

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))

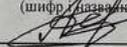
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

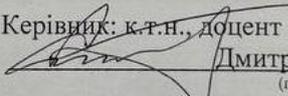
**АВТОМАТИЗАЦІЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ "КОРПУС-25А"**

08-64. МКР.027.00.000.ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, групи 2ПМ-24м
спеціальності 131 – Прикладна механіка
(шифр / назва напряму підготовки, спеціальності)


Артем ЯВОРСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ


Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

« 04 » _____ 12 _____ 2025 р.

Опонент: к.т.н., доц. каф. АТМ


Микола МИТКО
(прізвище та ініціали)

« 16 » _____ 12 _____ 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ТАМ


д.т.н., проф. Козлов Л.Г.

(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

[Підпис] д.т.н., проф. Козлов Л.Г.

6 листопада 2025 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Яворському Артему Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи. Автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Корпус К-25А"
керівник роботи Лозінський Дмитро Олександрович, к.т.н., доцент
затверджені наказом вищого навчального закладу від 24.09.2025 року № 313
- Строк подання студентом роботи 18 грудня 2025 року
- Вихідні дані до роботи: креслення деталі "Корпус-25А", маршрут механічної обробки заготовки деталі "Корпус-25А", тип виробництва серійний
- Зміст текстової частини:
1 Огляд методів та засобів автоматизації виробництва. 2 Розробка схеми автоматизованого робочого місця механічної обробки деталі Корпус на фрезерній операції з ЧПК. 3 Алгоритм роботи автоматизованого робочого місця механічної обробки деталі Корпус на фрезерній операції з ЧПК. 4 Автоматизація елементів виробництва. 5 Економічна частина.
- Перелік ілюстративного матеріалу
мета та задачі роботи; креслення деталі, маршрут механічної обробки деталі Корпус, 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	 2.10.25	 07.12.25
Економічна частина	К.е.н., проф. Олександр ЛЕСЬКО	 5.11.25	 25.12.25

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	до 25.10.2025р	Вн
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	до 25.10.2025р	Вн
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	до 30.10.2025р	Вн
4	Розв'язання поставлених задач	до 20.11.2025р	Вн
5	Формулювання висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	до 22.11.2025р	Вн
6	Виконання розділу «Економічна частина»	до 25.11.2025р	Вн
7	Перевірка роботи на плагіат	04.12.2025р	Вн
8	Попередній захист МКР	04.12.2025р	Вн
9	Нормоконтроль МКР	16.12.2025р	Вн
10	Рецензування МКР	16.12.2025р	Вн
11	Захист МКР	22.12.2025р	Вн
12			

Студент

Керівник роботи

(підпис)

(підпис)

Артем ЯВОРСЬКИЙ

Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Яворський А.А. Автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі “Корпус-25А”. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – прикладна механіка. Вінниця ВНТУ, 2025, 96с.

На укр. мові. Бібліограф.: 28 назв; рис. 21; табл. 15.

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

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, корпус, час роботи.

ABSTRACT

Yavorskyi A.A. Automation of the workplace for the technological process of mechanical machining of the "Body K-25A" workpiece. Master's qualification thesis on specialty 131 - applied mechanics. Vinnytsia VNTU, 2025, 96 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 28 titles; Fig. 21; table 15.

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, body, 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.....	13
2 РОЗРОБКА СХЕМИ АВТОМАТИВАНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ КОРПУС 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 КОРПУС НА ФРЕЗЕРНІЙ ОПЕРАЦІЇ З ЧПК.....	16
3.1 Алгоритм роботи автоматизованого робочого місця механічної обробки деталі Корпус на фрезерній операції з ЧПК.....	16
3.2 Висновки до розділу.....	17
4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВИРОБНИЦТВА.....	18
4.1 Вибір основного обладнання.....	18
4.2 Розробка компонування верстатного пристосування.....	20
4.3 Вибір промислового робота (ПР) для АРМ.....	29
4.4 Проектування (вибір) захватного пристрою.....	31
4.5 Аналіз точності позиціювання деталі.....	33
4.6 Побудова та розрахунок траєкторії руху елементів ПР.....	36
4.7 Вибір допоміжного устаткування для АРМ.....	40
4.8 Аналіз можливих варіантів компоновок АРМ.....	37
4.9 Розрахунок швидкостей переміщення заготовки.....	39

	5
4.10 Розробка циклограми функціонування АРМ.....	40
4.11 Визначення основних показників АРМ.....	45
4.12 Висновки до розділу.....	46
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	48
5.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи.....	48
5.2 Оцінювання комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки.....	50
5.3 Прогноз попиту на інноваційне рішення.....	53
5.4 Вибір каналів збуту та післяпродажного обслуговування.....	53
5.5 Виявлення основних конкурентів.....	53
5.6 Обрання методу ціноутворення.....	54
5.7 Оцінка рівня якості інноваційного рішення.....	55
5.8 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення.....	57
5.9 Прогнозування витрат на виконання роботи.....	58
5.10 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	64
5.11 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	67
5.12 Висновки до розділу.....	69
ВИСНОВКИ.....	70
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	72
ДОДАТКИ.....	75
Додаток А. Ілюстративна частина.....	76
Додаток Б. Специфікація.....	93
Додаток В. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	96

Кафедра Технологій та Автоматизації Машинобудування

ВСТУП

Ефективність виробництва один із основних його показників і його покращення є частиною розвитку будь-якого виду виробництва, зокрема машинобудівного.

На сьогоднішній день засоби автоматизації та роботизації виробництва є невід'ємною складовою сучасного розвиваючого виробництва [1, 2].

Актуальність теми.

Автоматизація технологічної обробки та пов'язаних із нею процесів за рахунок впровадження роботизованих систем дозволяє значно покращити показники виробництва. Промислові роботи є сучасною альтернативною для виконання як складних і небезпечних так і для тривіальних задач. Зокрема і задач машинобудування.

Впровадження роботизованих елементів у виробничі переходи, операції та процеси постійно зростає у сучасному світі [1 -3].

Дослідженням автоматизації окремих складових виробничих процесів присвячені праці Козлова Л.Г., Павленка П.М. та Муляра Ю.І. У їхніх роботах розглянуто специфіку використання автоматизованих систем, окремі елементи автоматизації, а також особливості впровадження робототехніки в різних галузях промисловості [1–6].

Автоматизація та роботизація постійно вдосконалюються і саме 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 "Корпус-25А".

- здійснити огляд існуючих методів і засобів автоматизації, що застосовуються у технологічному виробництві;
- проаналізувати маршрут механічної обробки та визначити операції, які доцільно автоматизувати;
- розробити загальну структуру автоматизованого робочого місця та алгоритм його функціонування;
- обрати відповідне технологічне обладнання й спроектувати для нього автоматизоване оснащення;
- виконати розрахунок ключових параметрів автоматизованого робочого місця;
- створити компоновку автоматизованого робочого поста;
- провести економічний розрахунок і визначити економічну доцільність розробки;

Об'єкт дослідження – автоматизоване робоче місце технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Корпус-25А".

Предмет дослідження – технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус-25А».

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 "Корпус-25А" 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 "Корпус-25А".
3. Розраховано часові витрати та побудовано циклограму функціонування автоматизованого робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Корпус-25А".
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. Впрацях, 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 1 – тезах доповідей конференцій [26].

Кафедра Технологій та Автоматизації Машинобудування

1 ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВ

1.1 Огляд існуючих методів та засобів автоматизації виробництва

Розвиток промисловості завжди пов'язаний із розвитком елементів автоматизації, яка наразі є однією з основних складових розвитку ефективності промисловості [1-7].

На сьогодні застосування автоматизації відбувається також разом із впровадженням робототехніки. Промислові роботи все частіше зустрічаються на виробництві для вирішення задач пов'язаних із технологічними потребами виробництва [2].

Дослідженнями особливостей застосування впровадження роботизованих засобів займаються багато вчених, як вітчизняних так і зарубіжних.

Розглянемо основні приклади застосування на виробництві.

Авторами роботи [2] проведено аналіз використання промислових роботів для різних допоміжних завдань, в тому числі для обслуговування верстату під час технологічного циклу таких як зміна інструменту, робота з елементами керування тощо (рис. 1.1)

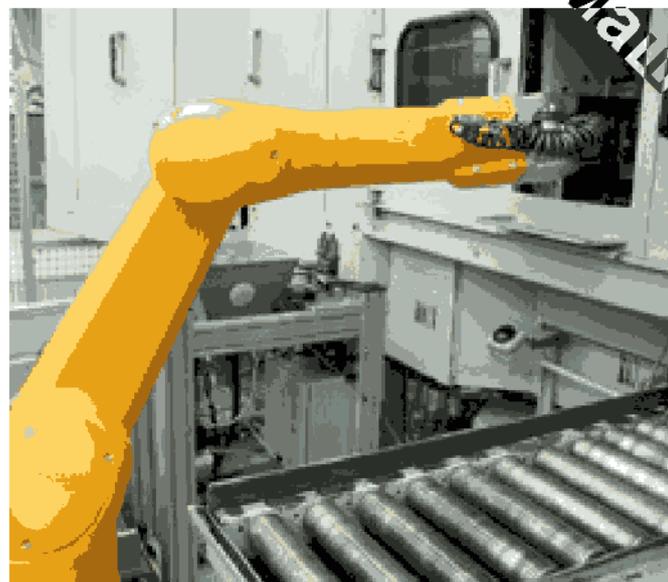


Рисунок 1.1 – Застосування промислових роботів для зміни інструментів

Автоматизовані робочі місця оснащені роботами, які сконструйовані для технологічних операцій описані авторами в роботі [7], зокрема представлено компоновки автоматизованих робочих місць для виконання фрезерно-свердлильних операцій (рис. 1.3). Робоче місце містить свердлильний верстат моделі 2Н135Ф2 та промисловий робот ПР-10. Слід відмітити, що в даному робочому місці застосовано двоманіпуляторний промисловий робот, для прищвидження операцій по завантаженню та розвантаженню виробів для технологічного обладнання.

Для подачі заготовок та приймання оброблених виробів застосовані конвеєри.

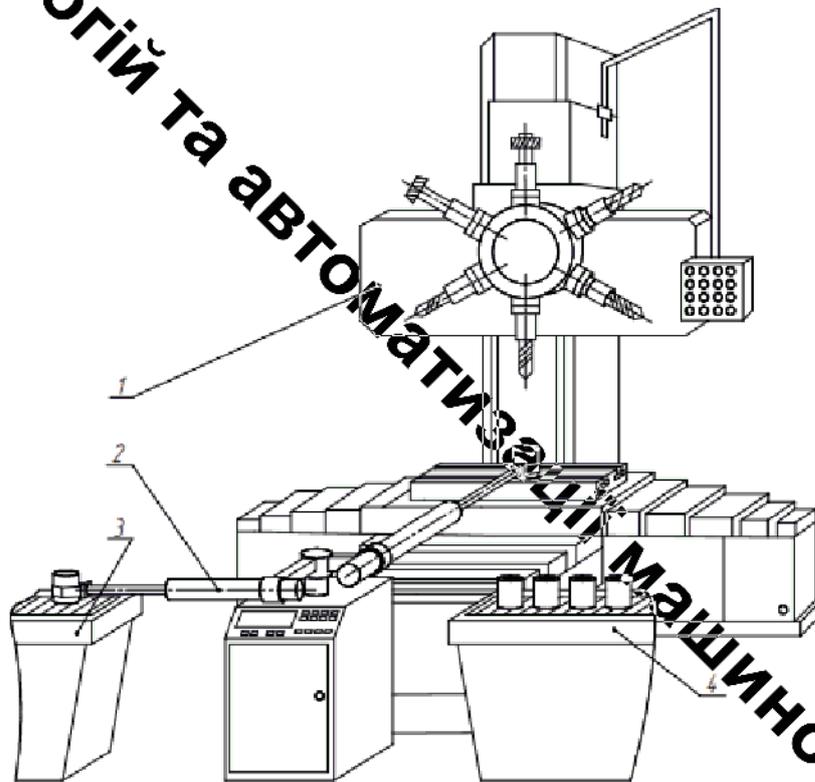


Рисунок 1.2 - Автоматизоване робоче місце для свердлильно-фрезерної обробки

З точки зору виконання типових задач на машинобудівному виробництві необхідно, щоб робот мав шість ступенів вільності та можливість змінювати захоплювальні пристрої для утримання заготовок (рис. 1.3).

В багатьох випадках у разі використання роботизованого обладнання на виробництві можна покращити ефективність його застосування завдяки виконанню більшої кількості задач, що супроводжують процес технологічного обробки, наприклад переустановки деталей, зняття фасок тощо.



Рисунок 1.3 – Застосування промислових роботів для переустановки заготовки

У роботі [1] представлено розгорнуте дослідження щодо відповідності різних класів робототехнічних систем завданням машинобудівного виробництва. Особливу увагу приділено роботизованим комплексам для механічної обробки, де встановлено, що такі автоматизовані системи широко використовуються у багатьох промислових напрямках і здатні ефективно виконувати критично важливі операції для виробів найрізноманітнішого призначення. Масштаби успішного застосування промислових роботів простягаються на значну частину сучасних

виробничих галузей. У роботі також проаналізовано використання роботів як ключового елемента автоматизованих виробничих осередків.



Рисунок 1.4 – Застосування промислових роботів в машинобудуванні

На рисунку 1.5 подано приклад роботизованого комплексу, призначеного для виконання фрезерних операцій [4]. До його складу входять два фрезерні верстати типу MA655A3, роботу яких забезпечує промисловий робот M10П.62.01-3. У межах цього комплексу один робот одночасно обслуговує два верстати, що дозволяє скоротити витрати на створення та інтеграцію обладнання.

Для накопичення заготовок та їх наступної подачі застосовано два спеціалізовані механізми поз. 6 і 7. Робот, що входить до складу системи, здатний виконувати горизонтальні й вертикальні переміщення, а також здійснювати обертання маніпулятора та захватного пристрою.

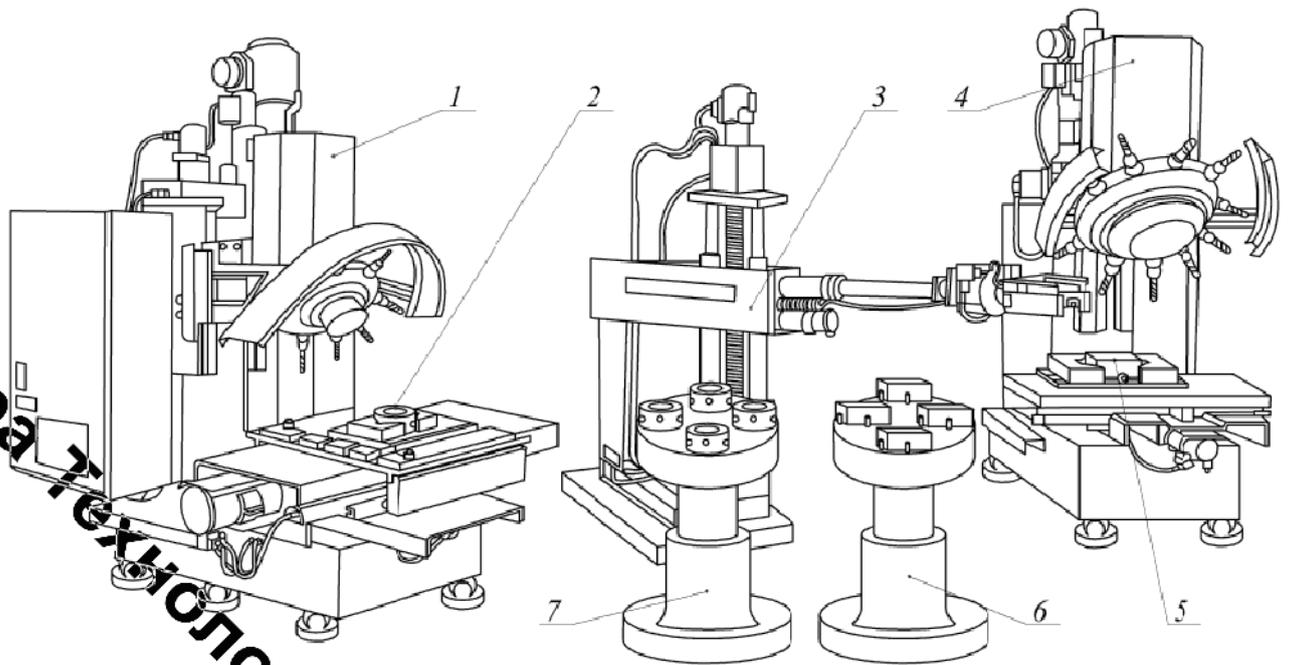


Рисунок 1.5 Автоматизований комплекс для фрезерної обробки

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 верстатним обладнанням з ЧПК.

2. Автоматизовані чи роботизовані частини робочого місця є раціональним рішенням для виконання допоміжних задач виробництва.

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

4. В робочому місці промислові роботи виконують первинні задачі автоматизації, а саме розвантажувальні та завантажувальні допоміжні операції.

2 РОЗРОБКА СХЕМИ АВТОМАТИВАНОВОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ КОРПУС НА ФРЕЗЕРНІЙ ОПЕРАЦІЇ З ЧПК

2.1 Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі та конструктивних особливостей виробу

Вдосконалення елементів виробництва має на мені покращити його показники роботи, зокрема має покращити ефективність роботи.

Одним із головних етапів при цьому є аналіз вихідних даних, поточних параметрів роботи, а також визначення частин виробництва, які мають погіршені показники продуктивності.

Проаналізувавши технологічний процес механічної обробки можна побачити, що операція 005 має меншу кількість переходів ніж 010 та потребує менш точнішого оснащення, оскільки це чорнова операція.

Отже зменшення витрат на допоміжні операції дозволить на даній операції дозволить покращити загальну ефективність виконання операції. Саме тому дана операція обрана для впровадження автоматизації [14-16].

2.2 Принципова схема автоматизованого робочого місця

Для виконання допоміжних операцій використовували роботизоване обладнання досить доцільно.

Розробка компоновки робочого місця є важливим етапом, оскільки принцип розташування його елементів визначає функціональні можливості та характеристики всіх складових, зокрема роботизованої техніки. У нашому випадку оптимальним є таке розташування промислового робота, яке забезпечить його доступ до всіх одиниць основного й допоміжного обладнання. Для цього найкраще підходить «кільцева» компоновка (рис. 2.1).

