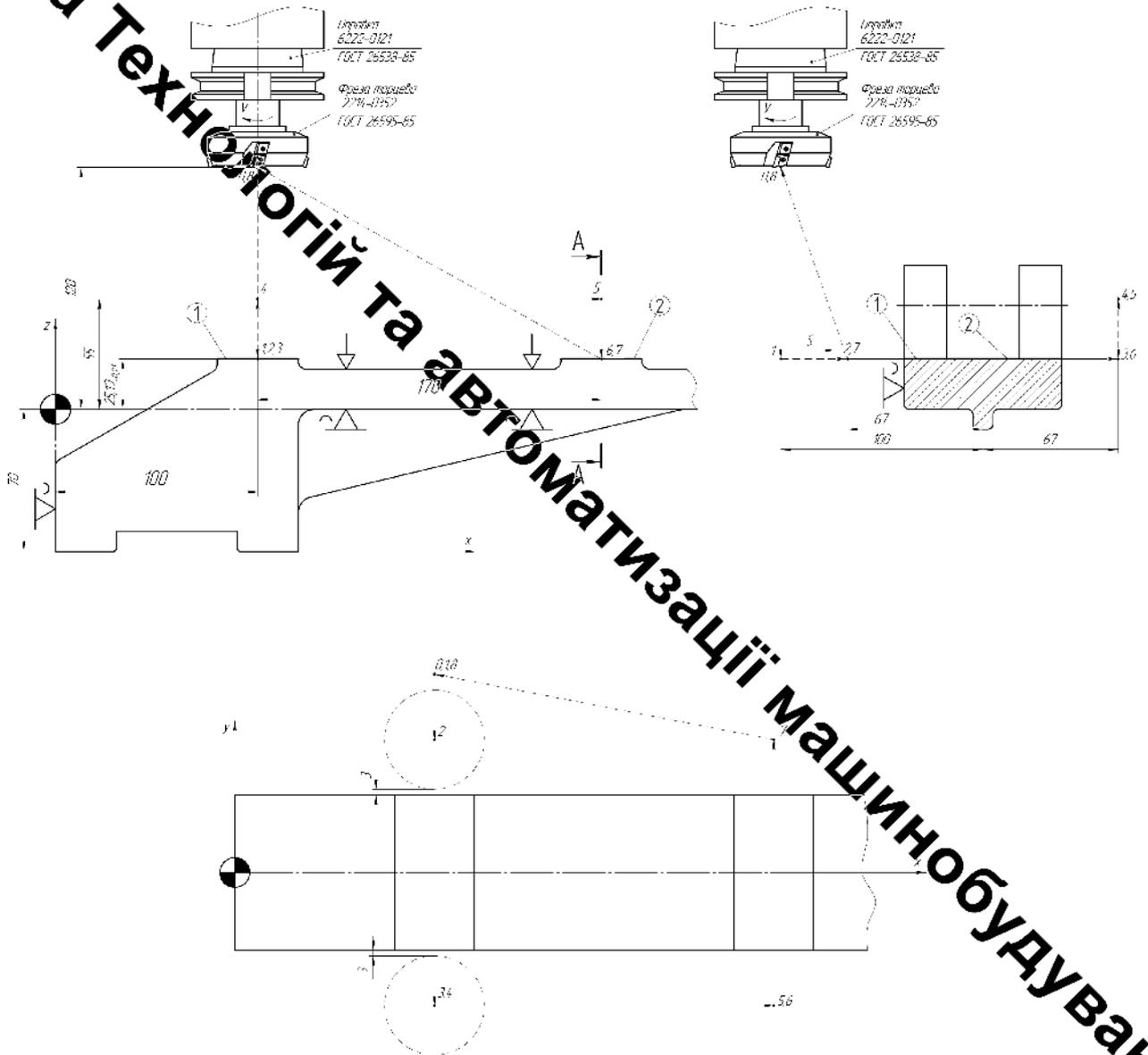


Рисунок 4.1 –Послідовність виконання переходів на операції

Кафедра Технологій та Автоматизації Машинобудування

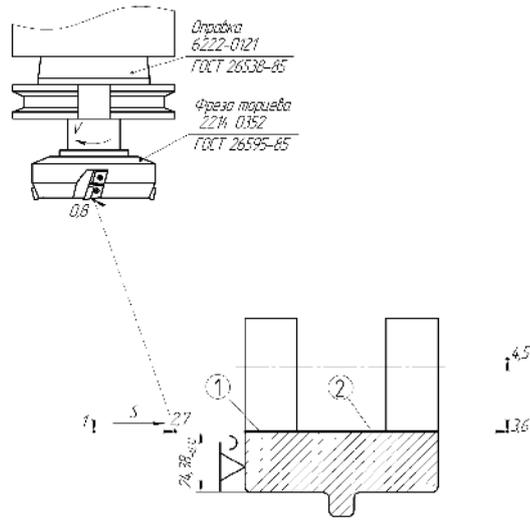


Рисунок 4.2 – Послідовність виконання 3-го переходу на операції 005

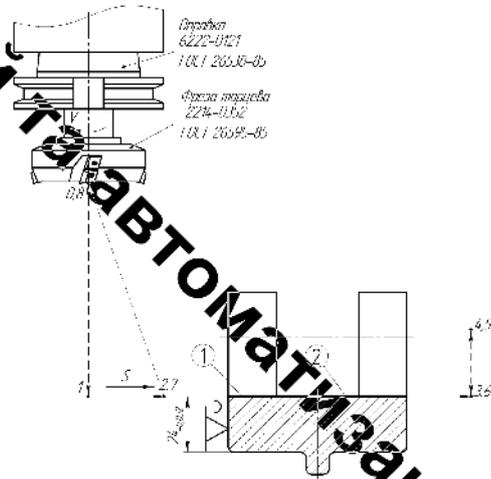


Рисунок 4.3 – Послідовність виконання 4-го переходу на операції 005

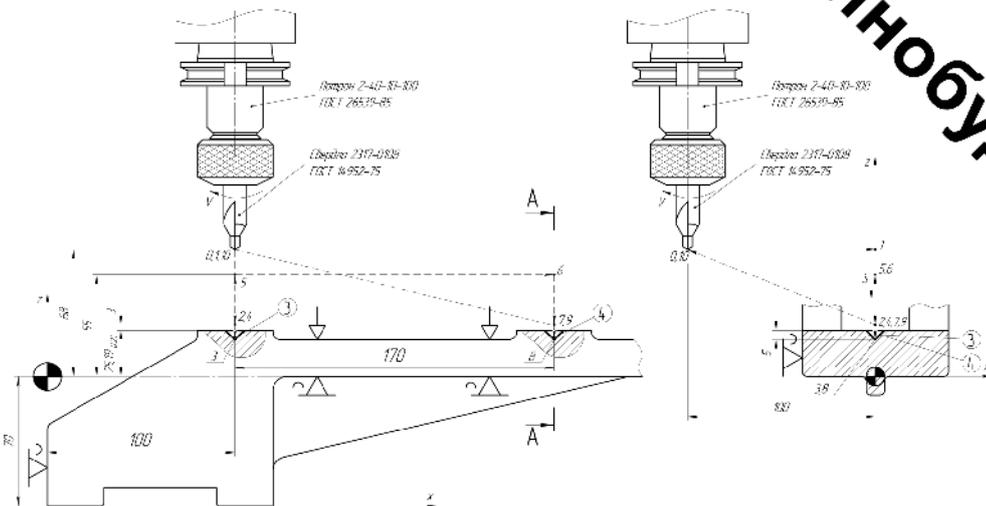


Рисунок 4.4 – Послідовність виконання 5-го переходу на операції 005

Координати технологічних та допоміжних рухів наведено в таблиці 4.2

Таблиця 4.2– Координати опорних точок

Перехід	Номер опорної точки	Координата опорної точки		
		X	Z	Y
2	0(B T)	+100	+120	-100
	1	+100	+25,19	-100
	2	+100	+25,19	-67
	3	+100	+25,19	+67
	4	+100	+55	+67
	5	+270	+55	+67
	6	+270	+25,19	+67
	7	+270	+25,19	-67
	8	+100	+120	-100

Решту координато точок можна переглянути на карті налагодження, яка представлена в додатку Б.

4.2 Розробка компонування верстатного пристосування

З огляду на те, що основне обладнання функціонує в напівавтоматичному режимі, постає необхідність використання додаткового технологічного оснащення з метою підвищення рівня автоматизації. У даному випадку автоматизоване верстатне оснащення застосовується для забезпечення автоматичного затискання та розтискання заготовки в процесі обробки.

Установлення й базування пристосування здійснюється на робочому столі верстата за допомогою T-подібних пазів (рис. 4.5).

Затискний пристрій має мати механізований привід та керуватися дистанційно.

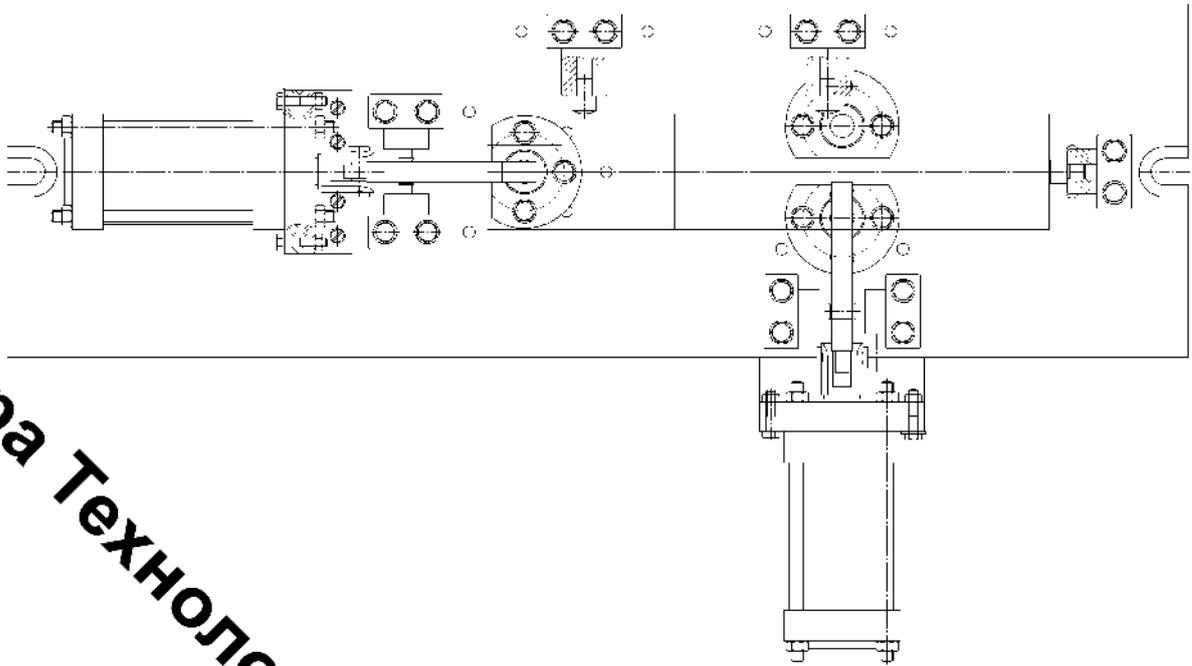


Рисунок 4.5– Схема оснащення

Позитивною стороною конструювання буде застосування в його конструкції більшої кількості стандартних елементів. В нашому випадку використовуються наступні установочні елементи: опори та опорні пластини (рис. 4.6).

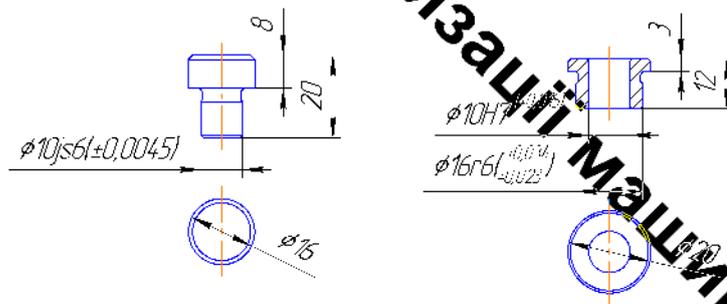


Рисунок 4.6 – Стандартні установочні елементи

4.2.1 Розрахунок необхідної сили закріплення

Зусилля затиску спрямовується у бік опорних елементів і має бути таким, щоб виключити деформацію заготовки. Під час встановлення заготовки плоскими поверхнями в пристосуванні зазвичай застосовують постійні опори або опорні

пластини, які використовуються у випадку базування заготовок за попередньо обробленими поверхнями [14].

Під час фрезерування центральної лиски можуть виникати значні сили різання, що необхідно враховувати при виборі схеми базування та затиску (рис. 4.7).

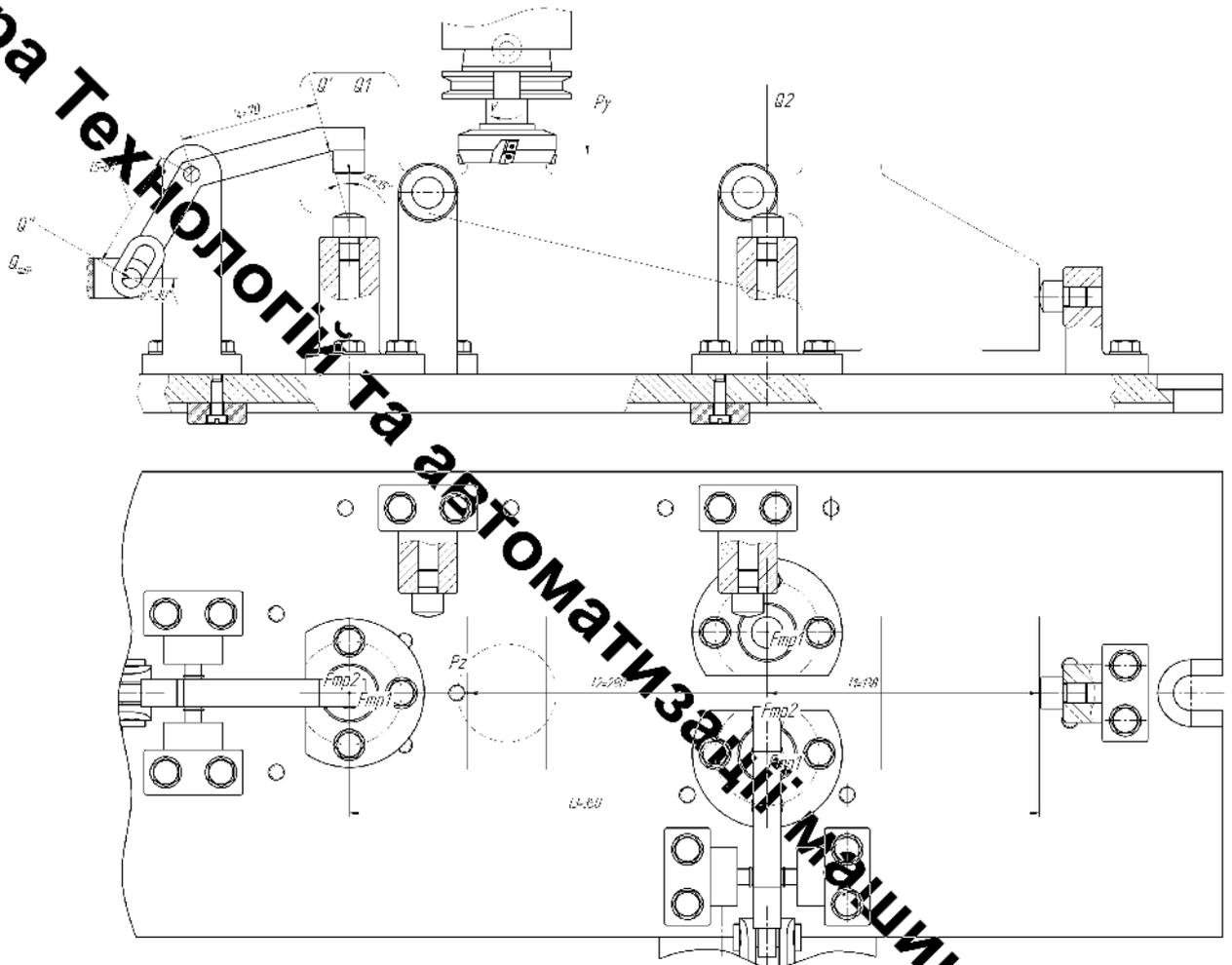


Рисунок 4.7 - Схема сил, що діють на деталь

Складаємо рівняння рівноваги дії сил.

$$P_z l_2 = 2F_{mp1} \cdot l_1 + F_{mp2} l_1 + F_{mp1} \cdot l_3 + F_{mp2} \cdot l_3 \quad (4.1)$$

$$= \left(Q_1 + \frac{P_y}{2}\right) \cdot f_{mp2} \cdot l_3 + \left(Q_2 + \frac{P_y}{2}\right) \cdot f_{mp2} \cdot l_3$$

Звідси, сила закріплення складає:

$$P_z = 593 \text{ (H)} \quad P_y = 395 \text{ (H)};$$

$$(Q_1 + Q_2 + P_y) = \frac{P_z l_2}{f_{mp2} \cdot l_3 + f_{mp2} \cdot l_3} \text{ [H]} \quad (4.2)$$

$$Q_s = (Q_1 + Q_2) = \frac{593 \cdot 290}{0,25 \cdot 350 + 0,25 \cdot 350} - 395 = 588 \text{ (H)};$$

Тоді сила на штоці:

$$Q' = Q_s / \cos \alpha' = 294 / 0,96 = 306,25 \text{ (H)};$$

$$Q' \cdot l_4 = Q'' \cdot l_5; \quad (4.3)$$

$$Q'' = \frac{Q' \cdot l_4}{l_5} = \frac{306,25 \cdot 70}{61} = 351,4 \text{ (H)};$$

$$Q_{шт} = Q'' / \cos \alpha'' = 351,4 / 0,86 = 408,6 \text{ (H)};$$

де K- коефіцієнт запасу;

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6; \quad (4.4)$$

де: K₀-гарантований коефіцієнт запасу, K₀=1,5;

K₁- для врахування нерівномірності припуску, K₁=1,2;

K₂ - збільшення сили при зменшенні гостроти інструменту, K₂=1,4;

K₃ - наявність переривчатого темпу різання, K₃=1;

K₄-враховує на скільки стабільне значення зусилля закріплення, K₄=1,1;

K₅=1;

K₆- особливості розташування опор та їхньої форми, K₆=1,0

Отже

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 3,32.$$

Тоді необхідна сила дорівнює:

$$Q = Q_{\text{нм}} \cdot K = 408,6 \cdot 3,32 = 1356 \text{ (Н)}.$$

4.2.2 Вибір силового приводу і розрахунок його параметрів

Як виконавчий привід обрано пневматичну систему. Її основними перевагами є висока швидкість (0,5...1,2 с), стабільність зусилля затискання та можливість його регулювання, проста конструкція та легкість обслуговування, а також стійкість до змін температури навколишнього середовища. Оптимальна швидкість руху виконавчого органу при використанні пневмоприводу становить 0,1...2 м/с; при зниженні швидкості можуть з'являтися вібрації та нерівномірність переміщення. До переваг також належить низька вартість пневматичних систем.

