

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"

08-64, МКР.001.00.000.ПЗ

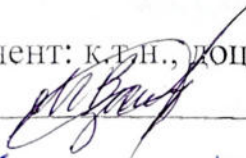
Виконав: студент 2-го курсу, групи 1ПМ-23м
спеціальності 131 – Прикладна механіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)


Андрій БОЛЯЧОК
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

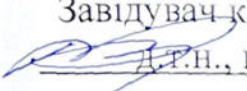
« 17 » 12 2024 р.

Опонент: к.т.н., доц. каф. АТМ

Микола МИТКО
(прізвище та ініціали)

« 21 » 12 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ТАМ


Д.Г.н., проф. Козлов Л.Г.

(прізвище та ініціали)

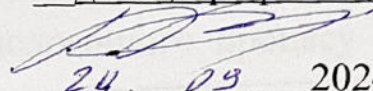
« 20 » 12 2024 р.

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Козлов Л.Г.



24. 09 2024 року

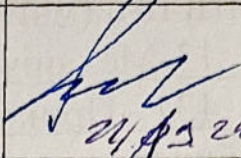
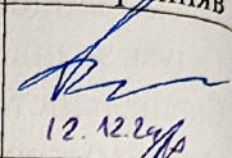
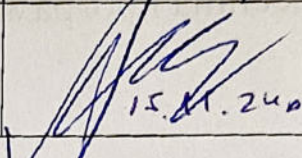
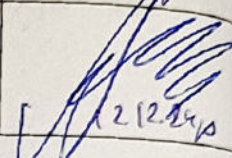
З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Болячку Андрію Богдановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи. Автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Корпус"
керівник роботи Лозінський Дмитро Олександрович, к.т.н., доцент
затверджені наказом вищого навчального закладу від 17.09.2024 року № 310
- Строк подання студентом роботи 21 грудня 2024 року
- Вихідні дані до роботи: креслення деталі "Корпус", маршрут механічної обробки заготовки деталі "Корпус", тип виробництва серійний
- Зміст текстової частини: 1 Огляд методів та засобів автоматизації виробництв. 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	 24.12.24р	 12.12.24р
Економічна частина	К.т.н., проф. Олександр ЛЕСЬКО	 15.11.24р	 12.12.24р

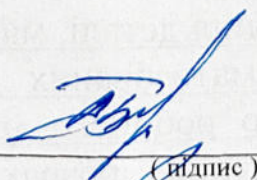
7. Дата видачі завдання 24. 09 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	П. М.
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	25. 12. 24р	Вкл
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	30. 10. 24р	Вкл
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	15. 11. 24р	Вкл
4	Розв'язання поставлених задач	5. 12. 24р	Вкл
5	Формулювання висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	10. 12. 24р	Вкл
6	Виконання розділу «Економічна частина»	12. 12. 24р	Вкл
7	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	— 11 —	—
8	Перевірка роботи на плагіат	10. 12. 24р	Вкл
9	Попередній захист МКР	12. 12. 24р	Вкл
10	Нормоконтроль МКР	16. 12. 24р	Вкл
11	Рецензування МКР	21. 12. 24р	Вкл
12	Захист МКР	23. 12. 24р	Вкл

Студент

Керівник роботи


(підпис)

Андрій БОЛЯЧОК


(підпис)

Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Болячок А.Б. Автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі “Корпус”. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – прикладна механіка. Вінниця ВНТУ, 2024, 80с.

На укр. мові. Бібліограф.: 29 назв; рис. 24; табл. 15.

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

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 операцій.

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

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

ABSTRACT

Boliachok A.B. Automation of the workplace for the technological process of mechanical machining of the "Body" workpiece. Master's qualification thesis on specialty 131 - applied mechanics. Vinnytsia VNTU, 2024, 80 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 29 titles; Fig. 24; 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.

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.....	14
2 РОЗРОБКА СХЕМИ АВТОМАТИВАНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ КОРПУС НА ФРЕЗЕРНІЙ ОПЕРАЦІЇ З ЧПК.....	15
2.1 Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі та конструктивних особливостей виробу.....	15
2.2 Принципова схема автоматизованого робочого місця.....	15
2.3 Висновки до розділу.....	16
3 АЛГОРИТМ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ КОРПУС НА ФРЕЗЕРНІЙ ОПЕРАЦІЇ З ЧПК.....	17
3.1 Алгоритм роботи автоматизованого робочого місця механічної обробки деталі Корпус на фрезерній операції з ЧПК.....	17
3.2 Висновки до розділу.....	18
4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВИРОБНИЦТВА	19
4.1 Вибір основного обладнання.....	19
4.2 Розробка компонування верстатного пристосування.....	22
4.3 Вибір промислового робота (ПР) для АРМ.....	36
4.4 Проектування (вибір) захватного пристрою.....	38
4.5 Аналіз точності позиціювання деталі.....	39
4.6 Побудова та розрахунок траєкторії руху елементів ПР.....	42
4.7 Вибір допоміжного устаткування для АРМ.....	45
4.8 Аналіз можливих варіантів компоновок АРМ.....	46
4.9 Розрахунок швидкостей переміщення заготовки.....	47

	5
4.10 Розробка циклограми функціонування АРМ.....	49
4.11 Визначення основних показників АРМ.....	55
4.12 Висновки до розділу.....	57
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	58
5.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи.....	58
5.2 Оцінювання комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки.....	60
5.3 Прогноз попиту на інноваційне рішення.....	63
5.4 Вибір каналів збуту та післяпродажного обслуговування.....	63
5.5 Виявлення основних конкурентів.....	63
5.6 Обрання методу ціноутворення.....	64
5.7 Оцінка рівня якості інноваційного рішення.....	65
5.8 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення.....	67
5.9 Прогнозування витрат на виконання роботи.....	68
5.10 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки	74
5.11 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності	76
5.12 Висновки до розділу.....	79
Висновки.....	92
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	94
ДОДАТКИ.....	98
Додаток А. Ілюстративна частина.....	99
Додаток Б. Специфікація.....	112
Додаток В. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	114

ВСТУП

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

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

Актуальність теми.

Автоматизація виробничих процесів за допомогою роботизованих систем змінює загальне сприйняття виробничих систем. Промислові роботи є надійною альтернативною технологією як для створення гнучких і переналаштовуваних виробничих систем, які вирішують різноманітні виробничі завдання, так і для вдосконалення існуючих виробничих місць.

Впровадження роботизованих осередків у виробничі процеси постійно зростає у всьому світі, і прогнози вказують на те, що ця тенденція збережеться і надалі [1 -3].

Питаннями автоматизації різних елементів виробництва присвячені роботи Козлова Л.Г., Павленко П.М., Муляра Ю.І. В роботах авторів Павленка І.І., Мажари В.А., Цвіркуна Л.І., Isak Karabegović та інших розглянуті питання застосування автоматизації та роботизації у виробничих галузях [1 -5].

Проте елементи автоматизації постійно вдосконалюються тому дослідження присвячені автоматизації елементів виробництва є актуальною задачею.

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".

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати такі завдання:

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

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

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

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" 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".
3. Розраховано часові витрати та побудовано циклограму функціонування автоматизованого робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Корпус".
4. Сформульовано практичні рекомендації щодо вибору конструктивних параметрів промислового робота для корегування швидкісних параметрів виконання операцій.

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

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи розглядалися на конференції ВНТКП ВНТУ. Факультет машинобудування та транспорту ВНТУ 2024р., м. Вінниця. та міжнародній молодіжній науково-технічній конференції «МОЛОДА НАУКА - РОБОТИЗАЦІЯ І НАНОТЕХНОЛОГІЇ СУЧАСНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ», 10-12 квітень 2024 р.

Публікації. Матеріал магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано у 2 – тезах доповідей конференцій [26, 27].

1 ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВ

1.1 Огляд існуючих методів та засобів автоматизації виробництва

Промисловість постійно вдосконалюється та покращує свою ефективність, що є запорукою її рентабельності.

У машинобудівній галузі промислові роботи застосовуються для вирішення певних типових задач [10-12]:

- як невід'ємна частина сучасних виробничих ліній, які проектується з високим ступенем автоматизації та гнучкими характеристиками;
- для інтеграції вже встановлених виробничих установок, де застосування промислових роботів значно підвищують ефективність роботи підприємства, забезпечуючи його продуктивність [2].

Розглянемо основні приклади застосування на виробництві.

Авторами роботи [2] проведено аналіз використання промислових роботів для різних допоміжних завдань, таких як зміна інструменту (рис. 1.1) або позиціонування заготовки (рис. 1.2)

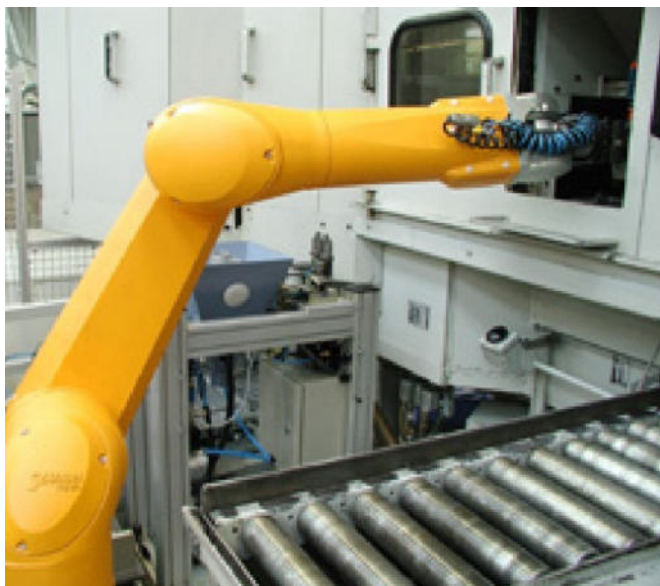


Рисунок 1.1 – Застосування промислових роботів для зміни інструментів



Рисунок 1.2 – Застосування промислових роботів для переустановки заготовки

Використання одного робота для виконання різних завдань є досить економічна ефективним рішенням та дозволяє більш швидко синхронізувати роботу автоматизованого обладнання при зміні деталей що обробляються.

В роботі представлено аналітичні дослідження стосовно геометрії роботизованого устаткування. 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).

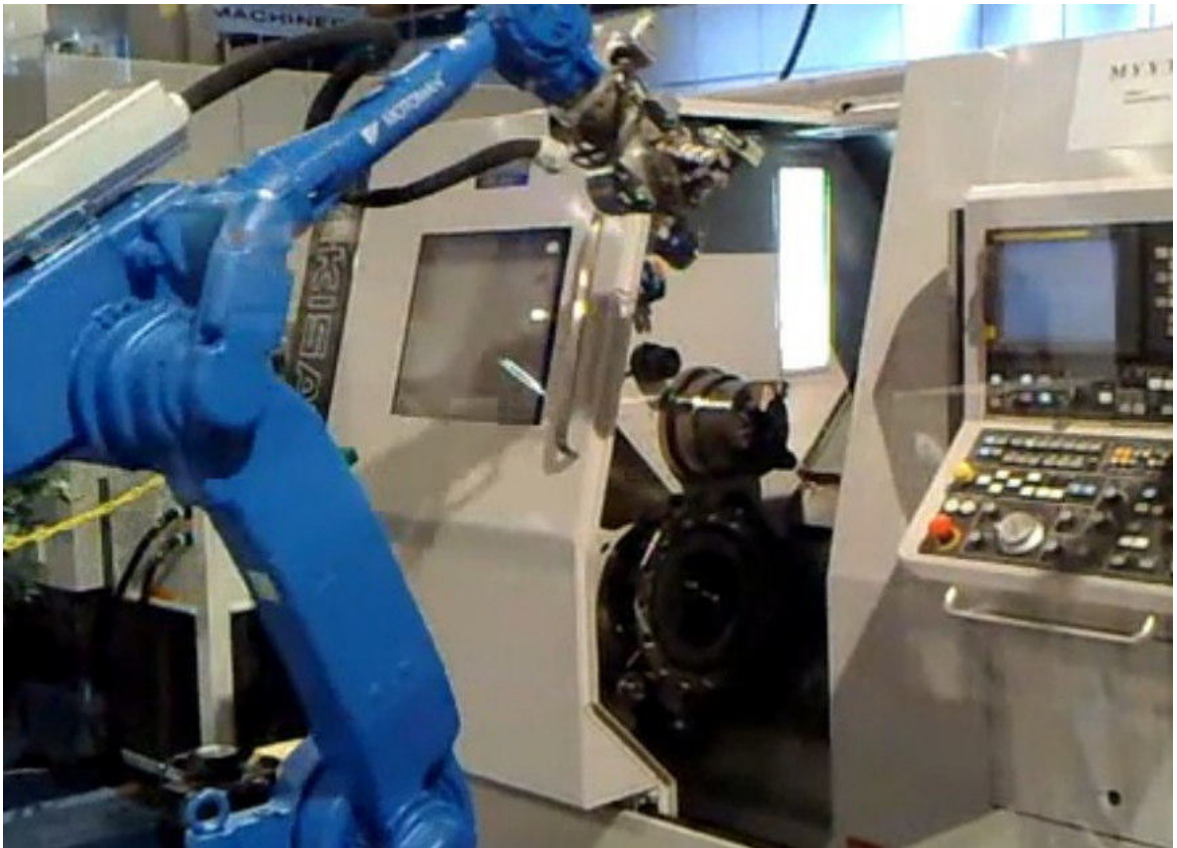


Рисунок 1.3 – Застосування промислових роботів в машинобудуванні

Авторами роботи [1] проведено досить ґрунтовний аналіз придатності різних типів роботів для виконання різнотипних завдань в машинобудуванні

Зокрема досліджено застосування роботизованих місць для механічної обробки та встановлено, що такі автоматизовані робочі місця застосовуються в різних промислових секторах і здатні вирішувати ключові виробничі задачі для широкого спектра виробів. Успішне впровадження промислових роботів охоплює велику кількість галузей промисловості. Досліджено застосування роботів як основного обладнання автоматизованого робочого місця.

Використання такого варіанту хоча і має значні позитивні якості, проте часто обмежено твердістю оброблюваного матеріалу, що, зокрема, є наслідком не достатньої жорсткості роботизованого обладнання для виконання лезвійної обробки безпосередньо (рис. 1.5)

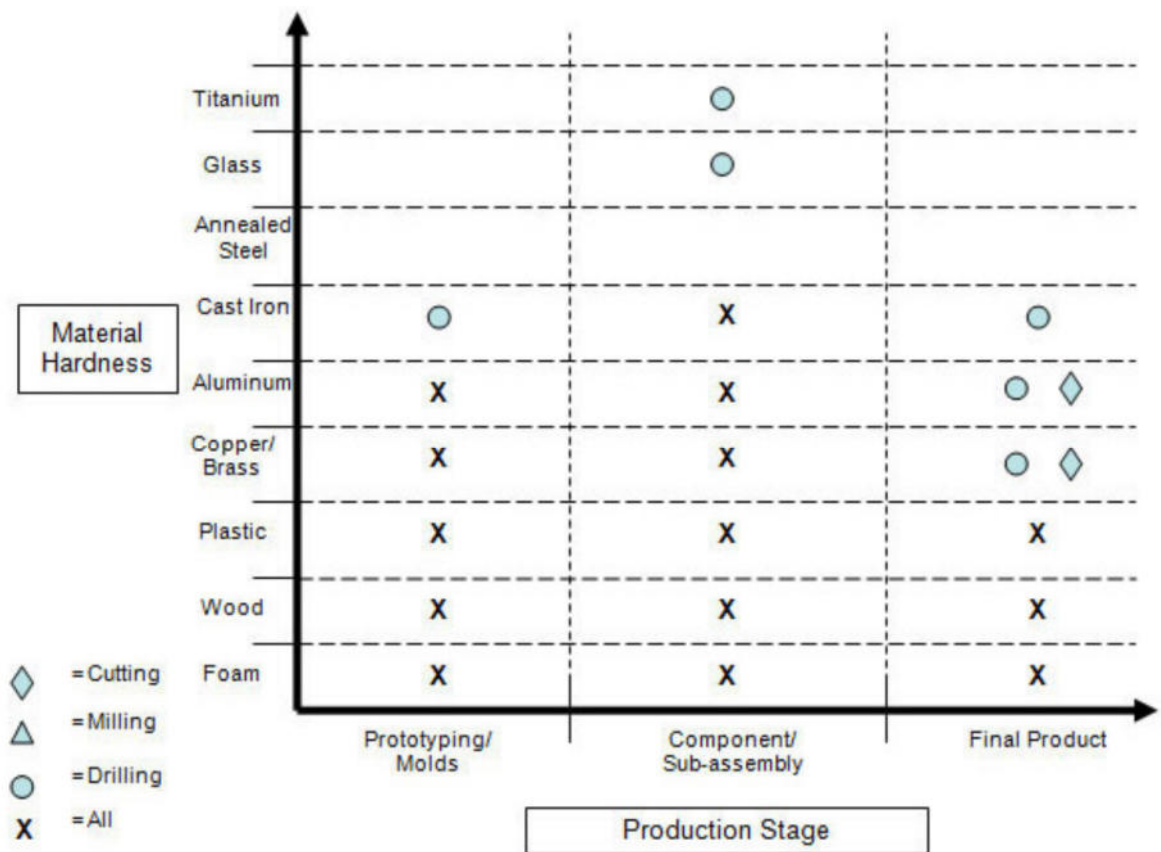


Рисунок 1.5 – Застосування роботів для обробки матеріалів

В роботі [13] розглянуто комплекс роботизованого обладнання та верстату з числовим програмним керуванням для виконання фрезерних робіт (рис. 1.6).

Особливістю даної розробки є застосування комплексного підходу, як до вибору компонентів комплексу так і до застосування автоматизації в цілому. Оскільки пропонується застосувати елементи автоматизації не тільки до процесу виробництва, а також до процесу програмування його елементів та технологічної підготовки виробництва взагалі.



Рисунок 1.6 – Фрезерний роботизований технологічний комплекс на базі верстаті HAAS DM-2

1.2 Висновки до розділу

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

2. Автоматизовані чи роботизовані елементи зазвичай виконують допоміжні функції.

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

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

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

2.1 Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі та конструктивних особливостей виробу

Для прийняття раціонального рішення про вдосконалення робочого місця шляхом автоматизації роботи його певних процесів потрібно визначити, яка технологічна операція є найбільш оптимальною для впровадження вищеназваних покращень.

Проаналізувавши технологічний процес можна виділити дві операції, які мають найменшу кількість переходів і, відповідно, відносну частку допоміжного часу вищу. Проте оскільки базування заготовки на операції 005 виконується на чорнові бази, це дозволить полегшити розробку автоматизованого оснащення для верстату та використовувати менш точне устаткування та роботизоване обладнання. Саме тому дана операція обрана для впровадження автоматизації [14-16].

2.2 Принципова схема автоматизованого робочого місця

Схема компоновки робочого місця є важливим етапом розробки оскільки від того за яким принципом будуть розташовані його компоненти залежатимуть властивості та характеристик його компонентів. Зокрема роботизованого обладнання. Для нашого робочого місця є доцільним розташувати промисловий робот так, щоб він міг обслуговувати усі задіяні одиниці як основного так і допоміжного обладнання. Для таких цілей найкраще підходить компоновка «кільцева» (рис. 2.1).