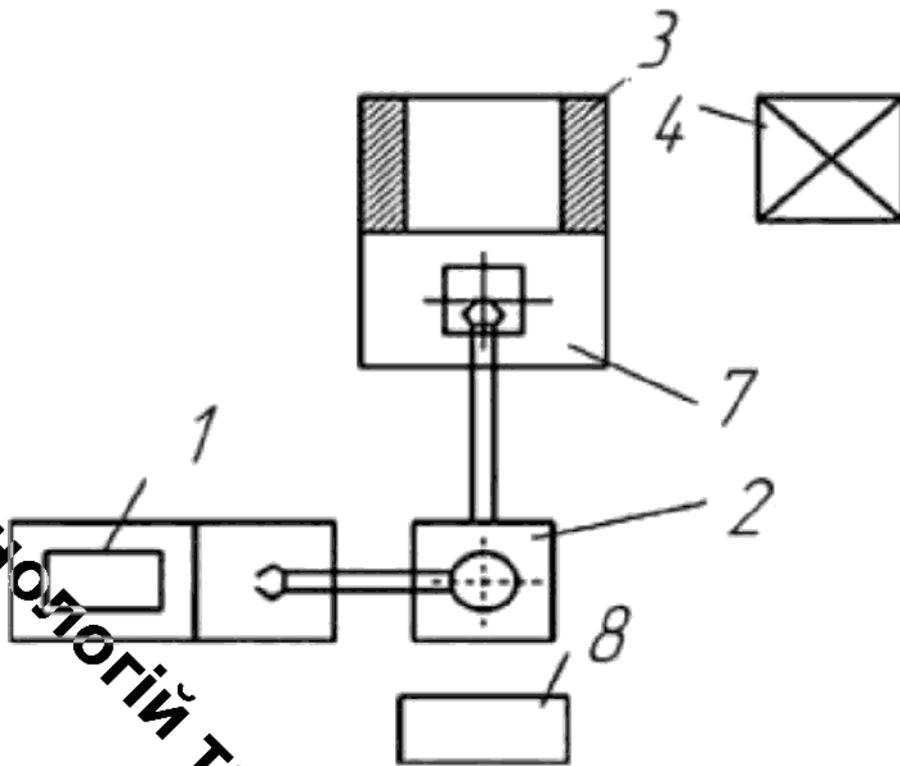


Рисунок 2.1 – Схема автоматизованого робочого місця

1, 2 - обладнання для подачі заготовок, 7 - основне обладнання, 2 – робот,
3, 4 – допоміжне обладнання

2.3 Висновки до розділу

1. Проаналізовано технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Корпус К-25А».

2. За результатами оцінки доцільності впровадження автоматизації вибрано операцію 005, оскільки її автоматизація дозволяє істотно скоротити допоміжні витрати часу.

3 АЛГОРИТМ РОБОТИ АВТОМАТИВАНОВОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ КОРПУС НА ФРЕЗЕРНІЙ ОПЕРАЦІЇ З ЧПК

3.1 Алгоритм роботи автоматизованого робочого місця механічної обробки деталі Корпус на фрезерній операції з ЧПК

Оскільки обробка на робочому місці має здійснюватися в повністю автоматизованому режимі, необхідно розробити покрокову послідовність дій усіх елементів робочого поста, яка забезпечить виконання необхідних переходів і операцій у процесі обробки (табл. 3.1) [11].

Таблиця 3.1 - Алгоритм роботи автоматизованого робочого місця

Вид роботи	Технологічний елемент
Підготовка заготовки до закладки, застосування допоміжного устаткування	Оснащення призначене для попередньої орієнтації заготовок, при цьому його установку може здійснювати працівник для роботи протягом однієї або декількох змін.
Затиск заготовки маніпулятором або його захватним пристроєм	Промисловий робот
Установка заготовки на верстат чи відповідне оснащення	Промисловий робот Розроблене верстатне оснащення (автоматичне)
Безпосередня обробка заготовки на верстаті	Верстат, розроблене верстатне оснащення (автоматичне)
Зняття заготовки після обробки на верстаті	Промисловий робот Верстатне оснащення (автоматичне)

Продовження таблиці 3.1

Вид роботи	Технологічний елемент
Зміна елементів автоматизованого місця для підготовки виконання наступної заготовки	Тактовий стіл

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 «Корпус К-25А».

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВИРОБНИЦТВА

4.1 Вибір основного обладнання

Основним елементом автоматизованого робочого місця є саме технологічне обладнання, в даному випадку верстат з ЧПК, оскільки його робота забезпечує виконання основного завдання виробництва - виготовлення продукції [14-17].

Обладнання для робочого місця повинно бути автоматизованим на повний цикл роботи без втручання людини, воно має мати автоматизований цикл роботи, затиск виробу, а також пристрої для автоматичної зміни інструменту тощо. Проте на виробництві це не завжди можливо, оскільки верстати автомати є не досить поширеними.

Для деталі "Корпус К-25А" верстат моделі ГФ2171Ф3 повністю відповідає заданим вимогам.

Верстати моделі ГФ2171Ф3 призначені для багатоопераційної обробки деталей складної форми з сталі, чавуни, кольорових і легких металів, а також інших матеріалів. Крім фрезерування, на цих верстатах можна виконувати точне свердління, розточування, зенкерування та розвертання отворів.

Розміри робочої поверхні столу, мм 400x1600.

Переміщення стола, мм :

поздовжнє (вісь X) 1010;

поперечне (вісь Y) 400;

вертикальне (установе) 250.

Швидкість швидкого переміщення вузлів по координатним осях, мм / хв:

X – 9000; Y – 9000; Z – 7000.

Переміщення повзуна (вісь Z), мм 260.

Подача по всіх координатних осях, мм / хв 3-6000.

Кількість інструментів в магазині - 12.

Найбільший діаметр інструмента, мм 125.

Час зміни інструменту, - 20 с.

Частота обертання шпинделя , хв -1 50-2500.

Потужність приводу головного руху , кВт 11.

4.1.2 Розробка алгоритму виконання операцій

В 2 розділі розроблено загальний алгоритм роботи автоматизованого робочого місця, розглянемо детальніше послідовність дій, яку необхідно виконати для технологічної обробки виробу на вказаній операції (рис. 4.1).

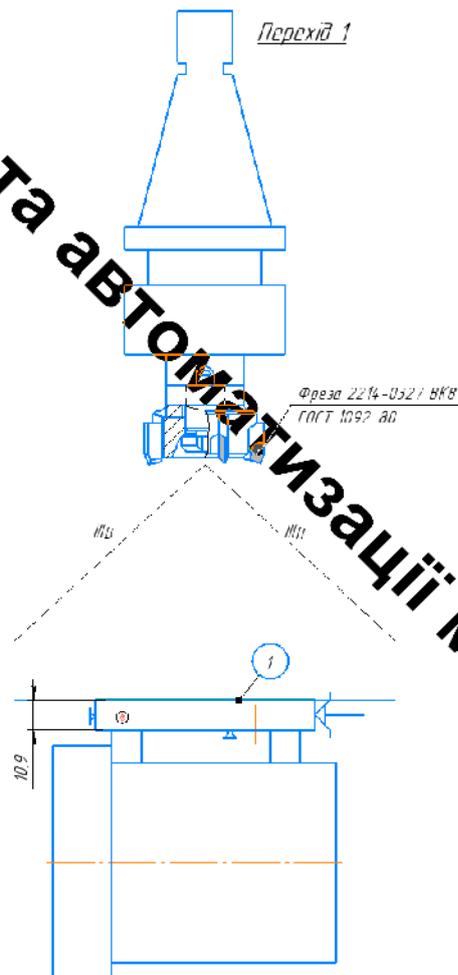


Рисунок 4.1 –Послідовність виконання переходів на операції

Координати технологічних та допоміжних рухів наведено в таблиці 4.1

Таблиця 4.1– Координати опорних точок

Перехід	Номер опорної точки	Координата опорної точки		
		X	Y	Z
1	1	+0	+0	+90
	2	+101	-33	+30
	3	+101	-33	+10,9
	4	-101	-33	+10,9
	5	-101	0	+10,9
	6	+101	0	+10,9

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

4.2 Розробка комплектування верстатного пристосування

Основне обладнання (верстат з ЧПК) є напівавтоматичним, тому виникає потреба в застосуванні додаткового оснащення для покращення рівня автоматизації. Оснащення - це автоматизоване верстатне оснащення, яке застосовується для організації процесу установки, затиску та розтискання заготовки в автоматизованому режимі

Орієнтується пристосування на робочому столі верстату в т-подібні пази (рис. 4.2).

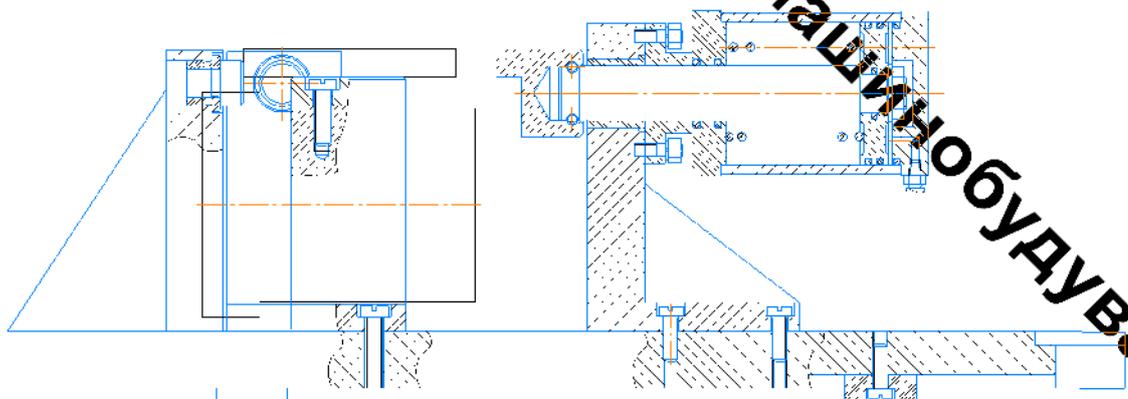


Рисунок 4.2– Схема оснащення

Затискний пристрій має мати автоматизований привід з можливістю керуватися дистанційно, це дозволить організувати загальну систему керування.

Під дією крутного моменту різання який створюється при фрезеруванні деталь може виконати поворот навколо осі. момент тертя M_{mp} , що створюється осьовим зусиллям і силою закріплення Q повинен запобігти цьому.

Схема дії сил різання буде наступна – рис 4.4.

Складаємо рівняння рівноваги дії сил.

$$P_z l_1 = Q_z l_2 + 2F_{mp2} l_3 + F_{mp1} R_1 \quad (4.1)$$

Звідси, сила закріплення складає:

$$Q_z = \frac{P_z l_1 - 2F_{mp2} l_3 - F_{mp1} R_1}{l_2}; [H] \quad (4.2)$$

Тангенційна складова сили різання при фрезеруванні визначається за формулою:

$$P_z = \frac{C_p^{q_p} x_p^{y_p} B^{u_p} Z}{D^{v_p} n^{w_p}} K_p, [H] \quad (4.3)$$

де C_p, q_p, x_p, y_p – коефіцієнти і показники степеня для розрахунку тангенційної сили при фрезеруванні. Вони рівні [17-18]:

$$C_p = 54,6; q_p = 1,0; x_p = 0,89; y_p = 0,74; u_p = 1,0; v_p = 0.$$

$$n = 630 \text{ об/хв.}$$

З урахуванням цього тангенційна сила:

$$P_z = \frac{54,6 \cdot 1,2^{0,89} \cdot 0,5^{0,74} \cdot 27^{1,6}}{40^{1,0} \cdot 630^0} \cdot 1,06 = 140 \text{ (H)}.$$

Отже, сила, що намагається вирвати заготовку із пристосування, складає 650Н.

$F_{ip1} = P_y f_1$ та $F_{ip2} = P_y f_2$ сили тертя між упором і деталлю, і між деталлю, і опорами відповідно.

$f = f_1 = f_2 = 0,2$ – коефіцієнт тертя.

$R = 74$ мм – відстань від вісі деталі до нульової точки;

$P_y : P_z = 0,25$;

$l_1 = 90$ мм – відстань від нульової точки до точки прикладання сили.

$l_2 = 40$ мм – відстань від нульової точки до точки прикладання сили.

$l_3 = 37$ мм – відстань від нульової точки до точки прикладання сили тертя.

Знаючи значення тангенціальної сили різання, знайдемо силу закріплення Q :

$$Q = \frac{140 \cdot 0,09 - 2 \cdot 65 \cdot 0,2 \cdot 0,037 - 65 \cdot 0,2 \cdot 0,074}{0,04} = 170 (H);$$

де K - коефіцієнт запасу

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

де: K_0 - гарантований коефіцієнт запасу, $K_0 = 1,3$;

K_1 - враховує нерівномірність припуску, $K_1 = 1,2$;

K_2 – коеф., що враховує зростання сили при затупленні інструменту, $K_2 = 1,4$;

K_3 - коеф., що враховує наявність переривчатого різання, $K_3 = 1$;

K_4 - коеф., що враховує умови стабільності сил закріплення для пневмоциліндра, $K_4 = 1,1$;

K_5 - коеф., що враховує зручність розташування рукояток керування, $K_5 = 1,0$;

K_6 - коеф., що враховує особливості розташування опор, їх форми та діючих сил,

$$K_6 = 1,0$$

Отже

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

Приймаємо 2,5, оскільки це мінімально можливе.

$$P_{закр} = 2,5 \cdot 170 = 425 \text{ (Н)}.$$

4.2.2 Вибір силового приводу і розрахунок його параметрів

В якості приводу обрано пневматичну систему. Її переваги полягають у високій швидкодії (0,5...1,2 с), стабільності зусилля затискання та можливості його регулювання, простоті конструкції та експлуатації, а також у незалежності працездатності від коливань температури навколишнього середовища. Оптимальна швидкість руху виконавчого механізму при використанні пневмоприводу становить 0,1...2 м/с; при нижчих швидкостях можливі вібрації та нерівномірність ходу. З економічної точки зору його застосування є доцільним.

Серед недоліків можна виділити низький коефіцієнт корисної дії, більші габарити порівняно з гідроприводом та нерівномірність руху робочих органів. Проте ці недоліки не впливають істотно на точність обробки заданої поверхні деталі.

З'ясуємо основні параметри конструкції приводу

1) діаметр циліндру:

$$D = 113 \sqrt{\frac{N}{P \cdot \eta}} = 1.13 \sqrt{\frac{425}{0.4 \cdot 0.9}} = 38.8 \text{ (мм)}$$

Для можливості переналадження пристосування на обробку більших поверхонь чи використання більш навантажених режимів обробки, приймаємо 50 мм

2) площа поршня:

$$F_1 = 0.01 \cdot 0.785 \cdot 50^2 \cong 19.62 \text{ (см}^2\text{)};$$

3) площа штокової порожнини:

$$F_2 = 0.01 \cdot 0.785(D_H^2 - d^2) = 0.01 \cdot 0.785(50^2 - 20^2) \cong 19.5(\text{см}^2);$$

4) для забезпечення безударної та плавної роботи пневмоциліндру слід призначити робочу швидкість переміщення поршня V в межах $0.2 \dots 1$ м/с.

Приймаємо $V = 0.8$ м/с;

4.2.3 Розрахунок пристосування на точність

Розроблене оснащення має забезпечувати точність розмірів, які викинуться при установці на оснащення. Вданому випадку для розрахунків беремо розмір $3 \pm 0,35$. 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.

$$\varepsilon_{np} \leq T - K_T \sqrt{(K_{T_1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_{nn}^2 + (K_{T_2} \cdot \omega)^2}, \text{ [мкм]} \quad (4.5)$$

де ε_{δ} – похибка

T – допуск розміру, що виконується; для розміру 48 він складає 0,7 мм.

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

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

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

приймаємо $K_{12} = 0,6$ ($K_{12} = 0.6 \dots 0.8$);

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;

$\varepsilon_{и.и.}$ – 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 Π_1 в залежності від матеріалу заготовки і матеріалу опорних елементів (1) $\Pi_1 = 1,01$.

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 3 дорівнює 0,36 мм.

4.2.3.3. Похибка закріплення

Величина ε_z відносно невелика. Відповідно до рекомендацій, прийmemo $\varepsilon_z = 10$ мкм;

4.2.3.4. Похибка установки пристосування на верстат

При правильному виборі зазорів між спряженими елементами і рівномірному зтягуванню кріпильних деталей величину ε_c можна зменшити до 10...20 мкм

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

4.2.3.5. Похибка зношення

$\varepsilon_{и}$ – похибка, що спричиняється зносом опор пристосування.

$$\varepsilon_{\text{эл}} = \frac{N}{C_{\phi}}, [\text{МКМ}] \quad (4.6)$$

де N – програма випуску деталей;

C_{ϕ} – фактична зносостійкість.

Визначаємо зносостійкість $c = m - m_1 n_1 - m_2 n_2$,

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

$m = 1818, m_1 = 1014, m_2 = 1309$ [16-17]:

Π_1 – критерій зносостійкості, залежить від матеріалу заготовки і опор;

Π_2 – критерій зносостійкості враховує навантаження на опори.

$$\Pi_2 = \frac{Q}{F \cdot H_v \cdot 10}, [\text{ММ}] \quad (4.7)$$

де Q – сила закріплення;

F – площа контакту опори і заготовки;

H_v – твердість опори по Вікерсу;

$\Pi_1 = 1.01$ [16-17]

$$\Pi_2 = \frac{170}{515 \cdot 600 \cdot 10} = 0.00005 \text{ (ММ)}. \quad (4.8)$$

$$C_{\phi} = \frac{C}{K},$$

де: K – коефіцієнт уточнення;

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

де K_t – враховує час безпосередньо контакту опори і заготовки,

$$K_t = 0,79 \cdot t_M = 0,79 \cdot 5,5 = 4,3.$$

$$C = 1818 - 1014 \cdot 1.01 - 1309 \cdot 0.00005 = 793.8 \text{ (встановлень/МКМ)};$$

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

K_Y – враховує умови установки заготовки в пристосуванні, $K_Y = 1,13$;

Отже, $K = 4,3 \cdot 1,13 \cdot 1,0 = 4,9$.

Тоді:

$$C_{\phi} = \frac{793,8}{4,9} = 165 \text{ (станок / мкм)}$$

$$\text{При } N = 6000 \text{ шт, } \varepsilon_{zn} = \frac{6000}{165} = 36,4 \text{ (мкм)}.$$

Величина допустимого зносу:

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

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:

$$[\varepsilon_{zn}] = 1,2 \sqrt{6000} = 93 \text{ (мкм)}.$$

Таким чином $\varepsilon_{zn} = 36,4 \text{ мкм} < [\varepsilon_{zn}] = 93 \text{ мкм}$.

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

4.2.3.6 Похибка інструменту

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

Підставляємо отримані значення параметрів у вихідну формулу (4.2):

$$\varepsilon_{np} = 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0,36)^2 + 10_{\square}^2 + 10_{\square}^2 + 36_{\square}^2 + 0_u^2 + (0,6 \cdot 0,132)^2} = 46,4 \text{ (мкм)}.$$

Отже умова $\varepsilon_{\Sigma} < T_{дет} - 46.4 < 0.5$ виконується.

4.2.5 Опис роботи спроектованого пристосування

Пристосування встановлюється на стіл верстата. Орієнтується за допомогою цупоник, які кріпляться до основи 2 гвинтами. Основа кріпиться на столі верстата по Φ – подібним пазам.

На опорні пластини встановлюється деталь і орієнтується по боковій поверхні за допомогою опори.

4.3 Вибір промислового робота (ПР) для АРМ

Для вибору промислового робота, що працює у складі АРМ, сформулюємо основні вимоги до нього:

- наявність відповідної вантажопідйомності;
- наявність робочої зони, яка може бути застосована до усіх компонентів робочого місця;
- можливість оснащення відповідним захватним пристроєм.

Виходячи з вище сказаного вибираємо ПР моделі « M20П.40.01 » (рис. 4.5) , який забезпечує необхідну вантажопідйомність , робоча зона достатня для завантаження , розвантаження деталі на верстат.