Серед недоліків можна виділити порівняно низький ККД, більші габарити у порівнянні з гідравлічними приводами та нерівномірність руху робочих елементів. Проте ці недоліки не чинять істотного впливу на точність обробки заданої поверхні деталі.

Основні параметри конструкції приводу

1) діаметр циліндру:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{N}{P \cdot \eta}} = 1,13 \sqrt{\frac{1356}{0,6 \cdot 0,9}} = 56,6 \text{ (мм)} ;$$

Для зручності конструювання та можливості переналагодження пристосування на обробку, більших поверхонь, приймаємо 63 мм.

2) площа поршня:

$$F_1 = 0,01 \cdot 0,785 \cdot 63^2 \cong 31,15 \text{ (см}^2\text{)};$$

3) площа штокової порожнини:

$$F_2 = 0,01 \cdot 0,785 \left(D_{\text{ш}}^2 - d^2 \right) = 0,01 \cdot 0,785 \left(63^2 - 18^2 \right) \cong 28,6 \text{ (см}^2\text{)} ;$$

4) для забезпечення безударної та плавної роботи пневмоциліндру слід призначити роботу швидкість переміщення поршня V в межах 0,2 ... 1 м/с.

Приймаємо $V = 0,4$ м/с;

5) час переміщення поршня (робочий чи холостий хід):

$$t = L/100V = 60/100 \cdot 0,4 = 0,24 \text{ с.}$$

4.2.3 Розрахунок пристосування на точність

Спроектоване технологічне оснащення повинно гарантувати забезпечення точності тих розмірів, які формуються під час встановлення заготовки в пристосуванні. У даному випадку для подальших розрахунків приймається відповідний розмір $48,5 \pm 0,35$. Сумарна похибка (ε_{Σ}) повинна бути меншою, ніж допуск $T_{дет.}$ на відповідний розмір $\varepsilon_{\Sigma} < T_{дет.}$

4.2.3.1 Визначення складових похибки установки

Похибка установки – визначається як відхилення фактично досягнутого положення заготовки від бажаного.

$$\varepsilon_{np} \leq T - K_T \sqrt{(K_{T_1} \cdot \varepsilon_s)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_{н.к}^2 + (K_{T_2} \cdot \omega)^2}, \text{ [МКМ]} \quad (4.5)$$

де ε_6 – похибка базування – це відхилення фактично досягнутого положення заготовки при базуванні від заданого. Спричиняється недосконалістю схеми базування.

де T – допуск розміру, що виконується, для розміру $\varnothing 10H8$ він складає 220 мкм.

K_T – коефіцієнт, який враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілення; приймаємо $K_T = 1,0$ ($K_T=1...1,2$);

K_{T1} – коефіцієнт, який враховує зменшення граничного значення похибки базування при роботі на налагоджених верстатах; приймаємо $K_{T1}=0,8$ ($K_{T1}=0,8...0,85$);

K_{T2} – коефіцієнт, який враховує частку похибки обробки в сумарній похибці, яка викликається факторами, не залежними від пристосування;

приймаємо $K_{T2} = 0,6$ ($K_{T2}=0,6...0,8$);

ω – економічна точність обробки; приймаємо $\omega = 0,12$ мм для фрезерування [19-20];

ε_z – похибка закріплення заготовки в пристосуванні;

ε_y – похибка установки заготовки в пристосуванні;

$\varepsilon_{и}$ – похибка заготовки через зношення установчих елементів оснащення;

$\varepsilon_{п.и}$ – похибка від зміщення інструменту.

Проведемо розрахунки на зносостійкість опорних елементів.

1. Вибираємо матеріал і твердість робочих поверхонь опорних елементів. Сталь 20X, HRC 56...61 (HV = 615...717).

2. Визначаємо критерій зносостійкості P_1 в залежності від матеріалу заготовки і матеріалу опорних елементів (1) $P_1 = 1,01$.

3. Визначаємо номінальну площу дотику F мм² із заготовкою (площа 3 опор), $F = 616$ мм².

4.2.3.2. Похибка базування

Похибка базування на розмір $\varnothing 10H8$ дорівнює 0мм.

4.2.3.3. Похибка закріплення

Величина ε_3 відносно невелика. Відповідно до рекомендацій, прийmemo $\varepsilon_3 = 10$ мкм;

4.2.3.4. Похибка установки пристосування на верстат

У серійному виробництві за умов періодичної заміни пристосувань на верстатах похибка ε_u набуває характеру некомпенсованої випадкової величини, яка змінюється в певних межах. За умови раціонального вибору зазорів між сполученими елементами та забезпечення рівномірного затягування кріпильних деталей значення ε_u може бути зменшене до рівня 10...20 мкм.

$\varepsilon_u = 0,01$ мм – за рекомендацією.

4.2.3.5. Похибка зношення

ε_{zn} – похибка, що спричиняється зносом опор пристосування.

$$\varepsilon_{zn} = \frac{N}{C_\phi} \text{ [мкм]} \quad (4.6)$$

де N – програма випуску деталей;

C_ϕ – фактична зносостійкість.

Визначаємо зносостійкість $c = m - m_1 p_1 - m_2 p_2$,

де m – коефіцієнти, які залежать від конструкції опор, їх матеріалу та інше :

$$m = 1818, m_1 = 1014, m_2 = 1309 \text{ [16-17]};$$

p_1 – критерій зносостійкості, залежить від матеріалу заготовки і опор,

p_2 – критерій зносостійкості враховує навантаження на опори.

$$p_2 = \frac{Q}{F \cdot H_v \cdot 10}, \text{ [мм]} \quad (4.7)$$

де Q – сила закріплення;

F – площа контакту опори і заготовки ;

H_V – твердість опори по Вікерсу

$$\Pi_1 = 1.01 [16-18]$$

$$\Pi_2 = \frac{1356}{616 \cdot 615 \cdot 10} = 0,003 \text{ (мм)}.$$

$$C_\phi = \frac{C}{K}, \quad (4.8)$$

де: K – коефіцієнт уточнення;

$$K = K_t K_l K_y, \quad (4.9)$$

де K_t – враховує час безпосередньо контакту опори і заготовки,

$$K_t = 0,79 \cdot t_M = 0,79 \cdot 1,86 = 1,47.$$

$$C = 1818 - 1014 \cdot 1,01 - 1309 \cdot 0,001 = 792,5 \text{ (встановлень/мкм)};$$

K_l – враховує величину зсуву заготовки відносно опор, $K_l = 1,0$;

K_y – враховує умови установки заготовки в пристосуванні, $K_y = 1,12$;

Отже, $K = 1,47 \cdot 1,12 \cdot 1,0 = 1,65$.

Тоді:

$$C_\phi = \frac{792,5}{1,65} = 480 \text{ (станок / мкм)}$$

$$\text{При } N = 16000 \text{ шт, } \varepsilon_{3II} = \frac{16000}{481} = 33,2 \text{ (мкм)}.$$

Величина допустимого зносу:

$$[\varepsilon_{3II}] = \beta \sqrt{N_n}, \text{ [мм]} \quad (4.10)$$

β - коефіцієнт ,який залежить від виду опори і стану технологічної бази, що контактує з цією опорою, $\beta = 1,2$;

N_n – кількість заготовок в партії;

Отже:

$$[\varepsilon_{3H}] = 1,2 \sqrt{16000} = 48 \text{ (мкм)}.$$

Таким чином $\varepsilon_{3H} = 33,2 \text{ мкм} < [\varepsilon_{3H}] = 48 \text{ мкм}$.

Отже, установчі елементи при обробці партії деталей не потрібно замінювати, лише контролювати в процесі роботи.

4.2.3.6 Похибка інструменту

Ця похибка $\varepsilon_{п.и.} = 0$, тому що відсутні напрямні елементи для інструменту.

Підставляємо отримані значення параметрів у вихідну формулу (4.2):

$$\varepsilon_{np} = 1,0 \sqrt{(0,8 - 0,0)^2 + 10^2 + 10^2 + 33,2^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 0,12)^2} = 36,08 \text{ (мкм)}.$$

Отже умова $\varepsilon_{\Sigma} < T_{дет}$ виконується.

Точність технологічного пристосування визначається сукупністю параметрів, що впливають на забезпечення заданої точності розмірів і взаємного розташування оброблюваних поверхонь.

Під час виконання відповідного переходу необхідно витримати паралельність площини відносно нижнього уступу в межах 0,12 мм, що зумовлює потребу встановлення вимоги паралельності установних пластин відносно установчої бази пристосування –А (рис. 3.4).

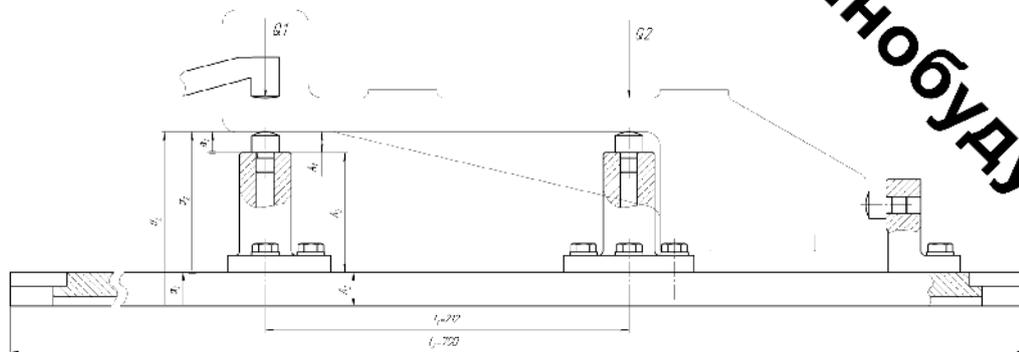


Рисунок 4.8– Розмірний аналіз пристосування

Розмірний ланцюг, який задає точність паралельного розміщення оброблюваної поверхні відносно установчої бази деталі, складається з ланок (рис. 4.8):

–Замикаюча ланка A_{Σ} - непаралельність установчої бази фланця пристосування до поверхні установу Кронштейн КР-25Ву пристосування на стіл верстата (пов. „А”);

–Ланка A_1 – непаралельність установних поверхні пластин;

–Ланка A_2 – непаралельність установної поверхні;

–Ланка A_3 – непаралельність установних поверхонь Кронштейн КР-25Ву пристосування.

Задаючи допуск замикаючої ланки (рис. 3.4), розробленого розмірного ланцюга, призначаємо допуски на виготовлення деталей пристосування:

Допуски ланок в кутовій мірі складають (град):

$$\alpha_1 = \arctg\left(\frac{A_1}{l_1}\right) = \arctg\left(\frac{0,011}{212}\right) = 0,0028;$$

$$\alpha_2 = \arctg\left(\frac{A_2}{l_1}\right) = \arctg\left(\frac{0,019}{212}\right) = 0,0045;$$

$$\alpha_3 = \arctg\left(\frac{A_3}{l_2}\right) = \arctg\left(\frac{0,013}{790}\right) = 0,0009;$$

$$\alpha_{\Sigma} = 0,0028 + 0,0045 + 0,0009 = 0,0082;$$

Де α_1 – зміщення опор відносно стійок,

α_2 – зміщення стійок відносно плити,

α_3 – зміщення плити відносно основи,

α_{Σ} – зміщення плити відносно опор,

A – відхилення розміру згідно 6-го квалітету,

Отже, знайдемо сумарне зміщення:

$$T_k(\alpha_\Sigma) = \frac{0.5TD(24)}{170} = \frac{0,5 \cdot 0,052}{170} = 0,0015;$$

$$\delta k(\alpha_\Sigma) = 0,0015 \leq T k(\alpha_\Sigma) = 0,052$$

Отже, умова по точності пристосування виконується.

4.2.4 Опис роботи спроектованого пристосування

Пристосування монтується на робочому столі верстата та орієнтується за допомогою шпорок, закріплених на основі двома гвинтами. Фіксація основи на столі верстата здійснюється через Т-подібні пази.

Заготовка встановлюється на опорні пластини та базується за бічною поверхнею з використанням відповідної опори

4.3 Вибір промислового робота (ПР) для АРМ

Для підбору промислового робота, який буде працювати у складі автоматизованого робочого місця, необхідно визначити ключові вимоги до нього, а саме:

- достатня вантажопідйомність;
- робоча зона, що забезпечує доступ до всіх елементів робочого простору;
- можливість оснащення необхідним типом захватного пристрою.

Так як, маса деталі «Кронштейн КР-25В» становить 9,5 кг, а заготовки 10,2 кг, тому нам необхідно вибрати такий ПР, номінальна вантажопідйомність якого буде більшою за масу заготовки, також похибка позиціонування даного промислового робота становить $\pm 0,3$ мм, що задовольняє заданий допуск на обробку деталі. Також робот має 4 ступені рухливості, що необхідні для операції 005. Даний робот має необхідний об'єм пам'яті, щоб внести в неї всі переходи на операції 005.

Виходячи з вище сказаного вибираємо ПР моделі « МП-5», який також забезпечує необхідну вантажопідйомність, робоча зона достатня для завантаження, розвантаження деталі на верстат.

Таблиця 4.3 – Технічна характеристика робота МП-5

Число ступенів рухливості	4
Переносні ступені рухливості:	
підйом I, мм (швидкість підйому мм/с)	250 (250)
поворот II, град(швидкість повороту, град/с)	180 (90)
висування III, мм (швидкість висування, мм/с)	600 (1000)
Орієнтуючі ступені рухливості:	
поворот IV, град(швидкість повороту, град/с)	80 (90)
Вантажопідйомність, кг	15
Точність позиціонування, мм	0,3
Число точок позиціонування:	
по переносним ступеням рухливості	3
по орієнтуючій ступені рухливості	2
Тип керуючого пристрою	Циклове
Кількість кадрів в циклі	40
Кількість команд	27
Маса маніпулятора, кг	570

Виконавчим органом промислового робота є маніпулятор, який забезпечує встановлення захватного механізму в межах робочої зони. Маніпулятор має чотири ступені рухливості руки 1 у сферичній системі координат:

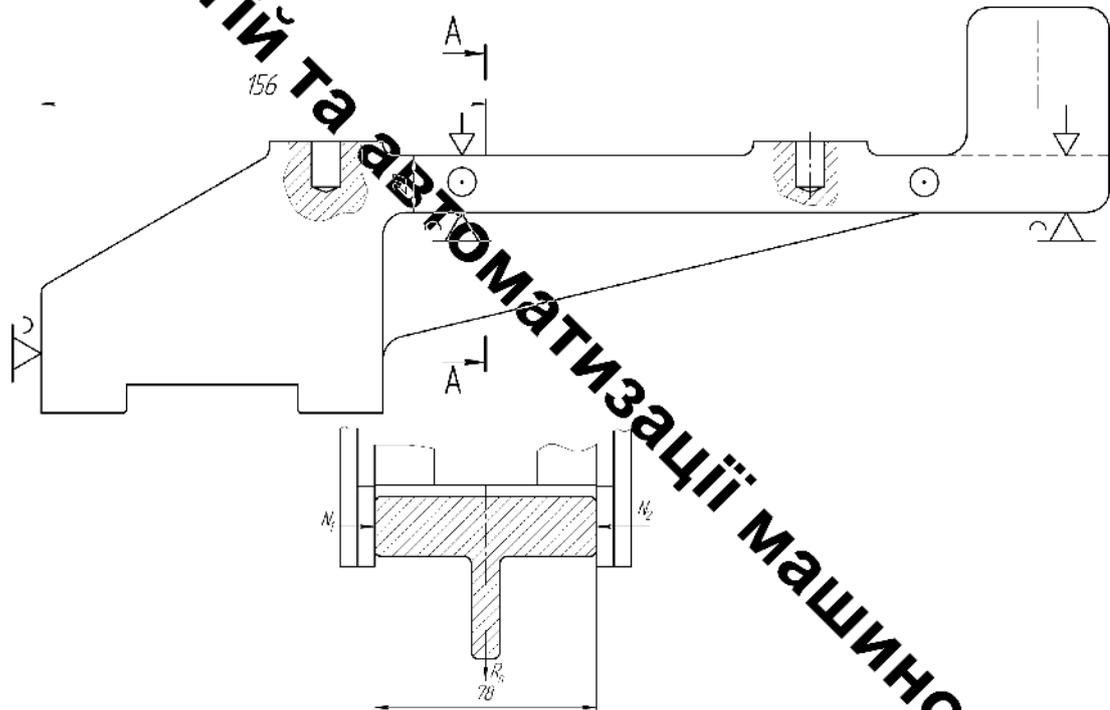
- обертання руки навколо вертикальної осі, що забезпечує переміщення заготовки від накопичувача до верстата;
- поступальне висування руки відносно горизонтальної осі для подачі заготовки безпосередньо до шпинделя верстата;
- вертикальне переміщення руки з метою компенсації можливих відмінностей у висоті розташування заготовок у накопичувачі та шпинделя верстата;

– поворот кисті маніпулятора навколо горизонтальної осі, необхідний для перевертання заготовки.

Два додаткові ступені рухливості робочого органу 7 реалізуються механізмами 6, які забезпечують обертання кисті маніпулятора відносно її поздовжньої осі III–III та поперечної осі IV–IV.

4.4 Проектування (вибір) захватного пристрою

Вибираємо зовнішню поверхню по центру мас деталі, з лінійним розміром 78 для закріплення заготовки в ПР. Схема, яка відображує поверхні, що використовуються захватним пристроєм показана (рис. 4.9).



Рисунку 4.9 - Схема закріплення заготовки

4.4.1 Розрахунок зусиль затиску захватного органу промислового робота

Визначимо зусилля затискання деталі масою 9,5 кг, що затискається важільним захватним пристроєм із пневматичним приводом:

$$F = K_1 K_2 K_3 m g, \text{ [Н]} \quad (4.10)$$

де m – маса об'єкту маніпулювання;

g – прискорення вільного падіння;

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

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

K_3 – коефіцієнт передачі, залежний від конструкції захоплення і розташування в цьому об'єкту маніпулювання, вибираємо згідно [21, 22].