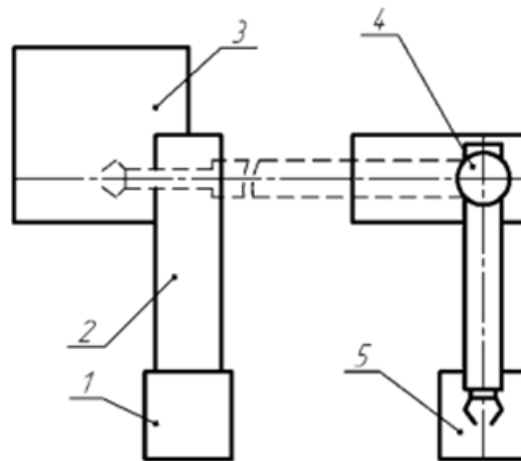


Рисунок 2.1 – Схема автоматизованого робочого місця

1, 2 - обладнання для подачі заготовок, 3 - основне обладнання, 4 – робот, 5 – допоміжне обладнання

2.3 Висновки до розділу

1. Проаналізовано технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Корпус».

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

3 АЛГОРИТМ РОБОТИ АВТОМАТИВАНОГО 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 процес обробки на робочому місці має бути повністю автоматизованим, то необхідно розробити послідовність дій елементів робочого місця для виконання необхідних переходів та дій при виконанні процесу обробки (табл. 3.1) [11].

Таблиця 3.1 - Алгоритм роботи 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

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».

4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВИРОБНИЦТВА

4.1 Вибір основного обладнання

Головною частиною автоматизованого робочого місця є технологічне обладнання (металоріжучі верстати, преси, нагрівальні печі і т.д.), оскільки його робота забезпечує отримання продукції [14-15].

Обладнання для робочого місця мають 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" верстат моделі 6P13PФЗ повністю відповідає заданим вимогам.

Верстати моделі 6P13PФЗ призначені для багатоопераційної обробки деталей складної конфігурації із сталі, чавуну, кольорових і легких металів, а також інших матеріалів. Поряд з фрезерними операціями на верстатах можна виробляти точне свердління, розточування, зенкерування і розгортання отворів

Основні параметри верстата:

клас точності верстата - Н ;

довжина робочої поверхні стола, мм - 1600;

ширина стола, мм – 400;

переміщення стола X,Y,Z, мм – 1000, 400, 380;

габарити верстата (довжина, ширина, висота (мм)) – 3200, 2500, 2450;

маса, кг – 6900;

потужність двигуна, кВт – 7.5;

межі частот обертання шпинделя min/max об/хв – 40/3000;

число інструментів в магазині, шт – 8.

Час зміни інструменту, с - не більше 8.

4.1.2 Розробка алгоритму виконання операцій

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

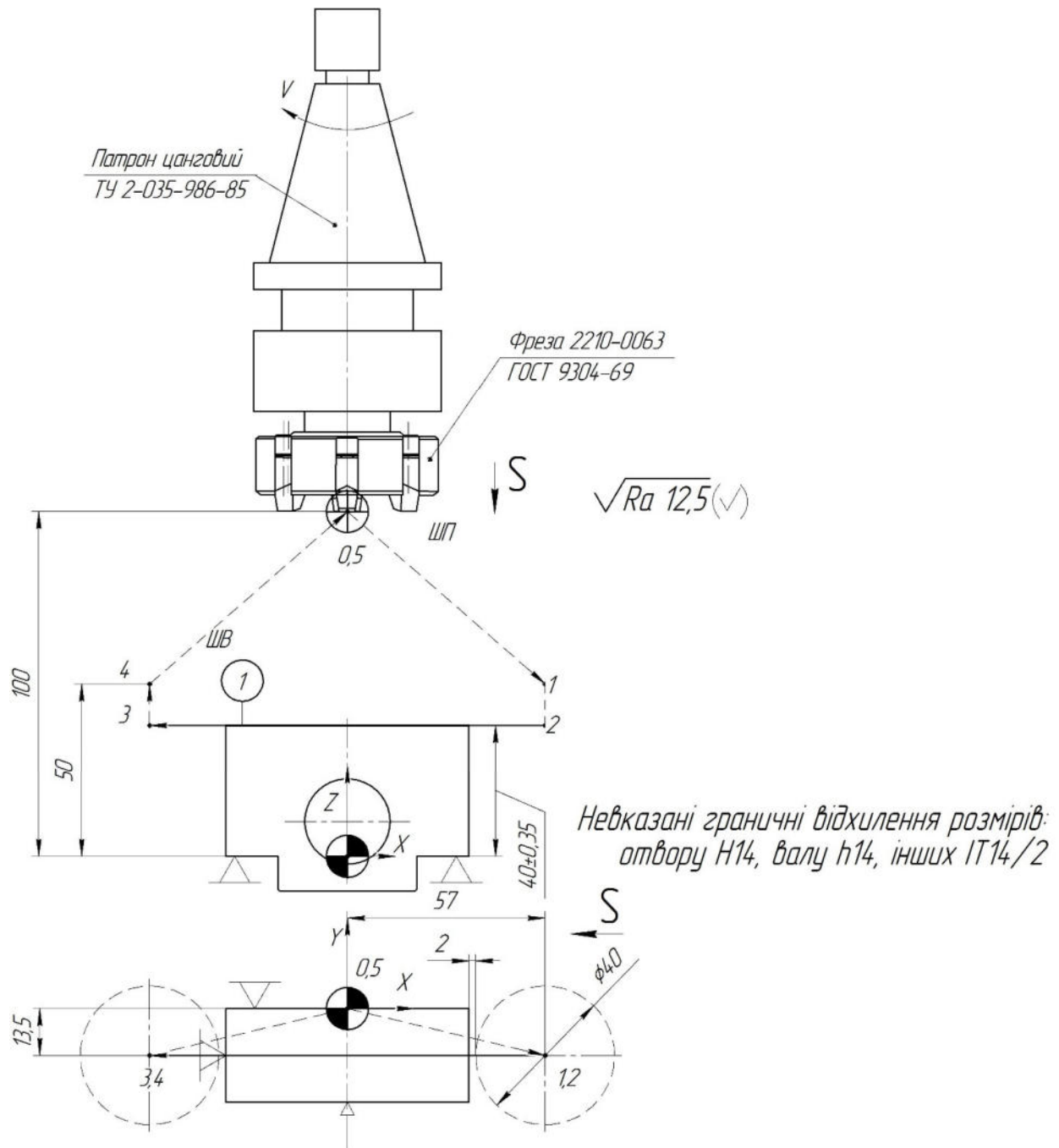


Рисунок 4.1 –Послідовність виконання переходів на операції

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	0(BT)	+0	+0	+100
	1	+57	-13.5	+50
	2	+57	-13.5	+40
	3	-57	-13.5	+40
	4	-57	-13.5	+50
	5	+0	+0	+100

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

4.2 Розробка компонування верстатного пристосування

Оскільки основне обладнання є напіваавтоматичним, то виникає потреба в застосуванні додаткового оснащення для підвищення його ступеня автоматизації. В нашому випадку це автоматичне верстатне оснащення застосовується для організації процесу затиску та роз тискання заготовки в автоматизованому режимі

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

Затискний пристрій має мати механізований привід та керуватися дистанційно.

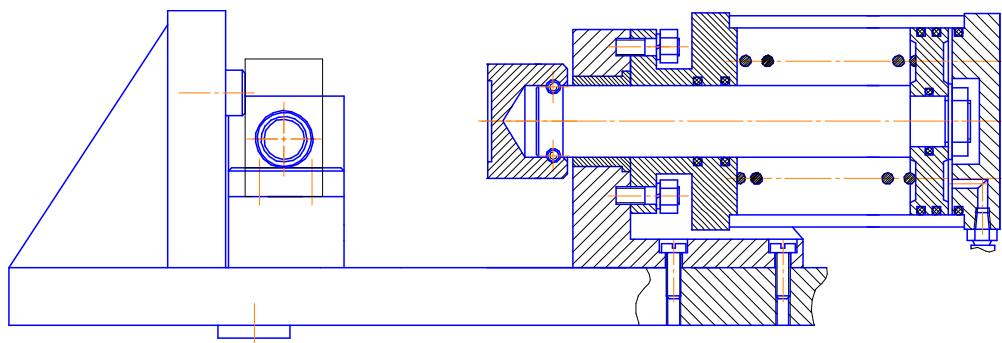


Рисунок 4.2– Схема оснащення

В конструкції пристосування, для полегшення його виготовлення застосовано стандартизовані елементи:

Сила затиску направлена в сторону опорних елементів. Вона не повинна деформувати заготовку. При установці заготовки плоскими поверхнями в пристосуванні, як правило, використовуються постійні опори або опорні пластини вони використовуються при установці заготовок обробленими поверхнями [14].

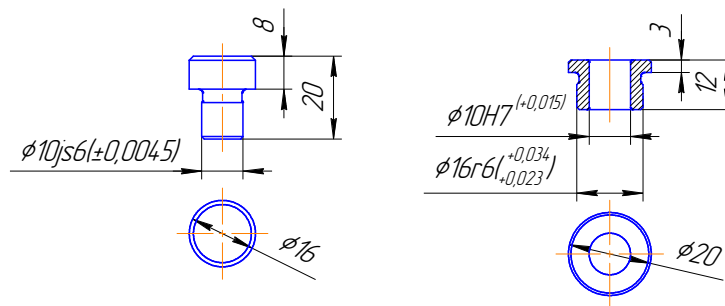


Рисунок 4.3 – Стандартні установні елементи

В нашому випадку використовуються наступні установочні елементи: опори та опорні пластини.

4.2.1 Розрахунок необхідної сили закріплення

Значні сили різання можуть виникати при фрезеруванні центральної лиски (рис. 4.4) .

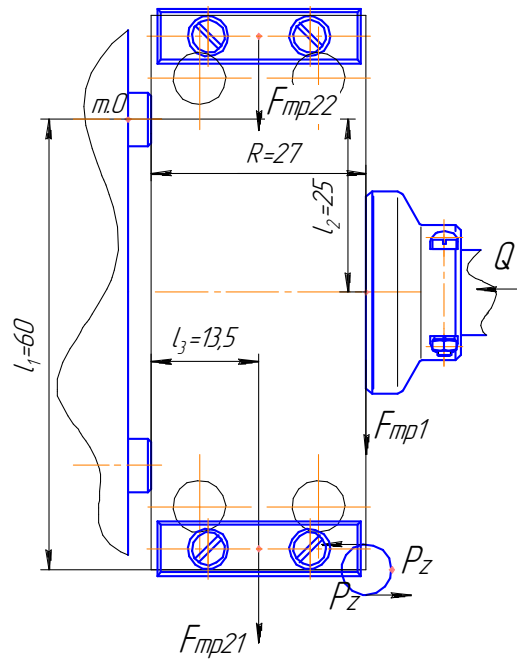


Рисунок 4.4 - Схема сил, що діють на деталь

Під дією крутного моменту різання який створюється силою різання деталь намагається повернутися навколо осі. Цьому моменту протидіє момент тертя M_{mp} , що створюється осьовим зусиллям і силою закріплення Q .

Складаємо схему дії сил різання.

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:

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

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

$$C_p = 54,6; q_p = 1,0; x_p = 0,9; y_p = 0,74; u_p = 1,0; w_p = 0.$$

$$n = 1250 \text{ об/хв.}$$

З урахуванням цього тангенційна сила:

$$P_z = \frac{54,6 \cdot 2^{0,9} \cdot 0,5^{0,74} \cdot 27^1 \cdot 6}{40^{1,0} \cdot 1250^0} \cdot 1,06 = 260 \text{ (H)}.$$

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

$F_{\text{тр1}} = P_y f_1$ та $F_{\text{тр2}} = P_y f_2$ сили тертя між упором і деталлю, і між деталлю, і опорами відповідно.

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

$R = 27 \text{ мм}$ – відстань від вісі деталі до нульової точки;

$$P_y : P_z = 0,25;$$

$l_1 = 150 \text{ мм}$ – відстань від нульової точки до точки прикладання сили.

$l_2 = 25 \text{ мм}$ – відстань від нульової точки до точки прикладання сили.

$l_3 = 13,5 \text{ мм}$ – відстань від нульової точки до точки прикладання сили тертя.

Знаючи значення тангенціальної сили різання, знайдемо силу закріплення Q :

$$Q_z = \frac{260 \cdot 0,06 - 2 \cdot 65 \cdot 0,2 \cdot 0,0135 - 65 \cdot 0,2 \cdot 0,027}{0,025} = 600(\text{H}); .$$

де K - коефіцієнт запасу;

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

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

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

K_2 - враховуємо зростання сили при затупленні інструменту, $K_2=1,4$;

K_3 - враховує наявність переривчатого різання, $K_3=1$;

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

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

K_6 - 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 мінімальне значення 2,5.

$$P_{закр} = 2,5 \cdot 600 = 1500 \text{ (Н)}.$$

4.2.2 Вибір силового приводу і розрахунок його параметрів

В якості приводу використовуємо пневматичний привод. Переваги такого приводу полягають в швидкодії (0,5 ... 1,2 с), постійності зусилля затискання і можливості його регулювання, простоті конструкції та експлуатації, незалежності працездатності від коливань температури зовнішнього середовища. Оптимальна робоча швидкість виконавчого механізму при застосуванні пневмоприводу складає 0,1 ... 2 м/с. При менших швидкостях виникають вібрації та нерівномірність ходу. З економічної точки зору, раціонально застосовувати.

Недоліком такого приводу є низький коефіцієнт корисної дії, великі габарити в порівнянні з гідроприводом, нерівномірність переміщення робочих

органів. Але ці недоліки не мають суттєвого впливу на точність обробки заданої поверхні деталі.

З'ясуємо основні параметри конструкції приводу

1) діаметр циліндру:

$$D = 113 \sqrt{\frac{N}{P \cdot \eta}} = 1.13 \sqrt{\frac{1500}{0.6 \cdot 0.9}} = 59.5(\text{мм});$$

Для зручності конструювання та можливості переналагодження пристосування на обробку, більших поверхонь, приймаємо 65 мм

2) площа поршня:

$$F_1 = 0.01 \cdot 0.785 \cdot 65^2 \cong 33.17 (\text{см}^2);$$

3) площа штокової порожнини:

$$F_2 = 0.01 \cdot 0.785 (D_u^2 - d^2) = 0.01 \cdot 0.785 (65^2 - 25^2) \cong 28.26 (\text{см}^2);$$

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

Приймаємо $V = 0.8 \text{ м/с}$;

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 $48,5 \pm 0,35$. Сумарна похибка (ε_Σ) повинна бути меншою, ніж допуск $T_{дет.}$ на відповідний розмір $\varepsilon_\Sigma < T_{дет.}$

4.2.3.1 Визначення складових похибки установки

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

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

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 $K_T = 1,0$ ($K_T=1...1,2$);

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

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

приймаємо $K_{T2} = 0,6$ ($K_{T2}=0.6...0.8$);

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

ε_z – похибка закріплення заготовки в пристосуванні;

ε_y – похибка установки заготовки в пристосуванні;

ε_u – похибка заготовки через зношення установчих елементів оснащення;

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

Проведемо розрахунки на зносостійкість опорних елементів.

1. Вибираємо матеріал і твердість робочих поверхонь опорних елементів.
Сталь 20Х, 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 48 дорівнює 0,62мм.

4.2.3.3. Похибка закріплення

Величина ε_3 відносно невелика. Відповідно до рекомендацій, приймемо $\varepsilon_3 = 10$ 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.

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

4.2.3.5. Похибка зношення

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

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

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 – критерії 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

$$\Pi_1 = 1.01 [16-17]$$

$$\Pi_2 = \frac{600}{615 \cdot 616 \cdot 10} = 0.00015 \text{ (мм)}.$$

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

де: K – коефіцієнт уточнення;

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

де K_t – враховує час безпосередньо контакту опори і заготовки,

$$K_t = 0,79 \cdot t_m = 0,79 \cdot 5,4 = 4,27.$$

$$C = 1818 - 1014 \cdot 1.01 - 1309 \cdot 0.00015 = 793.6 \text{ (встановлень/мкм)};$$

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

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

Отже, $K = 4,27 \cdot 1,12 \cdot 1,0 = 4,78$.

Тоді:

$$C_\phi = \frac{793.6}{4.78} = 166 \text{ (становок / мкм)}$$

$$\text{При } N = 5000 \text{ шт, } \varepsilon_{zn} = \frac{6000}{166} = 36 \text{ (мкм)}.$$

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:

$$[\varepsilon_{zn}] = 1,2 \sqrt{6000} = 92(\text{мкм}).$$

Таким чином $\varepsilon_{zn} = 36 \text{ мкм} < [\varepsilon_{zn}] = 92 \text{ мкм}$.

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

4.2.3.6 Похибка інструменту

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

Підставляємо отримані значення параметрів у вихідну формулу (4.2):

$$\varepsilon_{np} = 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0,62)^2 + 10^2 + 10^2 + 36^2 + 0_u^2 + (0,6 \cdot 0,12)^2} = 46 \text{ (мкм)}.$$

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

Точність пристосування знаходиться по параметрам, які впливають на досягнення вимагаємої точності розміру поверхонь, які підлягають обробці.

При виконанні переходу повинен бути витриманий паралельність площини відносно нижньої уступа – 0,12 мм, це викликає необхідність задати вимогу паралельності установних пластин до установчої бази пристосування –А (рис. 3.4).

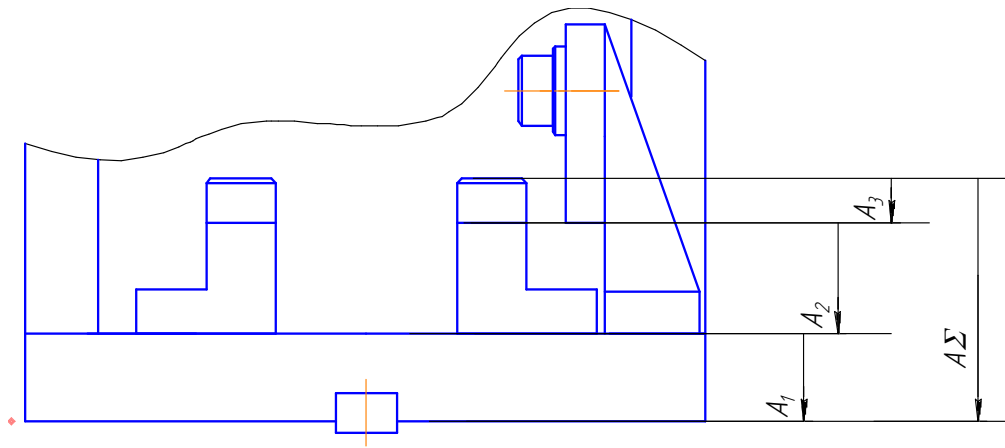


Рисунок 4.5– Розмірний аналіз пристосування

Розмірний ланцюг, який задає точність паралельного розміщення оброблюваної поверхні відносно установчої бази деталі, складається з ланок (рис. 4.4):

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

–Ланка A_1 – непаралельність установних поверхні пластин;

–Ланка A_2 – непаралельність установної поверхні;

–Ланка A_3 – непаралельність установних поверхонь корпусу пристосування.