Номінальна вантажопідйомність,	20 кг
Число ступенів рухливості	5
Найбільші лінійні переміщення, мм:	
по вертикальній осі	300
по горизонтальній осі	500
Найбільше кутове переміщення, град:	
руки щодо вертикальної осі	300
кисті щодо поздовжньої осі	90; +180
привід	електропневматичний

Похибка позиціонування,	1,0мм
Діапазон швидкості лінійних переміщень, м / с:	
по вертикальній осі	0,005 ... 0,5
по горизонтальній осі	0,008 ... 1,0
Об'єм пам'яті системи (команд)	300
Маса,	570 кг

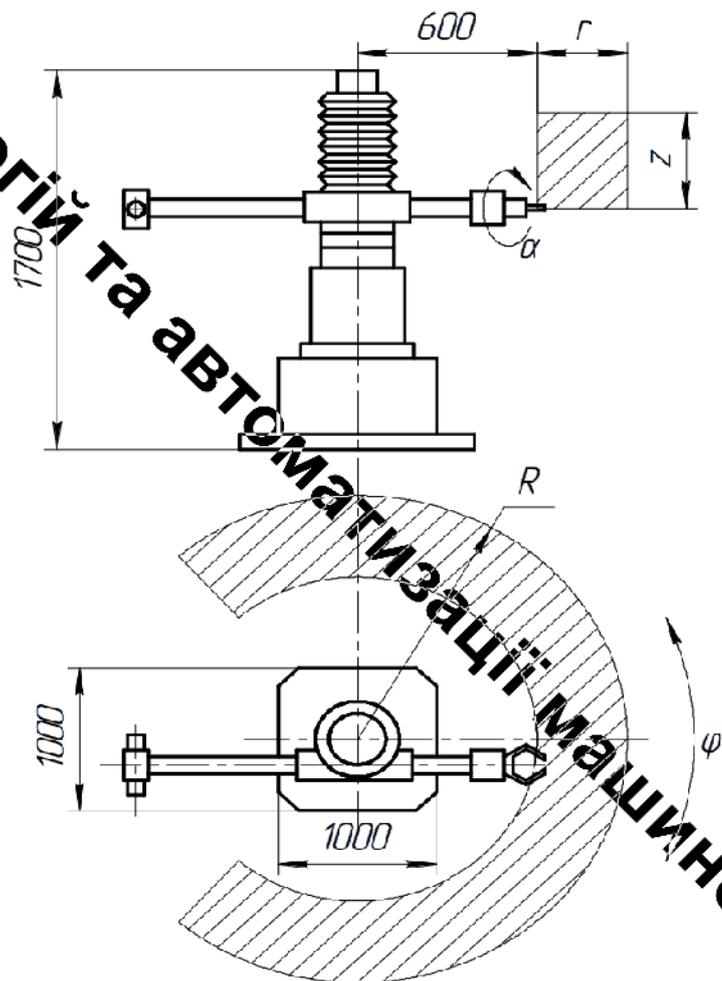


Рисунок 4.5 – Схема ПР

Багатоцільові роботи типу «М20П.40.01» застосовуються для автоматизації вантажно-розвантажувальних робіт, обслуговування різного технологічного устаткування, міжопераційного транспортування об'єктів обробки та виконання інших допоміжних операцій.

Виконавчим механізмом ПР є маніпулятор, який забезпечує установку в межах робочої зони механізму-схвата. Маніпулятор має чотири ступені рухливості руки I в сферичній системі координат:

- поворот руки щодо вертикальної осі, щоб забезпечити переміщення заготовки від накопичувача до верстата;
- висунення руки відносно горизонтальної осі, щоб переміщати заготовку безпосередньо до шпинделя верстата;
- підняття руки вздовж вертикальної осі, щоб компенсувати можливу різницю висот розташування заготовок в накопичувачі і шпинделя верстата;
- повороту кисті маніпулятора навколо горизонтальної осі, для перевертання заготовки.

Дві ступеня рухливості робочого органу 7 створюють механізми 6 обертання кисті руки щодо її поздовжньої осі III-III і поперечної осі IV-IV.

4.4 Проектування (вибір) захватного пристрою

Оскільки заготовка позиціонується на верстатному пристосуванні за допомогою нижньої площини, то в якості поверхонь для затикання використовуємо бокові плоскі поверхні (рис. 4.6) [22-25].

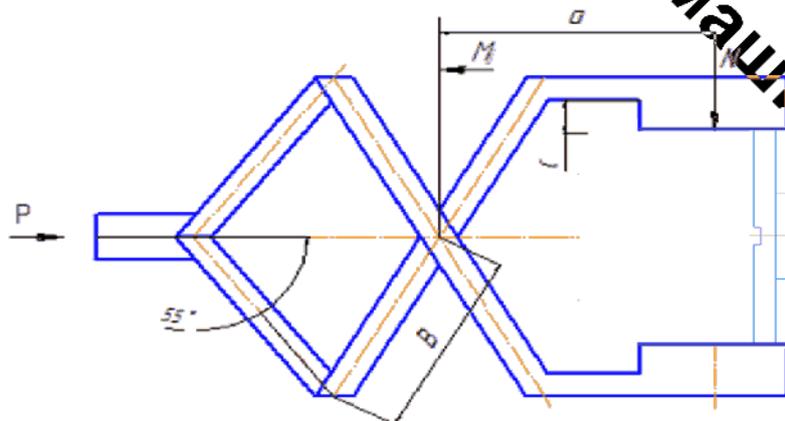


Рисунок 4.6- Схема закріплення заготовки

4.4.1 Розрахунок зусиль затиску захватного органу промислового робота

Зусилля захвату N визначають з припущення, що утримування об'єкта маніпулювання відбувається за рахунок сил тертя, створених цим зусиллям. Ця величина може бути визначена за формулою:

$$N = m \cdot (g + a) \cdot K_1 \cdot K_2 = 3,1 \cdot (9,81 + 9,81) \cdot 1,42 \cdot 1,6 = 139 \text{ (Н)}$$

де:

$m = 3,1$ - маса об'єкта маніпулювання, кг;

g - прискорення вільного падіння (9,81 м/с²);

$a = 9,81$ - максимальне прискорення центру мас об'єкту маніпулювання, м/с²;

$K_1 = 1,42$ - коефіцієнт, що залежить від положення об'єкта маніпулювання по відношенню до губок захватного пристрою та напрямку дії сили тяжіння і коефіцієнта;

$K_2 = 1,6$ - коефіцієнт запасу.

$$K_1 = \frac{1}{2\mu} = \frac{1}{2 \cdot 0,35} = 1,42$$

де:

$\mu = 0,35$ - коефіцієнт тертя губки захватного пристрою (для загартованих губок у вигляді гребінки з гострою насічкою, виготовлених із сталей марок 65Г, 60С2, У8А, У10А при твердості HRC > 55 вибирають $\mu = 0,3 \dots 0,35$).

Зусилля приводу захватного пристрою

Визначається з умови рівності елементарних робіт, які здійснюються приводом і губками захватного пристрою:

$$P = N \cdot i_s = 139 \cdot 3,2 = 445 \text{ (Н)}$$

де : $i_3 = 3,2$ - передаточне відношення захватного пристрою, яке визначається виходячи із кінематичного аналізу захватного пристрою.

Діаметр поршня приводу захватного пристрою

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F + F_T + F_{ПП}}{\pi \cdot p_0}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (445 + 5 + 5)}{\pi \cdot 0,4 \cdot 10^6}} = 38 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Де

D - діаметр поршня; $P = 445$ - зусилля приводу захватного пристрою, Н;

p - тиск енергоносія: для пневмопривода 0,4 МПа;

$\eta_n \eta_m$ - к.к.д. приводу і механізму захватного пристрою:

$\eta_n = 0,85 \dots 0,95$, приймаємо 0,87; $\eta_m = 0,9 \dots 0,95$, приймаємо 0,92.

Приймаємо найближчий стандартний діаметр поршня $D = 40$ мм.

4.5 Аналіз точності позиціонування деталі

Розглянемо похибки, виникаючі при автоматичній установці заготовки на верстат (рисунок 4.7):

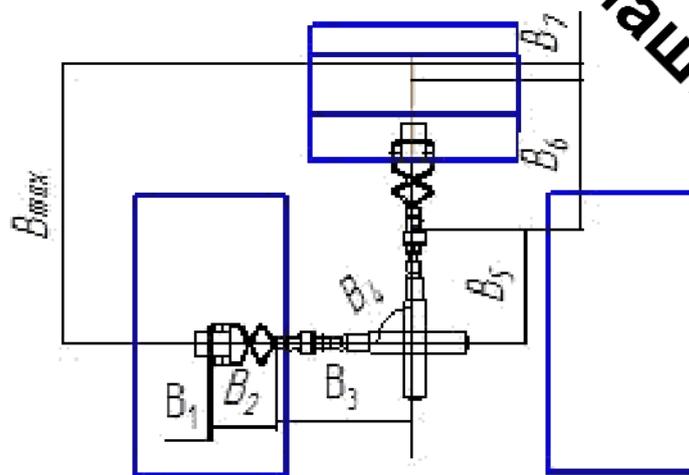


Рисунок 4.7 – Схема розмірних зв'язків

V_1 – відхилення спричинене положенням заготовки на подаючому пристрою;

V_2 – відхилення зміщення заготовки в захватному пристосуванні;

V_{3-5} – похибки роботи робота;

V_6 – відхилення відстані між верстатом і роботом;

V_7 – відхилення відстані від осі затискного пристрою верстата до основної бази верстата.

$V_{\max} = 10$ - найбільше відхилення всієї траєкторії руху заготовки, мм.

Установлення заготовки на верстат можливе, якщо V_{Δ} не перевищує значення V_{\max} .

$$V_1 = \pm 0,2 \text{ мм};$$

$$V_2 = \pm 0,2 \text{ мм};$$

$$V_3 = \pm 0,1 \text{ мм};$$

$$V_4 = \pm 0,1 \text{ мм};$$

$$V_5 = \pm 0,3 \text{ мм};$$

$$V_6 = 1750 \pm 3,7 \text{ мм};$$

$$V_7 = 8 \pm 0,36 \text{ мм};$$

$$T_{\Delta} = 0,2 + 0,2 + 0,1 + 0,1 + 0,3 + 3,7 + 0,36 = 4,96 \text{ (мм)};$$

$$T_{\Delta} = 4,96 \text{ мм.}$$

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

4.6 Побудова та розрахунок траєкторії руху елементів ПР

Порядок дій робота наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2– Елементи траєкторії переміщення захватного пристрою

Елемент траєкторії	Коментар	Величина переміщення, мм (°)
z0 1	Переміщення руки робота маніпулятора вгору	300
r1 2	Переміщення руки робота маніпулятора вперед	500
z2 3	Переміщення руки робота маніпулятора вниз	30
	Затискання заготовки ЗП маніпулятора	-
z3 4	Переміщення руки робота маніпулятора вгору	300
r4 5	Переміщення руки робота маніпулятора назад	500
ϕ 5 6	Поворот руки робота маніпулятора за год. стрілкою	90°
r6 7	Переміщення руки робота маніпулятора вперед	600
z7 8	Переміщення руки робота маніпулятора вниз	30
	Розтискання ЗП маніпулятора	
Z8 9	Переміщення руки робота маніпулятора вгору	300
r 9 10	Переміщення руки робота маніпулятора назад	500
	Вистій руки робота маніпулятора	-
r10 11	Переміщення руки робота маніпулятора вперед	500
z11 12	Переміщення руки робота маніпулятора вниз	300
	Затиск заготовки ЗП маніпулятора	
z12 13	Переміщення руки робота маніпулятора вгору	300
r13 14	Переміщення руки робота маніпулятора назад	500
ϕ 14 15	Поворот руки робота маніпулятора за год. стрілкою	90°
r1516	Переміщення руки робота маніпулятора вперед	500
z16 17	Переміщення руки робота маніпулятора вниз	300
	Розтискання ЗП маніпулятора	

Продовження таблиці 4.2

z1718	Переміщення маніпулятора	руки вгору	робота	300
r 18 19	Переміщення маніпулятора	руки назад	робота	500
z19 20	Переміщення маніпулятора	руки вниз	робота	300
φ20 21	Поворот	руки протигод. стрілки	робота маніпулятора	180°

Представимо на рисунку 4.8 фрагменти траєкторії переміщення ПР.

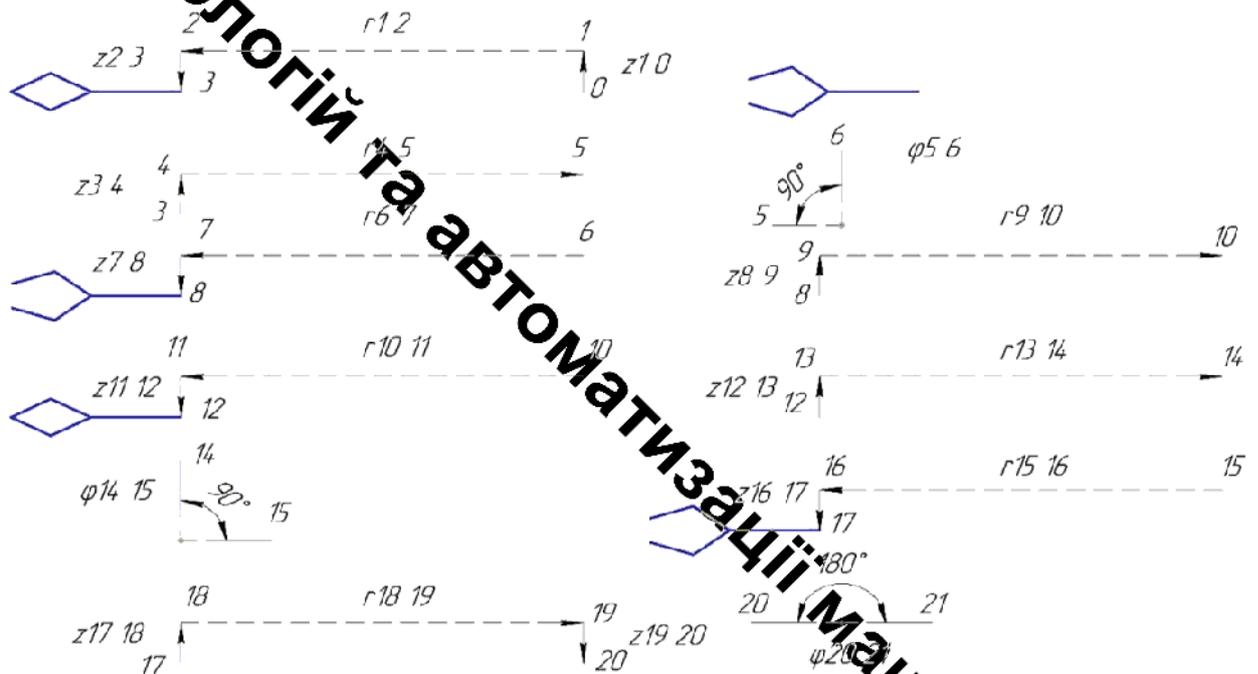


Рисунок 4.8 - Фрагменти траєкторії переміщення ПР

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 [7] (рис. 4.9, 4.10).

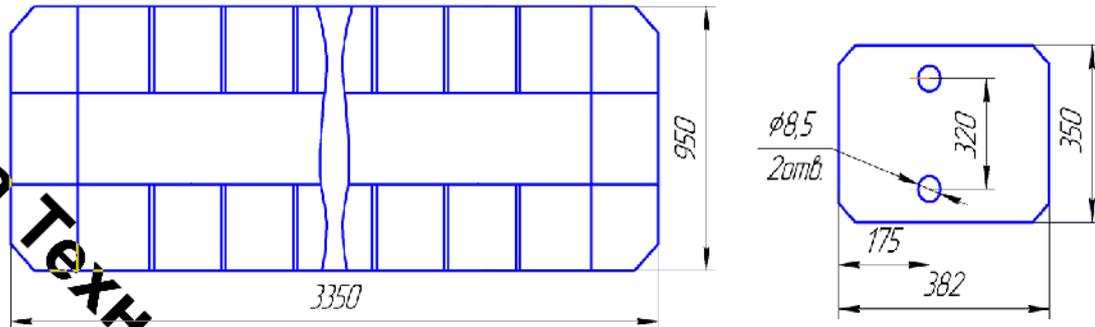


Рисунок 4.9 - Схема тактового столу СТ 350

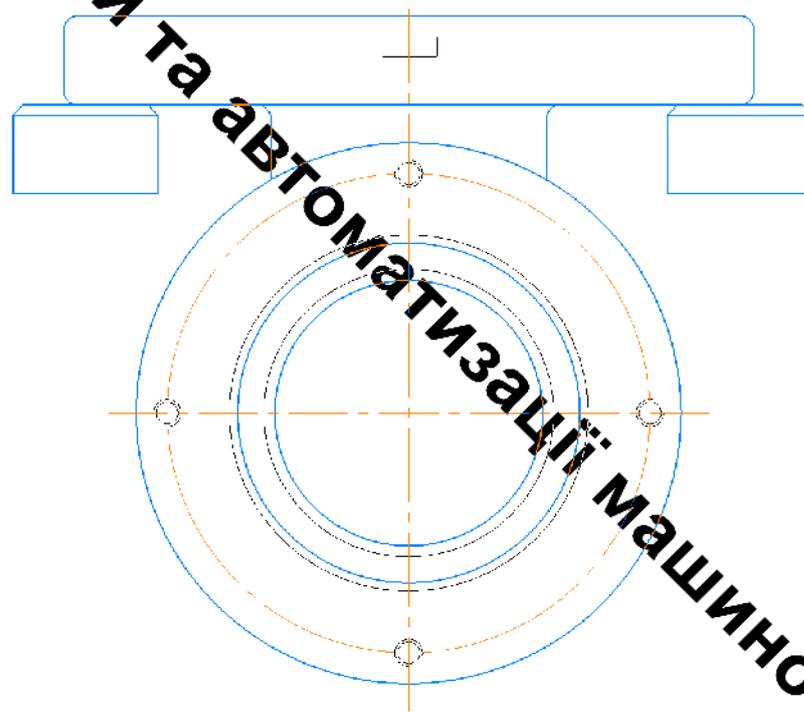


Рисунок 4.10 - Схема установки заготовки на тактовому столі

4.8 Аналіз можливих варіантів компоновок АРМ

Розглянемо найбільш часто використовувані компоувальні схеми: лінійного типу, кільцевого типу, порталного типу [7, 25, 26].

При використанні лінійної компоновки устаткування розташовується в один ряд. Технологічний комплекс оснащується як порталними так і напільними роботами.

При використанні порталної компоновки устаткування займає менші площі проте більш часто використовується для обслуговування декількох одиниць обладнання.

При використанні кільцевої компоновки устаткування розташовується безпосередньо навколо робота. Це забезпечує зручність обслуговуванню, завантаження і розвантаження устаткування. Для робочого місця приймаємо кільцеву схему компоновки - 4.11.