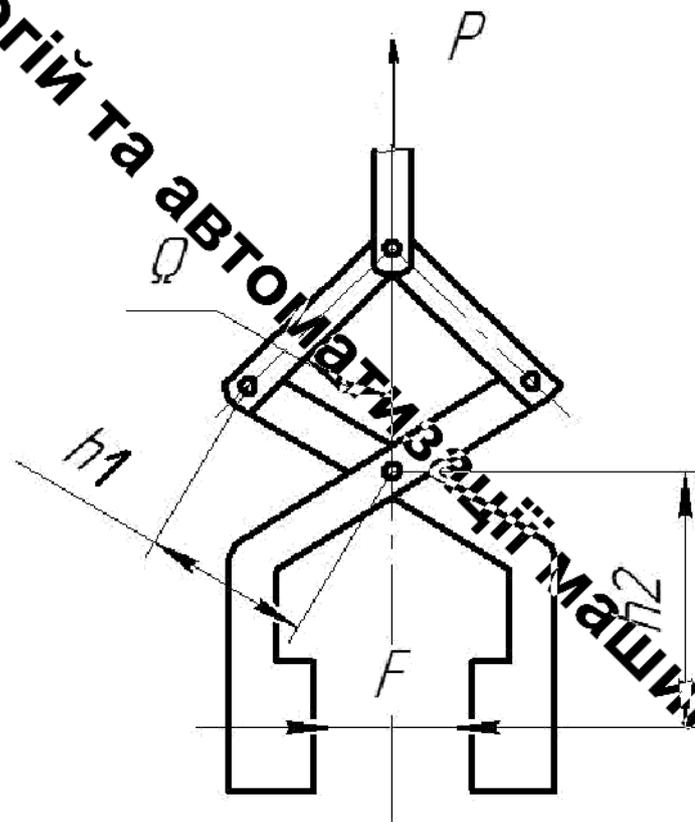


Рисунок 4.10 – Схема захватного пристрою

$$K_3 = \frac{1}{2 \cdot \mu}, \quad (4.11)$$

де μ – коефіцієнт тертя між об'єктом маніпулювання і губками, $\mu = 0,35$ (так як губки рифлені) [23, 24].

$$K_3 = \frac{1}{2 \cdot 0.35} = 1,42$$

$$F = 1,2 \cdot 2 \cdot 1,42 \cdot 9,5 \cdot 9,8 = 319 \text{ (Н)}.$$

Зусилля затиску для вибраної схеми:

$$\frac{P}{F} = \frac{h_1}{h_2} \cdot 2 \sin \theta, \quad (4.12)$$

звідки

$$P = \frac{h_1}{h_2} \cdot 2 \sin \theta \cdot F \quad (4.13)$$

При конструюванні ЗП приймаємо $h_1 = 150 \text{ мм} = 0,15 \text{ м}$, $h_2 = 0,07 \text{ м}$, кут $\theta = 45^\circ$

$$P = \frac{0,15}{0,07} \cdot \sin 45 \cdot 319 = 483,3 \text{ (Н)}.$$

Визначимо діаметр поршня для циліндра односторонньої дії [19]

$$F = p_e \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} - F_{TP} - F_{PP}, \quad (4.14)$$

де p_e – робочий тиск повітря в системі, приймаємо $p_e = 0,6 \text{ МПа} = 0,6 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$, D – діаметр поршня; F_{TP} – сила тертя в ущільненнях ($\approx 10\%$ від зусилля, що розвивається). Приймаємо $F_{TP} = 20 \text{ Н}$; F_{PP} – зусилля створюване пружиною (в кінці ходу дорівнює 10% від зусилля, що розвивається). Приймаємо $F_{PP} = 20 \text{ Н}$.

Звідки

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot (F + F_{TP} + F_{PP})}{\pi \cdot p_e}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (483,3 + 20 + 20)}{\pi \cdot 0,6 \cdot 10^6}} = 33,3 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}$$

Приймаємо найближчий стандартний діаметр поршня $D = 35$ мм.

4.5 Аналіз точності позиціонування деталі

Розглянемо похибки, виникаючі при автоматичній установці заготовки на верстат (рисунок 4.11):

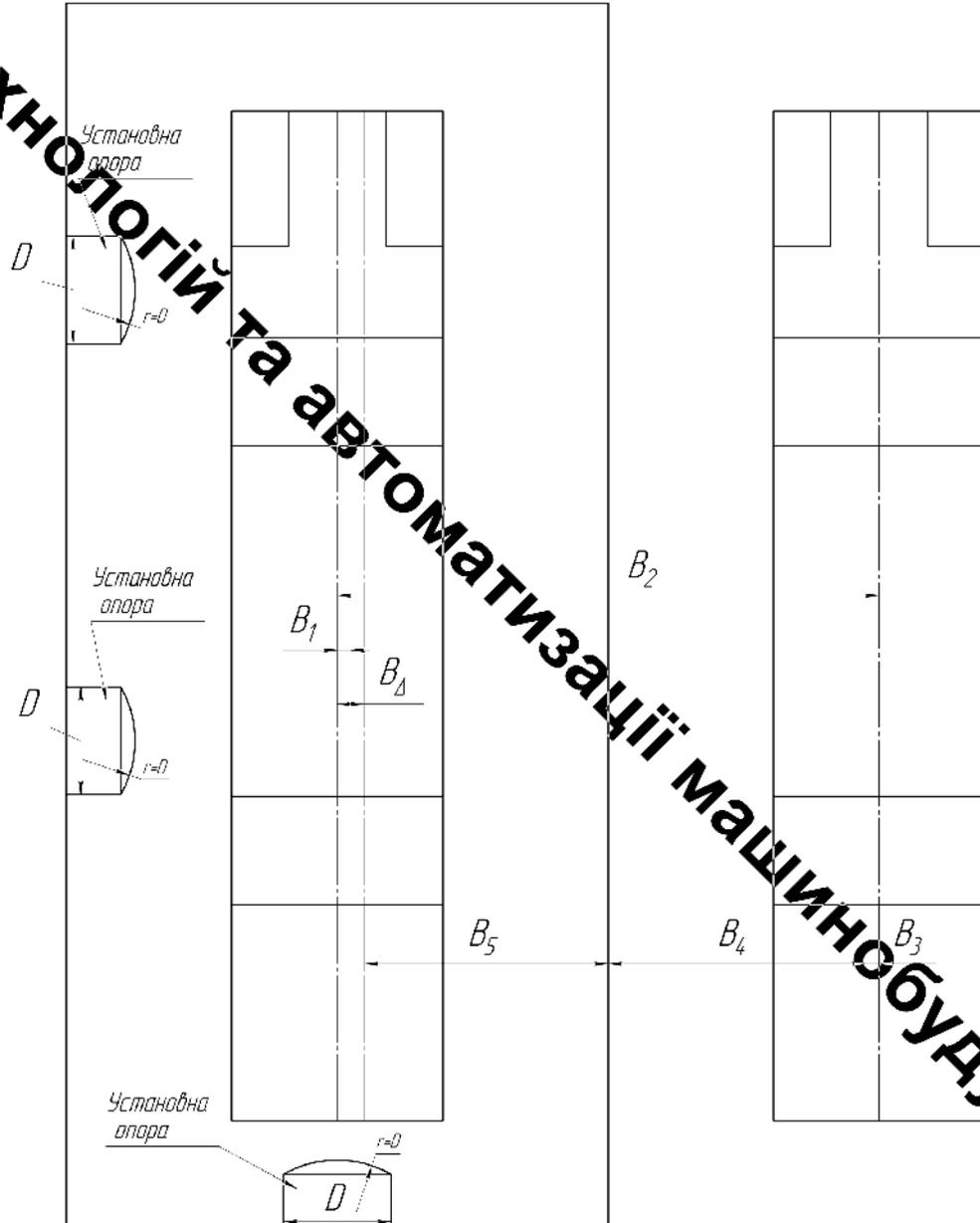


Рисунок 4.11 – Схема розмірних зв'язків

B_d – відхилення від співвісності вісі затискного пристрою верстата і вісі завантажуваної заготовки;

B_1 – відхилення від співвісної заготовки при розміщенні в ЗП;

B_2 – відхилення програмованого переміщення ЗП;

B_3 – відхилення відстані від бази;

B_4 – відхилення відстані між верстатом і роботом;

B_5 – відхилення відстані від осі ЗП верстата до основної бази верстата.

Установлення заготовки в пристосування і знімання деталі здійснює робот. Робот бере заготовку захватним пристроєм, вносить її в робочу зону верстата так, щоб вісь заготовки збігалася з віссю опори, далі встановлює заготовку на опори, після чого подається команда на затискання пристосування.

Установлення заготовки на оправку можливе, якщо B_d не перевищує значення:

$$B_{max} = 2 \frac{S}{K_3} \quad [\text{мм}]. \quad (4.15)$$

де ΔS – похибка базування деталі (приймаємо $\Delta S = 10 \text{ мм}$);

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

$$B_{max} = \frac{10}{2 \cdot 1,2} = 4,54 \quad (\text{мм});$$

$B_1 = 78 \pm 0,37 \text{ мм}$ – виникає коли ЗП захватчує заготовку, яка при цьому змінює своє положення, оскільки заготовка захватчується за поверхню 78, то похибка буде рівна допуску на цей розмір по 14 квалітету ($IT14 = \pm 0,37$);

$B_2 = \pm 0,3 \text{ мм}$ – похибка рівна точності позиціювання промислового робота;

$B_3 = 375 \pm 0,7$ мм – похибка установлення заготовки на лотку буде рівна допуску найбільшого розміру заготовки який має забезпечуватись, 375 по 14 квалітету (IT14= $\pm 0,7$);

$B_4 = 600 \pm 0,875$ мм – похибка рівна допуску на відстань від робота до пристосування взята по 14 квалітету (IT14= $\pm 0,875$);

$B_5 = 18 \pm 0,027$ мм – похибка рівна допуску на розмір ширини паза на якому стоїть пристосування;

$$T_A = 0,74 + 0,6 + 1,4 + 1,75 + 0,054 \text{ (мм)};$$

$$T_A = 4,54 \text{ (мм)}.$$

Оскільки $T_A \leq B_{max}$, то точність достатня для виконання необхідних операцій.

4.6 Побудова та розрахунок траєкторії руху елементів ПР

Порядок дій робота наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Елементи траєкторії переміщення захватного пристрою

Елемент траєкторії	Коментар	Величина переміщення, мм (град)
r0 1	Переміщення руки промислового робота вперед	600
z1 2	Переміщення руки промислового робота вниз	100
	Затискання заготовки ЗП ПР	-
Z2 3	Переміщення руки промислового робота вгору	100
r3 4	Переміщення руки промислового робота назад	600
φ 4 5	Поворот руки промислового робота за год. стрілкою	90°

Продовженн таблиці 4.4

Елемент траєкторії	Коментар	Величина переміщення, мм (град)
r5 6	Переміщення руки промислового робота вперед	600
z6 7	Переміщення руки промислового робота вниз	100
	Розтискання ЗП промислового робота	
Z7 8	Переміщення руки промислового робота вгору	100
r 8 9	Переміщення руки промислового робота назад	600
	Вистій руки ПР	-
r9 10	Переміщення руки промислового робота вперед	600
z10 11	Переміщення руки промислового робота вниз	100
	Затиск заготовки ЗП промислового робота	
z11 12	Переміщення руки промислового робота вгору	100
r12 13	Переміщення руки промислового робота назад	600
φ13 14	Поворот руки промислового робота за год. стрілкою	90°
r14 15	Переміщення руки промислового робота вперед	600
z15 16	Переміщення руки промислового робота вниз	100
	Розтискання ЗП промислового робота	
z16 17	Переміщення руки промислового робота вгору	100
r 17 18	Переміщення руки промислового робота назад	600
φ18 19	Поворот руки промислового робота проти год. стрілки	180°

Представимо на рисунку 4.10 фрагменти траєкторії переміщення ПР.

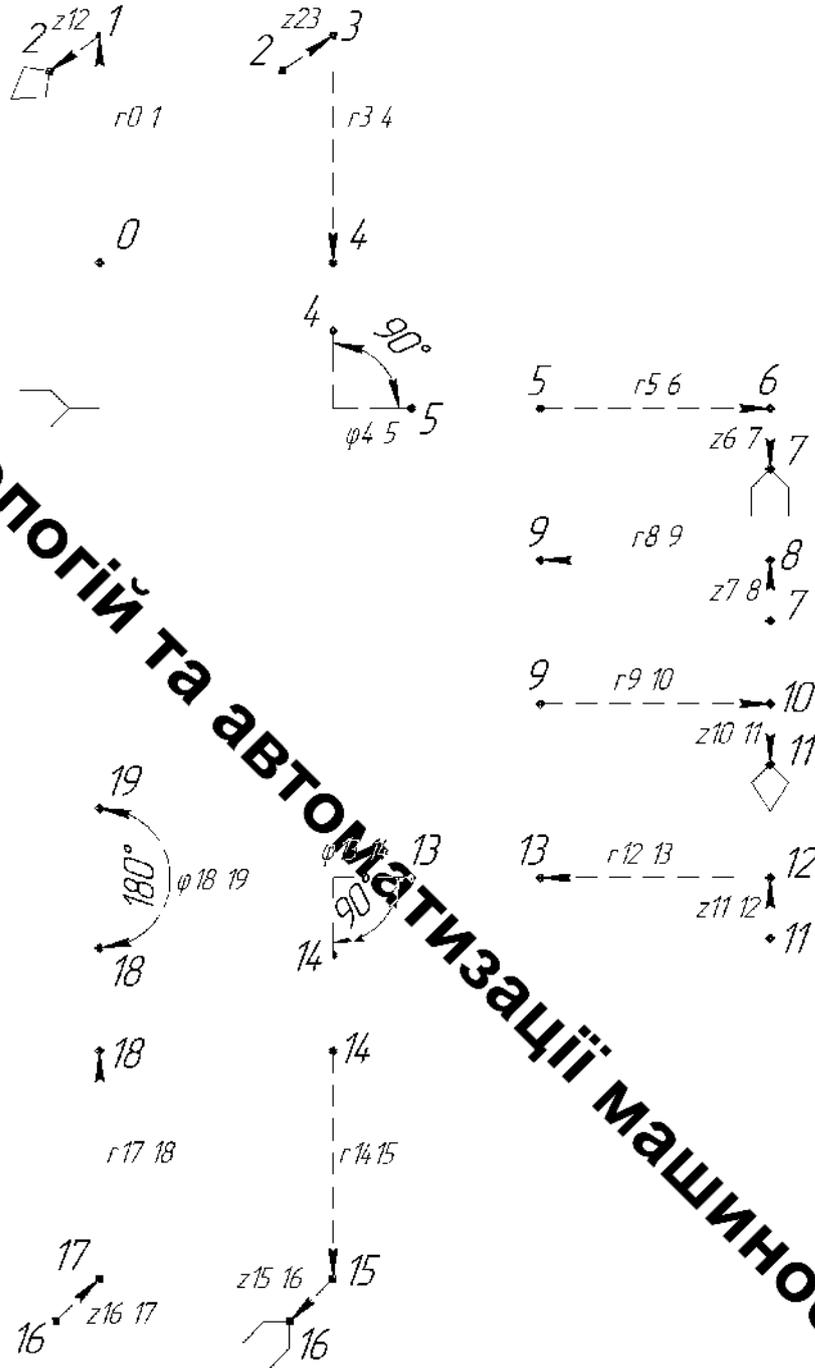


Рисунок 4.12 - Фрагменти траєкторії переміщення ПР

4.7 Вибір допоміжного устаткування для АРМ

Основними функціями допоміжного устаткування в автоматизованому робочому місці є:

- накопичення виробів;
- транспортування виробів;
- поштучної видача виробів;
- орієнтація і переорієнтація виробів.

До складу проектованого автоматизованого робочого місця входить тактовий стіл, який буде оснащено засобами для установки нашої деталі [23-26] (рис. 4.13).

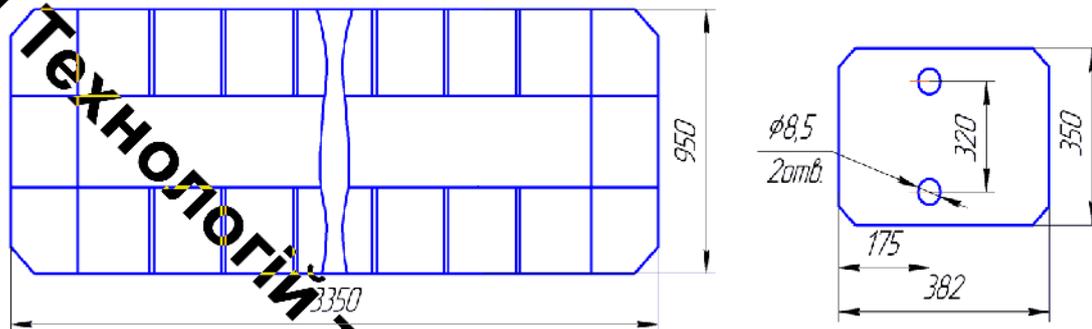


Рисунок 4.13 - Схема тактового столу СТ 350

4.8 Аналіз можливих варіантів компоновок АРМ

Розглянемо найбільш часто використовувані компоувальні схеми: лінійного типу, кільцевого типу, порталного типу [7]. За лінійної компоувки технологічне устаткування розміщується в один ряд, а виробничий комплекс може оснащуватися як порталними, так і напільними промисловими роботами.

Портальна схема компоувки характеризується меншою займаною площею, однак частіше застосовується для обслуговування кількох одиниць обладнання.

За кільцевої компоувки устаткування розташовується безпосередньо навколо робота, що забезпечує зручність обслуговування, а також ефективно завантаження та розвантаження обладнання. Для даного робочого місця обирається кільцева схема компоувки, наведена на рис. 4.14.

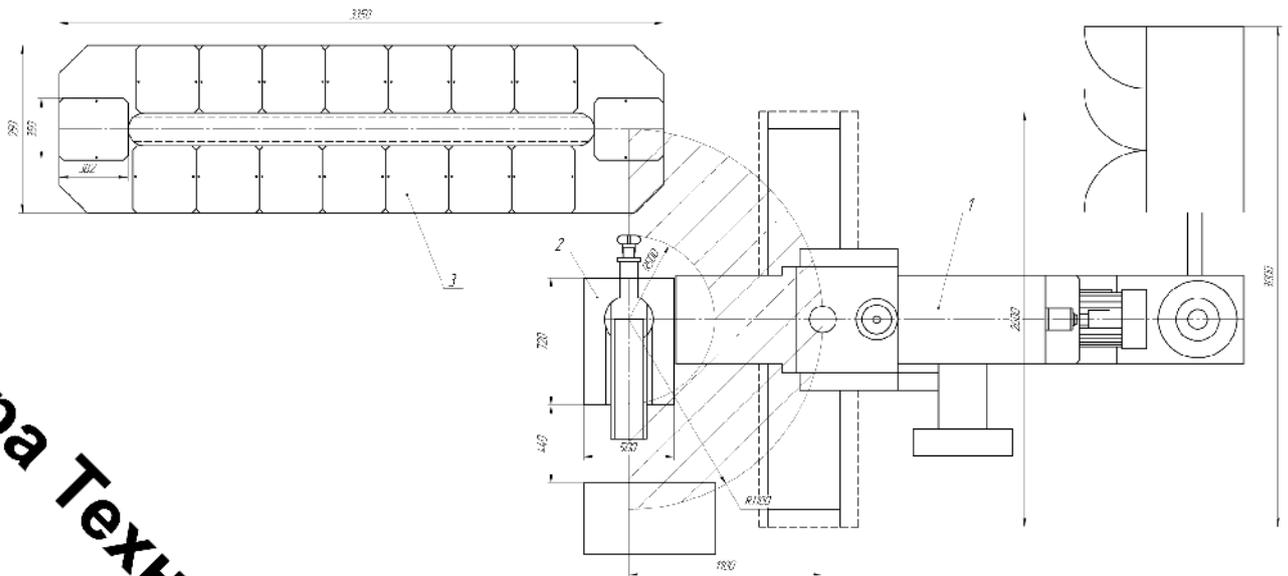


Рисунок 4.14 - Компонувальна схема кільцевого типу

4.9 Розрахунок швидкостей переміщення заготовки

Для визначення швидкості лінійного позиціонування маніпулятора руки промислового робота використовуватимемо емпіричну формулу:

$$V_x = \frac{2 \cdot L_x \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, \text{ [м/с]} \quad (4.16)$$

де L_x - виліт руки ПР;

Δl - похибка позиціонування;

M - маса об'єкту маніпулювання (маса заготовки, деталі). Розрахунки виконуємо по найбільшій масі $m_{\text{заг.}} = 10,18$ кг.

$$V_r = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot \sqrt[4]{0,6}}{\sqrt[3]{10,18}} = 0,48 \text{ (м/с).}$$

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

$$V_z = \frac{\alpha_z \cdot \sqrt{I_{Lz}} \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, [\text{м/с}] \quad (4.17)$$

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

L_x - довжина шляху при вертикальному переміщенні, м;

M - маса об'єкту маніпулювання;

$$V_z = \frac{4 \cdot \sqrt{0,100} \cdot \sqrt[4]{0,6}}{\sqrt[3]{10,18}} = 0,51 \quad (\text{м/с});$$

Приймаємо максимальне значення швидкості для робота МП-5 $V_z = 0,25$
м/с.