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

$$A_{\Sigma} = A_1 + A_2 + A_3 \text{ [мм]} \quad (4.11)$$

$$0,12 = 0,04 + 0,04 + 0,04 \text{ (мм)}$$

4.2.4 Розрахунок деталей на міцність

Працездатність та надійність деталей характеризується відповідними критеріями. По одному або декількох критеріїв ведуть розрахунок, мета якого - визначення розмірів і матеріалів деталей пристосувань.

Найважливіші критерії – міцність, жорсткість, зносостійкість, вібростійкість.

До деталей, які не розраховуються відносять корпуса, кронштейни, стійки, базові плити тощо, а також більшість стандартних складальних одиниць і деталей, підібраних відповідно до їх призначення і характеристик.

Розрахуємо гвинт затискного пневмомеханізму

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma] = 118 \text{ МПа},$$

де $N = 1500 \text{ Н}$ – штовхаюче зусилля; $A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 12^2}{4} = 113 \text{ мм}^2$

– площа поперечного перерізу гвинта:

$$\sigma = \frac{1500}{113} \cong 13 \text{ МПа} < [\sigma] = 118 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

4.2.5 Опис роботи спроектованого пристосування

Пристосування встановлюється на стіл верстата. Орієнтується за допомогою шпонок, які кріпляться до основи 2 гвинтами. Основа кріпиться на столі верстата по Т – 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.

Для застосування в розробленому робочому місці, керуючись відповідними рекомендаціями [21-22], обрано промисловий робот моделі “ Taibot N- 25” (рис. 4.6), з наступним і характеристиками:

- вантажопідємність – 25 кг;
- число ступенів рухливості – 5;
- число рук -1;
- число захватних пристроїв на одній руці - 1;
- привод основних рухів - гідравлічний;
- система управління - позиційна;
- число програмованих координат- 5;
- засіб програмування перемещень- штекерна панель;
- ємність пам'яті системи, число кроків- 24;
- похибка позиціонування - $\pm 1,5$ мм;
- найбільший виліт руки – 1300 мм;
- лінійні переміщення, мм/ швидкість, м/с:
 $r = 700/0,5$;
 $z = 700/0,5$;
- кутові переміщення, °/ кутова швидкість, °/с:
 $\varphi = 220/24$;
 $\alpha = 180/90$;
 $\gamma = 220/90$;
- маса, кг- 730.

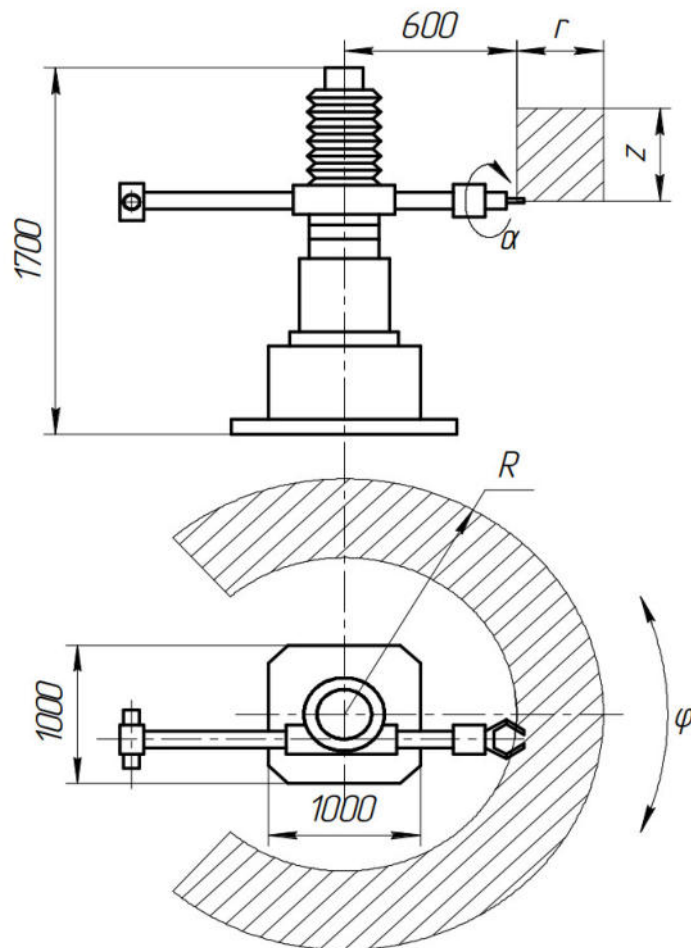


Рисунок 4.6 – Схема ПР

Багатоцільові роботи типу «Taibot N- 25» 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 1 в сферичній системі координат:

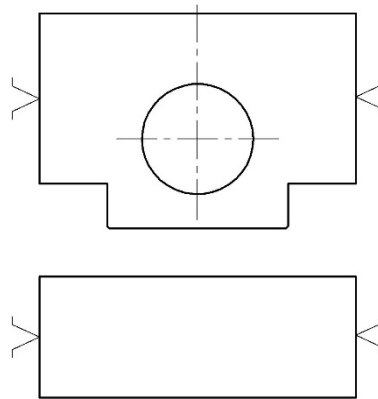
- поворот руки щодо вертикальної осі, щоб забезпечити переміщення заготовки від накопичувача до верстата;
- висунення руки відносно горизонтальної осі, щоб переміщати заготовку безпосередньо до шпинделя верстата;
- підняття руки вздовж вертикальної осі, щоб компенсувати можливу різницю висот розташування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

- повороту кисті маніпулятора навколо горизонтальній осі, для перевороту 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 затискання використаємо бокові плоскі поверхні (рис. 4.7).



Рисунку 4.7- Схема закріплення заготовки

4.4.1 Розрахунок зусиль затиску захватного органу промислового робота

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

$$F = K_1 K_2 K_3 m g, [\text{H}] \quad (4.1)$$

де m – маса об'єкту маніпулювання;

g – прискорення вільного падіння;

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

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

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

$$K_3 = \frac{\sin \theta}{2\mu}, \quad (4.12)$$

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

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

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

$$F = 1,2 \cdot 2 \cdot 2,9 \cdot 0,58 \cdot 9,8 = 39,6 \text{ (Н)}$$

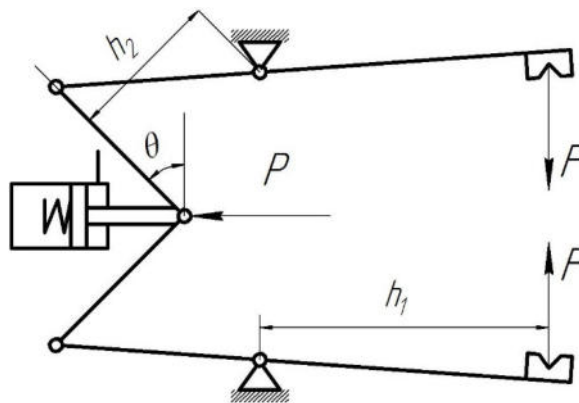


Рисунок 4.8 – Схема захватного пристрою

Зусилля затиску для вибраної схеми:

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

звідки

$$P = \frac{h_1}{h_2} \cdot 2 \sin \theta \cdot F \quad (4.14)$$

При конструюванні ЗП приймаємо $h_1=40\text{мм}=0,040\text{м}$, $h_2=0,08\text{м}$ кут $\theta=60^\circ$

$$P = \frac{0.040}{0.080} \cdot 2 \cdot \sin 45 \cdot 39.6 = 28 (H)$$

Визначимо діаметр поршня

Для циліндра односторонньої дії [4]

$$F = p_{\epsilon} \cdot \frac{\pi \cdot D}{4} - F_T - F_{\text{ПР}}$$

де p_{ϵ} – робочий тиск повітря в системі. Приймаємо $p_{\epsilon}=0,6 \text{ МПа}=0,6 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$, D – діаметр поршня; F_T – сила тертя в ущільненнях (до 10% від зусилля, що розвивається). Приймаємо $F_T=3 \text{ Н}$; $F_{\text{ПР}}$ – зусилля створюване пружиною (в кінці ходу до 10% від зусилля, що розвивається). Приймаємо $F_{\text{ПР}}=3 \text{ Н}$.

Звідки

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F + F_T + F_{\text{ПР}}}{\pi \cdot p_{\epsilon}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (28 + 3 + 3)}{\pi \cdot 0.6 \cdot 10^6}} = 8.5 \cdot 10^{-3} (м)$$

Приймаємо найближчий стандартний діаметр поршня $D=16 \text{ мм}$.

4.5 Аналіз точності позиціювання деталі

Розглянемо похибки, виникаючі при автоматичній установці заготовки на верстат (рисунок 4.20):

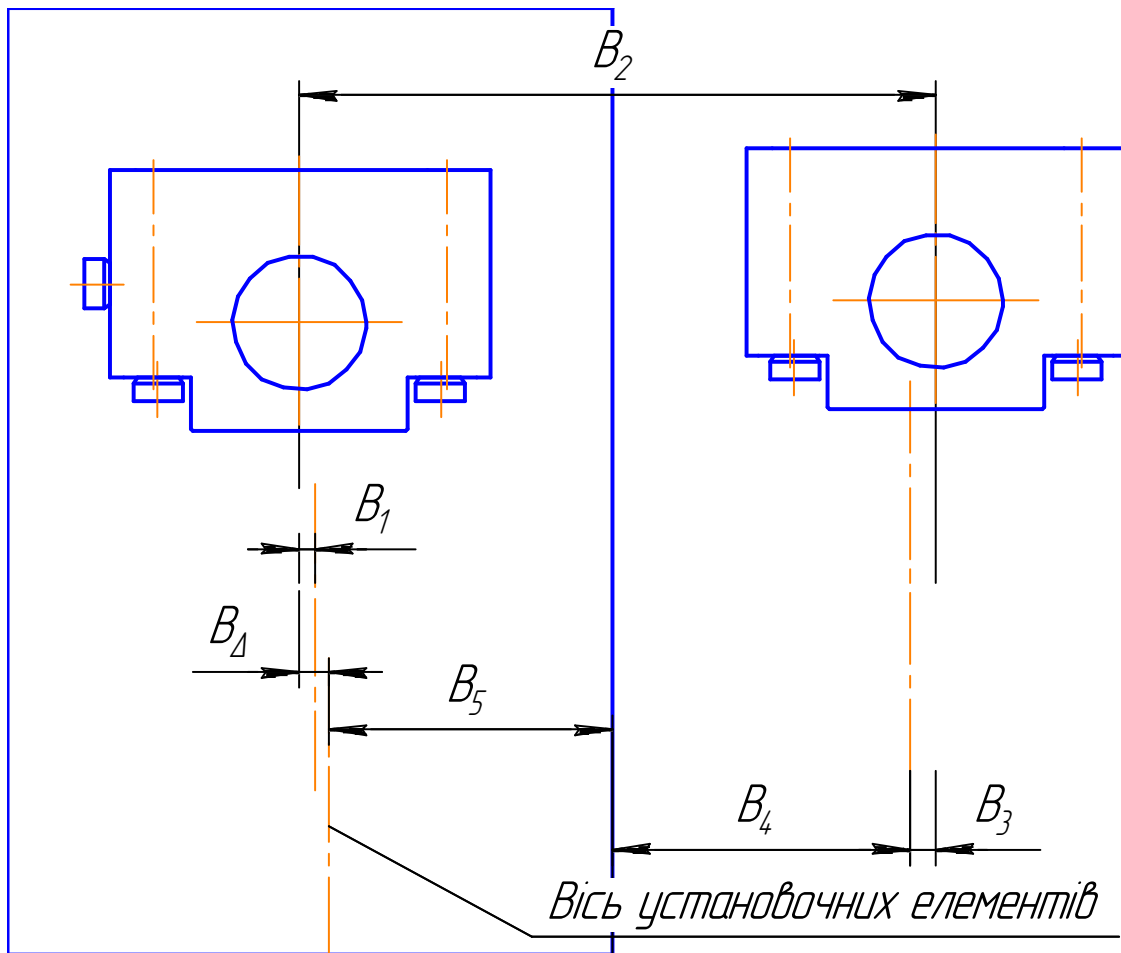


Рисунок 4.9 – Схема розмірних зв'язків

B_{Δ} – відхилення від положення затискного пристрою верстата і осі завантажуваної заготовки;

B_1 – похибка відхилення від співвісної заготовки;

B_2 – похибка програмовані переміщення маніпулятора;

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

B_4 – похибка відхилення відстань між верстатом і роботом;

B_5 – похибка відхилення розташування оснащення на робочому столі верстату.

Установка заготовки на оправку можлива за умови, що B не перевищує максимально допустиме значення [20-23]:

$$B_{\max} = \frac{B - b}{2 \cdot K_3}, \text{ [мм]} \quad (4.15)$$

де B – установочний розмір ;

b – ширина деталі;

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

$$B_{\max} = \frac{18}{2 \cdot 1,1} = 8,2 \text{ (мм)},$$

$$B_3 = 500 \pm 1,5 \text{ мм};$$

$$B_2 = 0 \pm 0,5 \text{ мм};$$

$$B_1 = 150_{-1,0} \text{ мм};$$

$$B_4 = 1000(h12)_{-0,9} \text{ мм};$$

$$B_5 = 280_{-1,4} \text{ мм};$$

$$T\Delta = 3,0 + 1,0 + 1,0 + 0,9 + 1,4;$$

$$T\Delta = 7,3 \text{ мм}.$$

Оскільки $T\Delta \leq B_{\max}$, 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(град)
r0 1	Переміщення руки маніпулятора робота вперед	500
	Затиск заготовки	-
z1 2	Переміщення руки маніпулятора робота вгору	200
r2 3	Переміщення руки маніпулятора робота назад	500

Продовження таблиці 4.2

Елемент траєкторії	Коментар	Величина переміщення, мм(град)
φ3 4	Поворот руки маніпулятора робота за год. стрілкою	90°
r4 5	Переміщення руки маніпулятора робота вперед	500
z5 6	Переміщення руки маніпулятора робота вниз	200
	Розтиск заготовки	-
r6 7	Переміщення руки маніпулятора робота назад	500
	Вистій руки маніпулятора робота	-
r7 8	Переміщення руки маніпулятора робота вперед	500
	Затиск заготовки	-
z8 9	Переміщення руки маніпулятора робота вгору	200
r910	Переміщення руки маніпулятора робота назад	500
φ 1011	Поворот руки маніпулятора робота за годинниковою стрілкою	90°
r1112	Переміщення руки маніпулятора робота вперед	500
z1213	Переміщення руки маніпулятора робота вниз	200
	Розтиск заготовки	-
r1314	Переміщення руки маніпулятора робота назад	500
φ 1415	Поворот руки проти за маніпулятора робота проти годинникової стрілки	180°

Представимо на рисунку 4.10 фрагменти траєкторії переміщення ПР.

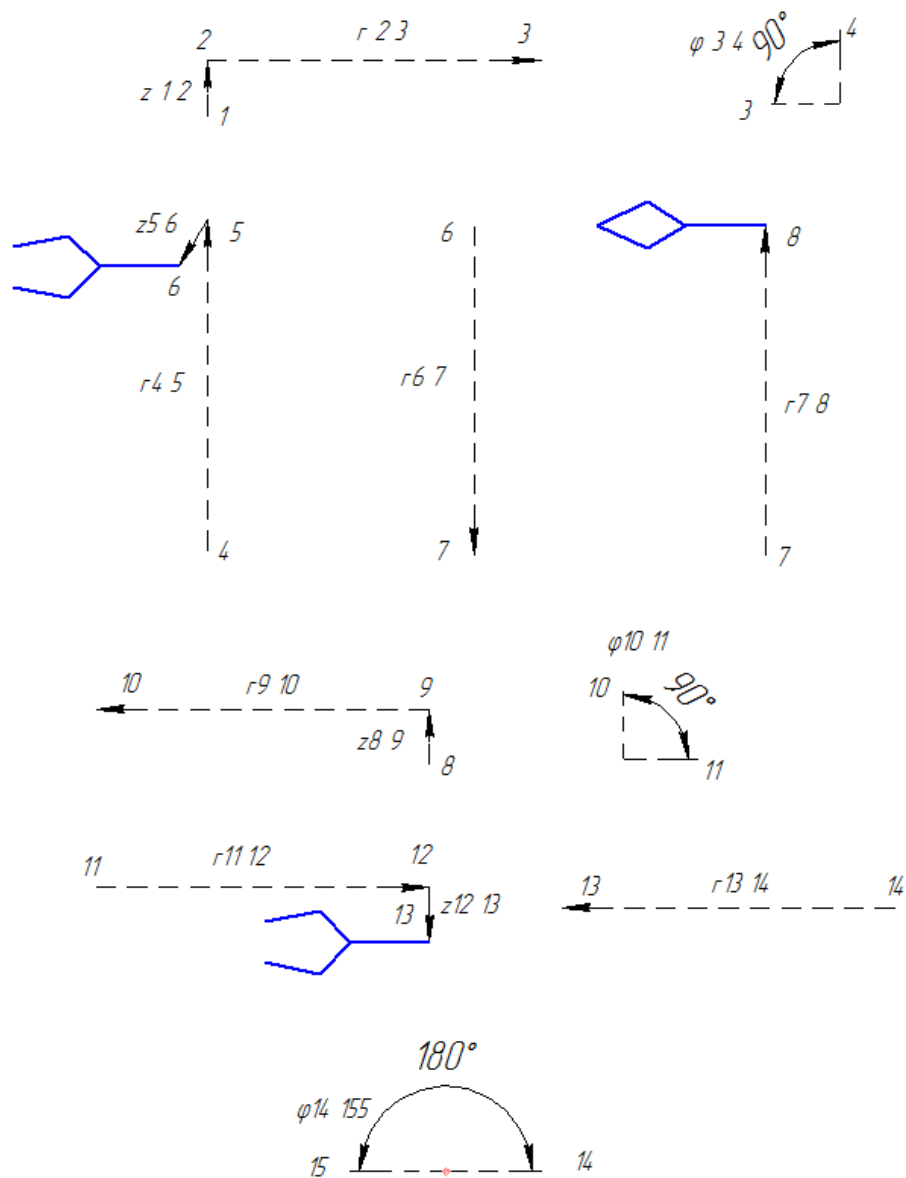


Рисунок 4.10 - Фрагменти траєкторії переміщення ПР

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 [24-26] (рис. 4.11, 4.12).