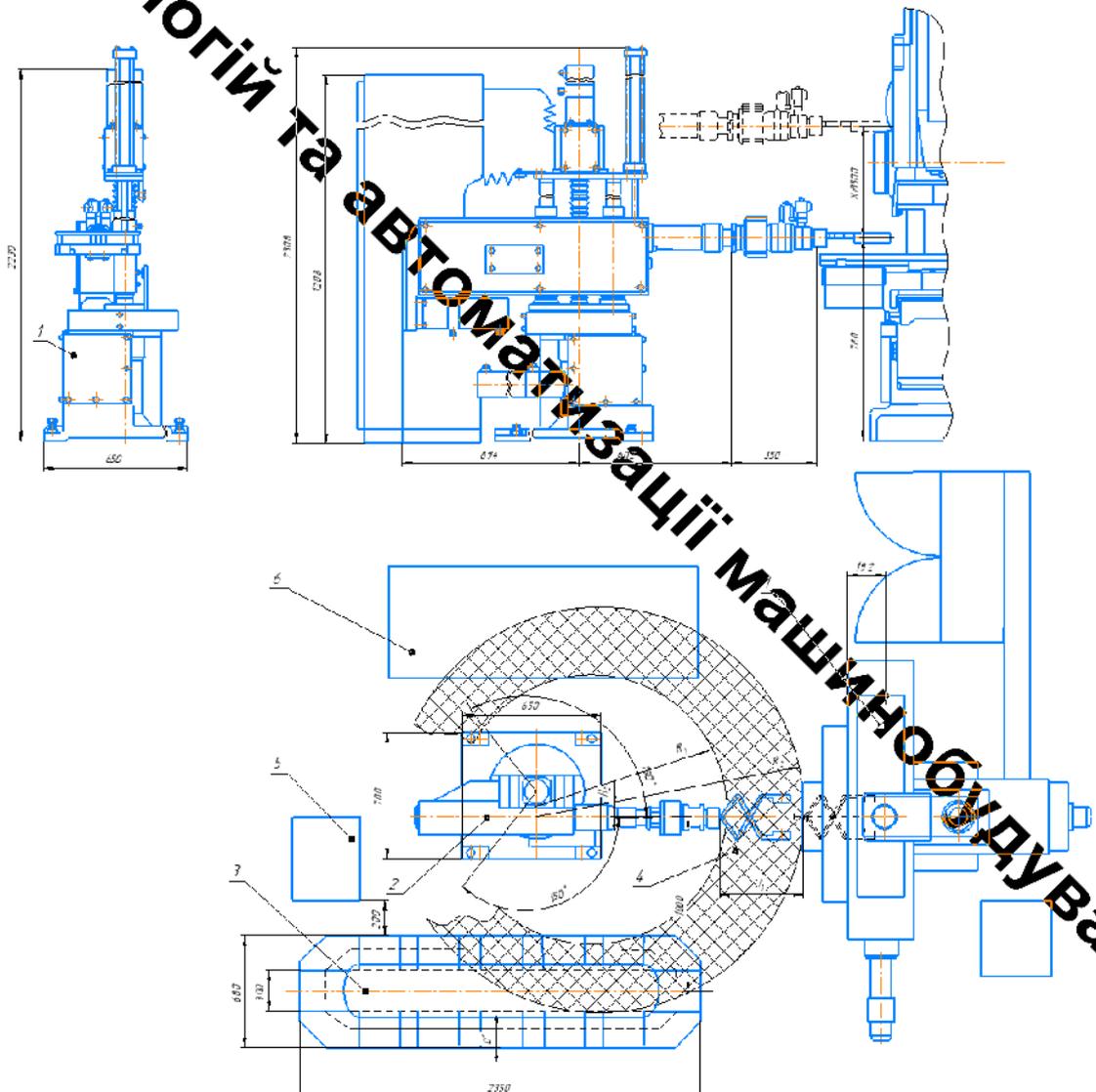


Рисунок 4.11 - Компонувальна схема кільцевого типу

4.9 Розрахунок швидкостей переміщення заготовки

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

$$V_x = \frac{2 \cdot L_x \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, [\text{м/с}] \quad (4.11)$$

де L_x - виліт руки ПР;

Δl - похибка позиціонування;

M - маса об'єкту маніпулювання (маса заготовки, деталі). Розрахунки виконуємо по найбільшій масі $m_{\text{заг.}} = 3,1$ кг.

$$V_x = \frac{4 \cdot 0,5 \cdot \sqrt[4]{1}}{\sqrt[3]{3,1}} = 1,4 (\text{м/с}).$$

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

$$V_z = \frac{\alpha_z \cdot \sqrt{L_z} \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, [\text{м/с}] \quad (4.12)$$

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

L_z - довжина шляху при вертикальному переміщенні, м;

M - маса об'єкту маніпулювання;

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

Кутова швидкість при повороті руки ПР щодо вертикальної осі:

$$\omega = \frac{0,5\sqrt{\varphi} \cdot \sqrt[4]{\delta}}{\sqrt[3]{(2L_x)^4}}, \text{ [рад/с]} \quad (4.13)$$

де δ – похибка кутового позиціонування, с;

φ – кут повороту руки, рад.;

$$\delta = \frac{\Delta l}{L_x} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot 3600 = \frac{0,001}{1} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot 3600 = 207 \text{ (с)}.$$

$$\omega = \frac{0,5\sqrt{1,57} \cdot \sqrt[4]{200}}{\sqrt[3]{(2 \cdot 0,5)^4}} = 2,4 \text{ (рад/с)}.$$

Оскільки розрахована швидкість руху по усіх осях більша можливої по характеристикам ПР, або ж рівна їй, тому для подальших розрахунків приймаємо значення паспортних даних ПР, відповідно: 1,0м/с, 0,5м/с та 90°/с.

4.10 Розробка циклограми функціонування АРМ

Циклограма роботи автоматизованого робочого місця відображає у вибраній послідовності всі дії основного та допоміжного обладнання, а також промислового робота, необхідні для обробки заготовки.

Час виконання кожного руху маніпулятора можна визначити за допомогою відповідних розрахункових формул:

$$t_i = \frac{\varphi_i}{\omega_i}; \text{ [с]} \quad (4.14)$$

$$t_l = \frac{l_l}{V_l}; \text{ [с]} \quad (4.15)$$

де φ_i - кути поворотів механізмів;

l_l - лінійні переміщення механізмів;

$\omega_i V_i$ - швидкості кутового і лінійного переміщення механізмів по відповідній координаті.

Врахувавши визначення 4.12-4.14 проведемо дослідження впливу параметрів маніпулятора робота на його швидкість та інші характеристики.

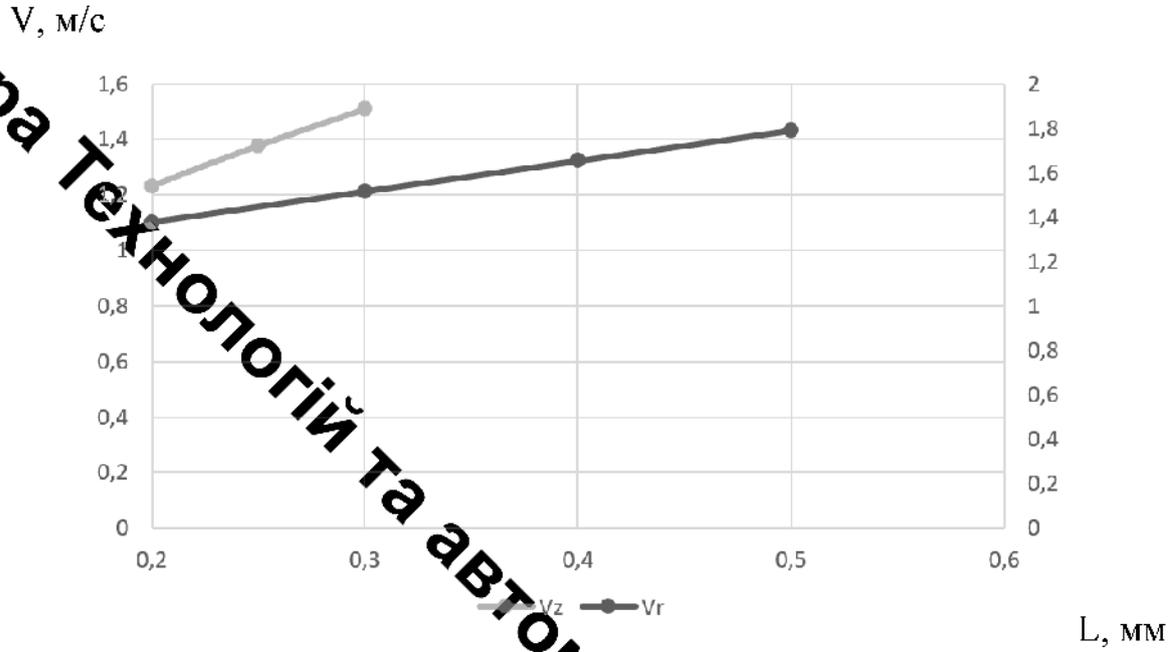


Рисунок 4.12 – Залежність швидкості переміщення по осям переміщення R та Z від максимального вильоту руки маніпулятора

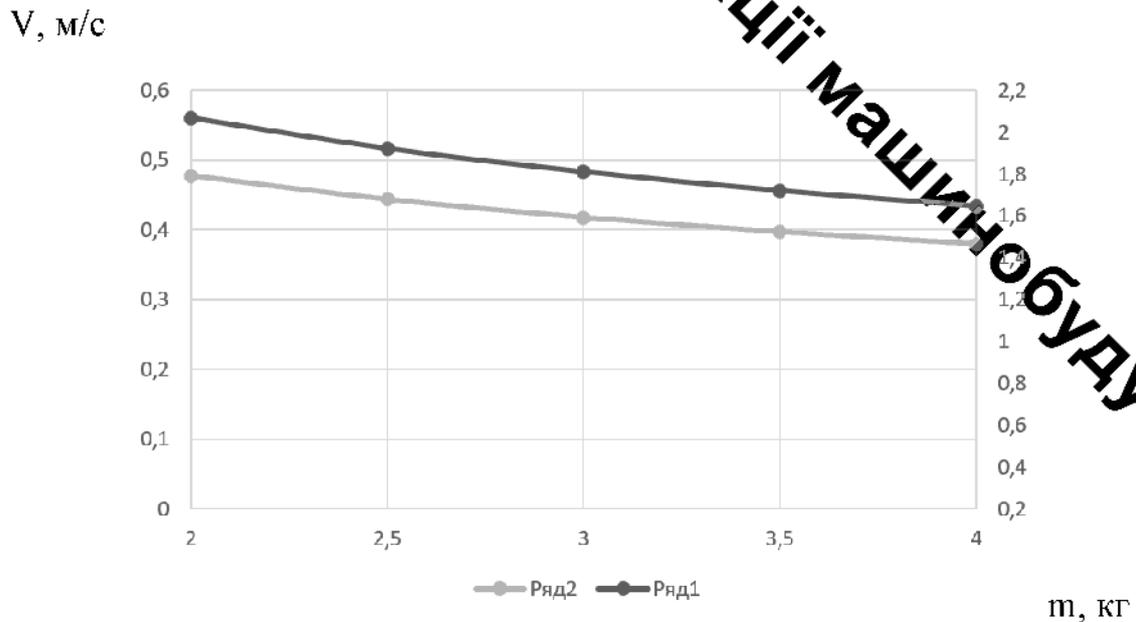


Рисунок 4.13 – Залежність швидкості переміщення по осям переміщення R та Z від маси об'єкта маніпулювання

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

t, м/с

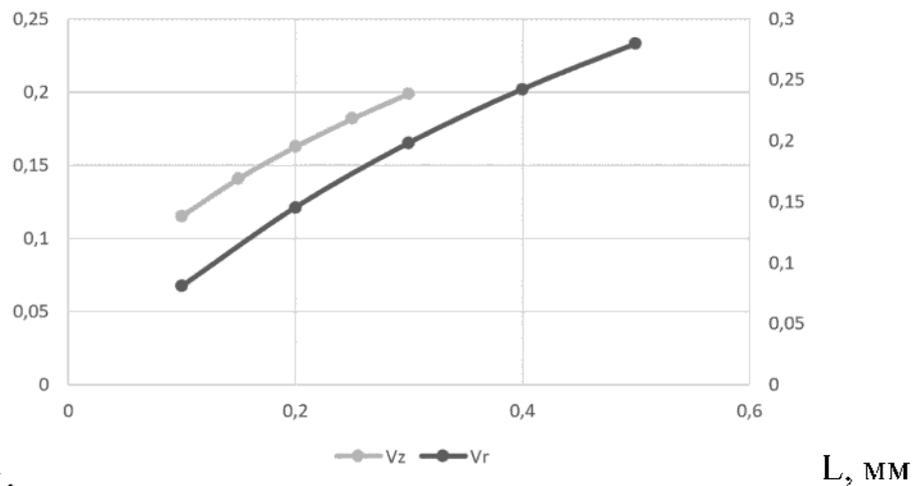


Рисунок 4.14 – Залежність часу переміщення по осям переміщення R та Z від максимального вильоту маніпулятора

а підставі аналізу графіків, наведених на рис. 4.12–4.14, можна зробити висновок, що збільшення вильоту маніпулятора призводить до зростання лінійних швидкостей, що є позитивним чинником. Водночас це збільшення негативно впливає на часові характеристики виконання операції.

Решта розрахунків вносимо до таблиці 4.3

Таблиця 4.3 – Алгоритм роботи РТК

1	2	3	4	5
	Коментар	Величина переміщення, мм(град)	Швидкість переміщення, м/с, °/с	Час, с
Захоплення заготовки	Переміщення руки робота вгору	300	0,5	0,6
	Переміщення руки робота вперед	500	1	0,5
	Переміщення руки робота вниз	30	0,5	0,1
	Затискання заготовки ЗП ПР	-	-	0,1
	Переміщення руки робота вгору	30	0,5	0,1
	Переміщення руки робота назад	500	1	0,5
Сума				6,9

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5
Встановлення заготовки на верстат	Поворот руки робота за годинниковою стрілкою	90°	90°	0,05
	Переміщення руки робота вперед	500	1	0,5
	Переміщення руки робота вниз	300	0,5	0,1
	Розтискання ЗП ПР	-	-	0,1
	Переміщення руки робота вгору	300	0,5	0,1
	Переміщення руки робота назад	500	1	0,5
Сума				1,35
Верстат	Затискання заготовки на верстатному пристосуванні	-	-	5
	Обробка заготовки	-	-	460
	Розтискання заготовки на верстатному пристосуванні	-	-	5
Сума				470
Зняття заготовки з верстата	Переміщення руки робота вперед	500	1	0,5
	Переміщення руки робота вниз	300	0,5	0,1
	Затискання заготовки ЗП ПР			0,1
	Переміщення руки робота вгору	300	0,5	0,1
	Переміщення руки робота назад	500	1	0,5
	Поворот руки робота за годинниковою стрілкою	90°	90°	0,1
Сума				1,4
Переміщення заготовки до місця складання готових деталей	Переміщення руки робота вперед	500	1	0,5
	Переміщення руки робота вниз	300	0,5	0,1
	Розтискання ЗП ПР	-	-	0,1
	Переміщення руки робота вгору	300	0,5	0,1
	Переміщення руки робота назад	500	1	0,5

	Переміщення руки робота вниз	300	0,5	0,1
Сума				1,4
Поворот на початкову позицію	Поворот руки робота протигод. стрілки	180°	90°	3,6
Сума				3,6
Сума				483,25

Циклограма є графічним зображенням послідовності роботи окремих елементів підсистем (рис. 4.15).

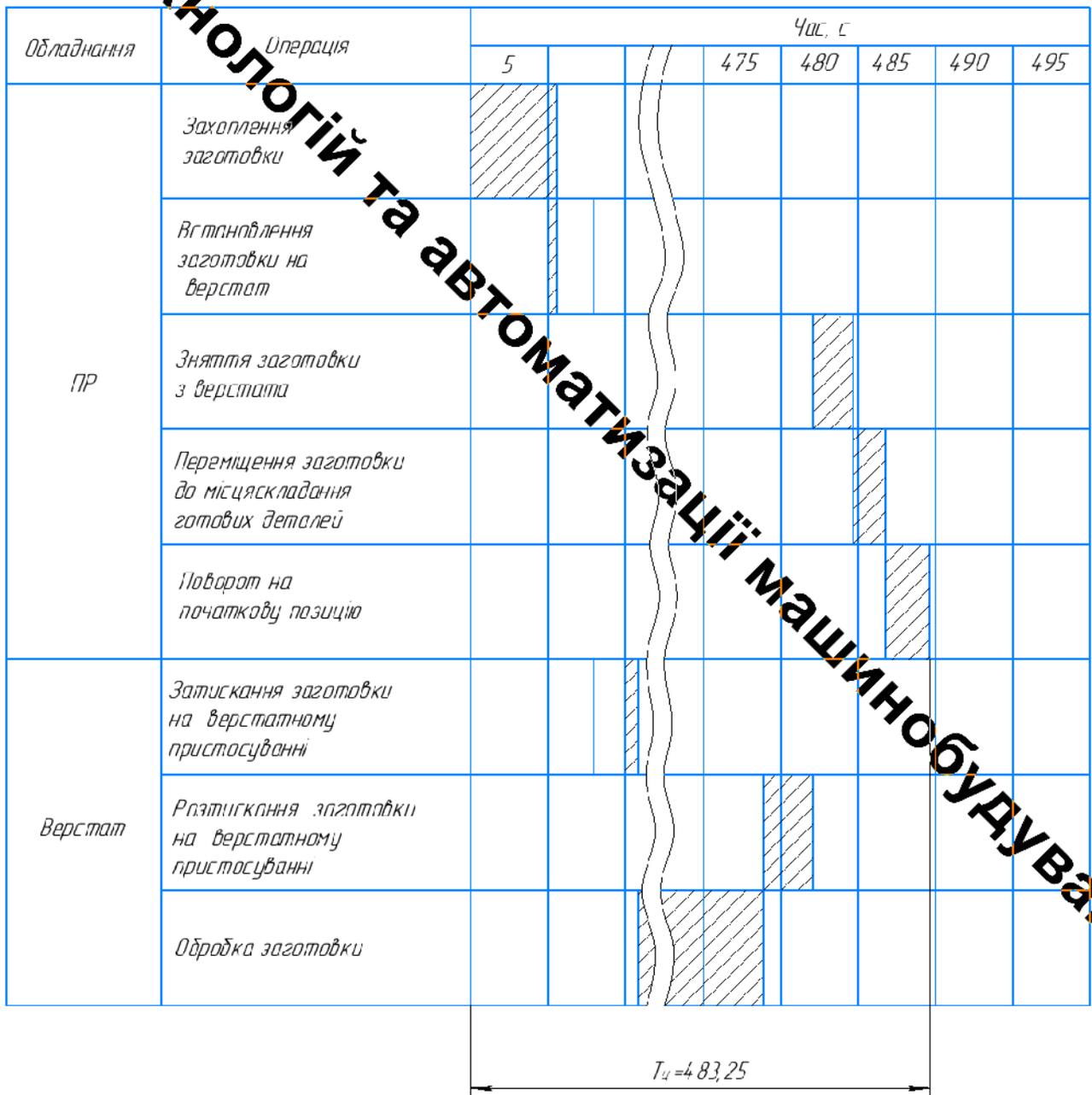


Рисунок 4.15 – Циклограма роботи робочого місця

4.11 Визначення основних показників АРМ

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

циклова продуктивність $Q_{ц}$;

коефіцієнт відносної завантаженості ПР $K_{зр}$;

коефіцієнт використання ПР $K_{вп}$;

коефіцієнт використання основного устаткування $K_{во}$;

коефіцієнт завантаженості ПР $K_{зв}$;

режим роботи робота.