Кутова швидкість при повороті руки ПР щодо вертикальної осі:

$$\omega = \frac{0,5 \sqrt{\varphi} \cdot \sqrt[4]{\delta}}{\sqrt[3]{(2L_x)^4}} [\text{рад/с}] \quad (4.18)$$

де δ – похибка кутового позиціонування, с;

φ – кут повороту руки, рад.;

$$\delta = \frac{\Delta t}{L_x} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot 3600 = 72,4 \text{ (с)}.$$

$$\omega = \frac{0,5 \sqrt{3,14} \cdot \sqrt[4]{72,4}}{\sqrt[3]{(2 \cdot 0,500)^4}} = 2,76 \text{ (рад/с)} = 158 \text{ (}^\circ\text{/с)};$$

Приймаємо максимальне значення швидкості повороту для промислового робота МП-5 $\omega = 90$ ($^\circ$ /с).

4.10 Розробка циклограми функціонування АРМ

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

Визначити час виконання кожного руху маніпулятора можна використавши формули:

$$t_1 = \frac{\varphi_1}{\omega_1}; [c] \quad (4.19)$$

$$t_1 = \frac{l_1}{V_1}, [c] \quad (4.20)$$

де φ_1 - кути поворотів механізмів;

l_1 - лінійні переміщення механізмів;

ω_1, V_1 - швидкості кутового і лінійного переміщення механізмів по відповідній координаті.

Враховавши визначення 4.15-4.17 проведемо дослідження впливу параметрів маніпулятора робота на його швидкість та інші характеристики.

$V, \text{ м/с}$

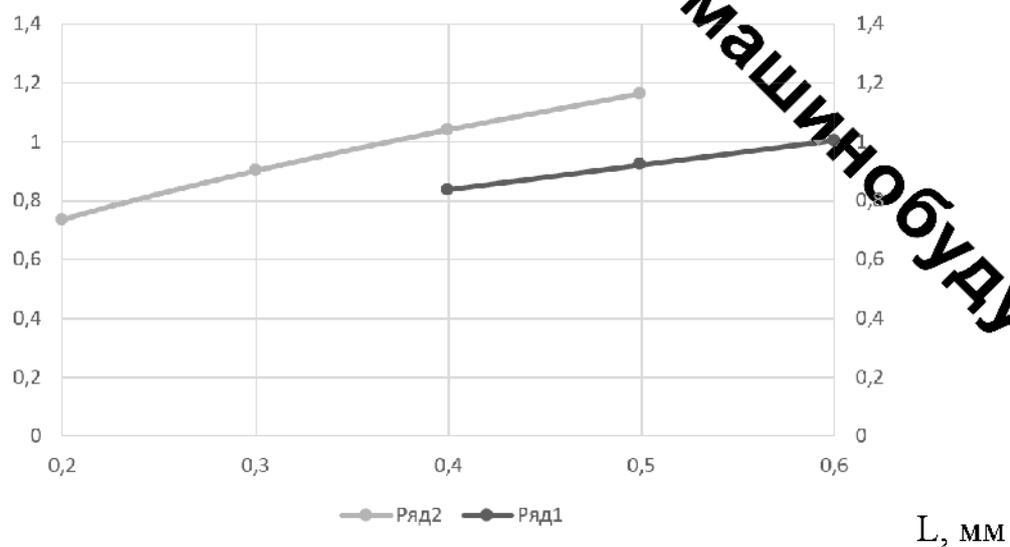


Рисунок 4.15 – Залежність швидкості переміщення по осі X та Z від максимального вильоту

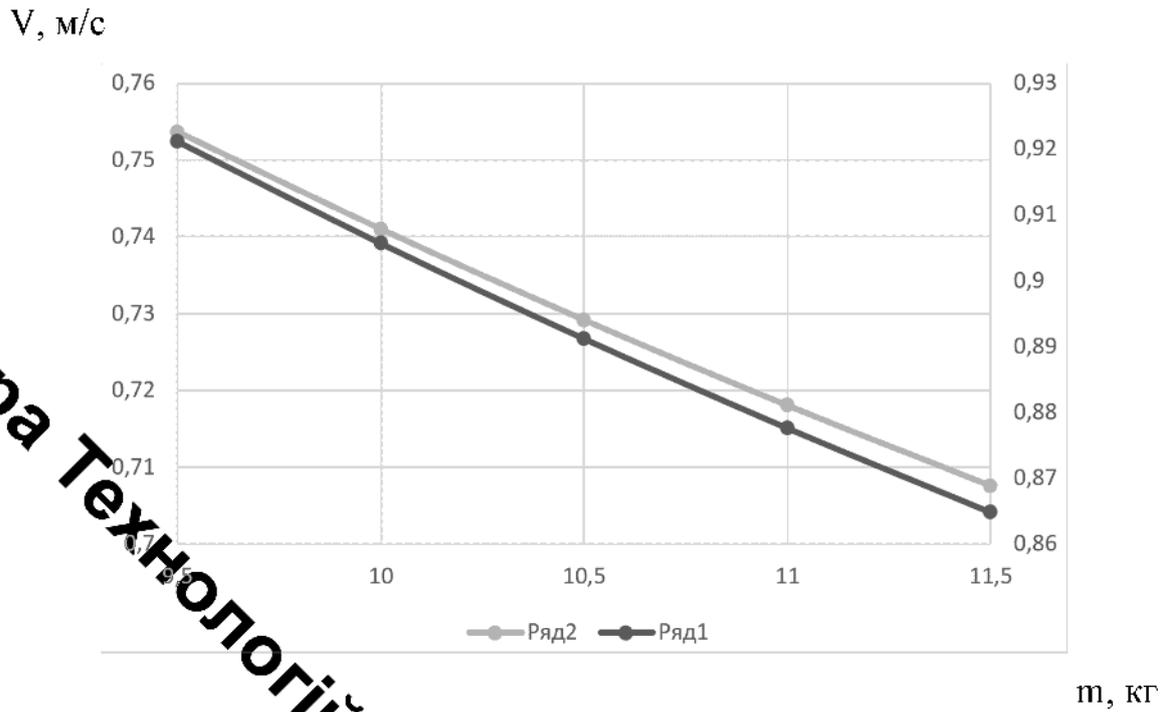


Рисунок 4.16 – Залежність швидкості переміщення по осі X та Z від маси

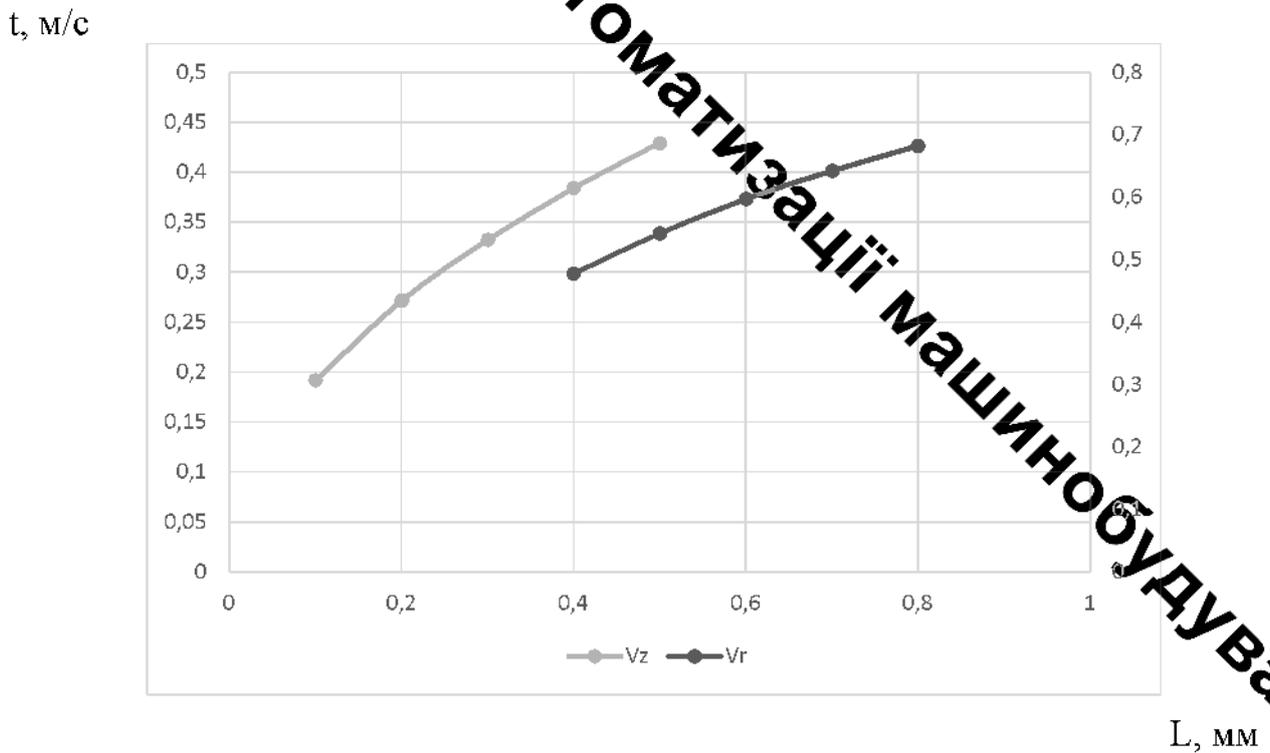


Рисунок 4.17 – Залежність часу переміщення по осям X та Z від максимального вильоту

Кафедра Технологій та Автоматизації Машинобудування

Аналіз графіків, представлених на рис. 4.15–4.17, дозволяє зробити висновок, що збільшення вильоту маніпулятора спричиняє зростання лінійних швидкостей, що є позитивним чинником для продуктивності. Водночас таке збільшення негативно впливає на часові характеристики виконання операції.

Наступним кроком проведемо розрахунок часових витрат на всі виконувані операції

$$t_1 = \frac{0,100}{0,25} = 0,4(c)$$

$$t_2 = \frac{0,600}{0,48} = 1,25(c)$$

$$t_3 = \frac{180}{90} = 2(c)$$

Таблиця 4.5 – Алгоритм роботи АРМ

	Коментар	Величина переміщення, мм(град)	Швидкість переміщення, м/с, град/с	Час, с
Захоплення заготовки	Переміщення руки ПР вперед	600	0,48	1,25
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,25	0,4
Захоплення заготовки	Затискання заготовки ЗП ПР	-		0,4
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,25	0,4
	Переміщення руки ПР назад	600	0,48	1,25
Сума				3,7
Встановлення заготовки на верстат	Поворот руки ПР за годинниковою стрілкою	90°	90	1
	Переміщення руки ПР вперед	600	0,48	1,25
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,25	0,4
	Розтискання заготовки ЗП ПР			0,4
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,25	0,4
	Переміщення руки ПР назад	600	0,48	1,25
Сума				4,7

Продовження таблиці 4.5

	Коментар	Величина переміщення, мм(град)	Швидкість переміщення, м/с, град/с	Час, с
Верстат	Затискання заготовки на верстатному пристосуванні	-		5
	Обробка заготовки			191
	Розтискання заготовки на верстатному пристосуванні			5
Сума				201
Зняття заготовки з верстата	Переміщення руки ПР вперед	600	0,48	1,25
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,25	0,4
	Затискання заготовки ЗП ПР	-		0,4
Сума				2,05
Переміщення заготовки до місця складання готових деталей	Переміщення руки ПР вгору	100	0,25	0,4
	Переміщення руки ПР назад	600	0,48	1,25
	Поворот руки ПР за год.стрілкою	90	90	1
	Переміщення руки ПР вперед	600	0,48	1,25
Переміщення заготовки до місця складання готових деталей	Переміщення руки ПР вниз	100	0,25	0,4
	Розтискання заготовки ЗП ПР	-	-	0,4
Сума				4,7
Повернення на початкову позицію	Переміщення руки ПР вгору	100	0,25	0,4
	Переміщення руки ПР назад	600	0,48	1,25
	Поворот руки ПР проти год стрілки	180	90	2
Сума				221,8

Циклограма є графічним зображенням послідовності роботи окремих елементів і підсистем (рис. 4.18).

Обладнання	Операція	Час, с																
		5	15	25	35	45..200						210 221,8						
	Захоплення заготовки	///																
	Встановлення заготовки на верстаті	///																
	Зняття заготовки з верстата																	///
	Переміщення заготовки до місця складання заготовки деталей																	///
	Повернення робота на початкову позицію																	///
	Верстат	Затискання заготовки в пристосуванні	///															
Розтискання заготовки в пристосуванні																		///
Обробка заготовки						///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///
Тактовий стил	Повертат на одну позицію																	///

Рисунок 4.18 – Циклограма роботи робочого місця

4.11 Визначення основних показників АРМ

До основних показників, які характеризують роботу АРМ можна віднести наступні:

циклова продуктивність Q_u ;

коефіцієнт відносної завантаженості ПР $K_{зр}$;

коефіцієнт використання ПР $K_{вп}$;

коефіцієнт використання основного устаткування $K_{вo}$;

коефіцієнт завантаженості ПР $K_{зв}$;

режим роботи робота.

Циклова продуктивність визначається по наступній формулі:

$$Q_{II} = \frac{1}{T_p}; \quad (4.21)$$

де T_p - тривалість робочого циклу;

$$Q_{II} = \frac{1}{221,8} = 0,0045$$

Коефіцієнт відносної завантаженості $K_{вzv}$

$$K_{вzv} = \frac{P_{CP}}{P}; \quad (4.22)$$

де P_{CP} - середнє значення робочого навантаження, $P_{CP} = 0,58$ г;

P - вантажопідйомність робота, $P = 25$ кг;

$$K_{вzv} = \frac{0,58}{25} = 0,0232$$

Коефіцієнт використання K_{ep}

$$K_{ep} = \frac{T_{III}}{T_p}; \quad (4.23)$$

де T_{III} - час роботи ПР за робочий цикл

$$K_{ep} = \frac{17,8}{221,8} = 0,080$$

Коефіцієнт використання основного устаткування K_{BO}

$$K_{BO} = \frac{T_o}{T_p}; \quad (4.24)$$

де T_o - час роботи основного устаткування за робочий цикл

$$K_{BO} = \frac{201}{221,8} = 0,90;$$

Розрахувавши значення коефіцієнтів, по [25, 26] встановлюємо, що режим роботи ПР "легкий" при цьому коефіцієнт завантаженості $K_{np} = 1,1$.

4.12 Висновки до розділу

Проаналізовано особливості встановлення деталі на верстаті за участю промислового робота.

Розроблено верстатне пристосування для обробки деталі «Кронштейн КР-25В» на вертикальному фрезерному верстаті з ЧПК.

Виконано розрахунки складових похибки позиціонування заготовки в пристосуванні; точність позиціонування складає 36,8 мкм, що дозволяє дотримуватися всіх необхідних допусків обробки.

Обрано промисловий робот моделі «МП-5» для інтеграції в автоматизоване робоче місце.

Визначено схему захватного пристрою для роботи з деталлю «Кронштейн КР-25В».

Розраховані часові витрати та проаналізовані залежності швидкісних і часових характеристик робота від параметрів маніпулятора та маси вантажу.

Встановлені основні параметри роботи автоматизованого робочого місця: загальний час циклу становить 221,8 с.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи

Для наукових і пошукових науково-дослідних робіт зазвичай здійснюють оцінювання наукового ефекту.

Основними ознаками наукового ефекту науково-дослідної роботи є новизна роботи, рівень її теоретичного опрацювання, перспективність, рівень розповсюдження результатів, можливість реалізації. Науковий ефект НДР можна охарактеризувати двома показниками: ступенем наукової новизни та рівнем теоретичного опрацювання.

Значення показників ступеня новизни і рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи в балах наведено в табл. 5.1 та 5.2.

Таблиця 5.1 – Показники ступеня новизни науково-дослідної роботи

Ступінь новизни	Характеристика ступеня новизни	Значення показника ступеня новизни, бали
1	2	3
Принципово нова	Робота якісно нова за постановкою задачі і ґрунтується на застосуванні оригінальних методів дослідження. Результати дослідження відкривають новий напрям в цій галузі науки і техніки. Отримано принципово нові факти, закономірності; розроблено нову теорію. Створено принципово новий пристрій, спосіб, метод	60...100
Нова	Отримано нову інформацію, яка суттєво зменшує невизначеність наявних значень (повному або вперше пояснено відомі факти, закономірності, впроваджено нові поняття, розкрито структуру змісту). Проведено суттєве вдосконалення, доповнення і уточнення раніше досягнутих результатів	40...60
Відносно нова	Робота має елементи новизни в постановці задачі і методах дослідження. Результати дослідження систематизують і узагальнюють наявну інформацію, визначають шляхи подальших досліджень; вперше знайдено зв'язок	10...40

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
Відносно нова	(або знайдено новий зв'язок) між явищами. В принципі, відомі положення поширено на велику кількість об'єктів, в результаті чого знайдено ефективне рішення. Розроблено більш прості способи для досягнення відомих результатів. Проведено часткову раціональну модифікацію (з ознаками новизни)	10...40
Традиційна	Робота виконана за традиційною методикою. Результати дослідження мають інформаційний характер. Підтверджено або поставлено під сумнів відомі факти та твердження, які потребують перевірки. Знайдено новий варіант рішення, який не дає суттєвих переваг порівняно з існуючим	2...10
Не нова	Отримано результат, який раніше зафіксований в інформаційному полі та не був відомий авторам	1...2

Таблиця 5.2 – Показники рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи

Характеристика рівня теоретичного опрацювання	Значення показника рівня теоретичного опрацювання, бали
Відкриття закону, розробка теорії	80...100
Глибоке опрацювання проблеми: багатоаспектний аналіз зв'язків, взаємозалежності між фактами з наявністю пояснень, наукової систематизації з побудовою евристичної моделі або комплексного прогнозу	60...80
Розробка способу (алгоритму, програми), пристрою, отримання нової речовини	20...60
Елементарний аналіз зв'язків між фактами та наявною гіпотезою, класифікація, практичні рекомендації для окремого випадку тощо	6...20
Опис окремих елементарних фактів, викладення досвіду, результатів спостережень, вимірювань тощо	1...5

Показник, який характеризує науковий ефект, визначається за формулою:

$$E_{нау} = 0,6 \cdot k_{нов} + 0,4 \cdot k_{теор},$$

де $k_{нов}$, $k_{теор}$ – показники ступенів новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи, бали;

0,6 та 0,4 – питома вага (значимість) показників ступеня новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи.