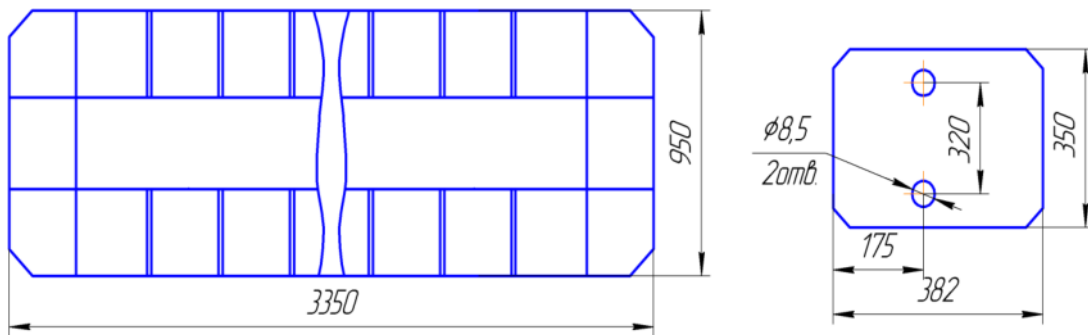


Рисунок 4.11 - Схема тактового столу СТ 350

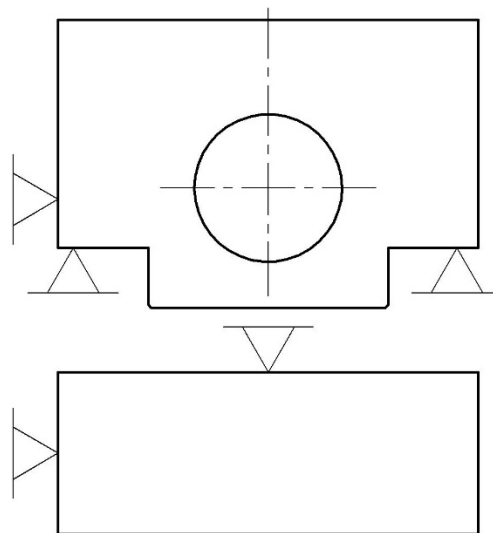


Рисунок 4.12 - Схема установки заготовки на тактовому столі

4.8 Аналіз можливих варіантів компоновок АРМ

Розглянемо найбільш часто використовувані компоновальні схеми: лінійного типу, кільцевого типу, порталного типу [5].

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 - 4.13.

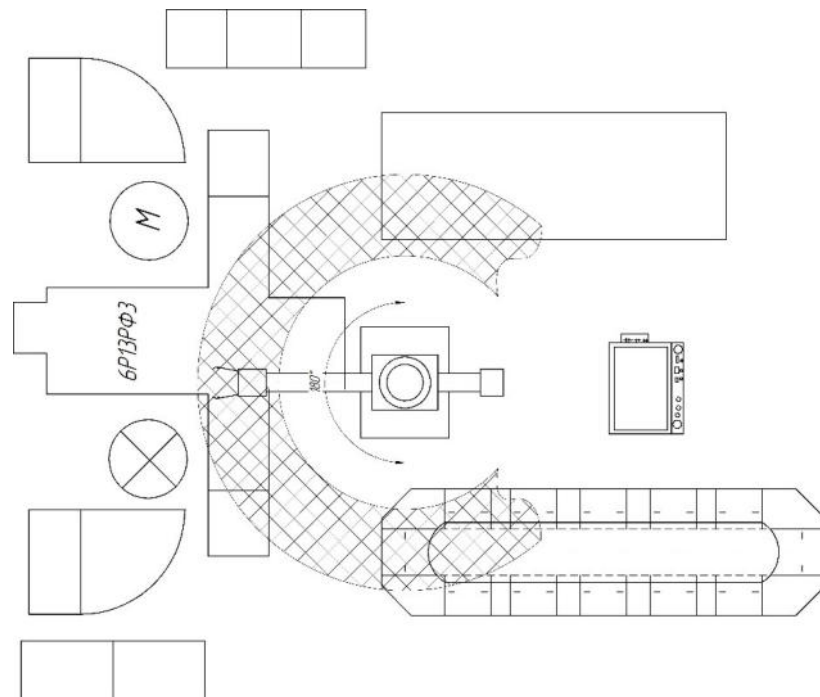


Рисунок 4.13 - Компонувальна схема кільцевого типу

4.9 Розрахунок швидкостей переміщення заготовки

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

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

де L_x - виліт руки ПР;

Δl - похибка позиціонування;

M - маса об'єкту маніпулювання (маса заготовки, деталі). Розрахунки виконуємо по найбільшій масі $m_{\text{заг.}} = 0,58$ кг.

$$V_R = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot \sqrt[4]{3}}{\sqrt[3]{0,58}} = 1,58 (\text{м} / \text{с}).$$

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

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

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

L_x - довжина шляху при вертикальному переміщенні, м;

M - маса об'єкту маніпулювання;

$$V_Z = \frac{3 \cdot \sqrt{0,2} \cdot \sqrt[4]{3}}{\sqrt[3]{0,58}} = 2,11 (\text{м} / \text{с}).$$

Кутова швидкість при повороті руки ПР щодо вертикальної осі:

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

де δ – похибка кутового позиціонування, с;

φ – кут повороту руки, рад.;

$$\delta = \frac{\Delta l}{L_x} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot 3600 = \frac{0.003}{1} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot 3600 = 619.11 \text{ (с)}.$$

$$\omega = \frac{0,5\sqrt{3.14} \cdot \sqrt[4]{619.11}}{\sqrt[3]{(2 \cdot 0.5)^4}} = 4,4 \text{ (рад / с)}.$$

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: 0,5м/с, 0,5м/с та 90°/с.

4.10 Розробка циклограми функціонування АРМ

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

Визначити час виконання кожного руху маніпулятора можна використавши формули:

$$t_I = \frac{\varphi_I}{\omega_I}; [\text{с}] \quad (4.19)$$

$$t_I = \frac{l_I}{V_I}, [\text{с}] \quad (4.20)$$

де φ_I - кути поворотів механізмів;

l_I - лінійні переміщення механізмів;

ω_I, V_I - швидкості кутового і лінійного переміщення механізмів по відповідній координаті.

Врахувавши визначення 4.14-4.16 проведемо дослідження впливу параметрів маніпулятора робота на його швидкість та інші характеристики.

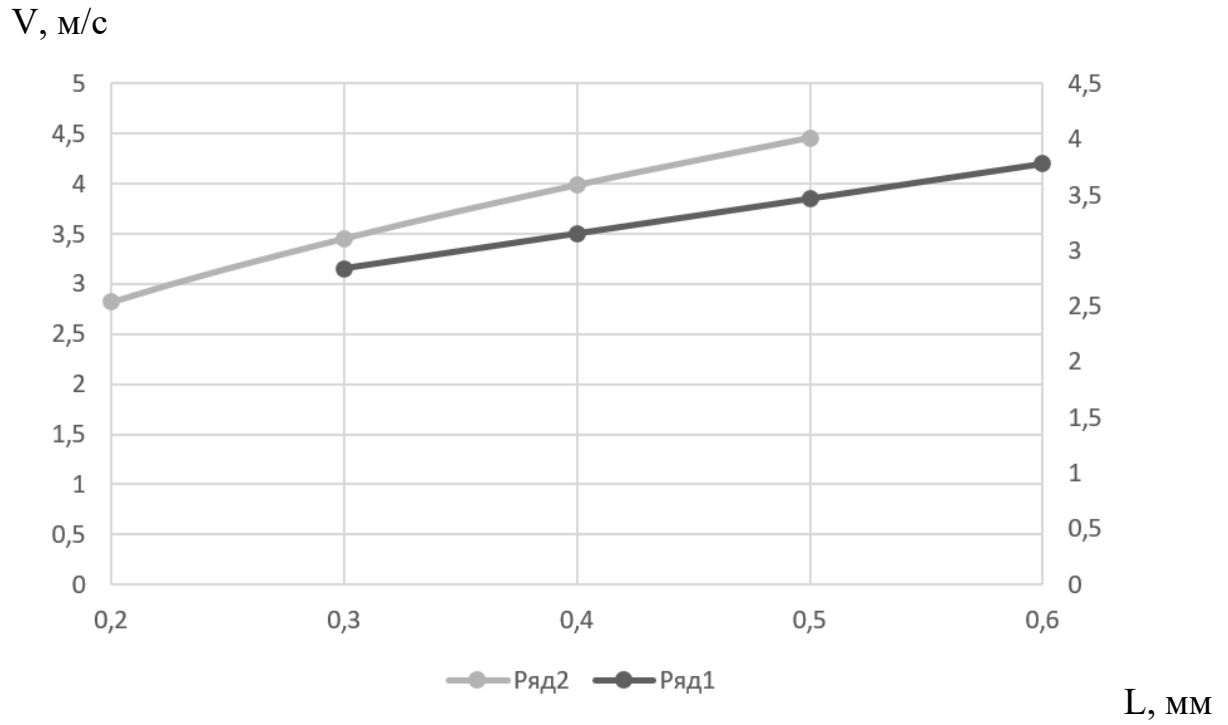


Рисунок 4.14 – Залежність швидкості переміщення по осі X та Z від максимального вильоту

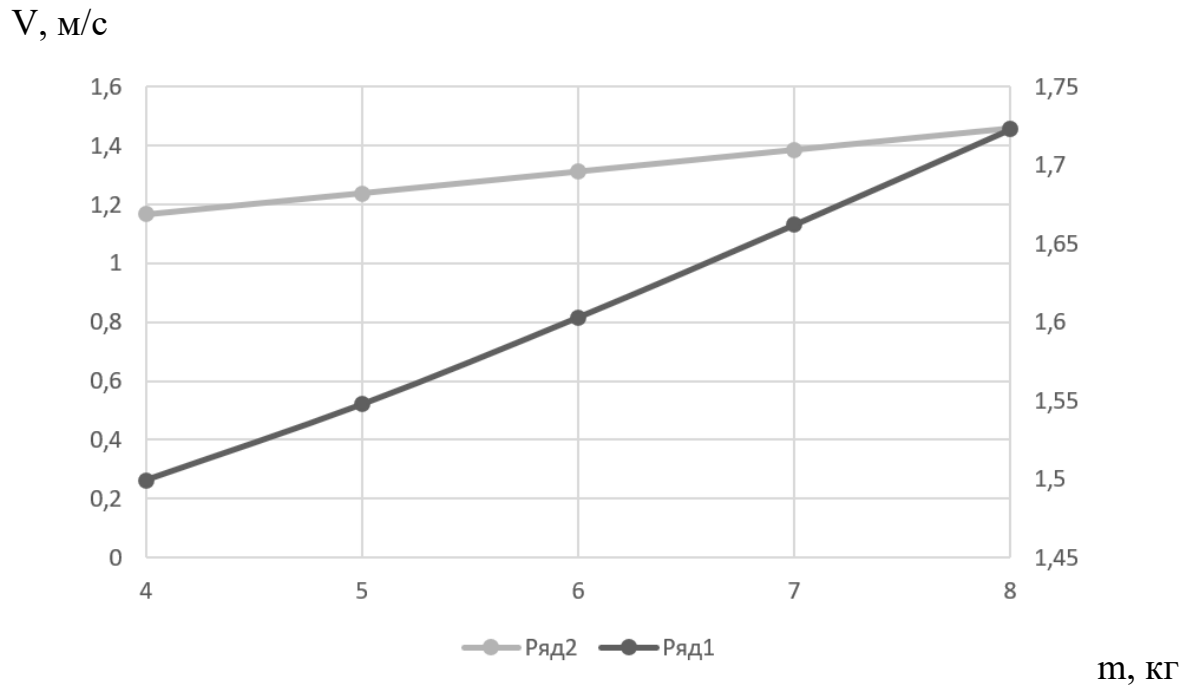


Рисунок 4.15 – Залежність швидкості переміщення по осі X та Z від маси

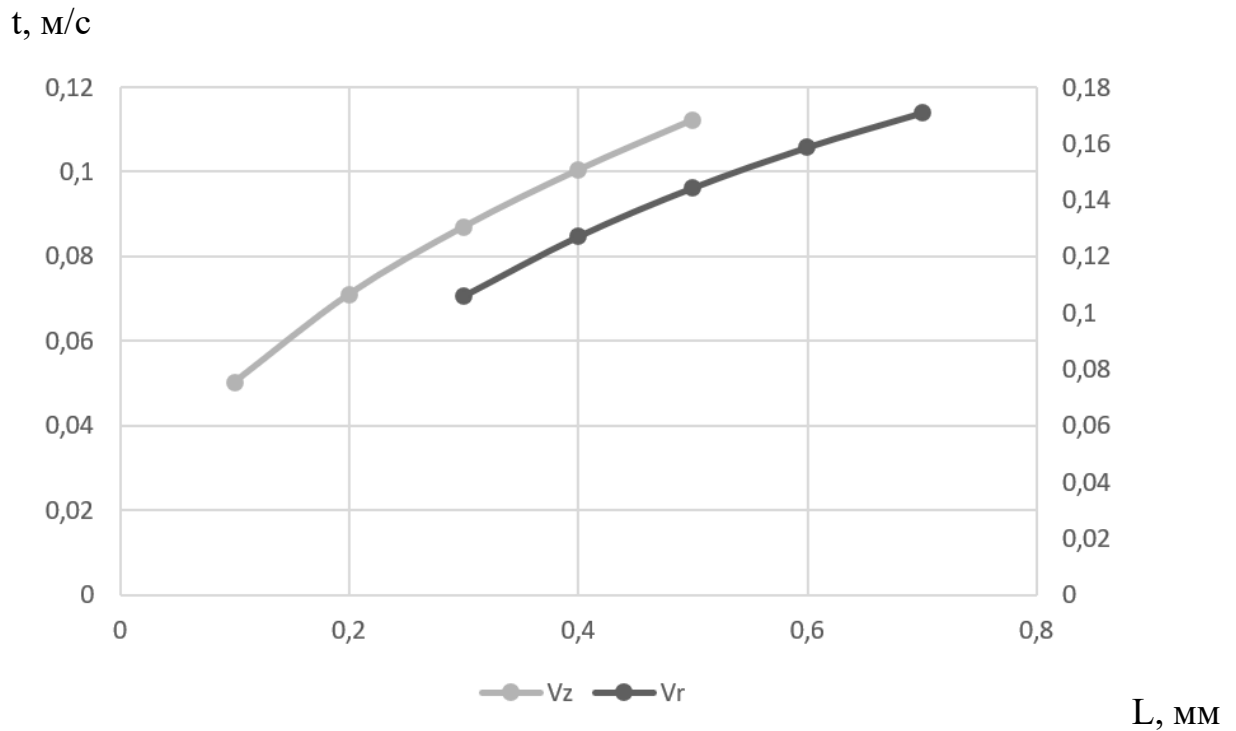


Рисунок 4.16 – Залежність часу переміщення по осям X та Z від максимального вильоту

На основі аналізу графіків представлених на рис . 4.14-4.16 можна зробити висновок, що збільшення вильоту маніпулятора має наслідком збільшення лінійних швидкостей, що можна вважати позитивним фактором, проте це збільшення також призводить до погіршення часових характеристик операції.

Розрахуємо часові витрати на усі виконувані операції

$$t_{01} = \frac{0,6}{1,03} = 0,58(c);$$

$$t_{12} = \frac{0,1}{0,3} = 0,3(c);$$

$$t_{23} = \frac{0,1}{0,3} = 0,3(c);$$

$$t_{34} = \frac{0,6}{1,03} = 0,58(c);$$

$$t_{45} = \frac{90}{50} = 1,8(c);$$

$$t_{89} = \frac{0,6}{1,03} = 0,58(c);$$

$$t_{1011} = \frac{0,6}{1,03} = 0,58(c);$$

$$t_{1112} = \frac{0,1}{0,3} = 0,3(c);$$

$$t_{1213} = \frac{0,1}{0,23} = 0,43(c);$$

$$t_{1314} = \frac{0,1}{0,3} = 0,3(c);$$

$$t_{56} = \frac{0,6}{1,03} = 0,58(c);$$

$$t_{1415} = \frac{0,6}{1,03} = 0,58(c);$$

$$t_{67} = \frac{0,1}{0,3} = 0,3(c);$$

$$t_{1516} = \frac{90}{50} = 1,8(c);$$

$$t_{78} = \frac{0,1}{0,23} = 0,43(c);$$

$$t_{1617} = \frac{0,6}{1,03} = 0,58(c);$$

$$t_{1819} = \frac{180}{3,6} = 1,5(c).$$

Таблиця 4.3 – Алгоритм роботи АРМ

Облад- нання	Дія	Вид руху	Величина переміщення, мм(град)	Швидкість переміщення, м/с, °/с	Час, с
ПР	Захват заготовки	Переміщення руки робота вперед	500	0,5	1,0
		Затиск заготовки	-	-	0,2
		Переміщення руки робота вгору	200	0,5	0,4
		Переміщення руки робота назад	500	0,5	1,0
		Поворот руки робота за годинниковою стрілкою	90°	90	1,0
	Сума				3,6
	Установка заготовки на верстат	Переміщення руки робота вперед	500	0,5	1,0
		Переміщення руки робота вниз	200	0,5	0,4
		Розтиск заготовки	-	-	0,2
		Переміщення руки робота назад	500	0,5	1,0
					2,6

Продовження таблиці 4.3

Облад- нання	Дія	Вид руху	Величина переміщення, мм(град)	Швидкість переміщення, м/с, °/с	Час, с
Верстат	Затиск заготовки на верстатному пристосуванні		3		3
	Обробка заготовки		0		157,2
	Розтискання заготовки на верстатному пристосуванні		3		3
	Сума				163,2
ПР	Зняття заготовки з верстата	Переміщення руки робота вперед	500	0,5	1,0
		Затиск заготовки	-	-	0,2
		Переміщення руки робота вгору	200	0,5	0,4
		Переміщення руки робота назад	500	0,5	1,0
	Сума				2,6
	Переміщення заготовки до місця складання	Поворот руки робота за годинниковою стрілкою	90°	90	1,0
		Переміщення руки робота вперед	500	0,5	1,0
	Готових деталей	Переміщення руки робота вниз	200	0,5	0,4
		Розтиск заготовки	-	-	0,2
		Переміщення руки робота назад	500	0,5	1,0
		Поворот руки проти за робота проти годинникової стрілки	180°	90	2,0
	Сума				5,6
	Тактовий стіл	Переміщення на одну позицію			2,5
	Сума				180,1

Циклограма є графічним зображенням послідовності роботи окремих елементів і підсистем (рис. 4.17).