Циклова продуктивність визначається по наступній формулі:

$$Q_{ц} = \frac{1}{T_p}; \quad (4.16)$$

де T_p - тривалість робочого циклу, $T_p = 483,25$ с;

$$Q_{ц} = \frac{1}{483,25} = 0,002 (с);$$

Коефіцієнт відносної завантаженості $K_{зр}$

$$K_{зр} = \frac{P_{ср}}{P}; \quad (4.17)$$

де $P_{ср}$ - середнє значення робочого навантаження, $P_{ср} = 3,1$ г;

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

$$K_{ГР} = \frac{3,1}{25} = 0,12.$$

Коефіцієнт використання K_{ep}

$$K_{ep} = \frac{T_{шр}}{T_p}; \quad (4.18)$$

де $T_{шр}$ - час роботи ПР за робочий цикл, $T_{шр} = 9,65$ с;

$$K_{BP} = \frac{9,65}{483,25} = 0,02;$$

Коефіцієнт використання основного устаткування $K_{во}$

$$K_{во} = \frac{T_o}{T_p}; \quad (4.19)$$

де T_o - час роботи основного устаткування за робочий цикл, $T_o = 460$ с;

$$K_{во} = \frac{460}{483,25} = 0,95.$$

Розрахувавши значення коефіцієнтів, по [17] встановлюємо, що режим роботи ПР "легкий" при цьому коефіцієнт завантаженості $K_{нр} = 1,1$.

4.12 Висновки до розділу

1. Проаналізовано особливості встановлення деталі на верстаті за умови використання промислового робота.

2. Розроблено верстатне пристосування для обробки деталі «Корпус К-25А» на вертикальному фрезерному верстаті з ЧПК.

3. Виконано розрахунки складових похибки при установці заготовки в пристосуванні. Точність позиціонування становить 46,4 мкм, що дозволяє забезпечувати всі необхідні допуски розмірів для даної операції, а саме допуск розміру 3мм – 0,5мм.

4. Обрано промисловий робот моделі «M20П.40.01» для інтеграції в автоматизоване робоче місце.

5. Визначено схему захватного пристрою для обробки деталі «Корпус К-25А».

6. Проведено розрахунок часових витрат та досліджено залежності швидкісних і часових характеристик робота від конструктивних особливостей маніпулятора та маси вантажу.

7. розраховано параметри роботи автоматизованого робочого місця: загальний час циклу складає 483,25 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:

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot k_{\text{нов}} + 0,4 \cdot k_{\text{теор}}, \quad (5.1)$$

де $k_{\text{нов}}, k_{\text{теор}}$ – 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 «Корпус К-25А» $k_{\text{нов}} = 18$. Застосовані формульні залежності для розрахунку швидкості виконання допоміжних операцій роботом на основі емпіричних залежностей, тому $k_{\text{теор}} = 15$. Тоді показник, який характеризує науковий ефект дорівнює:

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

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 "Вал". В результаті оцінювання робиться висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого її 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 роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни Аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
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		
	Сухоруков С.І.	Петров О.В.	Савуляк В.В.
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	2
2	2	2	2
3	2	2	3
4	2	2	2
5	2	2	2
6	3	3	2
7	2	2	2
8	3	3	2
9	3	3	2
10	3	3	4
11	3	3	2
12	3	4	2
Сума балів	СБ ₁ =21	СБ ₂ =32	СБ ₃ =28
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$(21 + 32 + 28)/3 = 27$		

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

5.3 Прогноз попиту на інноваційне рішення

Верстатне виробництво є розповсюдженим на всій території країни і використовується в усіх типах виробництва. Підвищення продуктивності, а головне, забезпечення стабільності якості при високих темпах виробництва є актуальною задачею і може бути вирішене за рахунок застосування елементів автоматизації та роботизації.

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 підприємствах де застосовується технологічне обладнання;
- канал першого рівня, що передбачає реалізацію оптовим дилерам з підприємств - виробників.

5.5 Виявлення основних конкурентів

На сьогоднішній день в Україні випуск автоматизованих робочих елементів не є розповсюдженим. Проте існують комплекси зарубіжного виробництва. В таблиці 5.5 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.	4000	6500	1,6
Час обробки на один виріб	хв.	11,3	8	1,4

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.

5.7 Оцінка рівня якості інноваційного рішення

Оцінка рівня інноваційного рішення проводиться з метою порівняльного аналізу і визначення найбільш ефективного в технічному відношенні варіанта інженерного рішення. Визначимо абсолютний та відносний рівні якості розроблюваного пристрою.

Таблиця 5.6 – Основні техніко-економічні показники нової розробки

Показник	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Кількість верстатів		6		0,3
Кількість виробів		8		0,4
Час обробки на один виріб		7		0,4

Визначимо абсолютний рівень інноваційного рішення за формулою:

$$K_{ap} = \sum_{i=1}^n P_{Hi} \cdot \alpha_i, \quad (5.2)$$

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.

$$K_{ap} = 6 \cdot 0,3 + 8 \cdot 0,4 + 7 \cdot 0,4 = 7,8.$$

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

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

де P_{Hi}, P_{Bi} - числові значення і-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	4000	6500	1,6	0,4
Час обробки на один виріб	3,2	2,3	1,4	0,4
Економічні показники				
Собівартість комплексу	90000	80000	0,88	0,7
Капітальні вкладення	750000	800000	0,94	0,2

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

$$K_{\text{яв}} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (5.3)$$

$$K_{\text{яв}} = 1 \cdot 0,3 + 1,6 \cdot 0,4 + 0,4 \cdot 1,4 = 1,5.$$

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:

$$K = I_{mn} / I_{en}, \quad (5.4)$$

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

I_{en} - індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{en} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{nei}}{\sum_{i=1}^n P_{bei}}, \quad (5.5)$$

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

$$I_{en} = (80000 \cdot 0,7 + 800000 \cdot 0,3) / (90000 \cdot 0,7 + 750000 \cdot 0,3) = 0,84;$$

$$K = 1,5 / 0,83 = 1,78 > 1.$$

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

5.9 Прогнозування витрат на виконання роботи

Розрахунок основної заробітної плати розробників.

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

$$Z_O = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ [грн.]}, \quad (5.6)$$

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:

$$Z_O = \frac{30000}{22} \cdot 20 = 27272 \text{ (грн.)}.$$

Аналогічно розраховуємо заробітну плату інших розробників. При цьому необхідно врахувати, що найбільшу частину роботи виконує інженер-технолог. Результати розрахунків зведено до таблиці 5.8.

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	27272	1363,36	20	27272
2.	Інженер-налагоджувальник	20000	909	22	20000
4.	Верстатник/слюсар	20000	909	22	20000
Всього					67272

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

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c \text{ [грн.]}, \quad (5.7)$$

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:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{зм}} \left[\frac{\text{грн.}}{\text{год}} \right], \quad (5.8)$$

де: M_m – мінімальна місячна оплата праці, грн. З 1 січня 2025 року – $M_m = 8000$ грн.;

K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду та професії;

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

$T_{зм}$ – тривалість зміни, $T_{зм} = 8$ 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	Погодина тарифна ставка	Велечина оплати, грн
Роботи по компоновці елементів	120	4	78,23	11208
Роботи верстатника/ слюсар	105	4	78,23	9807
Роботи налагоджувальника	90	4	78,23	8406
Всього				29421

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

$$З_d = (67272 + 29421) \cdot 12\% = 11603,2 \text{ (грн.)}$$

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

$$(67272 + 29421 + 11603,2) \cdot 0,22 = 23825,2 \text{ (грн.)}$$

Амортизація обладнання, які використовуються під час виготовлення пристосування.

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

$$A = \frac{Ц}{T_{н.в.}} \cdot \frac{T_{ф.в.}}{12}, \text{ [грн.]}$$

де Ц – балансова вартість обладнання, грн;

$T_{ф.в.}$ – строк корисного використання обладнання (міс.);

$T_{н.в.}$ – 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	20000	4	12	5000
Промисловий робот	350000	10	12	35000
Слюсарне обладнання	150000	5	1	2500
Обладнання для компоновки і налаштування	250000	5	1	4166

Відповідно:

$$A = 5000 + 25000 + 2500 + 4166 = 46670(\text{грн.}).$$

Витрати на матеріали розраховуються до кожного виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n V_i \cdot C_v \quad [\text{грн.}], \quad (5.10)$$

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

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

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

V_i – маса відходів i -го найменування, 0,2 кг,

C_v – ціна відходів i -го найменування, 6 грн./кг.

n – кількість видів матеріалів.

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

Витрати на силову електроенергію на розробку розраховуються за формулою:

$$B_e = W_{yi} \cdot t_i \cdot \Pi_e \cdot K_{mi} / \eta_i \text{ [грн.]}, \quad (5.11)$$

де: Π_e – вартість 1 кВт-години електроенергії. На грудень 2025 року для промисловості (2 категорія споживачів) ціна електроенергії становить $\Pi_{opt} = 5,099$ грн./кВт згідно тарифів оператора ринку, $\Pi_{розп} = 2,674$ грн./кВт за розподіл електричної енергії згідно тарифів ТОВ "Енера Вінниця" та $\Pi_{дист} = 0,421$ 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 виробляється один виріб;

K – коефіцієнт використання потужності.

$$\Pi_e = (5,099 + 2,674 + 0,421)(1 + 20\%/100\%) = 13,43 \text{ (грн)}.$$

Таблиця 5.11 – Результати розрахунків витрат електроенергії

Найменування обладнання	Час роботи, год.	Потужність, кВт.	Коефіцієнт використання
Комп'ютерне обладнання	15 днів = 15·8 = = 120 годин	0,4	1
Приміщення (освітлення)	120	0,9	1
Промисловий робот	100	10	1
Допоміжне обладнання	90	15	0,8

$$Ц_{e1} = 13,43 \cdot 0,4 \cdot 120 \cdot 1 = 644,44 \text{ (грн.)},$$

$$Ц_{e2} = 13,43 \cdot 0,9 \cdot 120 \cdot 1 = 1450,44 \text{ (грн.)},$$

$$Ц_{e3} = 13,43 \cdot 10 \cdot 100 \cdot 0,9 = 13430 \text{ (грн.)},$$

$$Ц_{e4} = 13,43 \cdot 15 \cdot 90 \cdot 0,8 = 14504,4 \text{ (грн.)},$$

$$Ц_c = 644,44 + 1450,44 + 13430 + 14504,4 = 30029,48 \text{ (грн.)}.$$

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

$$I_B = (1...3) (3_o + 3_p), \quad (5.12)$$

$$I_B = 3 \cdot (67272 + 24642) = 275742 \text{ (грн.)}$$

Усі витрати складають:

$$B = 67272 + 24642 + 22648 + 11030 + 46670 + \\ + 15396 + 275742 = 433628 \text{ (грн.)}$$

Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями.

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

$$B_{\text{заг}} = \frac{B}{\alpha}, \quad (5.13)$$

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

Тоді

$$B_{\text{заг}} = 433628 / 0,95 = 456451 \text{ (грн.)}$$

Прогнозування загальних витрат здійснюється за формулою:

$$ЗВ = B_{\text{заг}} / \beta, \quad (5.14)$$

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 $\beta \approx 0,5$.

Тоді:

$$ЗВ = 456451 / 0,5 = 912902 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку способу суміщеної обробки та впровадження результатів даної роботи становлять приблизно 912902 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 вигук іншої типової продукції.

Аналіз місткості ринку даної продукції показує, що в даний час в Україні кількість потенційних користувачів нашої розробки складає щороку приблизно 2000-2500 шт. Середня ціна виготовлених виробів 80-90 тис. грн. Оскільки собівартість виготовлення валів 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 2026 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2026-го, 2027-го, 2028-го та 2029-го років.

Прогноз зростання попиту на нашу розробку складає по роках:

1-й рік після впровадження (2026 р.) – приблизно 2200 шт.;

2-й рік після впровадження (2027 р.) – приблизно 2000 шт.;

3-й рік після впровадження (2028 р.) – приблизно 1300 шт.;

4-й рік після впровадження (2029 р.) – приблизно 600 шт.

У 2027 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:

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - \vartheta/100), \quad (5.13)$$

де ΔC_0 – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є зменшення ціни нового виробу, грн.; ми вважаємо, що $\Delta C_0 = 3500$ грн;

N – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році до впровадження результатів розробки; було встановлено, що $N = 2200$ 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.; $C_0 = 80$ тис. 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 (2026 р.) складе:

$$\Delta \Pi_1 = (2200 \cdot 3500) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1315364 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta \Pi_2 = (2000 \cdot 3500) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1195786 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta \Pi_3 = (1300 \cdot 3500) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 777261 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta \Pi_4 = (600 \cdot 3500) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 358736 \text{ (грн.)}$$

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 $E_{абс}$. Для цього користуються формулою:

$$E_{абс} = \text{ПП} - \text{PV}, \quad (5.15)$$

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

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

$$ПП = \sum_{t=1}^T \frac{\Delta\Pi_t}{(1+\tau)^t}, \quad (5.16)$$

де $\Delta\Pi_t$ – 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:

$$ПП = \frac{1315364}{(1+0.1)^2} + \frac{1195786}{(1+0.1)^3} + \frac{777261}{(1+0.1)^4} + \frac{358736}{(1+0.1)^5} = 2739116 \text{ (грн.)}$$

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

$$E_{abc} = 2739116 - 975580 = 1763536 \text{ (грн.)}$$

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:

$$E_B = \sqrt[T]{1 + E_{abs} / PV} - 1, \quad (5.17)$$

де E_{abs} – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, $E_{abs} = 1763536$ грн.;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 912902$ грн.;

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

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[5]{1 + 1763536 / 912902} - 1 = 0,24 = 24\%.$$

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:

$$\tau = d + f, \quad (5.18)$$

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 $E_b = 23\% > \tau_{\min} = 22\%$, то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

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

$$T_{\text{ок}} = 1/E_b,$$

$$T_{\text{ок}} = 1/0,24 = 4,16.$$

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 розроблено 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 4,16 роки.

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 частини робочого місця є раціональним рішенням для виконання допоміжних задач виробництва.
3. Для обслуговування верстату зазвичай використовують роботи, що мають 4-6 ступеней вільності.
4. В робочому місці промислові роботи виконують первинні задачі автоматизації, а саме розвантажувальні та завантажувальні допоміжні операції.
5. Проаналізовано технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Корпус К-25А».
6. За результатами оцінки доцільності впровадження автоматизації вибрано операцію 005, оскільки її автоматизація дозволяє істотно скоротити допоміжні витрати 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 «Корпус К-25А».
9. Проаналізовано особливості встановлення деталі на верстаті за умови використання промислового робота.
10. Розроблено верстатне пристосування для обробки деталі «Корпус К-25А» на вертикальному фрезерному верстаті з ЧПК.
11. Виконано розрахунки складових похибки при установці заготовки в пристосуванні. Точність позиціонування становить 46,4 мкм, що дозволяє забезпечувати всі необхідні допуски розмірів для даної операції, а саме допуск розміру 3мм – 0,5мм.

12. Обрано промисловий робот моделі «М20П.40.01» для інтеграції в автоматизоване робоче місце.

13. Визначено схему захватного пристрою для обробки деталі «Корпус К-25А».

14. Проведено розрахунок часових витрат та досліджено залежності швидкісних і часових характеристик робота від конструктивних особливостей манипулятора та маси вантажу.

15. Розраховано параметри роботи автоматизованого робочого місця: загальний час циклу складає 483,25 с.

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 4,16 роки.

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. Karabegović, Isak & Karabegović, Edina & Husak, Ermin. (2011). Industrial Robots and their application in serving CNC machine TOOLS. 15th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" TMT 2011, Prague, Czech Republic, 12-18 September 2011
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. Репицький [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. Jurković, M, Karabegović, I.: Napredne tehnologije za zemlje u tranziciji // Development and Modernization of Production / RIM-2003, Karabegović, Isak ; Jurković, Milan ; Doleček, Vlatko (ur.). University of Bihać ; International Biographical Centre Cambridge, Bihać, 2003. 23-38, ISBN 9958-624-16-8 (pozvano predavanje, znanstveni rad).

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

13. M. Miscević and Dj. Dihovien. APLICATION 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. Федорєць, 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. Є. 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.В. 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/schedCom/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.

ДОДАТКИ

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

АВТОМАТИЗАЦІЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ "КОРПУС К-25А"

(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 "Корпус-25А".

- здійснити огляд існуючих методів і засобів автоматизації, що застосовуються у технологічному виробництві;
- проаналізувати маршрут механічної обробки та визначити операції, які доцільно автоматизувати;
- розробити загальну структуру автоматизованого робочого місця та алгоритм його функціонування;
- обрати відповідне технологічне обладнання й спроектувати для нього автоматизоване оснащення;
- виконати розрахунок ключових параметрів автоматизованого робочого місця;
- створити компоновку автоматизованого робочого поста;
- провести економічний розрахунок і визначити економічну доцільність розробки;

Об'єкт дослідження – автоматизоване робоче місце технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Корпус-25А".

Предмет дослідження – технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус-25А».

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.

08-64.МКР.027.00.001

Лист. притчен

Спрощ. №

Підп. и дата

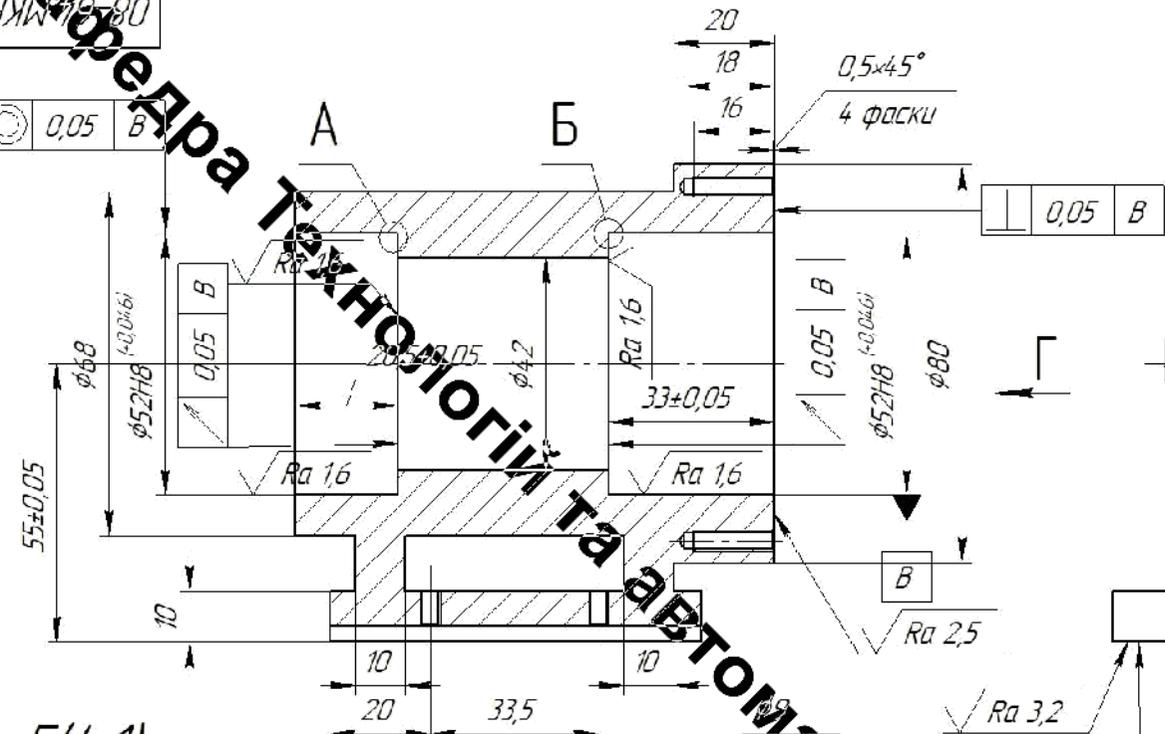
№ до. № доп.