В роботі запропоновано схему автоматизованого робочого місця для обробки заготовки деталі «Кронштейн КР-25В» $k_{нов} = 18$. Застосовані формульні залежності для розрахунку швидкості виконання допоміжних операцій роботом на основі емпіричних залежностей, тому $k_{теор} = 15$. Тоді показник, який характеризує науковий ефект дорівнює:

$$E_{нау} = 0,6 \cdot 20 + 0,4 \cdot 20 = 20.$$

5.2 Оцінювання комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки автоматизованого робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Кронштейн КР-25В". В результаті оцінювання робиться висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого його впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ю критеріями, наведеними в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Рекомендовані критерії оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки та 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 робоздатність 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
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	Не 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

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5	6
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 зведено в таблицю за зразком таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Дерібо О.В.	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	
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 $\overline{СБ}$	$(25 + 32 + 31)/3 = 29$		

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу трохи вище середнього.

5.3 Прогноз попиту на інноваційне рішення

Технологічне обладнання є широко розповсюджене, а автоматизоване виробництва є менш залежним від робітників і може бути реалізоване як на нових так і на старих варіантах верстатів.

Ринками збуту продукції можуть бути усі регіони України.

Вважатимемо, що розроблене робоче місце будуть актуальними протягом 5 років.

5.4 Вибір каналів збуту та післяпродажного обслуговування

Канали збуту - це сукупність фірм чи окремих осіб, які виконують посередницькі функції щодо реалізації виробів. Автоматизовані елементи та комплекси можуть бути як основним видом продукції так і додатковим при освоєні певних одиниць технологічного обладнання, основними каналами розповсюдження розглядуваних мобільних машин вважатимемо:

- канал нульового рівня, що передбачає реалізацію на підприємства-виробниках технологічного обладнання;
- канал першого рівня, що передбачає реалізацію оптовим дилерам.

5.5 Виявлення основних конкурентів

На сьогоднішній день в Україні випуск автоматизованих робочих елементів не є розповсюдженим. Проте існують комплекси зарубіжного виробництва. В таблиці 4.5 наведені основні техніко-економічні показники аналога і розробки. Основним недоліком аналога (автоматизація за рахунок застосування окремих компонентів або ж застосування людської сили) є велика собівартість обробки в одному випадку, або ж зменшення продуктивності.

Таблиця 5.5 – Співвідношення параметрів аналогу і нової розробки

Показник	Одиниці виміру	Аналог	розробка	Відношення параметрів нової обробки та параметрів аналога
Кількість верстатів	шт.	1	1	1
Кількість виробів	шт.	5000	6000	1,2
Час обробки на один виріб	хв.	3	1,91	1,57

Аналізуючи таблицю 5.5 можна зробити висновок, що нова розробка є кращою ніж аналог та забезпечує кращу продуктивність і менший час обробки.

5.6 Обрання методу ціноутворення

При обранні методу ціноутворення на розробку необхідно враховувати ціну основних конкурентів.

Закордонні аналоги можуть скласти конкуренцію, проте вартість їх та вартість їх обслуговування суттєво вища.

Серед ринкових методів ціноутворення з орієнтацією на конкурентів обираємо метод рівноважної ціни, сутність якого полягає у встановленні цін з врахуванням витрат, попиту і конкуренції.

Зважаючи на кращі параметри розроблюваного приладу ніж у аналога, пропонується реалізувати даний розробку за ціною аналогічною до конкурента, що забезпечить конкурентоспроможність даного пристосування на ринку в нашій країні та подальше завоювання лідерства за показниками обсягів продажу.

Таблиця 5.6 – Основні техніко-економічні показники нової розробки

Показник	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Кількість верстатів		7		0,3
Кількість виробів	8			0,4
Час обробки на один виріб	8			0,4

Визначимо абсолютний рівень інноваційного рішення за формулою:

$$K_{ap} = \sum_{i=1}^n P_{Hi} \cdot \alpha_i, \quad (5.1)$$

де P_{Hi} - числове значення i -го параметру інноваційного рішення;

n - кількість параметрів інноваційного рішення, що прийняті для оцінки;

α_i - коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

$$K_{ap} = 7 \cdot 0,3 + 8 \cdot 0,4 + 8 \cdot 0,4 = 8,5$$

Далі визначаємо рівень якості окремих параметрів інноваційного рішення, порівнюючи його показники з абсолютними показниками якості найліпших вітчизняних та зарубіжних аналогів, основних товарів конкурентів.

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру та занесемо їх у таблицю 5.6, для цього скористаємося формулами:

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}},$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Ii}},$$

де P_{ni}, P_{Bi} - числові значення i -го параметра відповідно нового і базового виробів.

Таблиця 5.7 – Основні технічні та економічні параметри інноваційного рішення та товару - конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	Новий		
Технічні показники				
Кількість верстатів	1	1	1	0,3
Кількість виробів	5000	6000	1,2	0,4
Час обробки на один виріб	3	1,91	1,57	0,4
Економічні показники				
Собівартість продукції	8500	6700	0,95	0,7
Капітальні вкладення	750000	760000	0,98	0,3

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

$$K_{яв} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (5.2)$$

$$K_{яв} = 1 \cdot 0,3 + 1,2 \cdot 0,4 + 0,4 \cdot 1,57 = 1,41.$$

Відносний коефіцієнт показника якості інноваційного рішення більший одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару конкурента більш ніж на 40% (за рахунок важливих функціональних особливостей, які у аналогу відсутні).

5.8 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця. Такими характеристиками для нашого пристосування є технічні параметри, а також ціна придбання та експлуатаційні витрати при використанні пристрою.

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення з урахуванням вищевказаних груп показників можна визначити за формулою:

$$K = I_{nn}/I_{en}, \quad (5.3)$$

де I_{nn} - індекс технічних параметрів (відносний рівень якості інноваційного рішення);

I_{en} - індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{en} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{nei}}{\sum_{i=1}^n P_{bei}}, \quad (5.4)$$

де P_{bei} , P_{nei} - економічні параметри відповідно базового та нового товарів.

$$I_{en} = (6700 \cdot 0,7 + 760000 \cdot 0,3) / (8500 \cdot 0,7 + 750000 \cdot 0,3) = 1,01;$$

$$K = 1,41 / 1,01 = 1,4 > 1.$$

Оскільки показник конкурентоспроможності більший 1, то наш інноваційний продукт є більш конкурентоспроможним, ніж товар конкурента.

5.9 Прогнозування витрат на виконання роботи

Розрахунок основної заробітної плати розробників.

Основна заробітна плата розробників, яка розраховується за формулою [27, 28]:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ [грн.]}, \quad (5.5)$$

де: M – місячний посадовий оклад кожного розробника (дослідника), грн.

T_p – число робочих днів в місяці. Приблизно $T_p = 21 \div 22$,

t – число днів роботи розробника.

Для керівника проекту основна заробітна плата складатиме:

$$Z_o = \frac{30000}{22} \cdot 21 = 28636(\text{грн.}).$$

Аналогічно розраховуємо заробітну плату інших розробників. При цьому необхідно врахувати, що найбільшу частину роботи виконує інженер-технолог.

Таблиця 5.8 – Результати розрахунків основної заробітної плати

№ п/п	Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату
1.	Керівник проекту	28636	1363	21	28636
2.	Інженер-налагоджувальник	20000	909	22	20000
3.	Верстатник	20000	909	22	20000
4.	Слюсар	20000	909	22	20000
Всього					88636

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання технологічних операцій по виготовленню одного виробу:

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c \text{ [грн.],} \quad (5.6)$$

де: t_i – норма часу (трудомісткість) на виконання технологічної операції, годин;

n – число робіт по видах та розрядах;

K_c – коефіцієнт співвідношень, який установлений в даний час Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками. $K_c=1 \div 5$. Приймаємо $K_c=1,37$;

C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну технологічну операцію, грн./год. C_i визначається за формулою:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{zm}} \left[\frac{\text{грн.}}{\text{год}} \right], \quad (5.7)$$

де: M_m – мінімальна місячна оплата праці, грн. З 1.01.2025 року – $M_m = 8000$ грн.;

K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду та професії;

T_p – число робочих днів в місяці. Приблизно $T_p = 21 \div 22$;

T_{zm} – тривалість зміни, $T_{zm} = 8$ годин.

Враховуючи, що мають працювати робітники четвертого та п'ятого розрядів, то погодинна тарифна ставка складатиме:

$$C_4 = 8000 \cdot 1,5 \cdot 1,37 / (22 \cdot 8) = 93,4 \text{ (грн./год).}$$

Таблиця 5.9 – Витрати на основну заробітну плату

Обладнання	Трудомісткість годин	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка	Величина оплати, грн
Роботи по компоновці елементів	120	4	93,4	11208
Роботи верстатника	130	4	93,4	12142
Роботи слюсаря	80	4	93,4	7472
Роботи налагоджувальника	95	4	93,4	8873
Всього				39695

Додаткова заробітна плата розраховується, як 12 % від основної заробітної плати розробників:

$$Z_d = (88636 + 39695) \cdot 12\% = 15400 \text{ (грн.)}$$

Нарахування на заробітну плату склали 22% від суми основної та допоміжної заробітної плати:

$$(88636 + 39695 + 15400) \cdot 0,22 = 31621 \text{ (грн.)}$$

Амортизація обладнання, які використовуються під час виготовлення пристосування.

У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування в цілому можуть бути розраховані за формулою:

$$A = \frac{I_z}{T_{H.B.}} \cdot \frac{T_{\Phi.B.}}{12},$$

де Ц – балансова вартість обладнання, грн;

$T_{\text{фн}}$ – строк корисного використання обладнання (міс.);

$T_{\text{нв}}$ – нормативний термін використання обладнання, років.

Таблиця 5.10 – Результати розрахунків амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Термін нормативного використання, р.	Термін корисного використання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
Комп'ютерне обладнання	50000	4	12	12500
Промисловий робот	280000	7	12	40000
Слюсарне обладнання	130000	4	1	2708
Обладнання для компоновки і налаштування	210000	6	1	2917
Обладнання для розрахунків	40000	4	1	833

Відповідно:

$$A = 12500 + 40000 + 2708 + 2917 + 833 = 58958 \text{ грн.}).$$

Витрати на матеріали розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot C_b \quad [\text{грн.}], \quad (5.8)$$

де: H_i – витрати матеріалу i -го найменування, кг

C_i – вартість матеріалу i -го найменування, грн./кг.,

K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1,1$.

B_i – маса відходів i -го найменування,

C_b – ціна відходів i -го найменування,

n – кількість видів матеріалів.

Кількість відходів в нашому є однаковою для обох способів виробництва, тому вартість матеріалів не враховуємо.

Витрати на силову електроенергію на розробку розраховуються за формулою:

$$B_e = W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{omi} / \eta_i \quad [\text{грн.}], \quad (5.9)$$

де: C – вартість 1 кВт-години електроенергії. На грудень 2025 року для промисловості (2 категорія споживачів) ціна електроенергії становить $C_{\text{опт}} = 8,430$ грн./кВт згідно тарифів оператора ринку, $C_{\text{розд}} = 2,028$ грн./кВт за розподіл електричної енергії згідно тарифів ТОВ "Енера Вінниця" та $C_{\text{дист}} = 0,389$ грн./кВт за постачання електричної енергії до конкретного користувача згідно тарифів ТОВ "Енера Вінниця"

W – установлена потужність обладнання;

t – фактична кількість годин роботи обладнання при виконанні технологічних операцій, в результаті чого виготовляється один виріб;

K – коефіцієнт використання потужності.

$$C_e = (8,43+2,028+0,389)(1+20\%/100\%)= 13,02 \text{ (грн).}$$

Таблиця 5.11 – Результати розрахунків витрат електроенергії

Найменування обладнання	Час роботи, год.	Потужність, кВт.	Коефіцієнт використання
Комп'ютерне обладнання	140	0,5	1
Приміщення (освітлення)	140	0,9	1
Промисловий робот	120	6	1
Допоміжне обладнання	120	6	0,8

$$Ц_{e1} = 13,02 \cdot 0,5 \cdot 140 \cdot 1 = 911 \text{ (грн.)},$$

$$Ц_{e2} = 13,02 \cdot 0,9 \cdot 140 \cdot 1 = 1641 \text{ (грн.)},$$

$$Ц_{e3} = 13,02 \cdot 6 \cdot 120 \cdot 1,0 = 9374 \text{ (грн.)},$$

$$Ц_{e4} = 13,02 \cdot 6 \cdot 120 \cdot 0,8 = 7500 \text{ (грн.)},$$

$$Ц_e = 911 + 1641 + 9374 + 7500 = 19426 \text{ (грн.)}.$$

Інші витрати можна прийняти як (100...300)% від суми основної заробітної плати робітників, які виконували дану роботу:

$$I_b = (1 \dots 3) (Z_o + Z_p), \quad (5.10)$$

$$I_b = 3 \cdot (88636 + 39695) = 384993 \text{ (грн.)}$$

Усі витрати складають:

$$B = 88636 + 39695 + 15400 + 31621 + 58958 + \\ + 19426 + 384993 = 638729 \text{ (грн.)}$$

Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями.

Загальна вартість даної роботи визначається за $V_{\text{заг}}$ формулою:

$$V_{\text{заг}} = \frac{B}{\alpha}, \quad (5.11)$$

де α – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даного етапу роботи, у відн. одиницях. Для нашого випадку $\alpha = 0,95$.

Тоді

$$V_{\text{заг}} = 638729 / 0,95 = 672346 \text{ (грн.)}$$

Прогнозування загальних витрат здійснюється за формулою:

$$ЗВ = V_{\text{заг}} / \beta, \quad (5.12)$$

де β – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної роботи. Так, якщо розробка знаходиться: на стадії науково-дослідних робіт, то $\beta \approx 0,1$; на стадії технічного проектування, то $\beta \approx 0,2$; на стадії розробки конструкторської документації, то $\beta \approx 0,3$; на стадії розробки технологій, то $\beta \approx 0,4$; на стадії розробки дослідного зразка, то $\beta \approx 0,5$; на стадії розробки промислового зразка, $\beta \approx 0,7$; на стадії впровадження, то $\beta \approx 0,8-0,9$.

Для нашого випадку $\beta \approx 0,4$.

Тоді:

$$ЗВ = 672346 / 0,4 = 1680865 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку способу суміщеної обробки та впровадження результатів даної роботи становлять приблизно 1680865 грн.

5.10 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

Комерційний ефект застосування розробленого обладнання пояснюється декількома важливими аспектами: можливістю працювати протягом тривалого

проміжку часу, забезпечувати стабільну якість продукції та зменшити кількість браку, можливістю швидко переналагоджувати виробництво на випуск іншої типової продукції.

Аналіз місткості ринку даної продукції показує, що в даний час в Україні кількість потенційних користувачів нашої розробки складає щороку приблизно 2000 шт. Середня ціна виготовлених виробів 8500 грн. Оскільки собівартість виготовлення шестерні за рахунок автоматизації скоротилась в нас є можливість реалізовувати наші вироби дешевше, тобто в середньому за 6700 грн. При цьому повинен збільшуватися і попит на нашу розробку.

Припустимо, що запропонована розробка буде користуватися попитом на ринку протягом 4-х років після впровадження модернізації дільниці механічної обробки. Після цього високою є ймовірність, що конкуренти також проведуть модернізацію свого обладнання, що дозволить їм скоротити собівартість виготовлення масляних насосів.

За нашими розрахунками, результати нашої розробки можуть бути впроваджені з 1 травня 2025 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2025-го, 2026-го, 2027-го та 2028-го років.

Прогноз зростання попиту на нашу розробку складає по роках:

1-й рік після впровадження (2025 р.) – приблизно 4000 шт.;

2-й рік після впровадження (2026 р.) – приблизно 3500 шт.;

3-й рік після впровадження (2027 р.) – приблизно 3000 шт.;

4-й рік після впровадження (2028 р.) – приблизно 2000 шт.

У 2028 р. ми не плануємо отримання прибутків для потенційних інвесторів, оскільки високою є ймовірність, що з'являться нові, більш якісні розробки.

Розрахуємо очікуване збільшення прибутку $\Delta\Pi_i$, що його можна отримати потенційний інвестор від впровадження результатів нашої розробки, для кожного із років, починаючи з першого року впровадження:

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n \Delta\Pi_0 \cdot N + \Pi_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - g/100), \quad (5.13)$$

де ΔI_0 – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є зменшення ціни нового виробу, грн.; ми вважаємо, що $\Delta C_0 = 3600$ грн;

N – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році до впровадження результатів розробки; було встановлено, що $N = 4000$ шт.;

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

C_0 – основний оціночний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році після впровадження результатів розробки, грн.; $C_0 = 8500$ грн;

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

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. У 2025 році ставка податку на додану вартість встановлена на рівні 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. Рекомендується приймати $\rho = 0,2 \dots 0,3$; візьмемо $\rho = 0,25$;

ϑ – ставка податку на прибуток. У 2025 році $\vartheta = 18\%$.

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора $\rho \Pi_1$ протягом першого року від реалізації нашої розробки (2025 р.) складе:

$$\Delta \Pi_1 = (4000 \cdot 3600) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 2459902 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta \Pi_2 = (3500 \cdot 3600) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 2152414 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta \Pi_3 = (3000 \cdot 3600) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1844926 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta \Pi_4 = (2000 \cdot 3600) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1229951 \text{ (грн.)}$$

5.11 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Основними показниками, які визначають доцільність фінансування нашої розробки потенційним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених в розробку інвестицій та термін їх окупності.

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

$$E_{abc} = \text{ПП} - \text{PV}, \quad (5.14)$$

де ПП – приведена вартість всіх чистих прибутків від реалізації результатів розробки, грн.;

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

$$\text{ПП} = \sum_1^m \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t}, \quad (5.15)$$

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

m – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої наукової роботи, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні. Для України приймемо, що $\tau = 0,10$ (або 10%);

t – період часу (в роках) від моменту отримання прибутків до точки „0”. Якщо $E_{abc} > 0$, то результат від впровадження нашої розробки буде збитковим і вкладати кошти в розробку ніхто не буде. Якщо $E_{abc} < 0$, то результат від впровадження нашої розробки принесе прибуток і вкладати кошти в дану розробку в принципі можна.

Тоді приведена вартість всіх можливих чистих прибутків ПП, що їх може отримати потенційний інвестор від реалізації результатів нашої розробки, складе:

$$ПП = \frac{2459902}{(1+0.1)^2} + \frac{2152414}{(1+0.1)^3} + \frac{1844926}{(1+0.1)^4} + \frac{1229951}{(1+0.1)^5} = 5673929 \text{ (грн.)}$$

Абсолютна ефективність нашої розробки (при прогнозованому ринку збуту) складе:

$$E_{abs} = 5673929 - 1680865 = 3993064 \text{ (грн.)}$$

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

Але це ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлене у фінансуванні даного проекту. Він буде зацікавлений це роботи тільки тоді, коли ефективність вкладених інвестицій буде перевищувати певний критичний рівень.

Для цього розрахуємо відносну ефективність E_e вкладених у розробку коштів. Для цього скористаємося формулою:

$$E_B = \sqrt[T]{1 + E_{abs} / PV} - 1, \quad (5.16)$$

де E_{abs} – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, $E_{abs} = 3993064$ грн.;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 1680865$ грн.;

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

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[5]{1 + 3993064/1680865} - 1 = 0,24 = 27,5\%.$$

Далі визначимо ту мінімальну дохідність, нижче за яку кошти в розробку нашого проекту вкладатися не будуть.