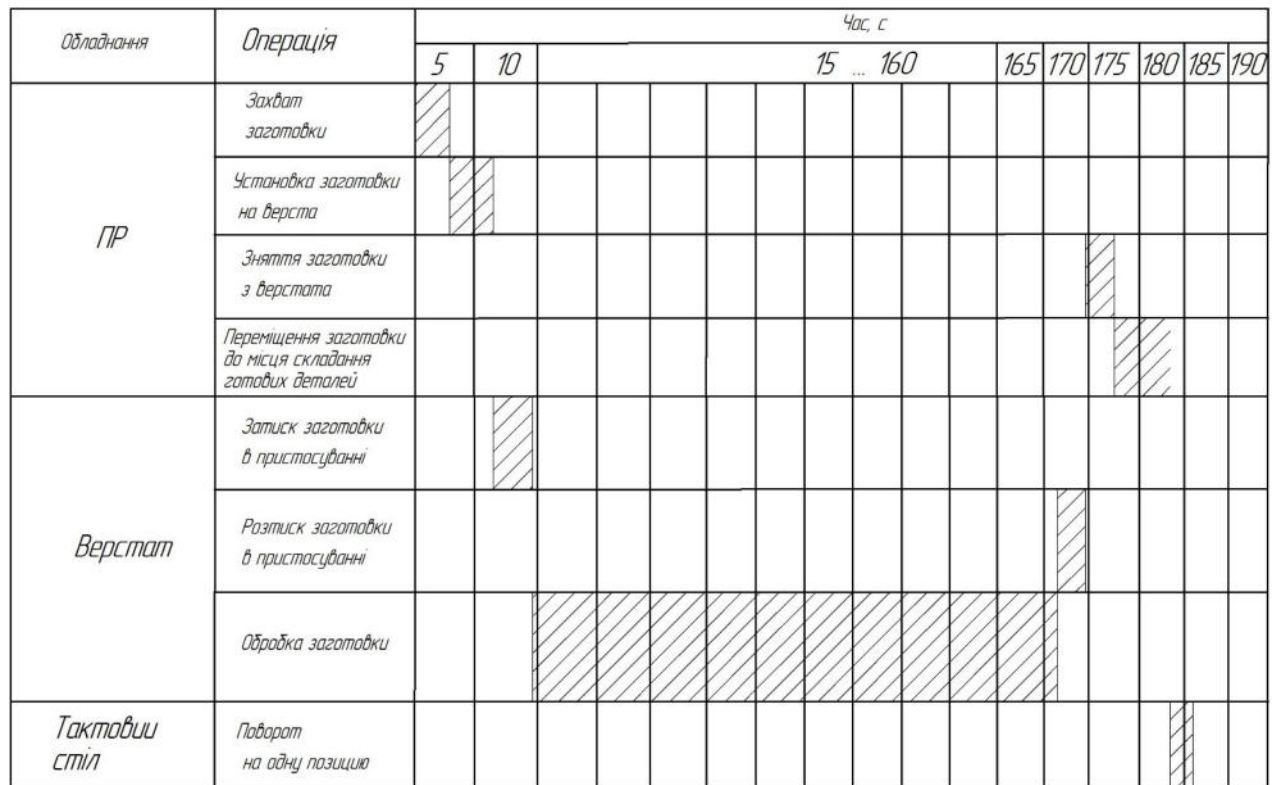


Рисунок 4.17 – Циклограма роботи робочого місця

4.11 Визначення основних показників АРМ

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

циклова продуктивність $Q_{ц}$;

коефіцієнт відносної завантаженості ПР $K_{гр}$;

коефіцієнт використання ПР $K_{вр}$;

коефіцієнт використання основного устаткування $K_{во}$;

коефіцієнт завантаженості ПР $K_{зв}$;

режим роботи робота.

Циклова продуктивність визначається по наступній формулі:

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

де T_p - тривалість робочого циклу, $T_p = 180,1$ с;

$$Q_{\text{ц}} = \frac{1}{180,1} = 0,006(\text{с});$$

Коефіцієнт відносної завантаженості $K_{\text{зр}}$

$$K_{\text{зр}} = \frac{P_{\text{ср}}}{P}; \quad (4.22)$$

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

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

$$K_{\text{зр}} = \frac{0,58}{25} = 0,023.$$

Коефіцієнт використання $K_{\text{вр}}$

$$K_{\text{вр}} = \frac{T_{\text{пп}}}{T_p}; \quad (4.23)$$

де $T_{\text{пп}}$ - час роботи ПР за робочий цикл, $T_{\text{пп}} = 16,9$ с;

$$K_{\text{вр}} = \frac{16,9}{180,1} = 0,1;$$

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

$$K_{BO} = \frac{T_O}{T_P}; \quad (4.24)$$

де T_O - час роботи основного устаткування за робочий цикл, $T_O = 157,2$ с;

$$K_{BO} = \frac{157,2}{180,1} = 0,87.$$

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

4.12 Висновки до розділу

1. Проаналізовано особливості установки деталі на верстаті при застосування промислового робота.
2. Розроблено верстатне пристосування для обробки деталі «Корпус» на вертикально фрезерному верстаті з ЧПК.
3. Проведені розрахунки складових похибки установки заготовки на пристосуванні. Точність позиціонування в пристосуванні складає 46 мкм і дає можливість забезпечувати усі необхідні допуски розмірів, які отримуються на даній операції.
4. Обрано промисловий робот моделі «Taibot N- 25» для застосування в автоматизованому робочому місці.
3. Обрано схему захватного пристрою для роботи деталлю «Корпус»
4. Розраховані часові витрати та досліджено залежності швидкісних та часових характеристик робота від особливосте маніпулятора та маси вантажу, яким він оперує.
5. Визначені параметри роботи робочого місця. Загальний час циклу складає 180,1.

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 (по-новому 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:

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot k_{\text{нов}} + 0,4 \cdot k_{\text{теор}}, \quad (5.5)$$

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» $k_{\text{нов}} = 18$. 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:

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot 18 + 0,4 \cdot 15 = 16,8.$$

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 "Корпус". В результаті оцінювання робиться висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого його впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

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

Таблиця 5.3 – Рекомендовані критерії оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки та бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено 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	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування

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.	Дерібо О.В.	Сердюк О.В.
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	2
2	2	2	2
3	2	3	2
4	2	2	2
5	2	3	2
6	3	2	3
7	3	2	2
8	3	3	3
9	2	2	4
10	3	3	3
11	3	2	3
12	3	3	3
Сума балів	СБ ₂ =32	СБ ₃ =29	СБ ₁ =22
Середньоарифметична сума балів СБ	$(32 + 29 + 22)/3 = 27,6$		

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу трохи вище середнього.

5.3 Прогноз попиту на інноваційне рішення

Верстатне виробництво є розповсюдженим на всій території країни і використовується в усіх типах виробництва. За рахунок впровадження роботизації на виробництві можна досягти зменшення браку та покращення продуктивності.

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	6000	1,5
Час обробки на один виріб	хв.	4,3	3,0	1,43

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 реалізовувати 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		5		0,2
Кількість виробів	7			0,4
Час обробки на один виріб	7			0,4

Визначимо абсолютний рівень інноваційного рішення за формулою:

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

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

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

α_i - коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

$$K_{ap} = 5 \cdot 0,2 + 7 \cdot 0,4 + 7 \cdot 0,4 = 6,6.$$

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	6000	1,5	0,4
Час обробки на один виріб	4,3	3,0	1,43	0,4
Економічні показники				
Собівартість комплексу	130000	100000	0,77	0,7
Капітальні вкладення	760000	700000	0,92	0,3

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

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

$$K_{\text{яв}} = 1 \cdot 0,3 + 1,5 \cdot 0,4 + 0,4 \cdot 1,43 = 1,47.$$

Відносний коефіцієнт показника якості інноваційного рішення більший одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару конкурента на 49% (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:

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

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

I_{en} - індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

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

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

$$I_{en} = (100000 \cdot 0,7 + 700000 \cdot 0,3) / (130000 \cdot 0,7 + 760000 \cdot 0,3) = 0,87;$$

$$K = 1,47 / 0,87 = 1,68 > 1.$$

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 [28, 29]:

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

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

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

t – число днів роботи розробника.

Для керівника проекту основна заробітна плата складатиме:

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

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

Таблиця 5.8 – Результати розрахунків основної заробітної плати

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

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

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

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

n – число робіт по видах та розрядах;

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

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

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

де: M_m – мінімальна місячна оплата праці, грн. З 1.04.2024 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	Трудовітність годин	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка	Величина оплати, грн
Роботи по компоновці елементів	130	4	93,4	12142
Роботи верстатника	140	4	93,4	13076
Роботи слюсаря	80	4	93,4	7472
Роботи налагоджувальника	95	4	93,4	8873
Всього				41563

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

$$З_d = (88636 + 41563) \cdot 12\% = 15624 \text{ (грн.)}.$$

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

$$(88636 + 41563 + 15624) \cdot 0,22 = 32081 \text{ (грн.)}.$$

Амортизація обладнання, які використовуються під час виготовлення пристосування.

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

$$A = \frac{Ц}{T_{H.B.}} \frac{T_{Ф.В.}}{12},$$

де Ц – балансова вартість обладнання, грн;

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

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

Таблиця 5.10 – Результати розрахунків амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Термін нормативного використання, р.	Термін корисного використання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
Комп'ютерне обладнання	30000	4	12	7500
Промисловий робот	290000	7	12	41429
Слюсарне обладнання	130000	4	1	2708
Обладнання для компоновки і налаштування	215000	6	1	2986
Обладнання для розрахунків	40000	4	1	833

Відповідно:

$$A = 7500 + 41429 + 2708 + 2986 + 833 = 55456 \text{ грн.}).$$

Витрати на матеріали розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

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

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

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

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

B_i – маса відходів i -го найменування,

C_b – ціна відходів i -го найменування,

n – кількість видів матеріалів.

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

Витрати на силову електроенергію на розробку розраховуються за формулою:

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

де: C – вартість 1 кВт-години електроенергії. На грудень 2024 року для промисловості (2 категорія споживачів) ціна електроенергії становить $C_{\text{опт}} = 8,430$ грн./кВт згідно тарифів оператора ринку, $C_{\text{розп}} = 2,028$ грн./кВт за розподіл електричної енергії згідно тарифів ТОВ "Енера Вінниця" та $C_{\text{пост}} = 0,389$ грн./кВт за постачання електричної енергії до конкретного користувача згідно тарифів ТОВ "Енера Вінниця"

W – установлена потужність обладнання;

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

K – коефіцієнт використання потужності.

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

Таблиця 5.11 – Результати розрахунків витрат електроенергії

Найменування обладнання	Час роботи, год.	Потужність, кВт.	Коефіцієнт використання
Комп'ютерне обладнання	150	0,5	1
Приміщення (освітлення)	140	0,9	1
Промисловий робот	110	6	1
Допоміжне обладнання	120	6	0,8

$$\text{Ц}_{\text{e1}} = 13,02 \cdot 0,5 \cdot 150 \cdot 1 = 977 \text{ (грн.)},$$

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

$$\text{Ц}_{\text{e3}} = 13,02 \cdot 6 \cdot 110 \cdot 1,0 = 8593 \text{ (грн.)},$$

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

$$\text{Ц}_{\text{e}} = 977 + 1641 + 8593 + 7500 = 18711 \text{ (грн.)}.$$

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

$$I_{\text{в}} = (1 \dots 3) (Z_{\text{o}} + Z_{\text{р}}), \quad (5.10)$$

$$I_{\text{в}} = 3 \cdot (88636 + 41563) = 390597 \text{ (грн.)}$$

Усі витрати складають:

$$\begin{aligned} B &= 88636 + 41563 + 15624 + 32081 + 55456 + \\ &+ 18711 + 390597 = 642668 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями.

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

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

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

Тоді

$$B_{\text{заг}} = 642668 / 0,95 = 676493 \text{ (грн.)}$$

Прогнозування загальних витрат здійснюється за формулою:

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

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

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

Тоді:

$$ЗВ = 676493 / 0,4 = 1691233 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку способу суміщеної обробки та впровадження результатів даної роботи становлять приблизно 1691233 грн.

5.10 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

Комерційний ефект застосування розробленого обладнання пояснюється декількома важливими аспектами: можливістю працювати протягом тривалого проміжку часу, забезпечувати стабільну якість продукції та зменшити кількість браку, можливістю швидко переналагоджувати виробництво на випуск іншої типової продукції.

Аналіз місткості ринку даної продукції показує, що в даний час в Україні кількість потенційних користувачів нашої розробки складає щороку приблизно 3000 шт. Середня ціна виготовлених виробів 90-150 тис. грн. Оскільки собівартість виготовлення корпусів за рахунок автоматизації скоротилась в нас є можливість реалізовувати наші вироби дешевше. 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 ділянки механічної обробки. Після цього високою є ймовірність, що конкуренти також проведуть модернізацію свого обладнання, що дозволить їм скоротити собівартість виготовлення масляних насосів.

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

Прогноз зростання попиту на нашу розробку складає по роках:

1-й рік після впровадження (2024 р.) – приблизно 3000 шт.;

2-й рік після впровадження (2025 р.) – приблизно 2500 шт.;

3-й рік після впровадження (2026 р.) – приблизно 1500 шт.;

4-й рік після впровадження (2027 р.) – приблизно 1000 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:

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

де $\Delta \Pi_o$ – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є зменшення ціни нового виробу, грн.; ми вважаємо, що $\Delta \Pi_o = 5200$ грн;

N – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році до впровадження результатів розробки; було встановлено, що $N = 3000$ шт.;

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

Π_o – основний оціночний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році після впровадження результатів розробки, грн.; $\Pi_o = 75$ тис. грн;

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

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. У 2024 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 $\rho = 0,25$;

g – ставка податку на прибуток. У 2024 році $g = 18\%$.

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора $\rho \Pi_i$ протягом першого року від реалізації нашої розробки (2023 р.) складе:

$$\Delta\Pi_1 = (3000 \cdot 5200) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 2664893(\text{грн.})$$

$$\Delta\Pi_2 = (2000 \cdot 5200) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 2220745(\text{грн.})$$

$$\Delta\Pi_3 = (1500 \cdot 5200) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1332447(\text{грн.})$$

$$\Delta\Pi_4 = (1000 \cdot 5200) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 888298(\text{грн.})$$

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:

$$E_{абс} = ПП - PV, \quad (5.14)$$

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

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

$$ПП = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (5.15)$$

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

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

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

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

$$ПП = \frac{2664893}{(1+0.1)^2} + \frac{2220745}{(1+0.1)^3} + \frac{1332447}{(1+0.1)^4} + \frac{888298}{(1+0.1)^5} = 5332512 \text{ (грн.)}$$

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

$$E_{абс} = 5332512 - 1691233 = 3641279 \text{ (грн.)}$$

Оскільки $E_{абс} > 0$, 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_v вкладених у розробку коштів. Для цього скористаємося формулою:

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

де $E_{абс}$ – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, $E_{абс} = 3641279$ грн.;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 1569600$ грн.;

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

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[5]{1 + 3641279 / 1569600} - 1 = 0,258 = 26\%.$$

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 $\tau_{\min}$ визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (5.17)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2024 році в Україні $d = (0,08...0,20)$;

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

$$\tau_{\min} = 0,17 + 0,08 = 0,25 \text{ або } \tau_{\min} = 25\%.$$

Оскільки величина $E_v = 26\% > \tau_{\min} = 25\%$, то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

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

$$T_{ок} = 1/E_v,$$

$$T_{ок} = 1/0,26 = 3,8.$$

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

5.12 Висновки до розділу

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

Комерційний потенціал дослідження за результатами опитування експертів було визначено як вище середнього. Розраховані показники абсолютної та відносної ефективності свідчать, що даний інвестиційний проект може зацікавити інвестора, оскільки рівень доходності даного проекту перевищує депозитні доходи і є менш ризикованим. Термін окупності розробленого проекту складає 3,8 років.

ВИСНОВКИ

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

2. Автоматизовані чи роботизовані елементи зазвичай виконують допоміжні функції.

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

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

5. Проаналізовано технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Корпус».

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

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

8. Розроблено загальний алгоритм роботи автоматизованого робочого місця для технологічної обробки деталі «Корпус».

9. Проаналізовано особливості установки деталі на верстаті при застосування промислового робота.

10. Розроблено верстатне пристосування для обробки деталі «Корпус» на вертикально фрезерному верстаті з ЧПК.

11. Проведені розрахунки складових похибки установки заготовки на пристосуванні. Точність позиціонування в пристосуванні складає 46 мкм і дає можливість забезпечувати усі необхідні допуски розмірів, які отримуються на даній операції.

12. Обрано промисловий робот моделі «Taibot N- 25» для застосування в автоматизованому робочому місці.

13. Обрано схему захватного пристрою для роботи деталлю «Корпус»

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

15. Визначені параметри роботи робочого місця. Загальний час циклу складає 180,1.

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

17. Комерційний потенціал дослідження за результатами опитування експертів було визначено як вище середнього. Розраховані показники абсолютної та відносної ефективності свідчать, що даний інвестиційний проект може зацікавити інвестора, оскільки рівень доходності даного проекту перевищує депозитні доходи і є менш ризикованим. Термін окупності розробленого проекту складає 3,8 років.

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. Pratikkumar 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. Репінський [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. Miscevic and Dj. Dihovicni. 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. Федорець, М.Н. Педченко, В.Б.Струтинський та ін,- К.: Вища шк., 1995,- 463с.

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

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

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

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

20. Мироненко О. М. Курсове проектування з дисциплін «Проектування пристосувань», «Системи автоматизованого проектування технологічної оснастки» :

навчальний посібник / О. М. Мироненко, Ю. А. Буренніков. – Вінниця : ВНТУ, 2007. – 61 с.

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

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

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

26. Лозінський Д.О., Болячок А.Б., Михальський Б.О., Яворський А.А., Гончарук М.В. Застосування САД -систем для проектування технологічного оснащення в машинобудуванні. ВНТКП ВНТУ. Факультет машинобудування та транспорту: зб. матеріалів конференції. Вінниця, 2024. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2024/paper/view/20982/17382>. (дата звернення: 12.06.2024).

27. Лозінський Д.О., Сиротін О.А., Кавецький О.І., Болячок А.Б., Застосування роботизованих технологічних комплексів в машинобудівному виробництві. Міжнародна молодіжна науково-технічна конференція «МОЛОДА НАУКА - РОБОТИЗАЦІЯ І НАНОТЕХНОЛОГІЇ СУЧАСНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ» (10-12 квітень 2024 р.). С.238-241.

28. 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.

29. 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

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

АВТОМАТИЗАЦІЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ "КОРПУС"

(Назва магістерської кваліфікаційної роботи)

ДОДАТОК Б

СПЕЦИФІКАЦІЯ

Керівник роботи _____ Лозінський Д.О.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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"**

08-64. МКР.001.00.000.ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, групи 1ПМ-23м
спеціальності 131 – Прикладна механіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Андрій БОЛЯЧОК

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2024 р.

Опонент: к.т.н., доц. каф. АТМ

Микола МИТКО

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Козлов Л.Г.

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2024 р.

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

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

_____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я **НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Болячку Андрію Богдановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. Автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі “Корпус”
керівник роботи Лозінський Дмитро Олександрович, к.т.н., доцент
затверджені наказом вищого навчального закладу від 17.09.2024 року № 310
2. Строк подання студентом роботи 21 грудня 2024 року
3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі “Корпус”, маршрут механічної обробки заготовки деталі “Корпус”, тип виробництва серійний
4. Зміст текстової частини: _____
1 Огляд методів та засобів автоматизації виробництв. 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.
5. 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		
Економічна частина	К.е.н., проф. Олександр ЛЕСЬКО		

7. Дата видачі завдання _____ 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

(підпис)

Андрій БОЛЯЧОК

Керівник роботи

(підпис)

Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Болячок А.Б. Автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі “Корпус”. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – прикладна механіка. Вінниця ВНТУ, 2024, 80с.

На укр. мові. Бібліограф.: 29 назв; рис. 24; табл. 15.

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

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 операцій.

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

Boliachok A.B. Automation of the workplace for the technological process of mechanical machining of the "Body" workpiece. Master's qualification thesis on specialty 131 - applied mechanics. Vinnytsia VNTU, 2024, 80 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 29 titles; Fig. 24; 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.