Всст. и до. №

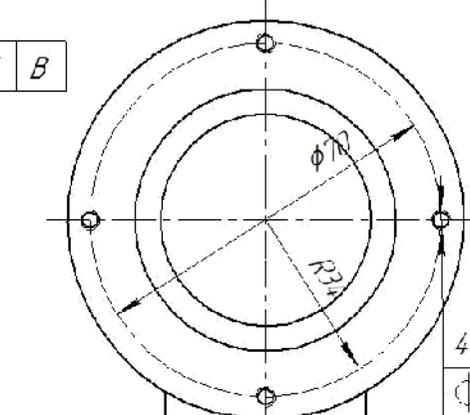
Підп. и дата

№ до. № доп.

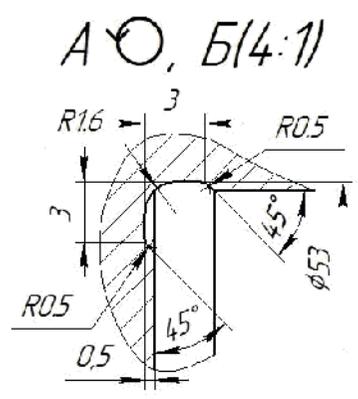
0,05 B



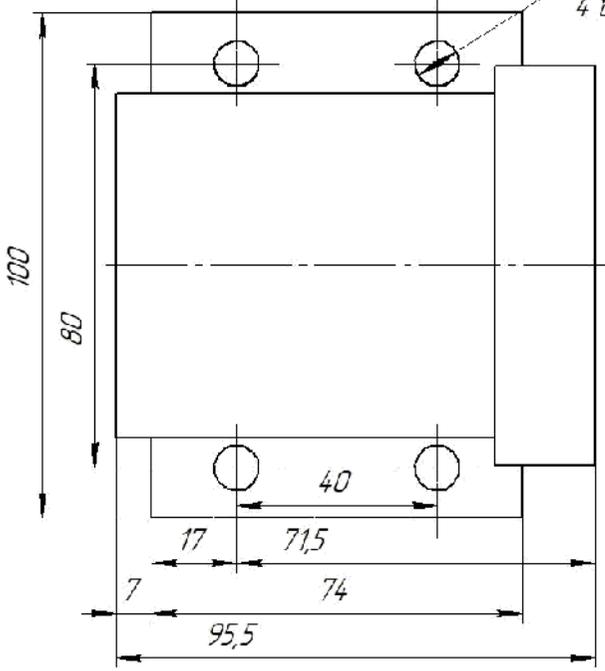
√ Ra 12,5 (√)



4 отв. М4
φ 0,1 (M) B



A O, B(4:1)



- Невказані граничні відхилення отворів H14, валів h14 та ін. ±J 1/4
- Гострі кромки притупити фасками 0,5x45° мм.

08-64.МКР.027.00.001

Изн. Лист	№ доп.	Підп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Газрід.	Уборський А.А.		02.05			1:1
Прод.	Лозинський Д.О.		02.05			
Т.контр.						
Н.контр.	Сердюк О.В.		02.05			
Чтд.	Козлов Л.Г.		02.05			

Корпус К-25А

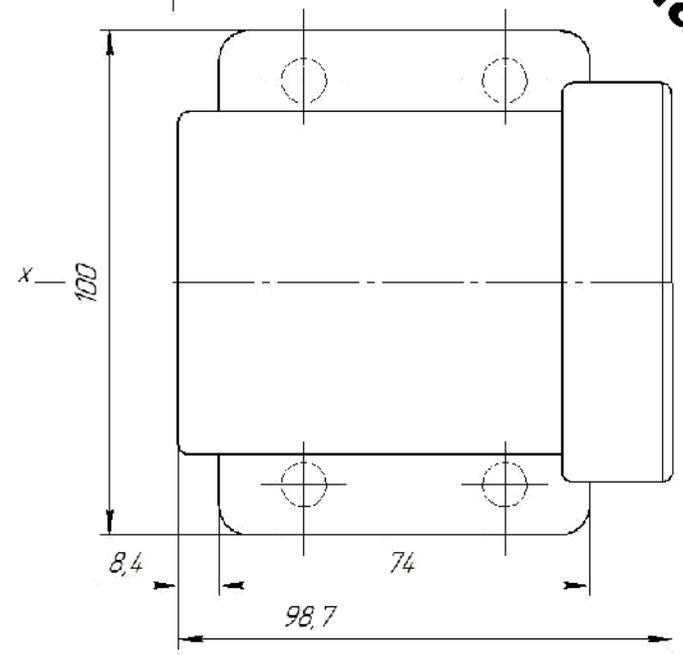
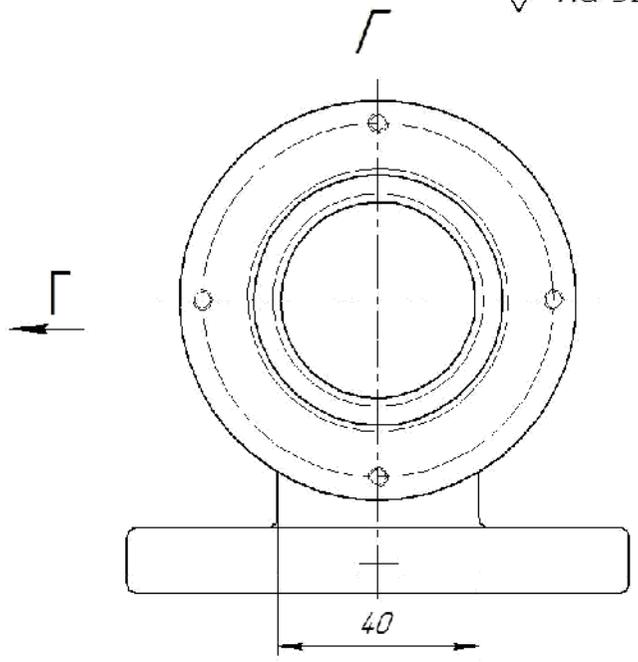
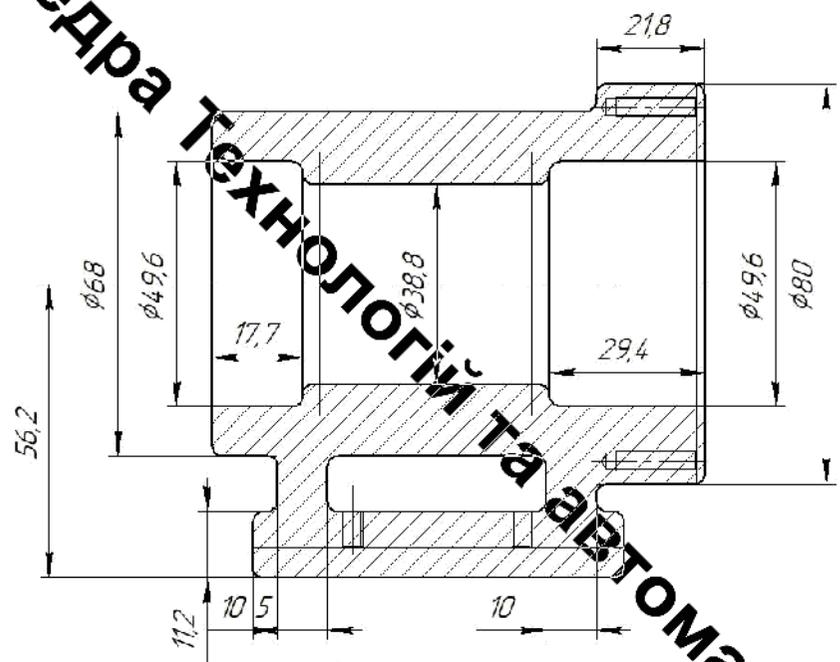
Сталь 30Л ГОСТ 1050-88

Лист	Листов	1
ВНТУ,		
гр. 2ПМ-24М		
Формат А3		

Копирадал

08-64.МКР.027.00.002

$\sqrt{Ra\ 32(\checkmark)}$



1. Точність виливка 8-16-11-9m 5, 1,8 ГОСТ 26645-85
2. Маса 2,187-0,160-0,747-3,08

08-64.МКР.027.00.002						Лист	Маса	Масштаб
Вид	Лист	№ докум.	Дата	Лист				1:1
Разроб.	Яворський А.А.		12.12.25					
Проб.	Лизняк І.І.		12.12.25					
Контр.								
Контр.	Гербок І.І.		14.12.25					
Чтб.	Козлов І.І.		14.12.25					
Корпус К-25А (заготовка лиття в піщано-глінисту форму)						Лист	Листов	1
Сталь 30Л ГОСТ 1050-88						ВНУ, гр. 2ПМ-24м		
Копіював						Формат А1		

Перед. примок.

Склад. №

Робоч. у дата

Мод. № змін.

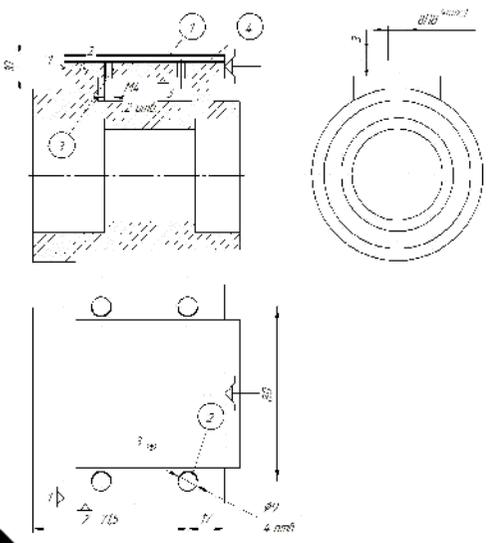
Вказ. змін. №

Робоч. у дата

Мод. № змін.

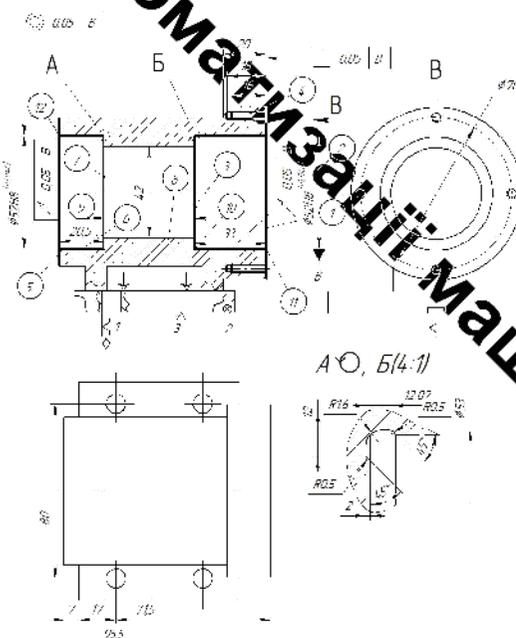
Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

- Вертикально-фрезерна з ЧПК**
1. Встановити та закріпити заготовку
 2. Фрезерувати пів. 1 попередньо в р-р 10,9мм
 3. Центрувати 4 отвори 2 в р-р $\varnothing 4$ мм l-5мм
 4. Певдлати 4 отвори 2 в р-р вказаний на ескізі
 4. Фрезерувати пів. 4 попередньо в р-р 2,5мм
 5. Фрезерувати пів. 4 остаточно
 6. в р-р вказаний на ескізі
 6. Центрувати 4 отвори 3 в р-р $\varnothing 2$ мм l-2мм
 7. Певдлати 2 отвори 3 в р-р вказаний на ескізі
 8. Нарізати різь в 2 отв. 3 одинично
 - 8 в р-р вказаний на ескізі
 9. Фрезерувати пів. 1 остаточно
 - 8 в р-р вказаний на ескізі
 10. Зняти заготовку

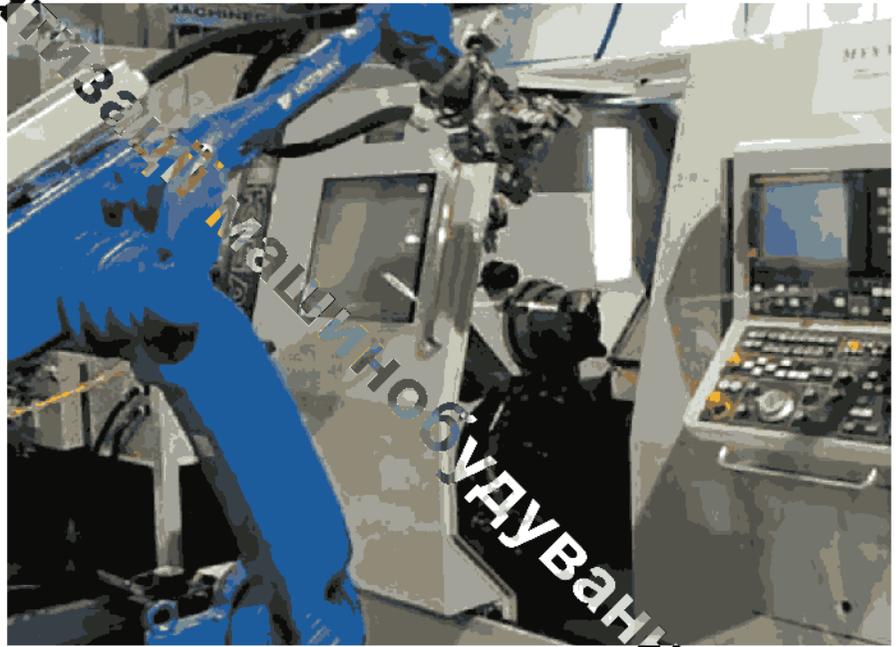
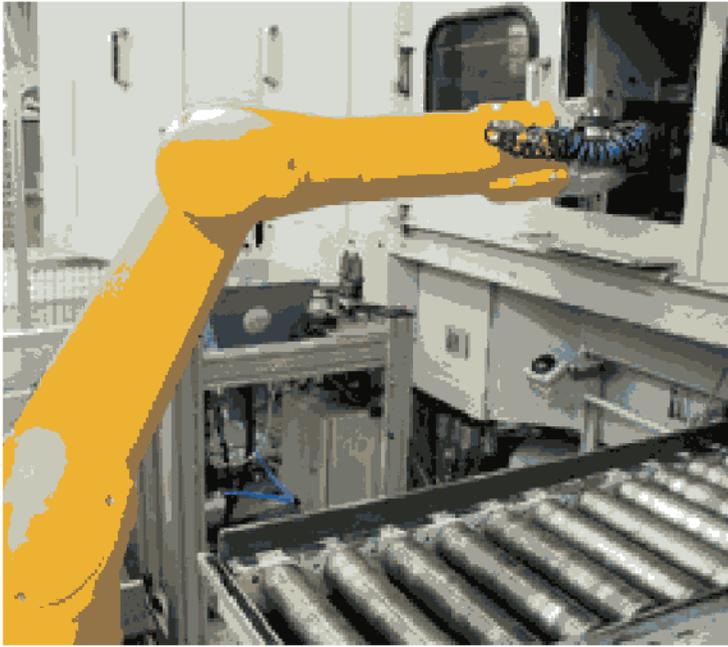
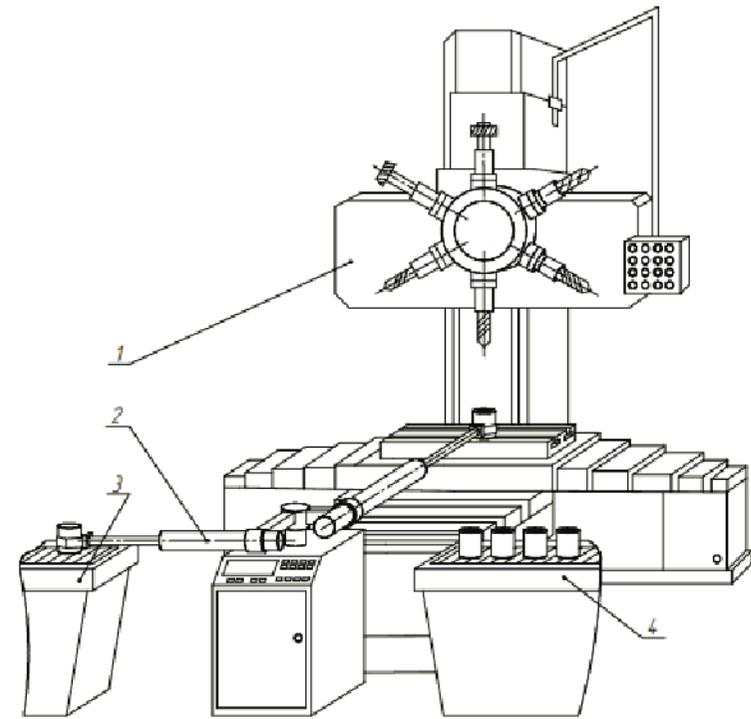


Вирішити вертикально-фрезерний з ЧПК (Ф2/1/Ф3)

- Горизонтально-розточувальна з ЧПК**
1. Встановити та закріпити заготовку
 - Позиція 1
 2. Фрезерувати пів. 1 попередньо в р-р 9,2мм
 - Повертити робочий стіл на 180°
 - Позиція 2
 3. Фрезерувати пів. 5 одинично в р-р 95,7мм
 - Позиція 1
 4. Фрезерувати пів. 1 остаточно
 - 8 в р-р вказаний на ескізі
 5. Розточити пів. 8 одинично в р-р вказаний на ескізі
 6. Розточити пів. 2,3 попередньо в р-р $\varnothing 51,43$ мм
 - Позиція 2
 7. Розточити пів. 6,7 попередньо в р-р $\varnothing 51,43$ мм
 8. Розточити пів. 6,7 попередньо в р-р $\varnothing 51,9$ мм
 - Позиція 1
 9. Розточити пів. 2,3 попередньо в р-р $\varnothing 51,9$ мм
 10. Розточити фаску 11 одинично
 11. Фрезерувати кінчик 10 одинично
 - Позиція 2
 12. Розточити фаску 12 одинично
 13. Фрезерувати кінчик 9 одинично
 14. Розточити пів. 6,7 остаточно
 - 8 в р-р вказаний на ескізі
 - Позиція 1
 15. Розточити пів. 2,3 остаточно
 - 8 в р-р вказаний на ескізі
 16. Центрувати 4 отв. 4 в р-р $\varnothing 2$ мм l-2мм
 17. Певдлати 4 отв. 4 в р-р вказаний на ескізі
 18. Зняти різь в 4 отв. 4 одинично
 19. Нарізати різь в 4 отв. 4 одинично
 - 8 в р-р вказаний на ескізі