У загальному вигляді мінімальна дохідність або мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування τ_{\min} визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (4.17)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2025 році в Україні $d = (0,08...0,16)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05...0,2)$, але може бути і значно більше. Для нашого випадку отримаємо:

$$\tau_{\min} = 0,12 + 0,10 = 0,22 \text{ або } \tau_{\min} = 22\%.$$

Оскільки величина $E_{\text{в}} = 27,5\% > \tau_{\min} = 22\%$, то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій розраховується за формулою:

$$T_{\text{ок}} = 1/E_{\text{в}} = 1/0,275 = 3,63.$$

Тобто у інвестора, на нашу думку, може виникнути зацікавленість вкладати гроші в дану розробку, оскільки він може отримати більші доходи, ніж якщо просто покладе свої гроші на депозит у комерційному банку.

5.12 Висновки до розділу

При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено комерційний потенціал дослідження та розраховано кошторис капітальних витрат на модернізацію ділянки механічної обробки, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення.

Комерційний потенціал дослідження за результатами опитування експертів було визначено як вище середнього. Розраховані показники абсолютної та відносної ефективності свідчать, що даний інвестиційний проект може зацікавити інвестора, оскільки рівень доходності даного проекту перевищує депозитні доходи і є менш ризикованим. Термін окупності розробленого проекту складає 3,63 років.

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

ВИСНОВКИ

1. На основі огляду типових засобів автоматизації можна виділити основні методики за засоби для автоматизації виробництва, а саме застосування роботизованого обладнання та допоміжного устаткування в комплексі з верстаним обладнанням з ЧПК.
2. Автоматизовані чи роботизовані елементи зазвичай виконують допоміжні функції.
3. Для обслуговування верстату зазвичай використовують роботи, що мають 4-6 ступеней вільності.
4. В робочому місці промислові роботи виконують первинні задачі автоматизації та - автоматизують розвантажувальні та завантажувальні операції.
5. Проаналізовано технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Кронштейн КР-25В».
6. На основі аналізу раціональності застосування автоматизації обрано операцію 005, оскільки застосування автоматизації може забезпечити зменшення допоміжних витрат часу.
7. Визначено перелік дій та обладнання для їх виконання при автоматизованій роботі автоматизованого робочого місця.
8. Розроблено загальний алгоритм роботи автоматизованого робочого місця для технологічної обробки деталі «Кронштейн КР-25В».
9. Проаналізовано особливості установки деталі на верстат при застосування промислового робота.
10. Розроблено верстатне пристосування для обробки деталі «Кронштейн КР-25В» на вертикально фрезерному верстаті з ЧПК.
11. Проведені розрахунки складових похибки установки заготовки на пристосуванні. Точність позиціонування в пристосуванні складає 36,08 мкм і дає можливість забезпечувати усі необхідні допуски розмірів, які отримуються на даній операції.

12. Обрано промисловий робот моделі «МП-5» для застосування в автоматизованому робочому місці.

13. Обрано схему захватного пристрою для роботи деталлю «Кронштейн КР-25В»

14. Розраховані часові витрати та досліджено залежності швидкісних та часових характеристик робота від особливосте маніпулятора та маси вантажу, яким він оперує.

15. Визначені параметри роботи робочого місця. Загальний час циклу складає 221,8с.

16. При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено комерційний потенціал дослідження та розраховано кошторис капітальних витрат на модернізацію дільниці механічної обробки, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення.

17. Комерційний потенціал дослідження за результатами опитування експертів було визначено як вище середнього. Розраховані показники абсолютної та відносної ефективності свідчать, що даний інвестиційний проект може зацікавити інвестора, оскільки рівень доходності даного проекту перевищує депозитні доходи і є менш ризикованим. Термін окупності розробленого проекту складає 3,63 років.

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Dzedzickis, Andrius & Subaciute-Zemaitiene, Jurga & Šutinys, Ernestas & Prentice, Urte & Bučinskas, Vytautas. (2021). Advanced Applications of Industrial Robotics: New Trends and Possibilities. Applied Sciences. 12. 135. 10.3390/app12010135.
2. Riives, Jüri. "Modern Robot-Integrated Manufacturing Cell According to the Needs of Industry 4.0; Pp. 407–412." Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Estonian Academy Publishers, 2021.
3. Pratikumar R. Hingu, et. al. "Industrial Robot and Automation." The International Journal of Engineering and Science (IJES), 10(02), (2021): pp. 15-23. DOI:10.9790/1813-1002011523
4. Автоматизація виробництва в машинобудуванні [Текст] : практикум / Ю. І. Муляр, В. П. Пурдик, С. В. Репітський [та ін.]. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 133с.
5. Автоматизація в промисловості Практикум. Частина І: навчальний посібник/ Є.В. Пашков, В.П. Полівцев, М.П. Карпов, Ю.О. Осинський, М.М. Майстришин. – Севастополь 2010. – 140 с.
6. Роботизовані технологічні комплекси / Г.І. Костюк, О.О. Баранов, І.Г. Левченко, В.А. Фадєєв - Учеб. Посібник. - Харків: Нац. аерокосмічний університет "ХАІ", 2013. - 214с.
7. Павленко І.І., Мажара В.А. Роботизовані технологічні комплекси: Навчальний посібник. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – 392 с.
8. О.С.Піменов, М.М. Компанець Застосування роботизованих комплексів технологічного процесу // XLVI Науково-технічна конференція факультету комп'ютерних систем і автоматики (2017) – Електрон. текст. дані. 2017. <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2017/paper/view/2724/2604>.
9. М.О.Годунко, М.М. Сотник Роботизовані технологічні комплекси в сучасному виробництві // Наукові записки КНТУ, вип.11, ч.ІІІ, 2011. С100-103.

10. Karabegović, I, Jurković, M.; Doleček, V.: Primjena industrijskih robota u Europi i svijetu // Conference on Production Engineering. 2005. 29-46, Vrnjačka Banja, 2005.

11. Лозінський Д.О. Застосування промислових роботів для вирішення задач технологічного виробництва / Д. О. Лозінський, К.І. Гончарук, М.К. Гончарук, О.Д. Метельний, Гаврилук В.В. // Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024) м. Вінниці (вересень 2023 р.). Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/view/19685>.

12. Karabegović, I., Mahmić, M., Karabegović, E.: Representation of industry robots at the industry branches, RaDMI 2004, Zlatibor, Serbia and Montenegro, 2004

13. M. Miscevic and B. Djihovieni. APPLICATION OF ROBOTICS AND CNC MACHINES IN PRODUCTION // Applied Engineering Letters Vol.5, No.4, 2020. p.135-141.

14. Цвіркун Л.І. Робототехніка та мехатроніка: навч. посіб. / Л.І.Грулер; під заг. ред Л.І. Цвіркуна; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т.– 3-тє вид., переробл. і доповн. – Дніпро: НГУ, 2017. – 224 с.

15. Гідроприводи та гідропневмоавтоматика. Підручник./ В.О. Федорець, М.Н. Педченко, В.Б.Струтинський та ін,- К.: Вища шк., 1995,- 463с.

16. Павленко П.М. Автоматизація технічної підготовки виробництва. Навчальний посібник.Вінниця: ВНТУ, 2006. 114с.

17. М. І. Іванов, Ж. П. Дусанюк, С. В. Дусанюк та ін. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування: навчальний посібник. Вінниця: Глобус-Прес, 2011. – 200 с.

18. Ю. А. Буренніков, Д. О. Лозінський Технологічні основи машинобудування. Самостійна та індивідуальна робота студентів: навчальний. Вінниця : ВНТУ, 2017. 106 с.

19. Технологічна оснастка : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.

20. Мироненко О. М. Курсове проектування з дисциплін «Проектування пристосувань», «Системи автоматизованого проектування технологічної оснастки» : навчальний посібник / О. М. Мироненко, Ю. А. Буренніков. – Вінниця : ВНТУ, 2007. – 61 с.

21. Д. О. Лозінський, О. В. Петров, О. М. Мироненко Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни «САП верстатів з ЧПК. Вінниця : ВНТУ, 2018. – 42 с.

22. Б. П. Михайлов, В. М. Лінгур Навчальний посібник з дисципліни "Маніпулятори та промислові роботи"/ Одес. нац. політехн. ун-т. Одеса, 2019. 233с.

23. Проць Я.І. Захоплювальні пристрої промислових роботів : навч. посібн. Тернопіль : Тернопільський державний технічний університет ім. І. Пулюя, 2008. 232 с.

24. Л.Є. Пелевін, К.І. Почка, О.М. Гаркавенко, Д.О. Міщук, І.В. Русан Синтех робототехнічних систем в машинобудуванні: підручник. К.: ТОВ "ІНТЕРСЕРВІС", 2016. 256.

25. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Роботизовані технологічні комплекси» / Уклад Д. О. Лозінський. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 43 с.

26. Лозінський Д.О., Яворський А.А., Вовк Б.Ф., Краєвський Ю.О., Тимошук А.О. Роботизований промисловий комплекс на базі верстату з ЧПК та промислового робота. Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців «МОЛОДЬ В НАУЦІ: ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ (МН-2026)». Вінниця, 2025. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2026/schedConf/presentations>. (дата звернення: 10.12.2025).

27. Економіка та організація виробничої діяльності підприємства. Частина І. Економіка підприємства-Небава М.І., Адлер О.О., Лесько О.Й.-НП-Вінниця, ВНТУ, 2011-117 с.

28. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських

кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький.

– Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

ДОДАТКИ

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

АВТОМАТИЗАЦІЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ "КРОНШТЕЙН КР-25В"

(Назва магістерської кваліфікаційної роботи)

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

Мета та задачі роботи

Метою роботи є автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Кронштейн КР-25В".

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати такі завдання:

- виконати огляд відомих методів та засобів автоматизації, які застосовуються в технологічному виробництві;
- проаналізувати маршрут механічної обробки та визначити операції, які можуть бути автоматизовані;
- розробити загальну схему автоматизованого робочого місця та алгоритм роботи автоматизованого робочого місця;
- вибрати технологічне обладнання та спроектувати автоматизоване оснащення для нього;
- виконати розрахунки основних параметрів автоматизованого робочого місця;
- розробити компоновку автоматизованого робочого місця;
- провести розрахунок та аналіз економічної доцільності виготовлення деталі;

Об'єкт дослідження – автоматизоване робоче місце технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Кронштейн КР-25В".

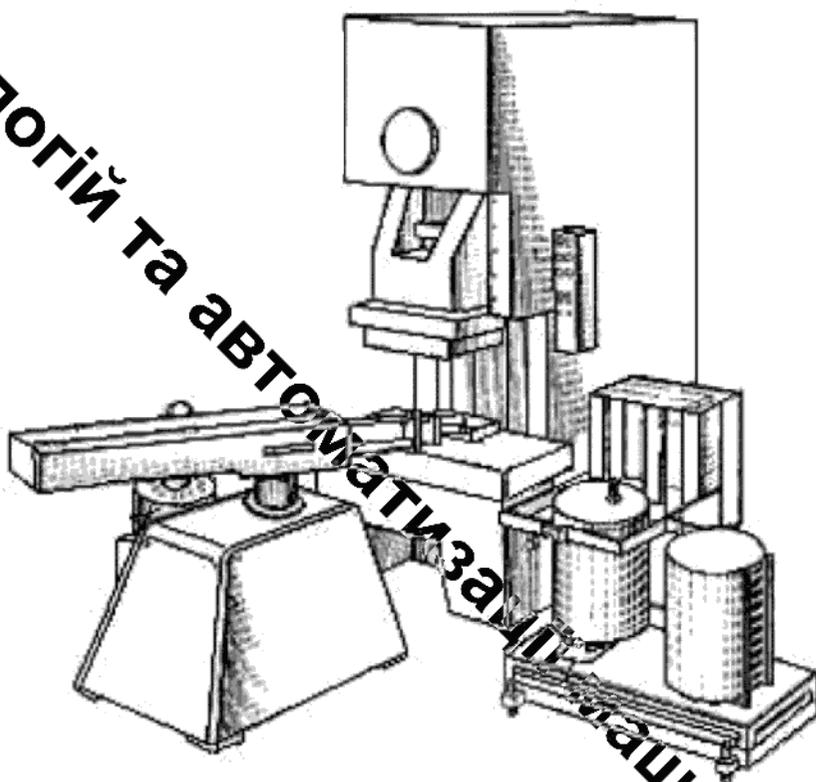
Предмет дослідження – технологічний процес механічної обробки деталі «Кронштейн КР-25В».

Кафедра Технологій та Автоматизації



Приклади застосування промислових роботів в промисловості

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

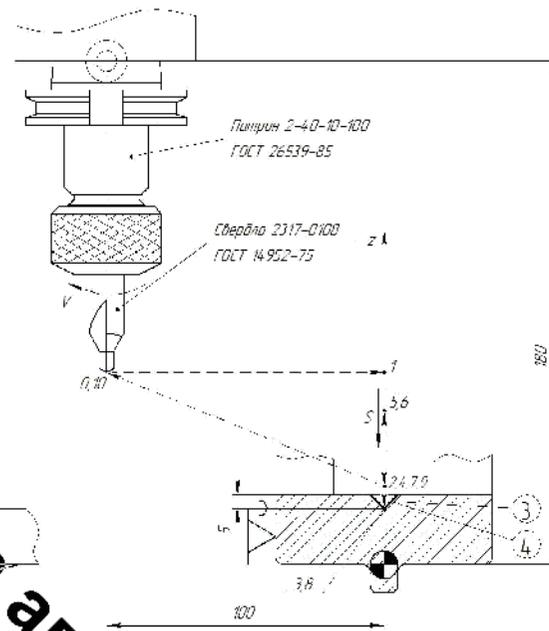
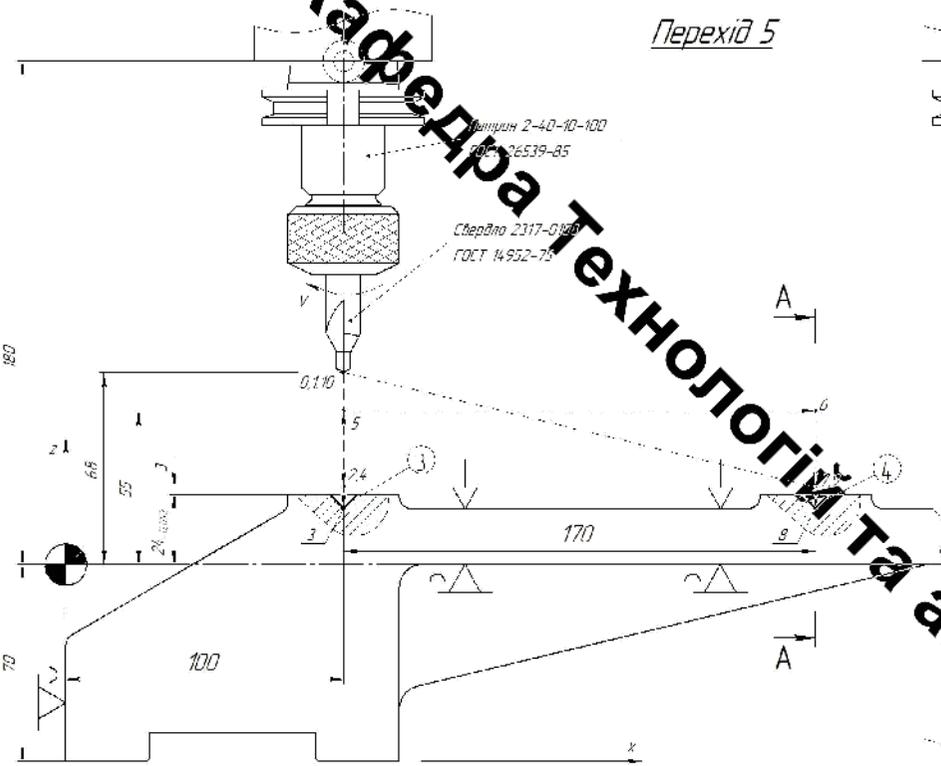


Приклад застосування промислових роботів в промисловості

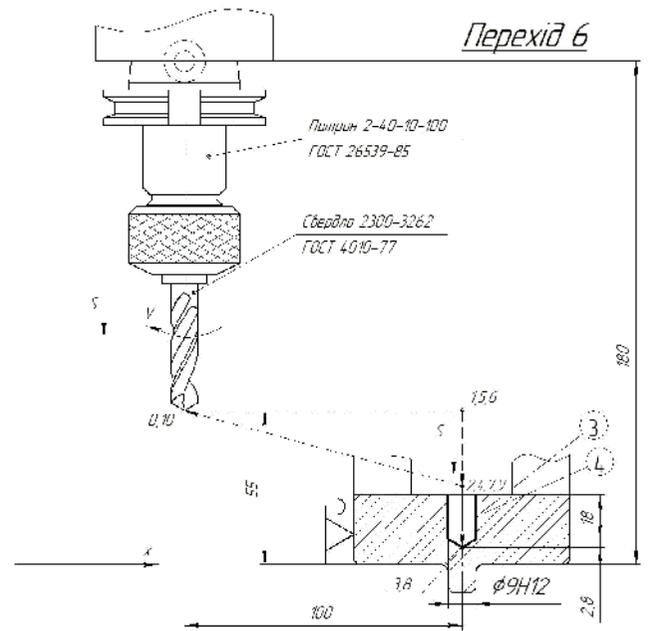
Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