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 АВТОМАТИВАНОВОГО 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.....	31
4.4 Проектування (вибір) захватного пристрою.....	34
4.5 Аналіз точності позиціювання деталі.....	36
4.6 Побудова та розрахунок траєкторії руху елементів ПР.....	38
4.7 Вибір допоміжного устаткування для АРМ.....	40
4.8 Аналіз можливих варіантів компоновок АРМ.....	41
4.9 Розрахунок швидкостей переміщення заготовки.....	42

	5
4.10 Розробка циклограми функціонування АРМ.....	44
4.11 Визначення основних показників АРМ.....	49
4.12 Висновки до розділу.....	51
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	52
5.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи.....	52
5.2 Оцінювання комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки.....	54
5.3 Прогноз попиту на інноваційне рішення.....	57
5.4 Вибір каналів збуту та післяпродажного обслуговування.....	57
5.5 Виявлення основних конкурентів.....	57
5.6 Обрання методу ціноутворення.....	58
5.7 Оцінка рівня якості інноваційного рішення.....	59
5.8 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення.....	61
5.9 Прогнозування витрат на виконання роботи.....	62
5.10 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	68
5.11 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	71
5.12 Висновки до розділу.....	73
Висновки.....	75
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	77
ДОДАТКИ.....	81
Додаток А. Ілюстративна частина.....	82
Додаток Б. Специфікація.....	97
Додаток В. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	99

ВСТУП

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

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

Актуальність теми.

Автоматизація виробничих процесів за допомогою роботизованих систем змінює загальне сприйняття виробничих систем. Промислові роботи є надійною альтернативною технологією як для створення гнучких і переналаштовуваних виробничих систем, які вирішують різноманітні виробничі завдання, так і для вдосконалення існуючих виробничих місць.

Впровадження роботизованих осередків у виробничі процеси постійно зростає у всьому світі, і прогнози вказують на те, що ця тенденція збережеться і надалі [1 -3].

Питаннями автоматизації різних елементів виробництва присвячені роботи Козлова Л.Г., Павленко П.М., Муляра Ю.І. В роботах авторів Павленка І.І., Мажари В.А., Цвіркуна Л.І., Isak Karabegović та інших розглянуті питання застосування автоматизації та роботизації у виробничих галузях [1-6].

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

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

характеристик енергоощадних гідроприводів технологічних та мобільних машин» (2024-2028 рр.).

Метою роботи є автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Корпус".

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати такі завдання:

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

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

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

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" 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".
3. Розраховано часові витрати та побудовано циклограму функціонування автоматизованого робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Корпус".
4. Сформульовано практичні рекомендації щодо вибору конструктивних параметрів промислового робота для корегування швидкісних параметрів виконання операцій.

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

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи розглядались на конференції ВНТКП ВНТУ. Факультет машинобудування та транспорту ВНТУ 2024р., м. Вінниця. та міжнародній молодіжній науково-технічній конференції «МОЛОДА НАУКА - РОБОТИЗАЦІЯ І НАНОТЕХНОЛОГІЇ СУЧАСНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ», 10-12 квітень 2024 р.

Публікації. Матеріал магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано у 2 – тезах доповідей конференцій [26, 27].

1 ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВ

1.1 Огляд існуючих методів та засобів автоматизації виробництва

Промисловість постійно вдосконалюється та покращує свою ефективність, що є запорукою її рентабельності.

У машинобудівній галузі промислові роботи застосовуються для вирішення певних типових задач [10-12]:

- як невід'ємна частина сучасних виробничих ліній, які проектується з високим ступенем автоматизації та гнучкими характеристиками;
- для інтеграції вже встановлених виробничих установок, де застосування промислових роботів значно підвищують ефективність роботи підприємства, забезпечуючи його продуктивність [2].

Розглянемо основні приклади застосування на виробництві.

Авторами роботи [2] проведено аналіз використання промислових роботів для різних допоміжних завдань, таких як зміна інструменту (рис. 1.1) або позиціонування заготовки (рис. 1.2)

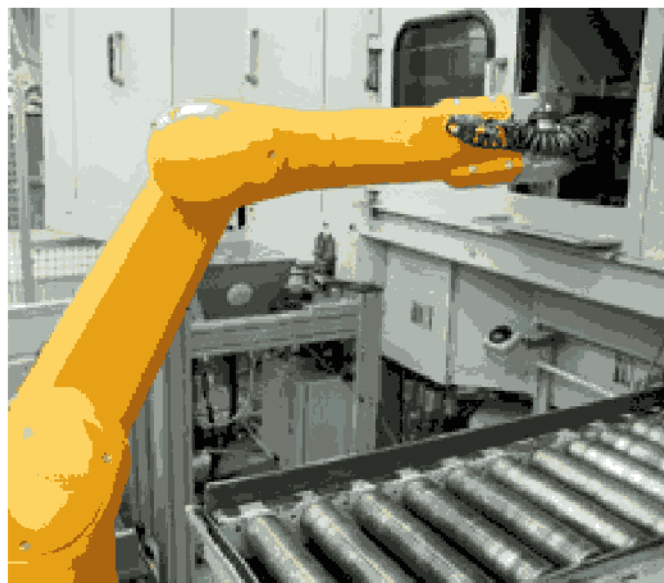


Рисунок 1.1 – Застосування промислових роботів для зміни інструментів



Рисунок 1.2 – Застосування промислових роботів для переустановки заготовки

Використання одного робота для виконання різних завдань є досить економічна ефективним рішенням та дозволяє більш швидко синхронізувати роботу автоматизованого обладнання при зміні деталей що обробляються.

В роботі представлено аналітичні дослідження стосовно геометрії роботизованого устаткування. 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).



Рисунок 1.3 – Застосування промислових роботів в машинобудуванні

Авторами роботи [1] проведено досить ґрунтовний аналіз придатності різних типів роботів для виконання різнотипних завдань в машинобудуванні

Зокрема досліджено застосування роботизованих місць для механічної обробки та встановлено, що такі автоматизовані робочі місця застосовуються в різних промислових секторах і здатні вирішувати ключові виробничі задачі для широкого спектра виробів. Успішне впровадження промислових роботів охоплює велику кількість галузей промисловості. Досліджено застосування роботів як основного обладнання автоматизованого робочого місця.

Використання такого варіанту хоча і має значні позитивні якості, проте часто обмежено твердістю оброблюваного матеріалу, що, зокрема, є наслідком не достатньої жорсткості роботизованого обладнання для виконання лезвійної обробки безпосередньо (рис. 1.5)

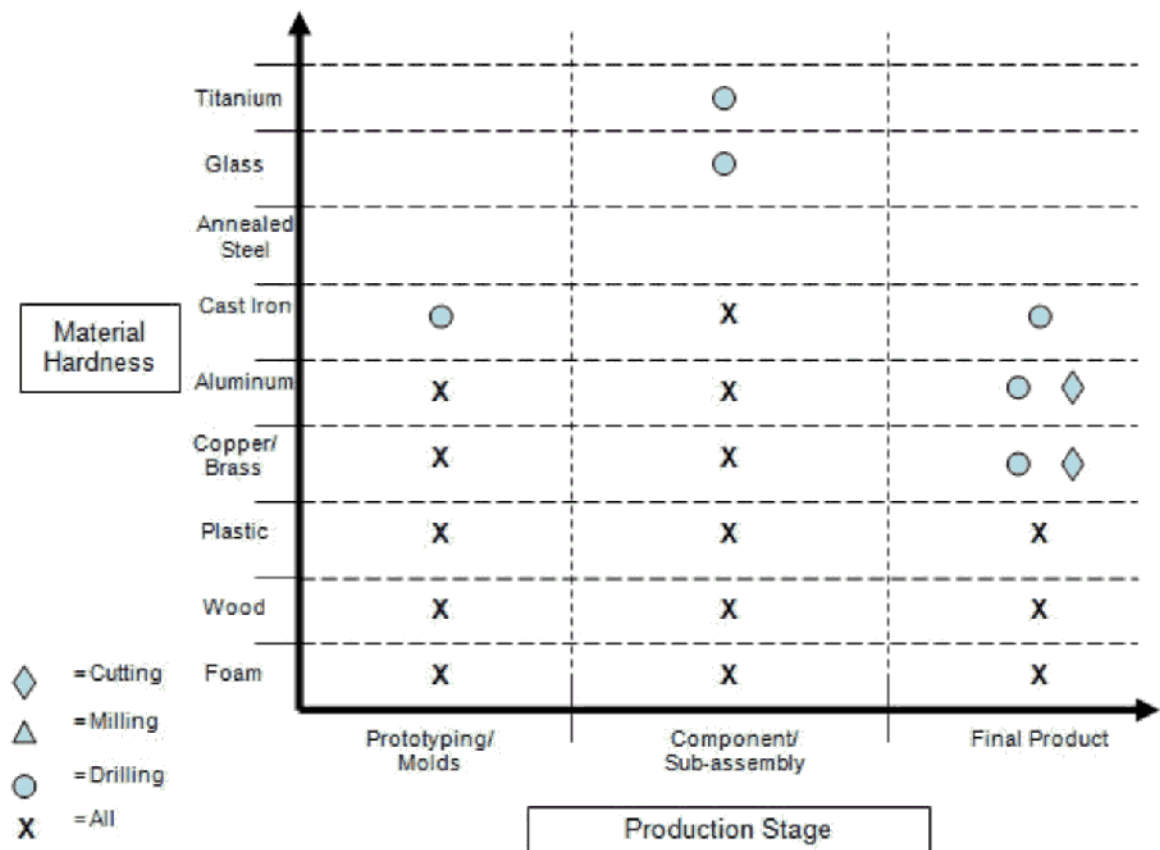


Рисунок 1.5 – Застосування роботів для обробки матеріалів

В роботі [13] розглянуто комплекс роботизованого обладнання та верстату з числовим програмним керуванням для виконання фрезерних робіт (рис. 1.6).

Особливістю даної розробки є застосування комплексного підходу, як до вибору компонентів комплексу так і до застосування автоматизації в цілому. Оскільки пропонується застосувати елементи автоматизації не тільки до процесу виробництва, а також до процесу програмування його елементів та технологічної підготовки виробництва взагалі.

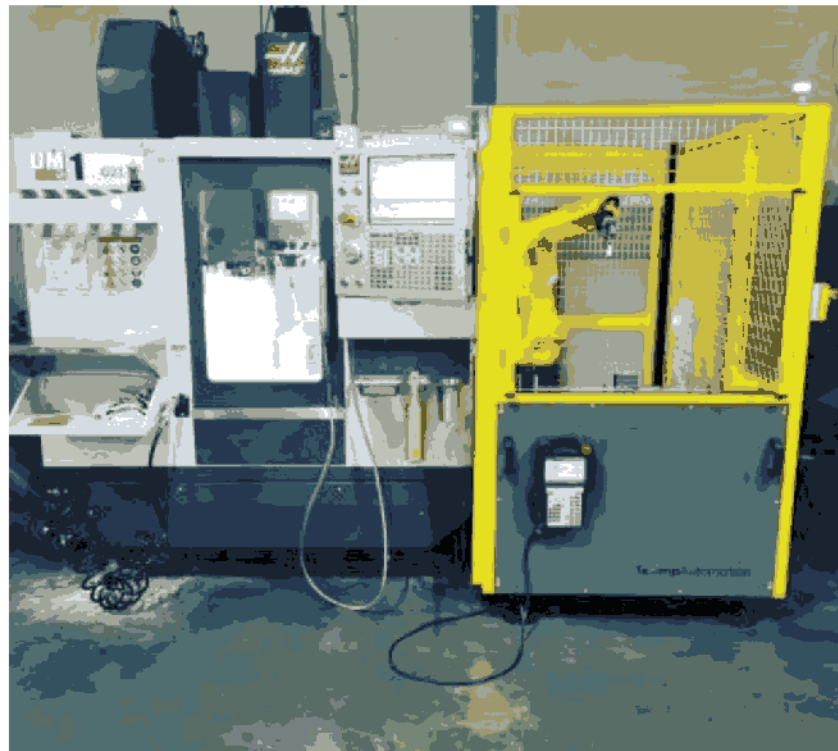


Рисунок 1.6 – Фрезерний роботизований технологічний комплекс на базі верстаті HAAS DM-2

1.2 Висновки до розділу

1. На основі огляду типових засобів автоматизації можна виділити основні методики за засоби для автоматизації виробництва, а саме застосування роботизованого обладнання та допоміжного устаткування в комплексі з верстаним обладнанням з ЧПК.
2. Автоматизовані чи роботизовані елементи зазвичай виконують допоміжні функції.
3. Для обслуговування верстату зазвичай використовують роботи, що мають 4-6 ступеней вільності
4. В робочому місці промислові роботи виконують первинні задачі автоматизації та - автоматизують розвантажувальні та завантажувальні операції.

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

2.1 Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі та конструктивних особливостей виробу

Для прийняття раціонального рішення про вдосконалення робочого місця шляхом автоматизації роботи його певних процесів потрібно визначити, яка технологічна операція є найбільш оптимальною для впровадження вищеназваних покращень.

Проаналізувавши технологічний процес можна виділити дві операції, які мають найменшу кількість переходів і, відповідно, відносну частку допоміжного часу вищу. Проте оскільки базування заготовки на операції 005 виконується на чорнові бази, це дозволить полегшити розробку автоматизованого оснащення для верстату та використовувати менш точне устаткування та роботизоване обладнання. Саме тому дана операція обрана для впровадження автоматизації [14-16].

2.2 Принципова схема автоматизованого робочого місця

Схема компоновки робочого місця є важливим етапом розробки оскільки від того за яким принципом будуть розташовані його компоненти залежатимуть властивості та характеристик його компонентів. Зокрема роботизованого обладнання. Для нашого робочого місця є доцільним розташувати промисловий робот так, щоб він міг обслуговувати усі задіяні одиниці як основного так і допоміжного обладнання. Для таких цілей найкраще підходить компоновка «кільцева» (рис. 2.1).

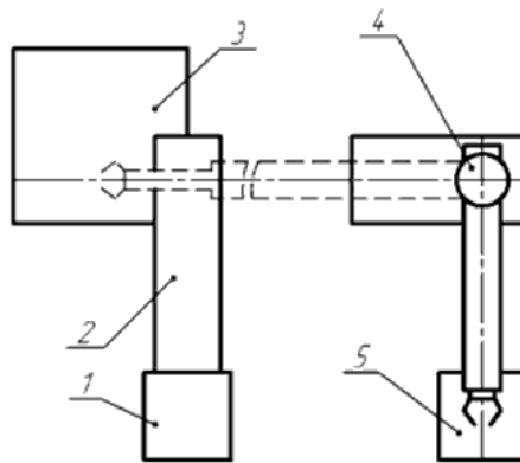


Рисунок 2.1 – Схема автоматизованого робочого місця

1, 2 - обладнання для подачі заготовок, 3 - основне обладнання, 4 – робот, 5 – допоміжне обладнання

2.3 Висновки до розділу

1. Проаналізовано технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Корпус».

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

3 АЛГОРИТМ РОБОТИ АВТОМАТИВАНОГО 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 процес обробки на робочому місці має бути повністю автоматизованим, то необхідно розробити послідовність дій елементів робочого місця для виконання необхідних переходів та дій при виконанні процесу обробки (табл. 3.1) [11].

Таблиця 3.1 - Алгоритм роботи 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

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».

4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВИРОБНИЦТВА

4.1 Вибір основного обладнання

Головною частиною автоматизованого робочого місця є технологічне обладнання (металоріжучі верстати, преси, нагрівальні печі і т.д.), оскільки його робота забезпечує отримання продукції [14-15].

Обладнання для робочого місця мають 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" верстат моделі 6P13PФЗ повністю відповідає заданим вимогам.

Верстати моделі 6P13PФЗ призначені для багатоопераційної обробки деталей складної конфігурації із сталі, чавуну, кольорових і легких металів, а також інших матеріалів. Поряд з фрезерними операціями на верстатах можна виробляти точне свердління, розточування, зенкерування і розгортання отворів

Основні параметри верстата:

клас точності верстата - Н ;

довжина робочої поверхні стола, мм - 1600;

ширина стола, мм – 400;

переміщення стола X,Y,Z, мм – 1000, 400, 380;

габарити верстата (довжина, ширина, висота (мм)) – 3200, 2500, 2450;

маса, кг – 6900;

потужність двигуна, кВт – 7.5;

межі частот обертання шпинделя min/max об/хв – 40/3000;

число інструментів в магазині, шт – 8.

Час зміни інструменту, с - не більше 8.

4.1.2 Розробка алгоритму виконання операцій

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

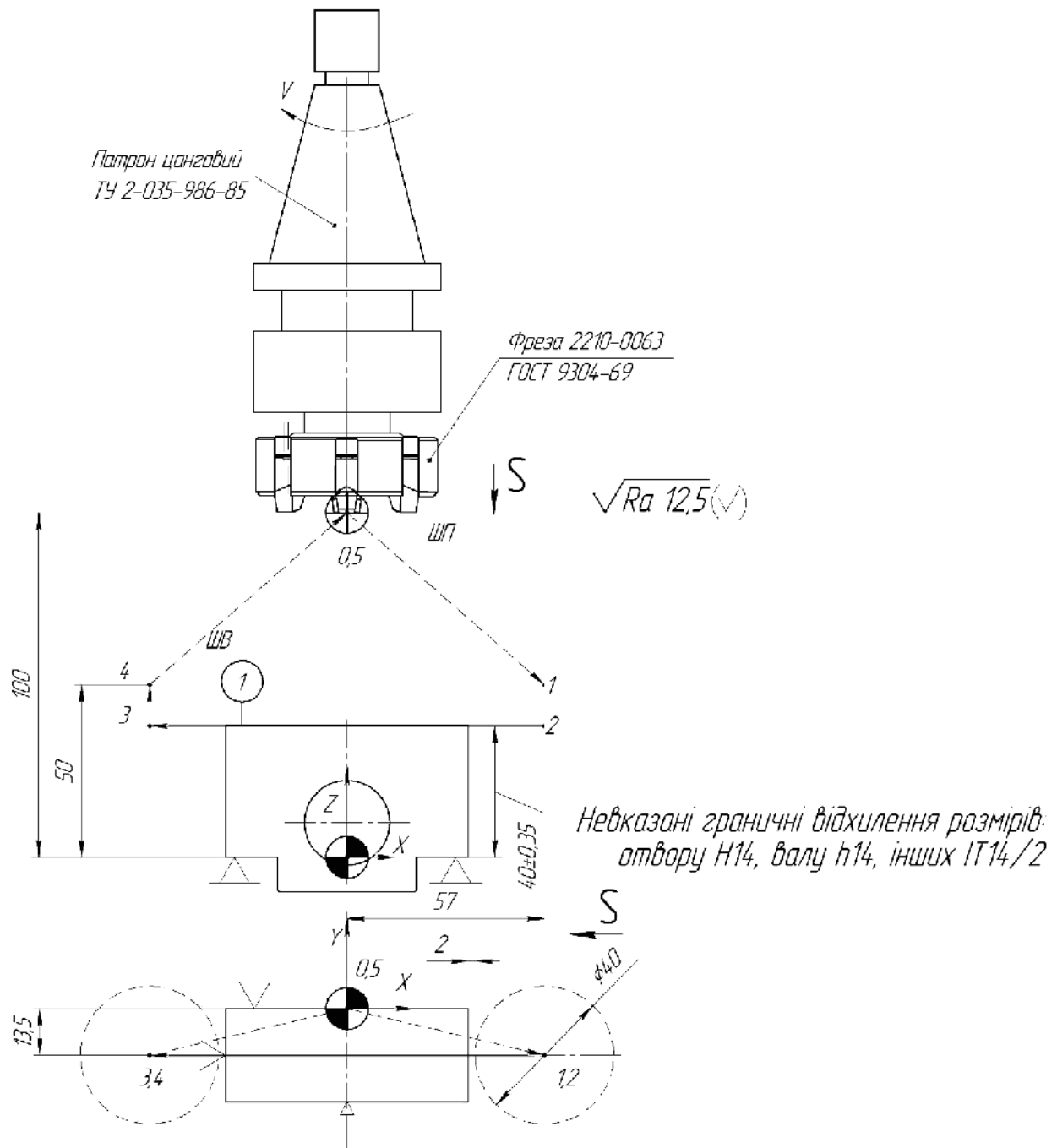


Рисунок 4.1 –Послідовність виконання переходів на операції

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	0(ВТ)	+0	+0	+100
	1	+57	-13.5	+50
	2	+57	-13.5	+40
	3	-57	-13.5	+40
	4	-57	-13.5	+50
	5	+0	+0	+100

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

4.2 Розробка компонування верстатного пристосування

Оскільки основне обладнання є напівавтоматичним, то виникає потреба в застосуванні додаткового оснащення для підвищення його ступеня автоматизації. В нашому випадку це автоматичне верстатне оснащення застосовується для організації процесу затиску та роз тискання заготовки в автоматизованому режимі

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

Затискний пристрій має мати механізований привід та керуватися дистанційно.