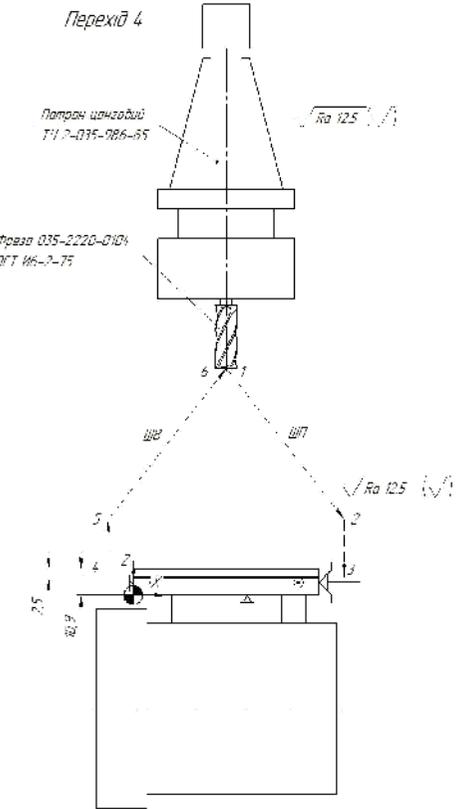
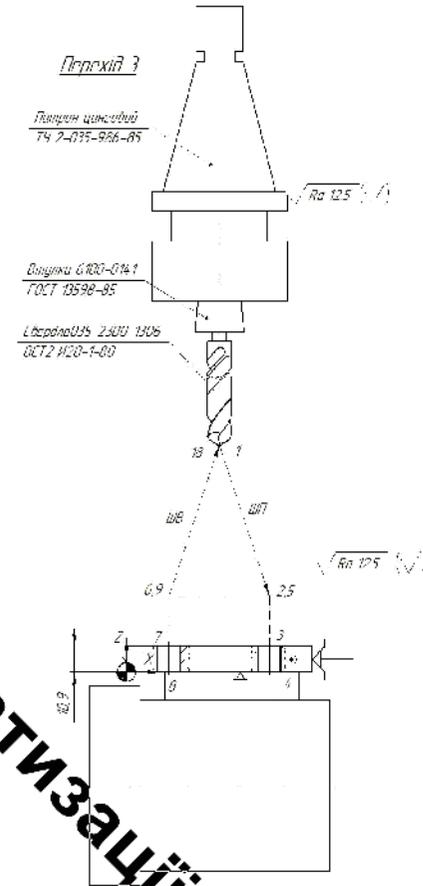
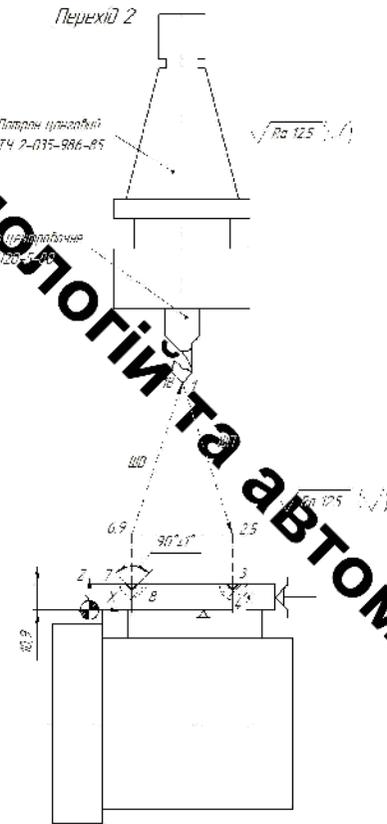
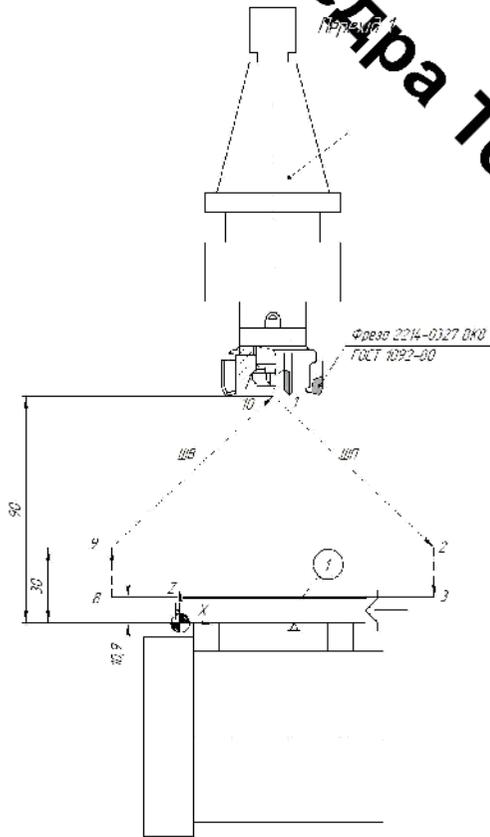
Нарізати горизонтально-розточувальна з ЧПК (Ф2/1/Ф4)



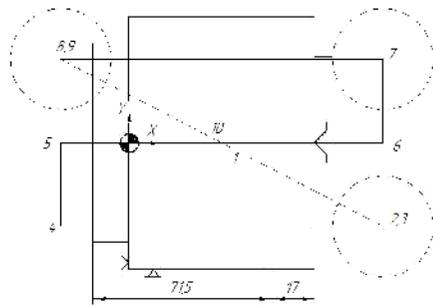
автоматизовані робочі місця

Кафедра Технологій та Автоматизації
Машиннобудування

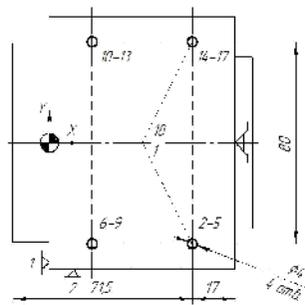
Кафелгра Технологіта Автоматизації Машинобудування



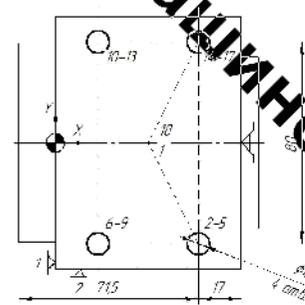
Невказані граничні відхилення розмірів отвору І14, валу І14, інших ІТ14/2



Невказані граничні відхилення розмірів отвору І14, валу І14, інших ІТ14/2



Невказані граничні відхилення розмірів отвору І14, валу І14, інших ІТ14/2



Невказані граничні відхилення розмірів отвору І14, валу І14, інших ІТ14/2

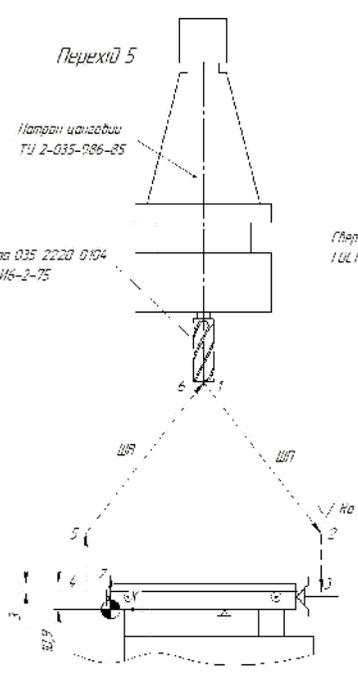
Вертикально-фрезерна з ЧПК

1. Фрезерувати пов. 1 поперечно в р-р 10,9мм
2. Інструмент 4 отвори 2 в р-р $\phi 4$ мм $i=5$ мм
3. Свердлити 4 отвори 2 в р-р вказаний на ескізі
4. Фрезерувати пов. 4 поперечно в р-р 2,5мм
5. Фрезерувати пов. 4 остаточно в р-р вказаний на ескізі
6. Центрувати 2 отвори 3 в р-р $\phi 2$ мм $i=2$ мм
7. Свердлити 2 отвори 3 в р-р вказаний на ескізі
8. Нирізати різь в 2 отв. 3 відкритими
9. Фрезерувати пов. 1 остаточно в р-р вказаний на ескізі

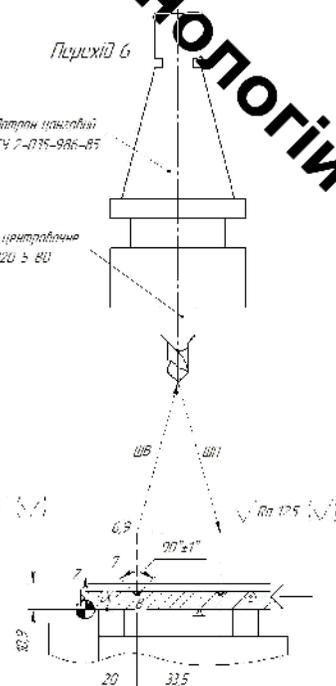
08-64.MKP.027.00.100

Картка налашки (випуску ОП5)		Відомості	
№	Вид	№	Вид
1	027	1	027
2	027	2	027
3	027	3	027
4	027	4	027
5	027	5	027
6	027	6	027
7	027	7	027
8	027	8	027
9	027	9	027
10	027	10	027
11	027	11	027
12	027	12	027
13	027	13	027
14	027	14	027
15	027	15	027
16	027	16	027
17	027	17	027
18	027	18	027
19	027	19	027
20	027	20	027
21	027	21	027
22	027	22	027
23	027	23	027
24	027	24	027
25	027	25	027
26	027	26	027
27	027	27	027
28	027	28	027
29	027	29	027
30	027	30	027
31	027	31	027
32	027	32	027
33	027	33	027
34	027	34	027
35	027	35	027
36	027	36	027
37	027	37	027
38	027	38	027
39	027	39	027
40	027	40	027
41	027	41	027
42	027	42	027
43	027	43	027
44	027	44	027
45	027	45	027
46	027	46	027
47	027	47	027
48	027	48	027
49	027	49	027
50	027	50	027
51	027	51	027
52	027	52	027
53	027	53	027
54	027	54	027
55	027	55	027
56	027	56	027
57	027	57	027
58	027	58	027
59	027	59	027
60	027	60	027
61	027	61	027
62	027	62	027
63	027	63	027
64	027	64	027
65	027	65	027
66	027	66	027
67	027	67	027
68	027	68	027
69	027	69	027
70	027	70	027
71	027	71	027
72	027	72	027
73	027	73	027
74	027	74	027
75	027	75	027
76	027	76	027
77	027	77	027
78	027	78	027
79	027	79	027
80	027	80	027
81	027	81	027
82	027	82	027
83	027	83	027
84	027	84	027
85	027	85	027
86	027	86	027
87	027	87	027
88	027	88	027
89	027	89	027
90	027	90	027
91	027	91	027
92	027	92	027
93	027	93	027
94	027	94	027
95	027	95	027
96	027	96	027
97	027	97	027
98	027	98	027
99	027	99	027
100	027	100	027

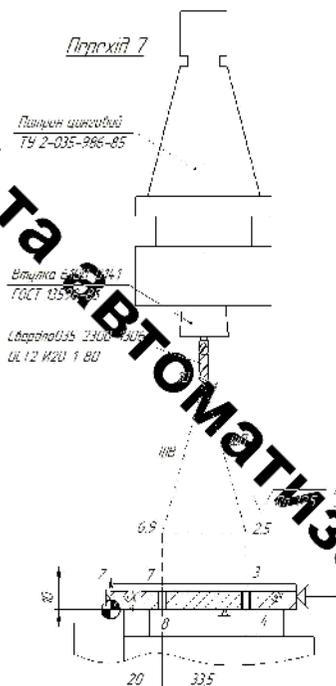
Кафедра Технологій та Автоматизації Машинобудування



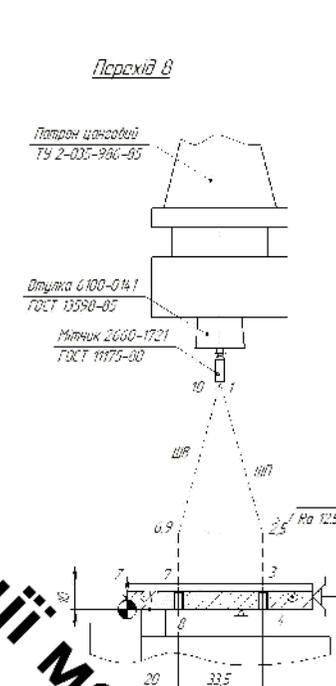
Невказані граничні відхилення розмірів отвору Н14, валу h14, інших IT14/2



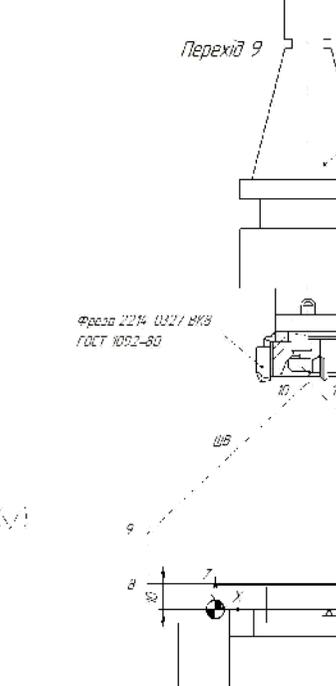
Невказані граничні відхилення розмірів отвору Н14, валу h14, інших IT14/2



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



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



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

№ зм.	№ докум.	Затв.	Відп.	Відр.	Відп.

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

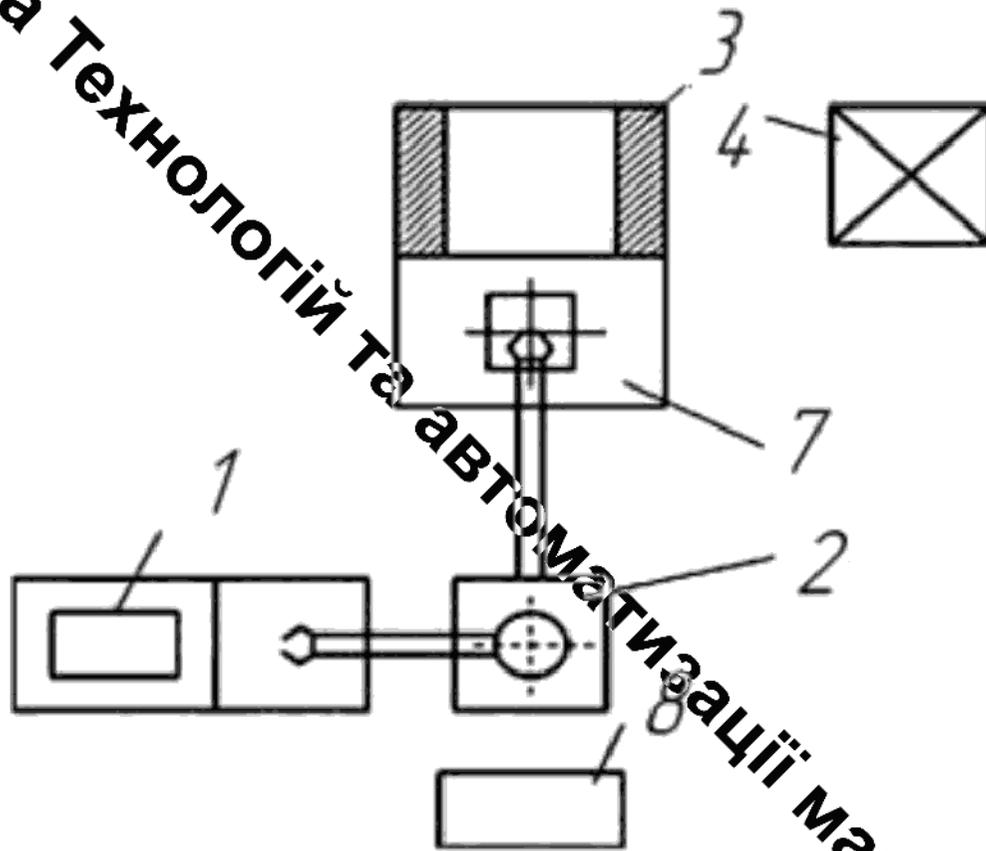
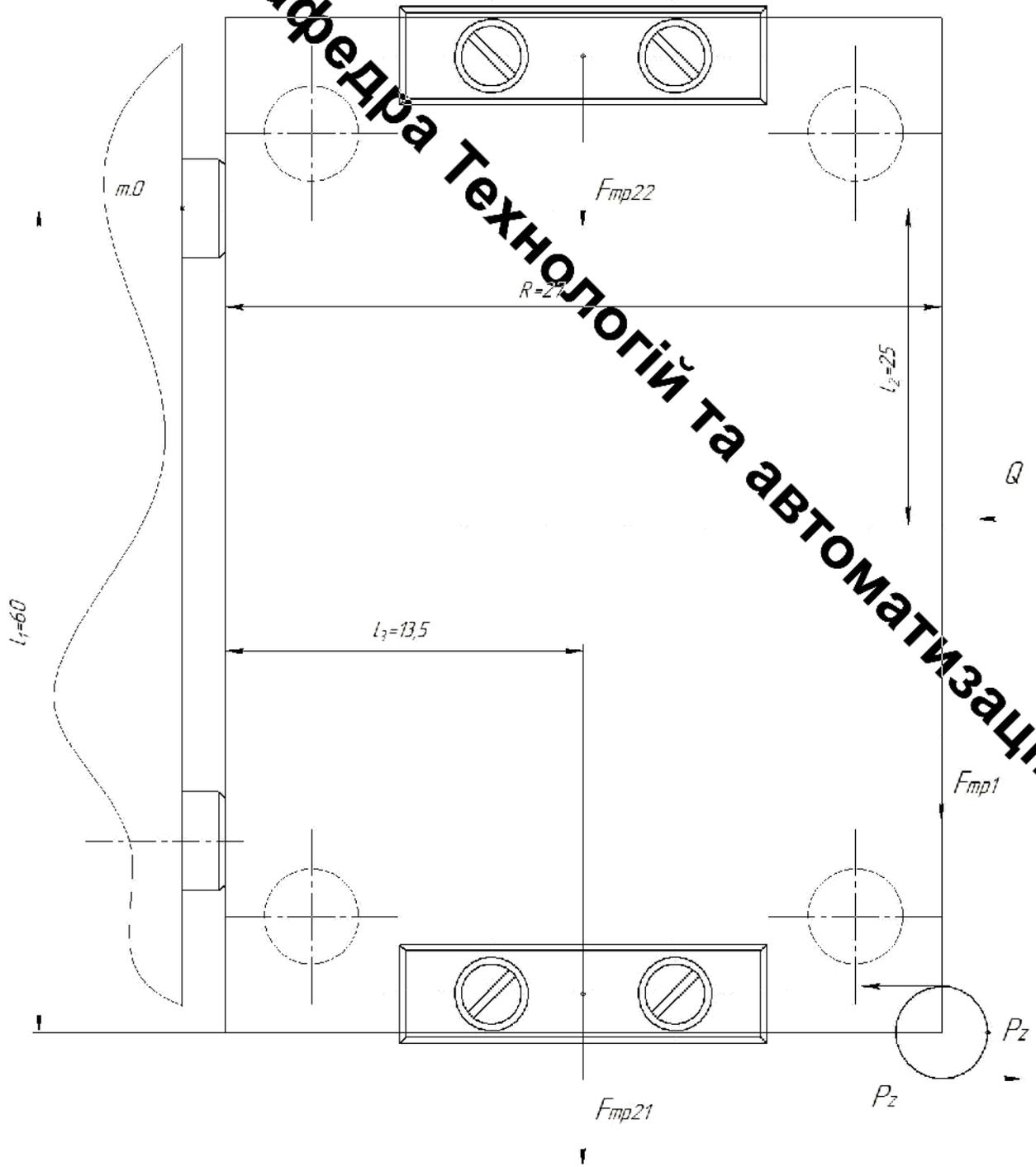