Продовження карти налагоджень

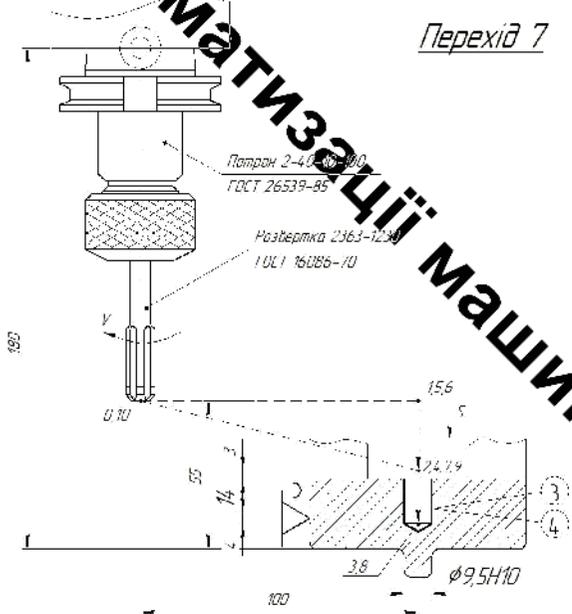
Перехід 5



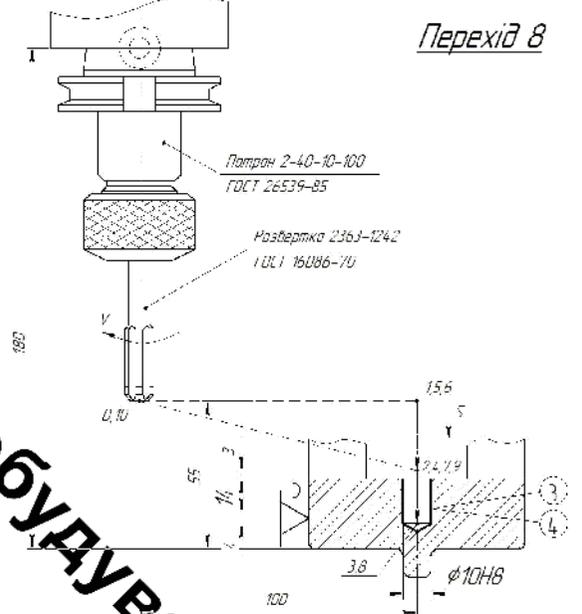
Перехід 6



Перехід 7



Перехід 8



Координати опорних точок

Перехід	Аполюсний пункт		Координати опорних точок		Перехід	Аполюсний пункт		Координати опорних точок	
	X	Y	X	Y		X	Y	X	Y
2	1	+800	+24.79	+800	1	+800	+55	+800	
	2	+800	+24.79	+800	2	+800	+27	+800	
	3	+800	+24.79	+800	3	+800	+12	+800	
	4	+800	+24.79	+800	4	+800	+27	+800	
	5	+700	+15	+800	5	+800	+15	+800	
	6	+700	+24.79	+800	6	+800	+15	+800	
	7	+700	+24.79	+800	7	+700	+27	+800	
	8	+800	+200	+800	8	+800	+27	+800	
	9	+800	+200	+800	9	+800	+27	+800	
1	1	+800	+24.79	+800	1	+800	+55	+800	
	2	+800	+24.79	+800	2	+800	+27	+800	
	3	+800	+24.79	+800	3	+800	+12	+800	
	4	+800	+24.79	+800	4	+800	+27	+800	
	5	+700	+15	+800	5	+800	+15	+800	
	6	+700	+24.79	+800	6	+800	+15	+800	
	7	+700	+24.79	+800	7	+700	+27	+800	
	8	+800	+200	+800	8	+800	+27	+800	
	9	+800	+200	+800	9	+800	+27	+800	
4	1	+800	+24.79	+800	1	+800	+55	+800	
	2	+800	+24.79	+800	2	+800	+27	+800	
	3	+800	+24.79	+800	3	+800	+12	+800	
	4	+800	+24.79	+800	4	+800	+27	+800	
	5	+700	+15	+800	5	+800	+15	+800	
	6	+700	+24.79	+800	6	+800	+15	+800	
	7	+700	+24.79	+800	7	+700	+27	+800	
	8	+800	+200	+800	8	+800	+27	+800	
	9	+800	+200	+800	9	+800	+27	+800	
1	1	+800	+60	+800	1	+800	+55	+800	
	2	+800	+60	+800	2	+800	+27	+800	
	3	+800	+15	+800	3	+800	+12	+800	
	4	+800	+15	+800	4	+800	+27	+800	
	5	+700	+15	+800	5	+800	+15	+800	
	6	+700	+24.79	+800	6	+800	+15	+800	
	7	+700	+24.79	+800	7	+700	+27	+800	
	8	+800	+10	+800	8	+800	+27	+800	
	9	+800	+10	+800	9	+800	+27	+800	

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

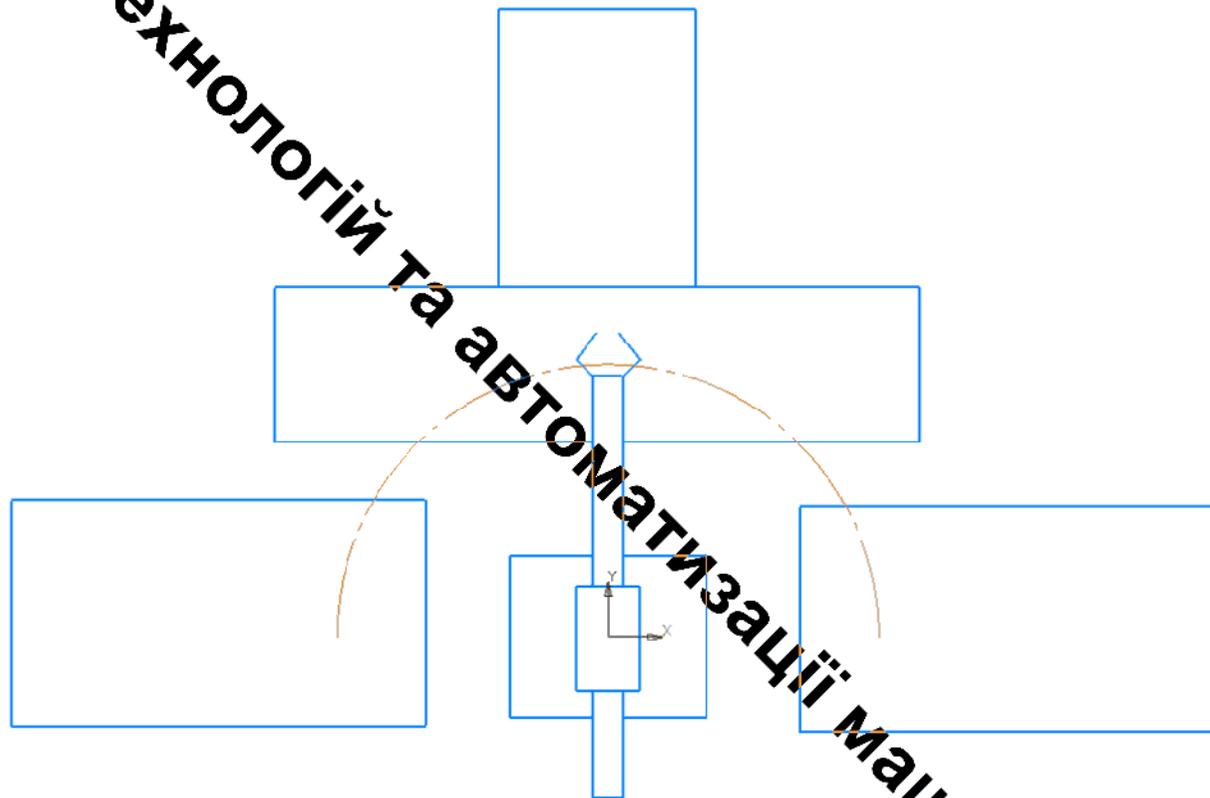


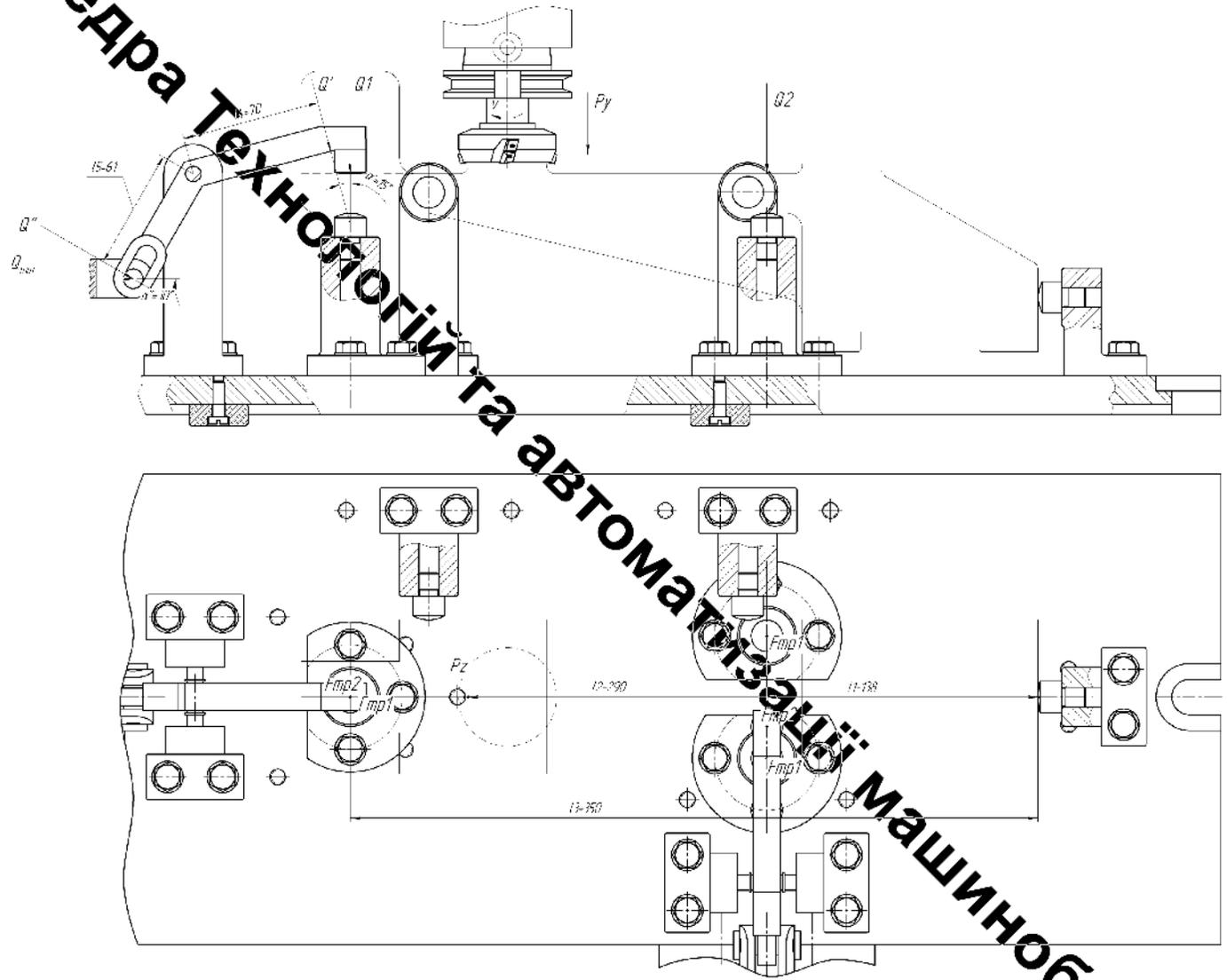
Схема автоматизованого робочого місця

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

№	Крок	Опис
1	Установка заготовки на верстат	Злагоджена робота маніпулятора роботу та пристрою для подачі заготовок
2	Робота верстату	Спрацювання верстатного оснащення та обробка заготовки деталі «Шестерня»
3	Зняття заготовки з верстату	Робота маніпулятора та верстатного оснащення
4	Переміщення заготовки до місця складання готових деталей	Злагоджена робота маніпулятора роботу та пристрою для прийняття оброблених заготовок
5	Позиційне зміщення елементів у «вихідну» позицію	Робота пристрою для подачі заготовок та зміщення елементів маніпулятора у початкову позицію.

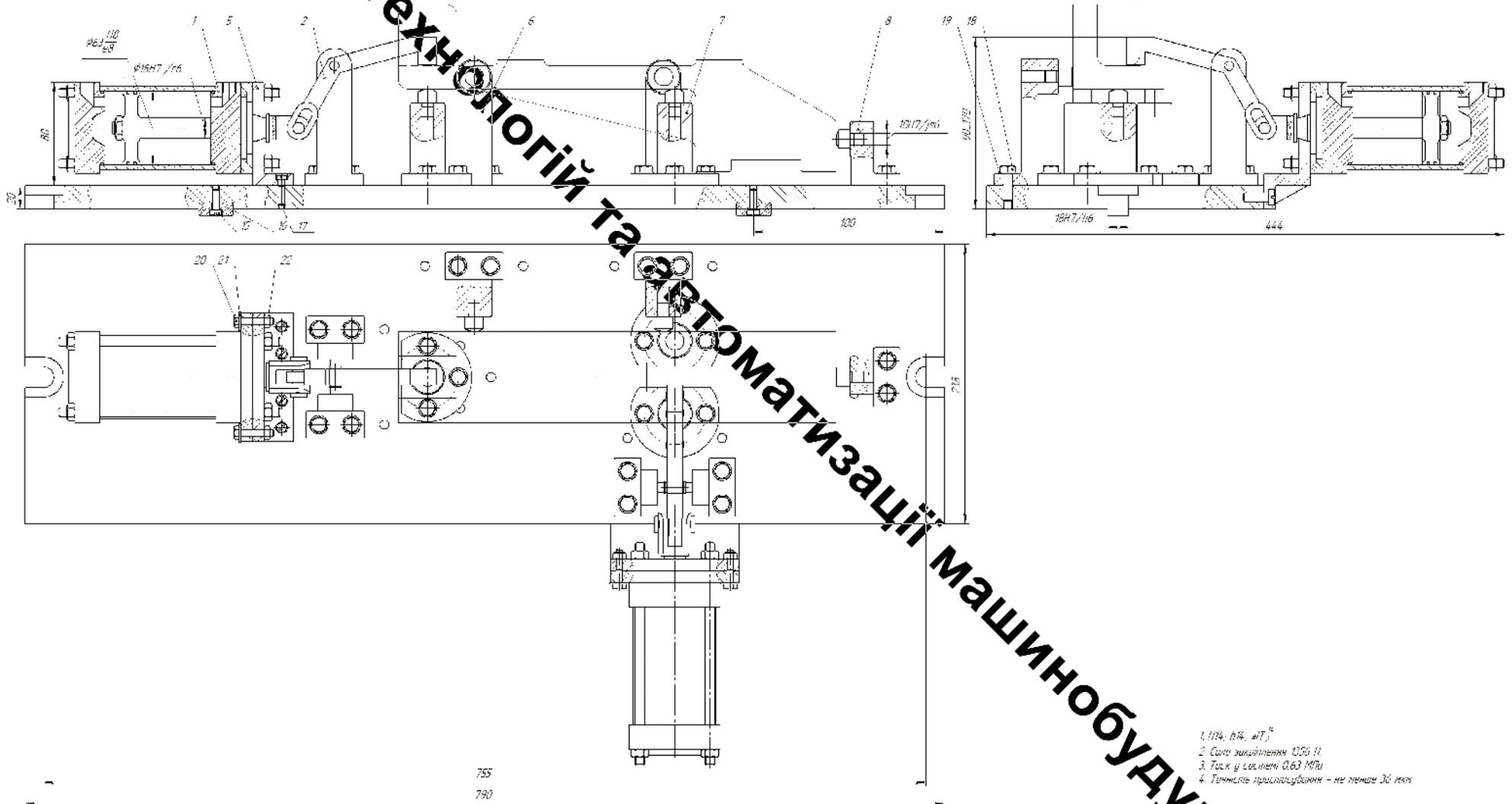
Загальний алгоритм роботи автоматизованого робочого місця

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування



Розрахунок сил закріплення

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування



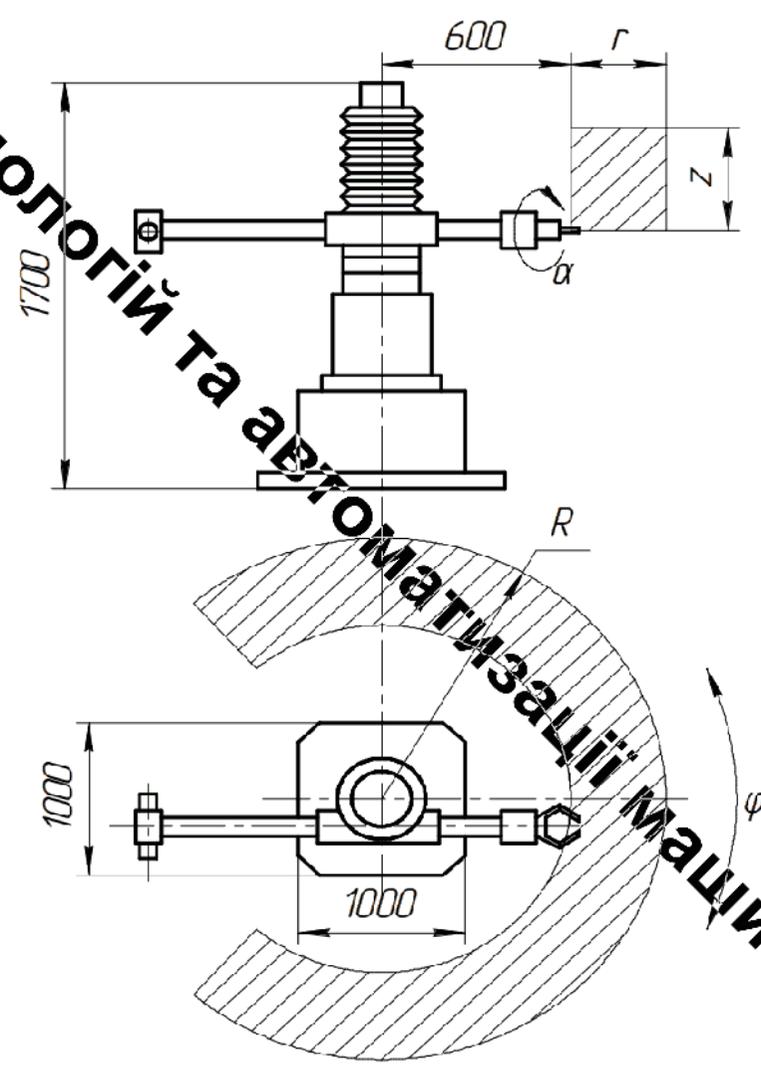
- 1. МТ4, М4, М7;
- 2. Сили закріплення 1356 Н
- 3. Тиск у системі 0,63 МПа
- 4. Точність приладування – не менше 36 класу

755
790

08.64.МКР.005.01.000 СК

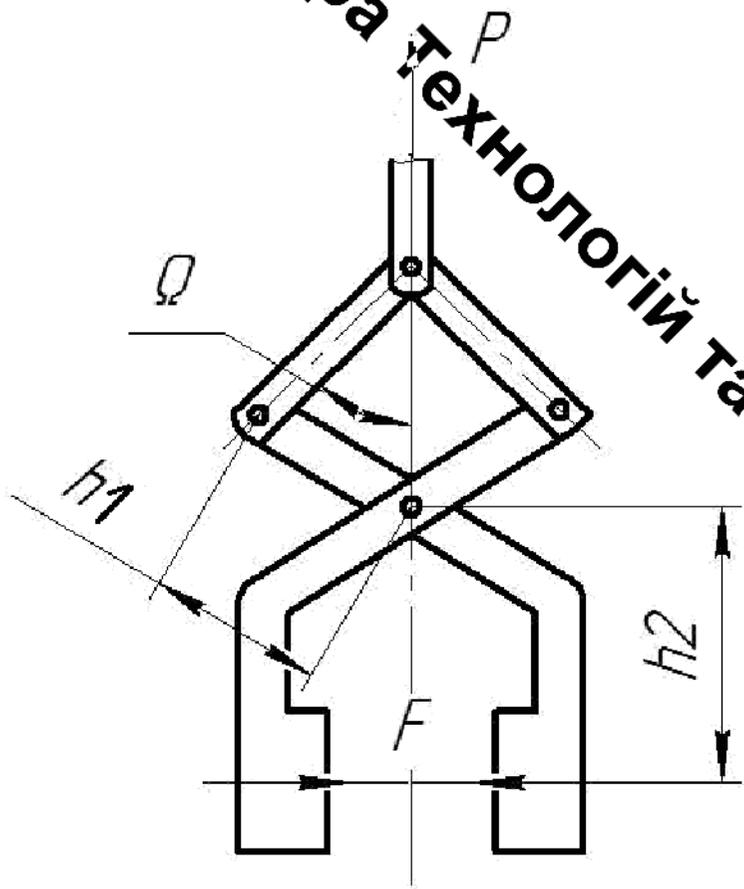
Складально креслення		Лист	14
Першого пристосування		Лист	1
Відомо	Кресло	Лист	1
ВНТУ	24	МТМ-24м	