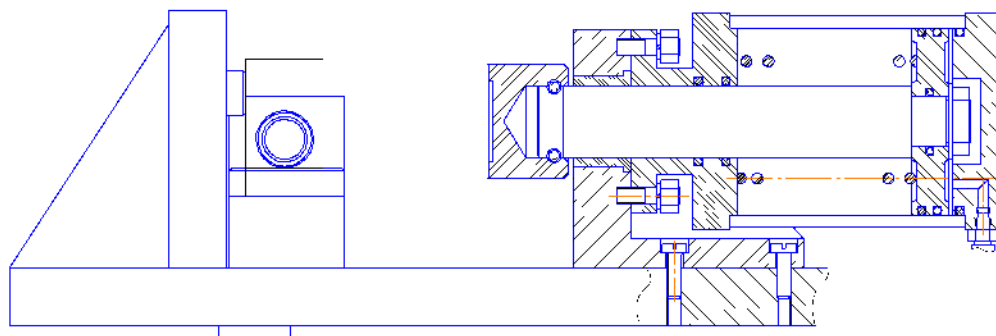


Рисунок 4.2– Схема оснащення

В конструкції пристосування, для полегшення його виготовлення застосовано стандартизовані елементи:

Сила затиску направлена в сторону опорних елементів. Вона не повинна деформувати заготовку. При установці заготовки плоскими поверхнями в пристосуванні, як правило, використовуються постійні опори або опорні пластини вони використовуються при установці заготовок обробленими поверхнями [14].

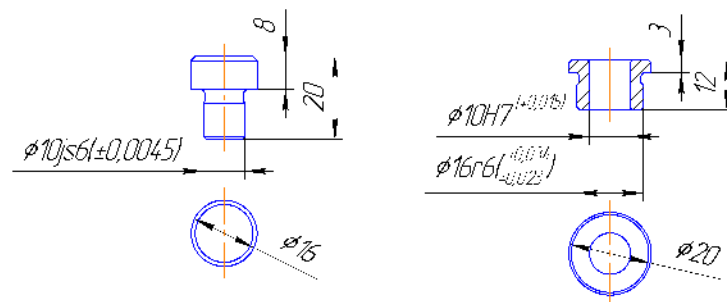


Рисунок 4.3 – Стандартні установні елементи

В нашому випадку використовуються наступні установочні елементи: опори та опорні пластини.

4.2.1 Розрахунок необхідної сили закріплення

Значні сили різання можуть виникати при фрезеруванні центральної лиски (рис. 4.4) .

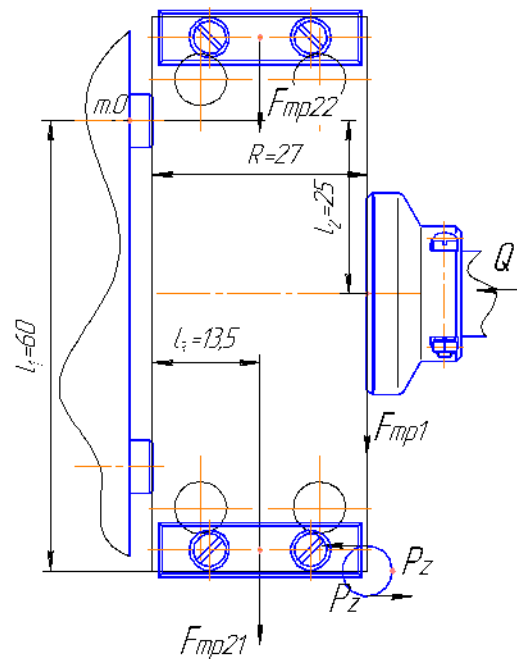


Рисунок 4.4 - Схема сил, що діють на деталь

Під дією крутного моменту різання який створюється силою різання деталь намагається повернутися навколо осі. Цьому моменту протидіє момент тертя $M_{тр}$, що створюється осьовим зусиллям і силою закріплення Q .

Складаємо схему дії сил різання.

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:

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

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

$$C_p = 54,6; q_p = 1,0; x_p = 0,9; y_p = 0,74; u_p = 1,0; w_p = 0.$$

$$n = 1250 \text{ об/хв.}$$

З урахуванням цього тангенційна сила:

$$P_z = \frac{54,6 \cdot 2^{0,9} \cdot 0,5^{0,74} \cdot 27^1 \cdot 6}{40^{1,0} \cdot 1250^0} \cdot 1,06 = 260 \text{ (H)}.$$

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

$F_{\text{тр1}} = P_y f_1$ та $F_{\text{тр2}} = P_y f_2$ сили тертя між упором і деталлю, і між деталлю, і опорами відповідно.

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

$R = 27 \text{ мм}$ – відстань від вісі деталі до нульової точки;

$$P_y : P_z = 0,25;$$

$l_1 = 150 \text{ мм}$ – відстань від нульової точки до точки прикладання сили.

$l_2 = 25 \text{ мм}$ – відстань від нульової точки до точки прикладання сили.

$l_3 = 13,5 \text{ мм}$ – відстань від нульової точки до точки прикладання сили тертя.

Знаючи значення тангенціальної сили різання, знайдемо силу закріплення Q :

$$Q_z = \frac{260 \cdot 0,06 - 2 \cdot 65 \cdot 0,2 \cdot 0,0135 - 65 \cdot 0,2 \cdot 0,027}{0,025} = 600(\text{H}); .$$

де K - коефіцієнт запасу;

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

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

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

K_2 - враховуємо зростання сили при затупленні інструменту, $K_2=1,4$;

K_3 - враховує наявність переривчатого різання , $K_3=1$;

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

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

K_6 - 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 мінімальне значення 2,5.

$$P_{закр} = 2,5 \cdot 600 = 1500 \text{ (Н)}.$$

4.2.2 Вибір силового приводу і розрахунок його параметрів

В якості приводу використовуємо пневматичний привод. Переваги такого приводу полягають в швидкодії (0,5 ... 1,2 с), постійності зусилля затискання і можливості його регулювання, простоті конструкції та експлуатації, незалежності працездатності від коливань температури зовнішнього середовища. Оптимальна робоча швидкість виконавчого механізму при застосуванні пневмоприводу складає 0,1 ... 2 м/с. При менших швидкостях виникають вібрації та нерівномірність ходу. З економічної точки зору, раціонально застосовувати.

Недоліком такого приводу є низький коефіцієнт корисної дії, великі габарити в порівнянні з гідроприводом, нерівномірність переміщення робочих

органів. Але ці недоліки не мають суттєвого впливу на точність обробки заданої поверхні деталі.

З'ясуємо основні параметри конструкції приводу

1) діаметр циліндру:

$$D = 113 \sqrt{\frac{N}{P \cdot \eta}} = 1.13 \sqrt{\frac{1500}{0.6 \cdot 0.9}} = 59.5 (\text{мм});$$

Для зручності конструювання та можливості переналагодження пристосування на обробку, більших поверхонь, приймаємо 65 мм

2) площа поршня:

$$F_1 = 0.01 \cdot 0.785 \cdot 65^2 \cong 33.17 (\text{см}^2);$$

3) площа штокової порожнини:

$$F_2 = 0.01 \cdot 0.785 (D_{\text{ш}}^2 - d^2) = 0.01 \cdot 0.785 (65^2 - 25^2) \cong 28.26 (\text{см}^2);$$

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

Приймаємо $V = 0.8 \text{ м/с}$;

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 $48,5 \pm 0,35$. Сумарна похибка (ε_{Σ}) повинна бути меншою, ніж допуск $T_{\text{дет.}}$ на відповідний розмір $\varepsilon_{\Sigma} < T_{\text{дет.}}$

4.2.3.1 Визначення складових похибки установки

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

$$\varepsilon_{np} \leq T - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_{н.и}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2}, \text{ [мкм]} \quad (4.5)$$

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 $K_T = 1,0$ ($K_T = 1 \dots 1,2$);

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 $K_{T2} = 0,6$ ($K_{T2} = 0,6 \dots 0,8$);

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;

ε_u – похибка заготовки через зношення установчих елементів оснащення;

$\varepsilon_{н.и.}$ – 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 48 дорівнює 0,62мм.

4.2.3.3. Похибка закріплення

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

4.2.3.4. Похибка установки пристосування на верстат

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

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

4.2.3.5. Похибка зношення

ε_n – похибка, що спричиняється зносом опор пристосування.

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

де N – програма випуску деталей;

C_ϕ – фактична зносостійкість.

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

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

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

P_1 – критерій зносостійкості , залежить від матеріалу заготовки і опор;

P_2 – критерії зносостійкості враховує навантаження на опори.

$$P_2 = \frac{Q}{F \cdot H_v \cdot 10}, [\text{мм}] \quad (4.7)$$

де Q – сила закріплення;

F – площа контакту опори і заготовки ;

H_v – твердість опори по Вікерсу

$$\Pi_1 = 1.01 [16-17]$$

$$\Pi_2 = \frac{600}{615 \cdot 616 \cdot 10} = 0.00015 \text{ (мм)},$$

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

де: K – коефіцієнт уточнення;

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

де K_t – враховує час безпосередньо контакту опори і заготовки,

$$K_t = 0.79 \cdot t_m = 0.79 \cdot 5.4 = 4.27.$$

$$C = 1818 - 1014 \cdot 1.01 - 1309 \cdot 0.00015 = 793.6 \text{ (встановлень/мкм)};$$

K_l – враховує величину зсуву заготовки відносно опор, $K_l = 1.0$;

K_y – враховує умови установки заготовки в пристосуванні, $K_y = 1.12$;

Отже, $K = 4.27 \cdot 1.12 \cdot 1.0 = 4.78$.

Тоді:

$$C_\phi = \frac{793.6}{4.78} = 166 \text{ (становок / мкм)}$$

$$\text{При } N = 5000 \text{ шт, } \varepsilon_{zu} = \frac{6000}{166} = 36 \text{ (мкм)}.$$

Величина допустимого зносу:

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

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:

$$[\epsilon_{\Sigma}] = 1,2 \sqrt{6000} = 92(\text{мкм}).$$

Таким чином $\epsilon_{\Sigma} = 36 \text{ мкм} < [\epsilon_{\Sigma}] = 92 \text{ мкм}$.

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

4.2.3.6 Похибка інструменту

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

Підставляємо отримані значення параметрів у вихідну формулу (4.2):

$$\epsilon_{np} = 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0,62)^2 + 10^2 + 10^2 + 36^2 + 0,6^2 + (0,6 \cdot 0,12)^2} = 46 \text{ (мкм)}.$$

Отже умова $\epsilon_{\Sigma} < T_{det}$ виконується.

Точність пристосування знаходиться по параметрам, які впливають на досягнення вимагаємої точності розміру поверхонь, які підлягають обробці.

При виконанні переходу повинен бути витриманий паралельність площини відносно нижньої уступа – 0,12 мм, це викликає необхідність задати вимогу паралельності установних пластин до установчої бази пристосування –А (рис. 3.4).

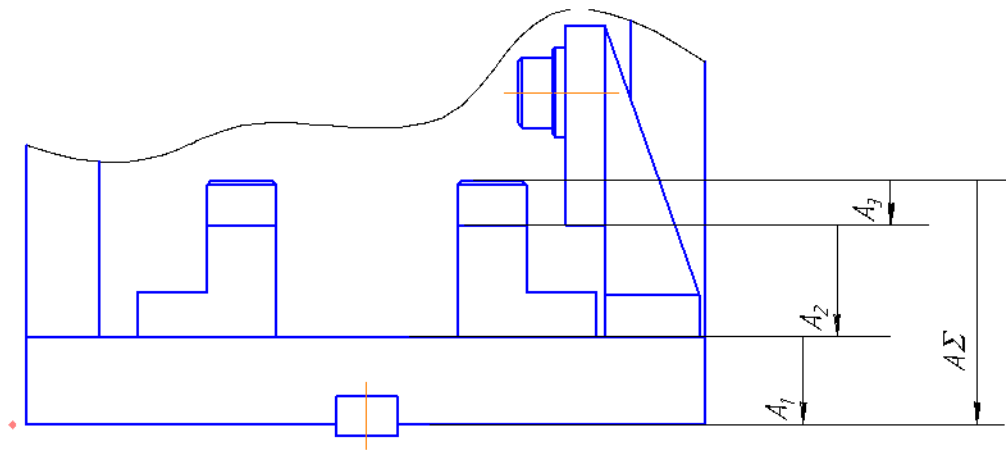


Рисунок 4.5– Розмірний аналіз пристосування

Розмірний ланцюг, який задає точність паралельного розміщення оброблюваної поверхні відносно установчої бази деталі, складається з ланок (рис. 4.4):

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

–Ланка A_1 – непаралельність установних поверхні пластин;

–Ланка A_2 – непаралельність установної поверхні;

–Ланка A_3 – непаралельність установних поверхонь корпусу пристосування.

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

$$A_{\Sigma} = A_1 + A_2 + A_3 \text{ [мм]} \quad (4.11)$$

$$0,12 = 0,04 + 0,04 + 0,04 \text{ (мм)}$$

4.2.4 Розрахунок деталей на міцність

Працездатність та надійність деталей характеризується відповідними критеріями. По одному або декількох критеріїв ведуть розрахунок, мета якого - визначення розмірів і матеріалів деталей пристосувань.

Найважливіші критерії – міцність, жорсткість, зносостійкість, вібростійкість.

До деталей, які не розраховуються відносять корпуси, кронштейни, стійки, базові плити тощо, а також більшість стандартних складальних одиниць і деталей, підібраних відповідно до їх призначення і характеристик.

Розрахуємо гвинт затискного пневмомеханізму

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma] = 118 \text{ МПа},$$

де $N = 1500 \text{ Н}$ – штовхаюче зусилля; $A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 12^2}{4} = 113 \text{ мм}^2$

– площа поперечного перерізу гвинта:

$$\sigma = \frac{1500}{113} \cong 13 \text{ МПа} < [\sigma] = 118 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

4.2.5 Опис роботи спроектованого пристосування

Пристосування встановлюється на стіл верстата. Орієнтується за допомогою шпонок, які кріпляться до основи 2 гвинтами. Основа кріпиться на столі верстата по Т – 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.

Для застосування в розробленому робочому місці, керуючись відповідними рекомендаціями [21-22], обрано промисловий робот моделі “ Taibot N- 25” (рис. 4.6), з наступним і характеристиками:

- вантажопідємність – 25 кг;
- число ступенів рухливості – 5;
- число рук -1;
- число захватних пристроїв на одній руці - 1;
- привод основних рухів - гідравлічний;
- система управління - позиційна;
- число програмованих координат- 5;
- засіб програмування перемещень- штекерна панель;
- ємність пам'яті системи, число кроків- 24;
- похибка позиціонування - $\pm 1,5$ мм;
- найбільший виліт руки – 1300 мм;
- лінійні переміщення, мм/ швидкість, м/с:
 $r = 700/0,5$;
 $z = 700/0,5$;
- кутові переміщення, °/ кутова швидкість, °/с:
 $\varphi = 220/24$;
 $\alpha = 180/90$;
 $\gamma = 220/90$;
- маса, кг- 730.

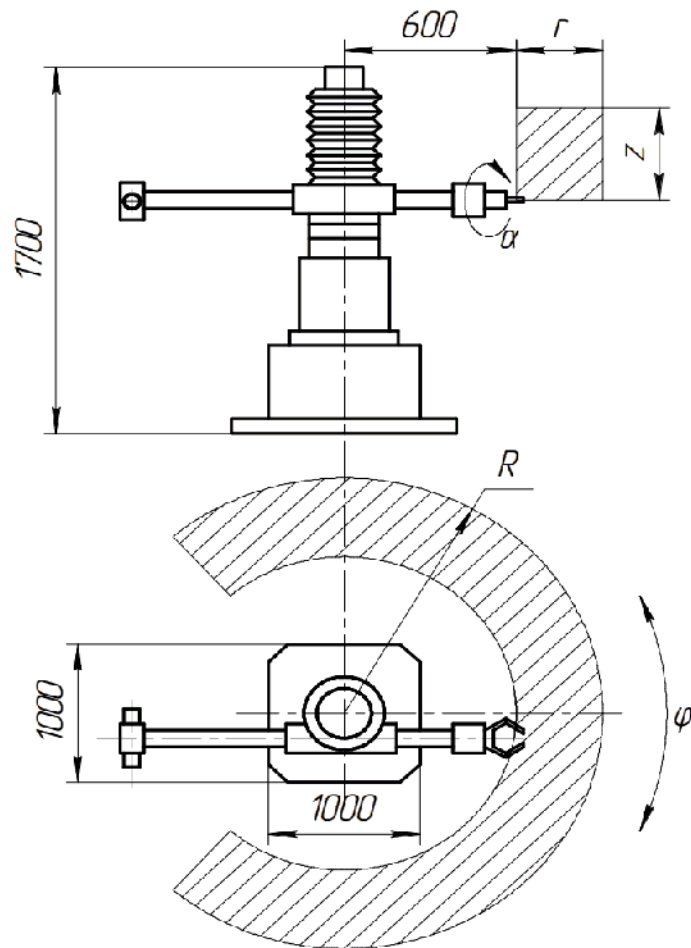


Рисунок 4.6 – Схема ПР

Багатоцільові роботи типу «Taibot N- 25» 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:

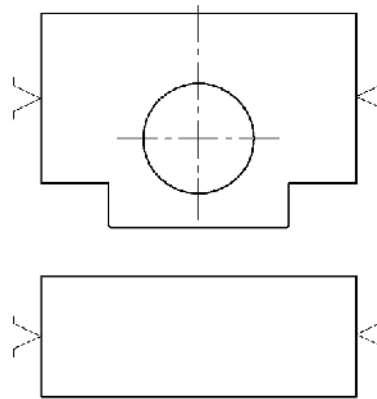
- поворот руки щодо вертикальної осі, щоб забезпечити переміщення заготовки від накопичувача до верстата;
- висунення руки відносно горизонтальної осі, щоб переміщати заготовку безпосередньо до шпинделя верстата;
- підняття руки вздовж вертикальної осі, щоб компенсувати можливу різницю висот розташування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

- повороту кисті маніпулятора навколо горизонтальній осі, для перевороту 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 використаємо бокові плоскі поверхні (рис. 4.7).