Схема автоматизованого робочого місця

Вид роботи	Технологічний елемент
Підготовка заготовки для подачі, установка в допоміжному обладнанні	Оснащення для попередньої орієнтації заготовок, також установку може виконувати робітник для роботи на одну зміну або більше.
Взяття заготовки маніпулятором	Промисловий робот
Установка заготовки на верстат	Промисловий робот Розроблене верстатне оснащення
Обробка заготовки на верстаті	Верстат, розроблене верстатне оснащення
Зняття заготовки з верстата	Промисловий робот Верстатне оснащення
Переміщення заготовки до місця складання готових деталей	Промисловий робот
Зміна елементів автоматизованого місця для підготовки виконання наступної заготовки	Тактовий стіл

Загальний алгоритм роботи автоматизованого робочого місця

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування



$$P_z \times l_1 = Q_z \times l_2 + 2F_{mp.2} \times l_3 + F_{mp.1} \times R$$

$$F_{mp.1} = f_1 \times P_y$$

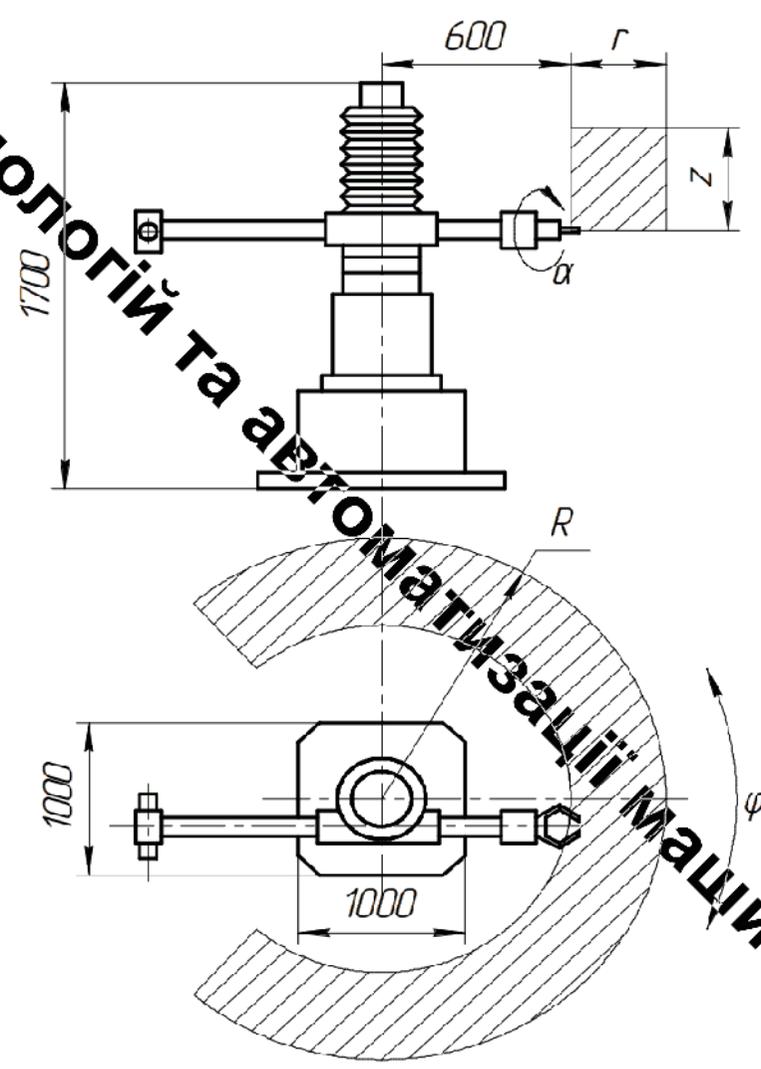
$$F_{mp.2} = f_2 \times P_y$$

$$f_1 = f_2$$

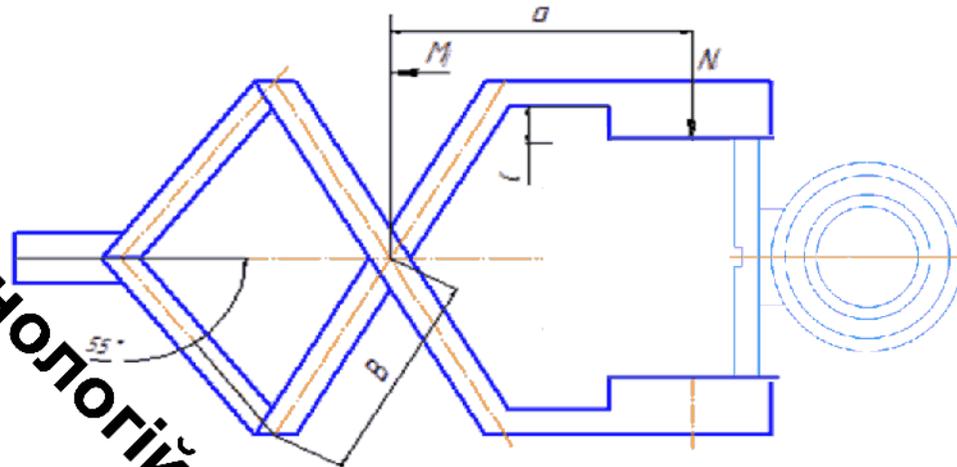
$$Q_z = \frac{P_z \times l_1 - 2F_{mp.2} \times l_3 - F_{mp.1} \times R}{l_2}$$

$$Q_z = \frac{140 \times 0.09 - 2 \times 65 \times 0.2 \times 0.037 - 65 \times 0.2 \times 0.074}{0.04} = 170 \text{ (H)}$$

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування



Загальний вигляд робота М20П.40.01



$$N = m \cdot (g + a) \cdot K_1 \cdot K_2 = 3,1 \cdot (9,81 + 9,81) \cdot 1,42 \cdot 1,6 = 139 \text{ (Н)}$$

де:

$m = 3,1$ - маса об'єкта маніпулювання, кг;

g - прискорення вільного падіння ($9,81 \text{ м/с}^2$);

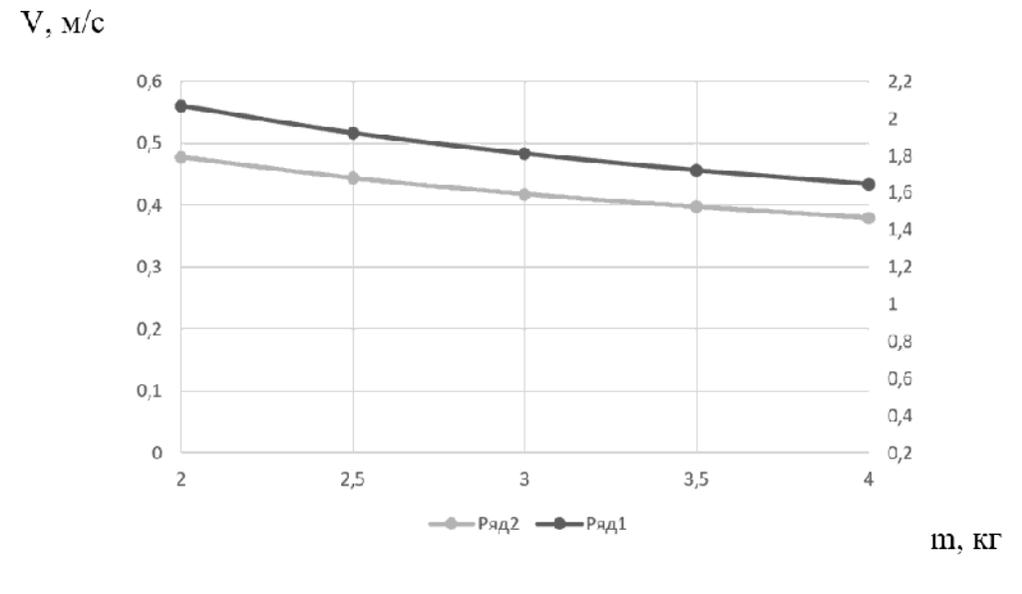
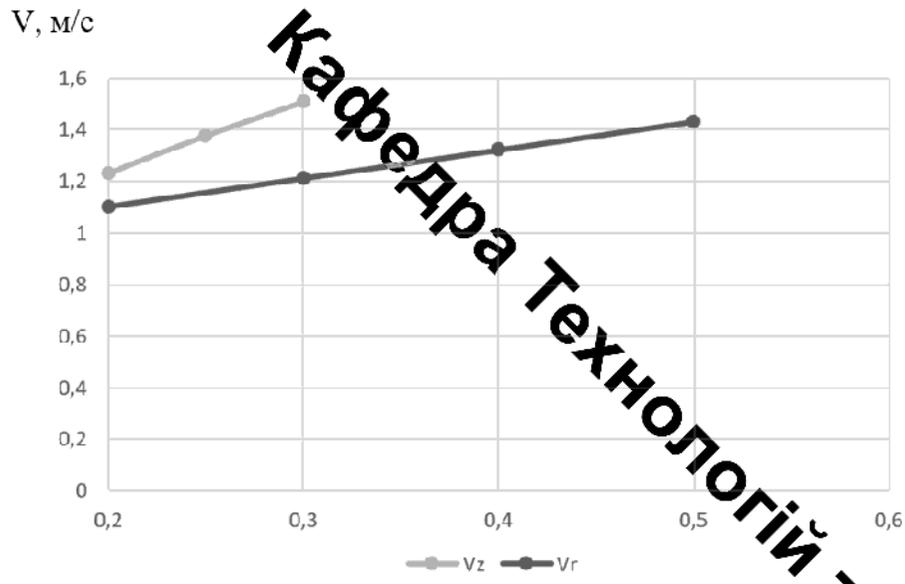
$a = 9,81$ - максимальне прискорення центру мас об'єкта маніпулювання, м/с^2 ;

$K_1 = 1,42$ - коефіцієнт, що залежить від положення об'єкта маніпулювання по відношенню до губок захватного пристрою та напрямку дії сили тяжіння і коефіцієнта;

$K_2 = 1,6$ - коефіцієнт запасу.

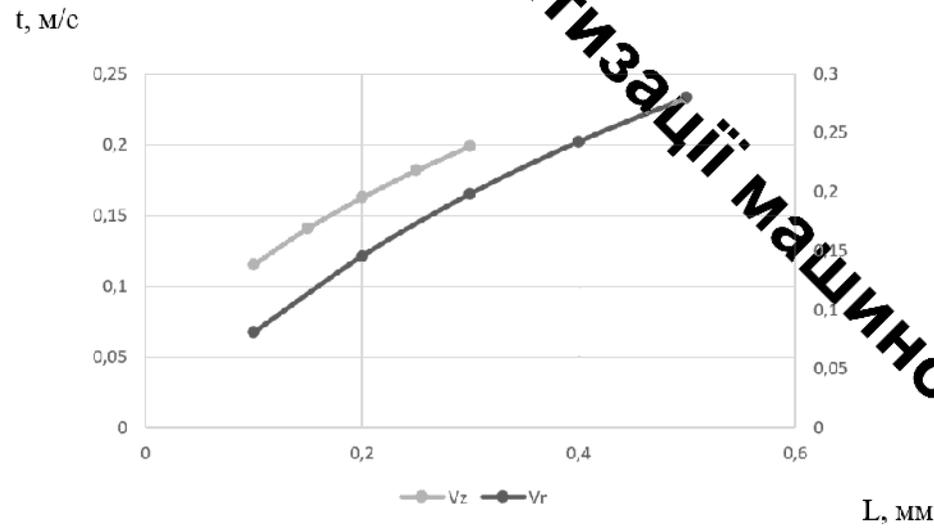
$$K_1 = \frac{1}{2\mu} = \frac{1}{2 \cdot 0,35} = 1,42$$

Схема захватного пристрою



Залежність швидкості переміщення по осі X та Z від максимального вильоту

Залежність швидкості переміщення по осі X та Z від маси

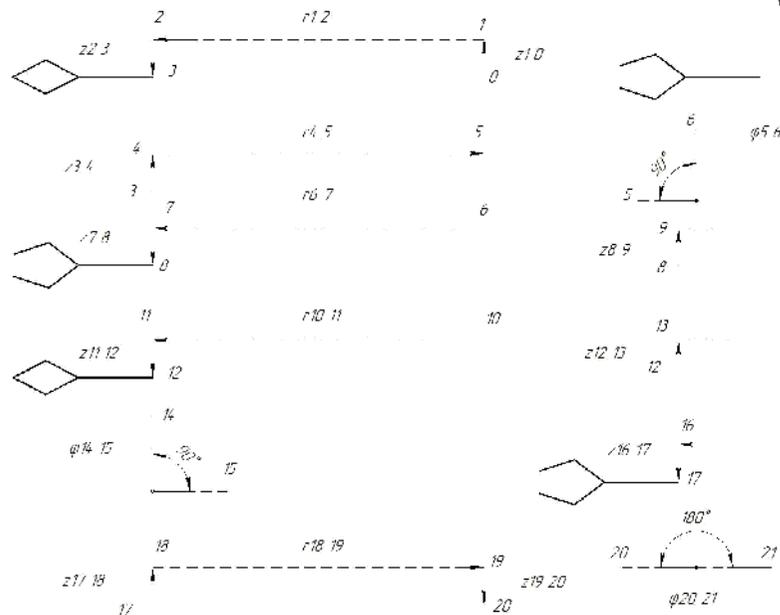


Залежність часу переміщення по осям X та Z від максимального вильоту

Кафедра Технологій та Автоматизації Машинобудування

Підрозділи	Операція	Час, с				
		475	480	485	490	495
ПР	Заповнення заготовки					
	Встановлення заготовки на верстат					
	Зняття заготовки з верстата					
	Переміщення заготовки до місця складання інвентару					
	Підготовка до початку позиції					
Верстат	Зняти кінці заготовки на верстатному пристосуванні					
	Розміщення заготовки на верстатному пристосуванні					
	Обробка заготовки					

$T_{\Sigma} = 483,25$



№	Категорія	Витрати матеріалів	Відходи на виробництво	Факт
1	2	3	4	5
Витрати матеріалів	Поручення діли 10° Алару	500	0,5	0,6
	Поручення діли 10° Верстат	500	1	0,5
	Поручення діли 10° Верст	30	0,5	0,1
	Зняття кінців заготовки 10° ПР	30	0,5	0,1
	Поручення діли 10° Верст	500	1	0,5
Сума				4,2
Встановлення заготовки на верстат	Підготовка діли 10° до складання стрічки	90"	90"	0,05
	Поручення діли 10° Алару	500	1	0,5
	Поручення діли 10° Верст	30	0,5	0,1
	Розміщення 10° ПР	30	0,5	0,1
	Поручення діли 10° Верст	500	1	0,5
Сума				1,35
Верстат	Зняття кінців заготовки на верстатному пристосуванні			3
	Обробка заготовки			4,9
Підготовка до початку позиції	Підготовка заготовки на верстатному пристосуванні			5
	Сума			4,9
Витрати матеріалів з верстата	Поручення діли 10° Алару	500	1	0,5
	Поручення діли 10° Верст	30	0,5	0,1
	Зняти кінці заготовки 10° ПР	30	0,5	0,1
	Поручення діли 10° Алару	30	0,5	0,1
	Поручення діли 10° Верст	500	1	0,5
Підготовка діли 10° до складання стрічки	90"	90"	0,1	
Сума				1,6
Витрати матеріалів діли 10° на верстатному пристосуванні	Поручення діли 10° Верстат	500	1	0,5
	Поручення діли 10° Верст	30	0,5	0,1
	Розміщення 10° ПР	30	0,5	0,1
	Поручення діли 10° Алару	30	0,5	0,1
	Поручення діли 10° Верст	500	1	0,5
Поручення діли 10° Верст	30	0,5	0,1	
Сума				1,6
Підготовка до початку позиції	Підготовка діли 10° до складання стрічки	90"	90"	1,6
	Сума			1,6
Сума				16,125

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 частини робочого місця є раціональним рішенням для виконання допоміжних задач виробництва.
3. Для обслуговування верстату зазвичай використовують роботи, що мають 4-6 ступеней вільності
4. В робочому місці промислові роботи виконують первинні задачі автоматизації, а саме розвантажувальні та завантажувальні допоміжні операції.
5. Проаналізовано технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Корпус К-25А».
6. За результатами оцінки доцільності впровадження автоматизації вибрано операцію 005, оскільки її автоматизація дозволяє істотно скоротити допоміжні витрати 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 «Корпус К-25А».
9. Проаналізовано особливості встановлення деталі на верстаті за умови використання промислового робота.
10. Розроблено верстатне пристосування для обробки деталі «Корпус К-25А» на вертикальному фрезерному верстаті з ЧПК.
11. Виконано розрахунки складових похибки при установці заготовки в пристосуванні. Точність позиціонування становить 46,4 мкм, що дозволяє забезпечувати всі необхідні допуски розмірів для даної операції, а саме допуск розміру 3мм – 0,5мм.
12. Обрано промисловий робот моделі «M20P.40.01» для інтеграції в автоматизоване робоче місце.
13. Визначено схему захватного пристрою для обробки деталі «Корпус К-25А».
14. Проведено розрахунок часових витрат та досліджено залежності швидкісних і часових характеристик роботи від конструктивних особливостей маніпулятора та маси вантажу.
15. розраховано параметри роботи автоматизованого робочого місця: загальний час циклу складає 483,25 с.
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 4,16 роки.

ДОДАТОК Б

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

СПЕЦИФІКАЦІЯ

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	к	Прим.
				<u>Документація</u>		
A1			08-26.МКР.027.01.000 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
A2	1		08-64.МКР.027.02.000 СК	Пневмоциліндр	1	
				<u>Деталі</u>		
A3	2		08-64.МКР.027.01.001	Корпус	1	
A4	3		08-64.МКР.027.01.002	Кронштейн	2	
A4	4		08-64.МКР.027.01.003	Кронштейн	1	
A4	5		08-64.МКР.027.01.004	Кронштейн	1	
A4	6		08-64.МКР.027.01.005	Втулка	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
	8			Втулка 7030-0125 ГОСТ 12214-66	3	
	9			Гайка М6 ГОСТ 15526-70	4	
	10			Гвинт М6 х 20 ГОСТ 1491-80	4	
	11			Гвинт М5 х 16 ГОСТ 1491-80	8	
	12			Гвинт М6 х 25 ГОСТ 1491-80	4	
	13			Пластина верхня ГОСТ 4743-68	2	
	14			П'ята 7007-0039 ГОСТ 13437-68	1	
	15			Опора 7034-0276 ГОСТ 13440-68	3	

08-64.МКР.027.01.000 СП

зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
Разроб.		Яворський А.А.		12.12.25
Пров.		Лозінський Д.О.		15.12.25
Н.контр.		Сердюк О.В.		15.12.25
Чтв.		Козлов Л.Г.		15.12.25

Верстатне пристосування

(Складальне креслення)

Лист	Лист	Листів
	1	2

ВНТУ,
гр. ЗПМ-24м

Додаток В

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Корпус К-25А"

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

Підрозділ кафедра ТАМ, ФМТ, гр. 2ПМ-24м
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism (КПІ) 18.62 %

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 _____
(підпис)

Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ
(ім'я, прізвище, посада)

Здобувач _____
(підпис)

Артем ЯВОРСЬКИЙ
(ім'я, прізвище)