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування



Загальний вигляд робота М20П.40.01

Кафедра Технологій та Автоматизації Машинобудування



$$F = K_1 K_2 K_3 mg$$

$$K_1 = 1,2 - 2,0. \text{ Приймаємо } K_1 = 1,2;$$

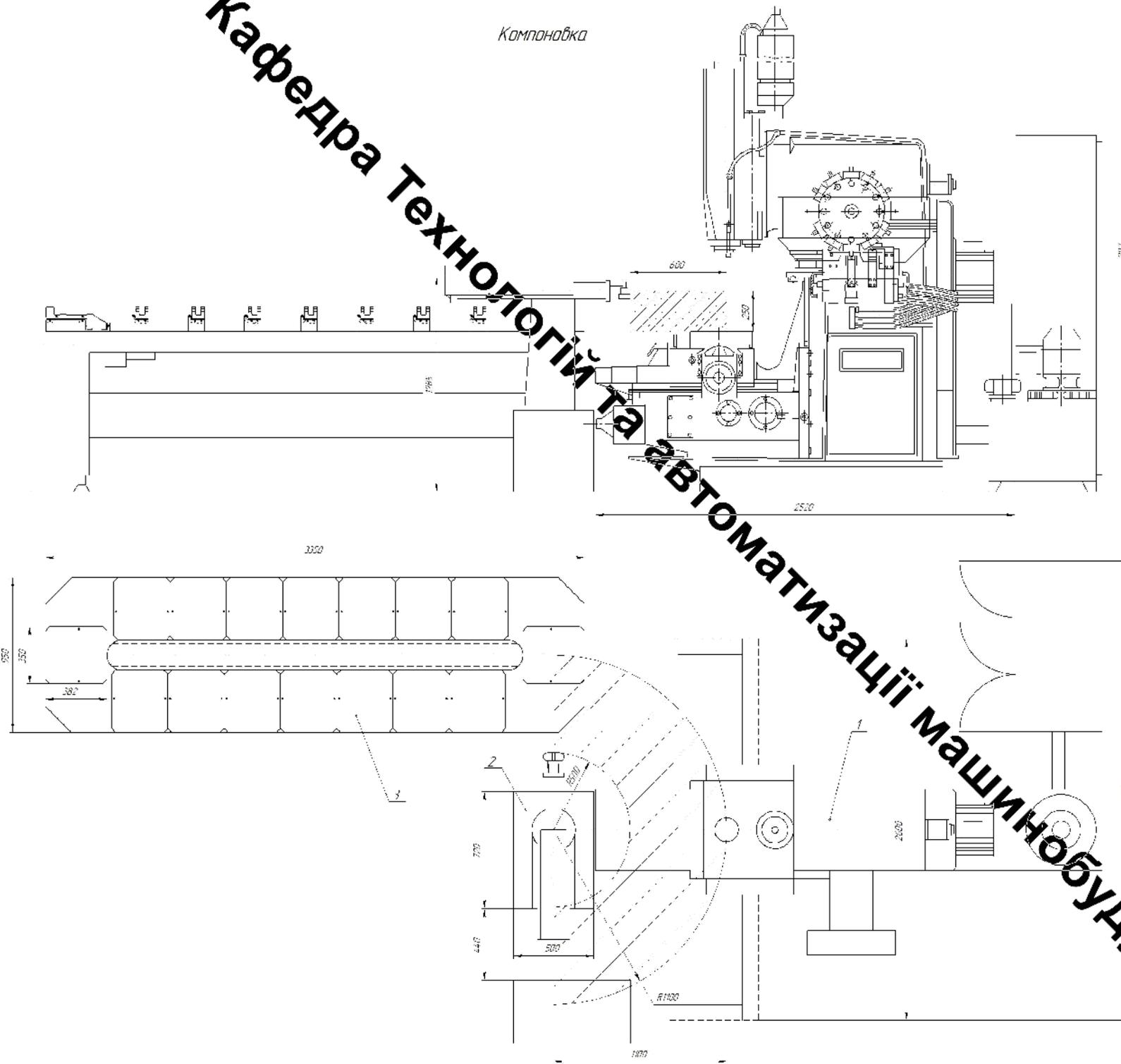
$$K_2 = 1 + A/g = 1 + 1 = 2;$$

$$K_3 = \frac{1}{2 \cdot \mu}$$

$$K_3 = \frac{1}{2 \cdot 0,35} = 1,42$$

$$P = \frac{0,15}{0,07} \cdot \sin 45 \cdot 319 = 483,3 (H).$$

Схема захватного пристрою

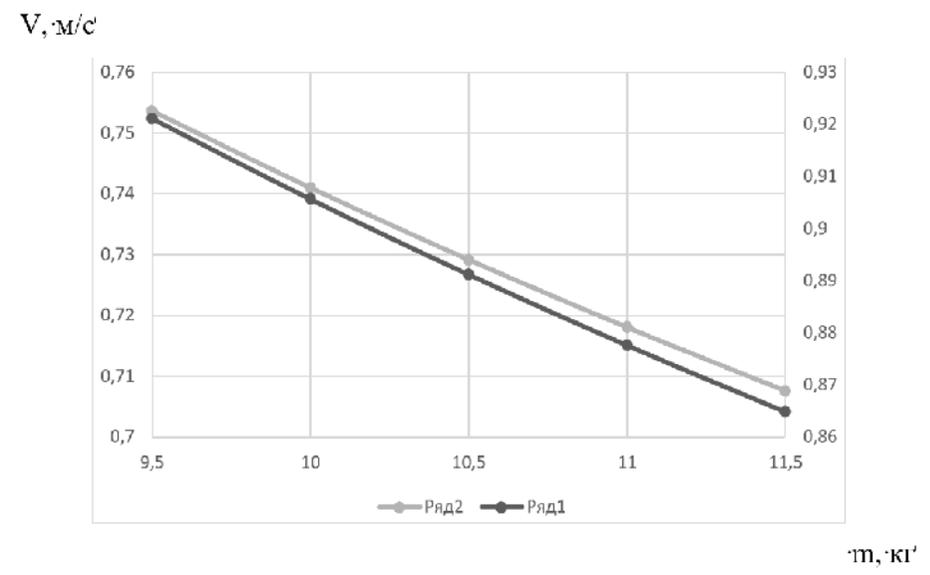
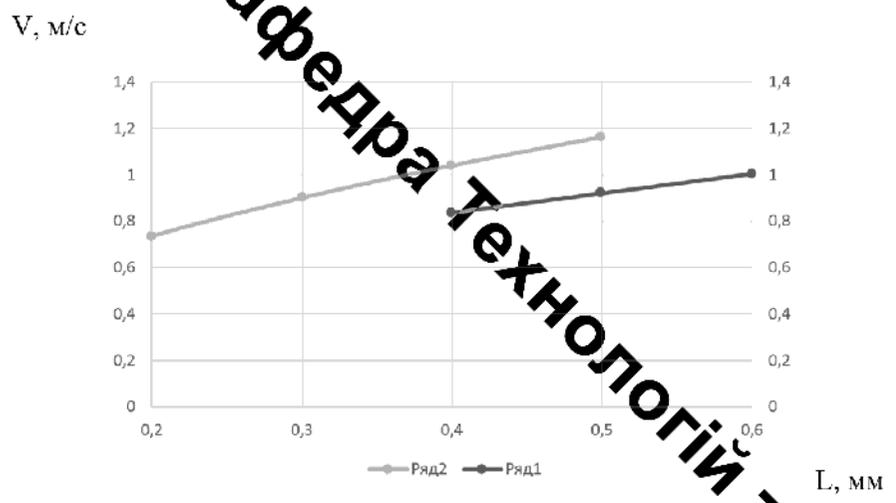


- Технічні характеристики ПР:
- число ступенів рухливості - 4,
 - переносні ступені рухливості:
 - підйом I, мм - 250,
 - швидкість підйому мм/с - 250,
 - поворот II, град - 180,
 - швидкість повороту, град/с - 90,
 - висування III, мм - 600,
 - швидкість висування, мм/с - 480,
 - орієнтуючі ступені рухливості:
 - поворот IV, град - 80,
 - швидкість повороту, град/с - 90,
 - вантажопідйомність, кг - 15,
 - точність позиціонування, мм - 0,3,
 - число точок позиціонування:
 - по переносним ступеням рухливості - 3,
 - по орієнтуючій ступені рухливості - 2,
 - тип керуючого пристрою - цикловий
 - кількість кадрів в циклі - 40,
 - кількість команд - 27,
 - маса маніпулятора, кг - 370,

1. Верстат моделі ГФ2171С5
2. ПР моделі МП-5
3. Тактовий стіл СТ 350
4. Місце для складання готових деталей

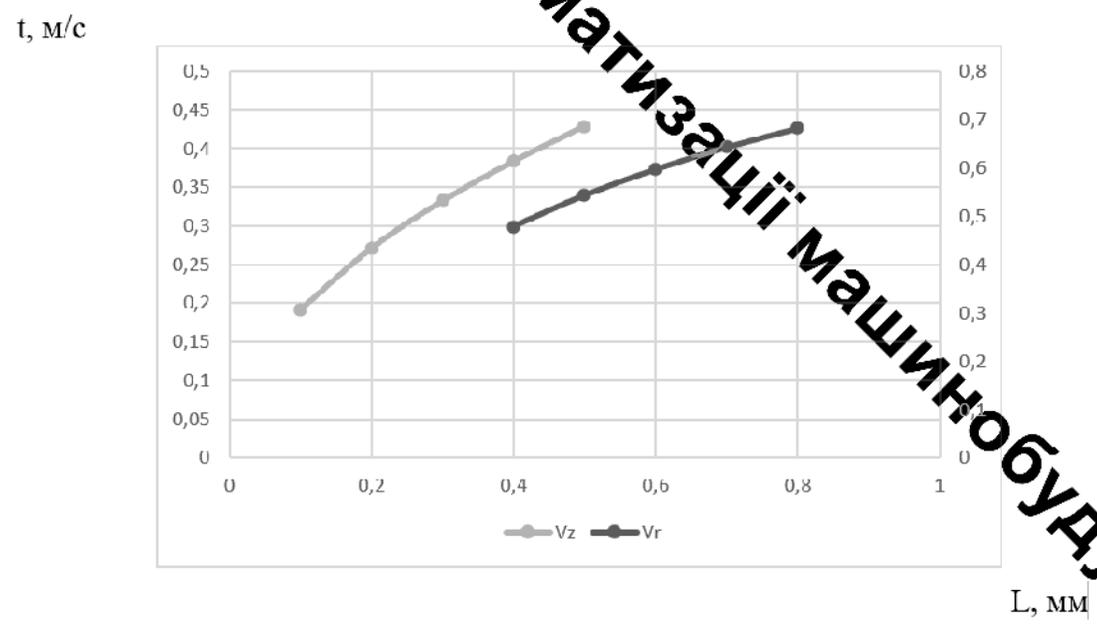
- Характеристика робочого місця:
1. Циклова продуктивність, $Q_c=0,0045$
 2. Коефіцієнт відносної завантаженості $K_{взв}=0,67$
 3. Режим роботи ПР - середній

Кафедра Технологій та Автоматизації Машинобудування



Залежність швидкості переміщення по осі X та Z від максимального вильоту

Залежність швидкості переміщення по осі X та Z від маси



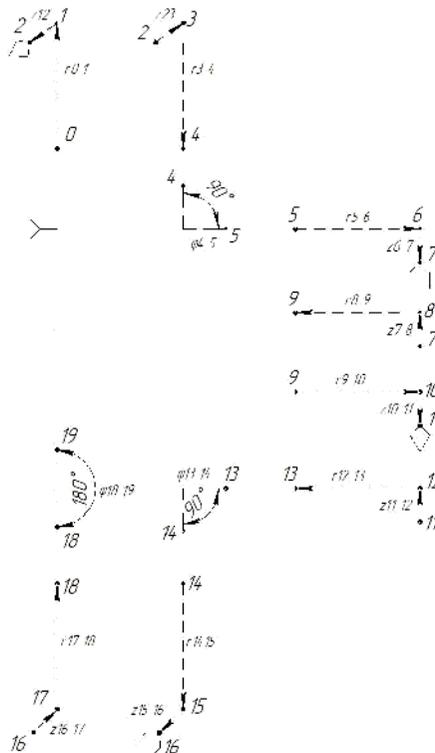
Залежність часу переміщення по осям X та Z від максимального вильоту

Обладнання	Операція	Час, с			
		5	15	25	35
PR	Захплення заготовки				
	Встановлення заготовки на верстаті				
Верстат	Зв'язки з верстатом				
	Функціонування на місці і кваліфікованих готювих деталей				
	Підвернення ридити на пичлибу пизиди				
	Затискування заготовки в пристосуданні Розтискування заготовки в пристосуданні				
Іактовий стил	Поворот на одну пазидю				
		45...200			
		210 221,8			

Алгоритм роботи

	Колетива	Величина поертшешення м/с	Шдидьсть поертшешення м/с. град/с	Час, с
Заплетення кваліфікованих	Паретшешення руки PR вперед	600	0,60	1,25
	Паретшешення руки PR вил	600	0,75	0,4
	Затискування заготовки ЗП PR	-		0,4
	Паретшешення руки PR вперед	600	0,75	0,4
Група	Паретшешення руки PR назад	600	0,48	1,25
	Група			5,7
Встановлення заготовки на верстаті	Підворт руки PR за гадителюв стравки	90°	90	1
	Паретшешення руки PR вперед	600	0,60	1,25
	Паретшешення руки PR вил	600	0,75	0,4
	Розтискування заготовки ЗП PR			0,4
Група	Паретшешення руки PR вперед	600	0,75	0,4
	Паретшешення руки PR назад	600	0,48	1,25
Виртат	Затискування заготовки на виртатівну пристосуданні			5
	Розтискування заготовки			5
Група				20,1
	Чекати заготовки з верстаті	Паретшешення руки PR вперед	600	0,60
Група	Паретшешення руки PR вил	600	0,75	0,4
	Затискування заготовки ЗП PR			0,4
Група				2,00
Група	Паретшешення руки PR вперед	600	0,25	0,4
	Паретшешення руки PR назад	600	0,48	1,25
	Підворт руки PR за гадителюв стравки	90°	90	1
	Паретшешення руки PR вперед	600	0,60	1,25
Група	Паретшешення руки PR вил	600	0,25	0,4
	Розтискування заготовки ЗП PR			0,4
Група				4,7
Підвортення на латиткю стравки	Паретшешення руки PR вперед	600	0,75	0,4
	Паретшешення руки PR назад	600	0,48	1,25
Група	Підворт руки PR проти гад стравки	90°	90	1
	Група			2,00,8

Циклограма функціонування



Кваліфікований Технолог та Автоматизації машинобудування

ВИСНОВКИ

1. На основі огляду типових засобів автоматизації можна виділити основні методики за засоби для автоматизації виробництва, а саме застосування роботизованого обладнання та допоміжного устаткування в комплексі з верстаним обладнанням з ЧПК.
2. Автоматизовані чи роботизовані елементи зазвичай виконують допоміжні функції.
3. Для обслуговування верстату зазвичай використовують роботи, що мають 4 ступеней вільності і більше.
4. В робочому місці промислові роботи виконують первинні задачі автоматизації та - автоматизують розвантажувальні та завантажувальні операції.
5. Проаналізовано технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Кронштейн КР-25В».
6. На основі аналізу раціональності застосування автоматизації обрано операцію 005, оскільки застосування автоматизації може забезпечити зменшення допоміжних витрат часу.
7. Визначено перелік дій та обладнання для їх виконання при автоматизованій роботі автоматизованого робочого місця.
8. Розроблено загальний алгоритм роботи автоматизованого робочого місця для технологічної обробки деталі «Кронштейн КР-25В».
9. Проаналізовано особливості установки деталі на верстаті при застосування промислового робота.
10. Розроблено верстатне пристосування для обробки деталі «Кронштейн КР-25В» на вертикально фрезерному верстаті з ЧПК.
11. Проведені розрахунки складових похибки установки заготовки на пристосуванні. Точність позиціонування в пристосуванні складає 36,08 мкм і дає можливість забезпечувати усі необхідні допуски розмірів, які отримуються на даній операції.
12. Обрано промисловий робот моделі «МП-5» для застосування в автоматизованому робочому місці.
13. Обрано схему захватного пристрою для роботи деталлю «Кронштейн КР-25В».
14. Розраховані часові витрати та досліджено залежності швидкісних та часових характеристик робота від особливосте маніпулятора та маси вантажу, яким він оперує.
15. Визначені параметри роботи робочого місця. Загальний час циклу складає 221,8с.
16. При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено комерційний потенціал дослідження та розраховано кошторис капітальних витрат на модернізацію ділянки механічної обробки, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення.
17. Комерційний потенціал дослідження за результатами опитування експертів було визначено як вище середнього. Розраховані показники абсолютної та відносної ефективності свідчать, що даний інвестиційний проект може зацікавити інвестора, оскільки рівень доходності даного проекту перевищує депозитні доходи і є менш ризикованим. Термін окупності розробленого проекту складає 3,63 років.

ДОДАТОК Б

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

СПЕЦИФІКАЦІЯ

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	к	Прим.
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	08-64.МКР.005.02.000 СК	Пневмоциліндр 1200-63x70 ГОСТ 15608-81	2	
		2	08-64.МКР.005.03.000 СК	Важіль із стійкою	2	
				<u>Деталі</u>		
		4	08-64.МКР.005.01.001	Кронштейн	2	
		6	08-64.МКР.005.01.002	Стійка напрямної опори	2	
		7	08-64.МКР.005.01.003	Стійка опори	3	
		8	08-64.МКР.005.01.004	Стійка опори	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		7		Болт М8 х 25 ГОСТ 7798-70	23	
		20		Болт М6 х 30 ГОСТ 7798-70	8	
		15		Винт М6 х 18 ГОСТ 1491-80	2	
		17		Винт М5 х 22 ГОСТ 1491-80	7	
		22		Гайка 2 М6 ГОСТ 15526-70	8	
		19		Шайба 8 ГОСТ 11371-78	23	
		21		Шайба 6 ГОСТ 11371-78	8	
		16		Шпонка 7031-0607 ГОСТ 14737-69	2	

08-64.МКР.005.01.000 СП

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.		Вовк Б.Ф.		12.12.2025
Пров.		Лозінський Д.О.		12.12.2025
Н.контр.		Сердюк О.В.		16.12.2025
Чтв.		Козлов Л.Г.		16.12.2025

Складальне креслення

верстатного пристосування

Лист.	Лист	Листів
		1
ВНТУ, зр 1ПМ-24м		

Додаток В

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі “ Кронштейн КР-25В ”

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ кафедра ТАМ, ФМТ, гр. 1ПМ-24м
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism (КПІ) 25.39 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Ольга СЕРДЮК, доцент кафедри ТАМ, гарант ОПП
(ім'я, прізвище, посада) (підпис)

_____ (прізвище, ініціали, посада) _____ (підпис)

Особа, відповідальна за перевірку _____ (підпис) Ольга СЕРДЮК
(ім'я, прізвище)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник _____ Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ
(підпис) (ім'я, прізвище, посада)

Здобувач _____ Богдан ВОВК
(підпис) (ім'я, прізвище)