Рисунку 4.7- Схема закріплення заготовки

4.4.1 Розрахунок зусиль затиску захватного органу промислового робота

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

$$F = K_1 K_2 K_3 m g, \text{ [Н]} \quad (4.1)$$

де m – маса об'єкту маніпулювання;

g – прискорення вільного падіння;

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

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

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

$$K_3 = \frac{\sin \theta}{2\mu}, \quad (4.12)$$

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

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

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

$$F = 1,2 \cdot 2 \cdot 2,9 \cdot 0,58 \cdot 9,8 = 39,6 \text{ (Н)}$$

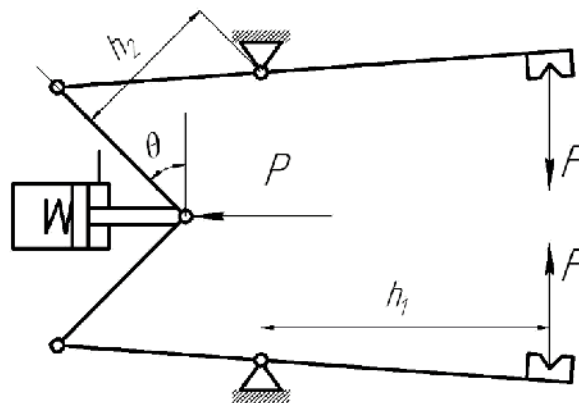


Рисунок 4.8 – Схема захватного пристрою

Зусилля затиску для вибраної схеми:

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

звідки

$$P = \frac{h_1}{h_2} \cdot 2 \sin \theta \cdot F \quad (4.14)$$

При конструюванні ЗП приймаємо $h_1=40\text{мм}=0,040\text{м}$, $h_2=0,08\text{м}$ кут $\theta=60^\circ$

$$P = \frac{0.040}{0.080} \cdot 2 \cdot \sin 45 \cdot 39.6 = 28 (H)$$

Визначимо діаметр поршня

Для циліндра односторонньої дії [4]

$$F = p_e \cdot \frac{\pi \cdot D}{4} - F_T - F_{\text{пр}}$$

де p_e – робочий тиск повітря в системі. Приймаємо $p_e=0,6 \text{ МПа}=0,6 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$,
 D – діаметр поршня; F_T – сила тертя в ущільненнях (до 10% від зусилля, що розвивається). Приймаємо $F_T=3 \text{ Н}$; $F_{\text{пр}}$ – зусилля створюване пружиною (в кінці ходу до 10% від зусилля, що розвивається). Приймаємо $F_{\text{пр}}=3 \text{ Н}$.

Звідки

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F + F_T + F_{\text{пр}}}{\pi \cdot p_e}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (28 + 3 + 3)}{\pi \cdot 0.6 \cdot 10^6}} = 8.5 \cdot 10^{-3} (м)$$

Приймаємо найближчий стандартний діаметр поршня $D=16 \text{ мм}$.

4.5 Аналіз точності позиціювання деталі

Розглянемо похибки, виникаючі при автоматичній установці заготовки на верстат (рисунок 4.20):

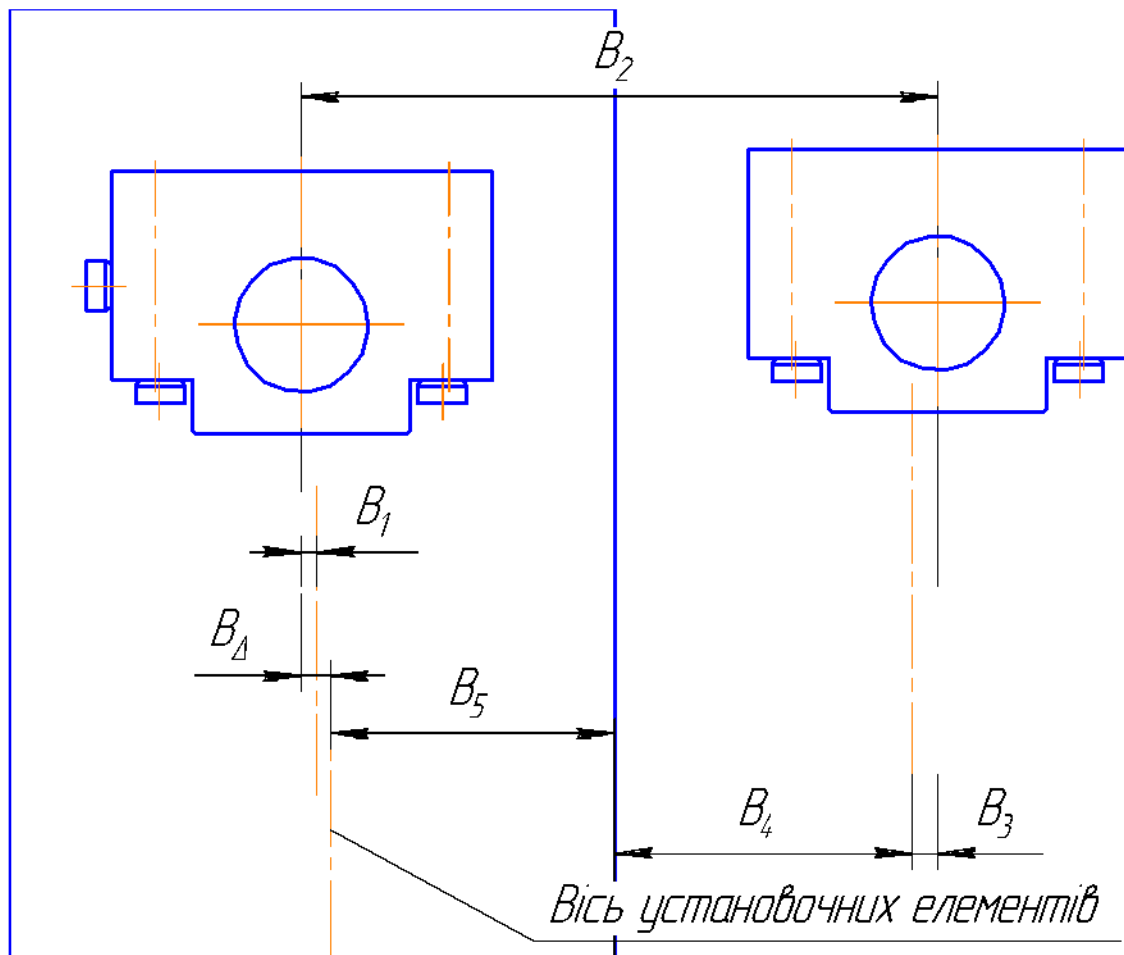


Рисунок 4.9 – Схема розмірних зв'язків

B_{Δ} – відхилення від положення затискного пристрою верстата і осі завантажуваної заготовки;

B_1 – похибка відхилення від співвісної заготовки;

B_2 – похибка програмовані переміщення маніпулятора;

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

B_4 – похибка відхилення відстань між верстатом і роботом;

B_5 – похибка відхилення розташування оснащення на робочому столі верстату.

Установка заготовки на оправку можлива за умови, що B не перевищує максимально допустиме значення [20-23]:

$$B_{max} = \frac{B - b}{2 \cdot K_3}, \text{ [мм]} \quad (4.15)$$

де B – установочний розмір ;

b – ширина деталі;

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

$$B_{\max} = \frac{18}{2 \cdot 1,1} = 8,2 \text{ (мм)},$$

$$B_3 = 500 \pm 1,5 \text{ мм};$$

$$B_2 = 0 \pm 0,5 \text{ мм};$$

$$B_1 = 150_{-1,0} \text{ мм};$$

$$B_4 = 1000(h12)_{-0,9} \text{ мм};$$

$$B_5 = 280_{-1,4} \text{ мм};$$

$$T\Delta = 3,0 + 1,0 + 1,0 + 0,9 + 1,4;$$

$$T\Delta = 7,3 \text{ мм}.$$

Оскільки $T\Delta \leq B_{\max}$, 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(град)
r0 1	Переміщення руки маніпулятора робота вперед	500
	Затиск заготовки	-
z1 2	Переміщення руки маніпулятора робота вгору	200
r2 3	Переміщення руки маніпулятора робота назад	500

Продовження таблиці 4.2

Елемент траєкторії	Коментар	Величина переміщення, мм(град)
φ3 4	Поворот руки маніпулятора робота за год. стрілкою	90°
r4 5	Переміщення руки маніпулятора робота вперед	500
z5 6	Переміщення руки маніпулятора робота вниз	200
	Розтиск заготовки	-
r6 7	Переміщення руки маніпулятора робота назад	500
	Вистій руки маніпулятора робота	-
r7 8	Переміщення руки маніпулятора робота вперед	500
	Затиск заготовки	-
z8 9	Переміщення руки маніпулятора робота вгору	200
r910	Переміщення руки маніпулятора робота назад	500
φ 1011	Поворот руки маніпулятора робота за годинниковою стрілкою	90°
r1112	Переміщення руки маніпулятора робота вперед	500
z1213	Переміщення руки маніпулятора робота вниз	200
	Розтиск заготовки	-
r1314	Переміщення руки маніпулятора робота назад	500
φ 1415	Поворот руки проти за маніпулятора робота проти годинникової стрілки	180°

Представимо на рисунку 4.10 фрагменти траєкторії переміщення ПР.

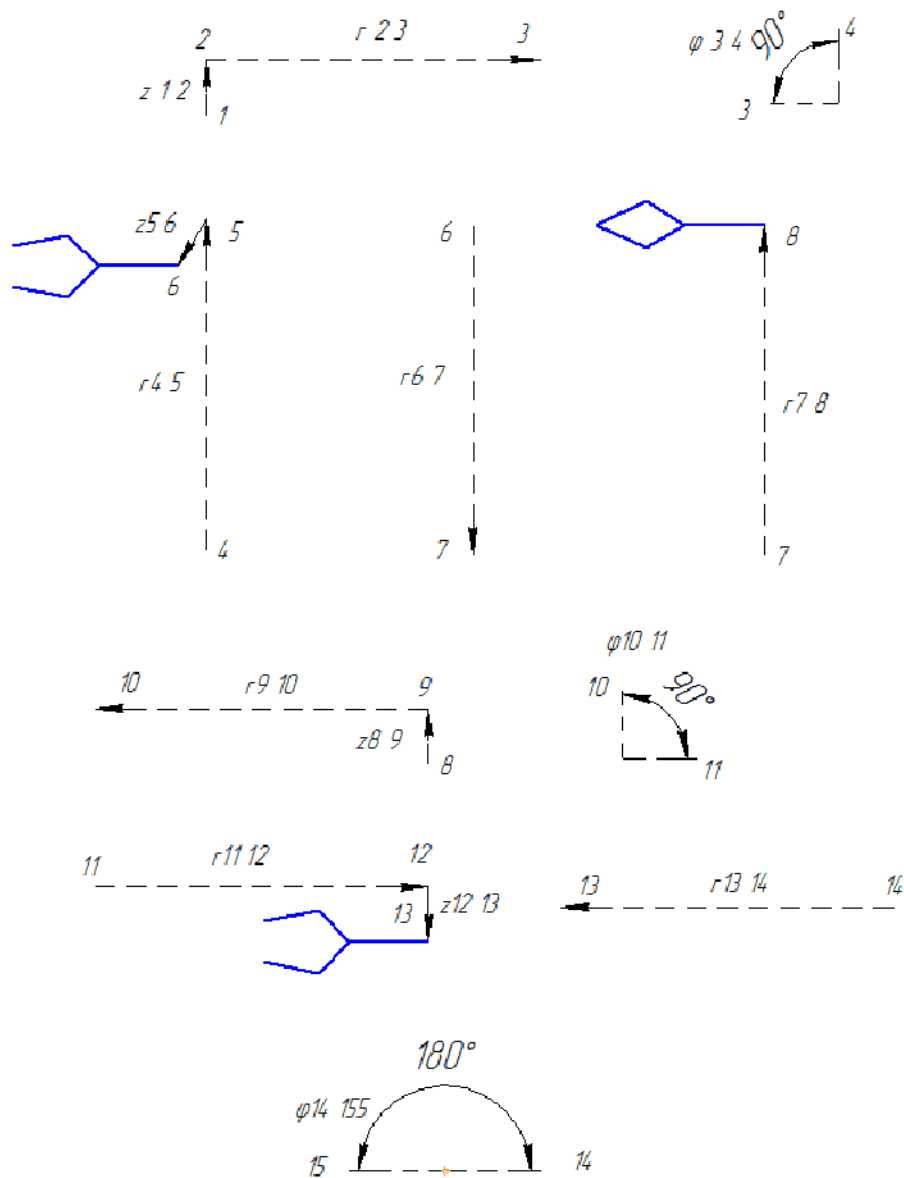


Рисунок 4.10 - Фрагменти траєкторії переміщення ПР

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 [24-26] (рис. 4.11, 4.12).

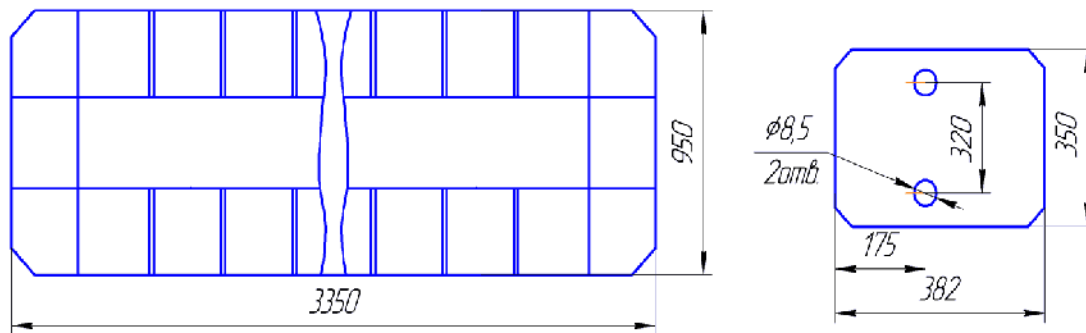


Рисунок 4.11 - Схема тактового столу СТ 350

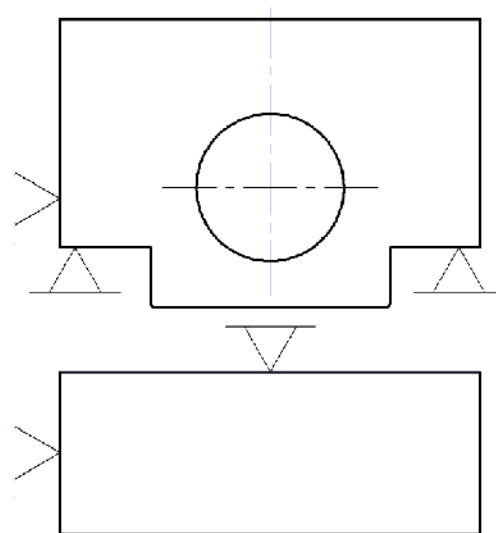


Рисунок 4.12 - Схема установки заготовки на тактовому столі

4.8 Аналіз можливих варіантів компоновок АРМ

Розглянемо найбільш часто використовувані компоновальні схеми: лінійного типу, кільцевого типу, порталного типу [5].

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 - 4.13.

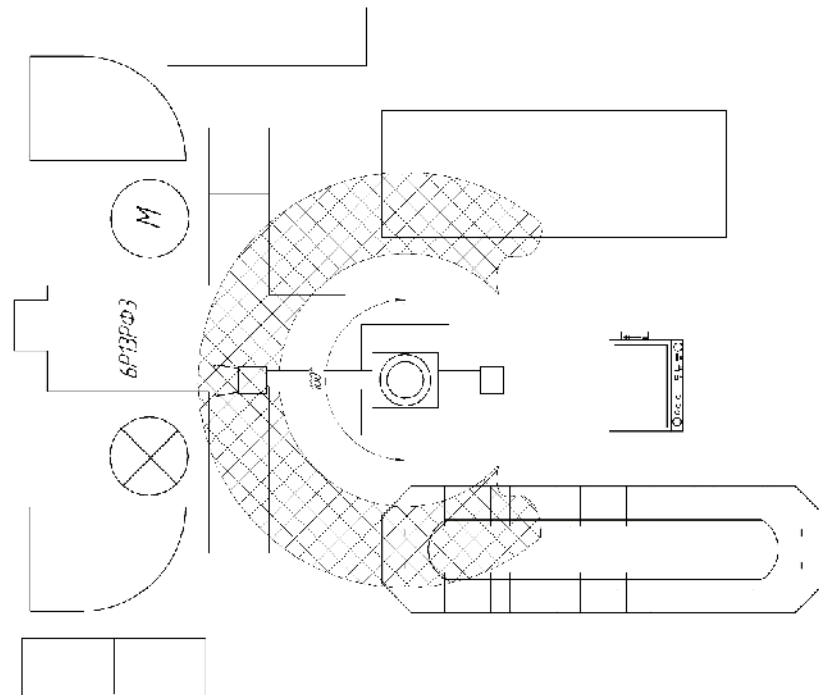


Рисунок 4.13 - Компонувальна схема кільцевого типу

4.9 Розрахунок швидкостей переміщення заготовки

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

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

де L_x - виліт руки ПР;

Δl - похибка позиціонування;

M - маса об'єкту маніпулювання (маса заготовки, деталі). Розрахунки виконуємо по найбільшій масі $m_{\text{зат.}} = 0,58$ кг.

$$V_R = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot \sqrt[4]{3}}{\sqrt[3]{0,58}} = 1,58 \text{ (м / с)}.$$

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

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

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

L_x - довжина шляху при вертикальному переміщенні, м;

M - маса об'єкту маніпулювання;

$$V_z = \frac{3 \cdot \sqrt{0,2} \cdot \sqrt[4]{3}}{\sqrt[3]{0,58}} = 2,11 \text{ (м / с)}.$$

Кутова швидкість при повороті руки ПР щодо вертикальної осі:

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

де δ – похибка кутового позиціонування, с;

φ – кут повороту руки, рад.;

$$\delta = \frac{\Delta l}{L_x} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot 3600 = \frac{0.003}{1} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot 3600 = 619.11 \text{ (с)}.$$

$$\omega = \frac{0,5\sqrt{3.14} \cdot \sqrt[4]{619.11}}{\sqrt[3]{(2 \cdot 0.5)^4}} = 4,4 \text{ (рад / с)}.$$

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: 0,5м/с, 0,5м/с та 90°/с.

4.10 Розробка циклограми функціонування АРМ

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

Визначити час виконання кожного руху маніпулятора можна використавши формули:

$$t_I = \frac{\varphi_I}{\omega_I}; [\text{с}] \quad (4.19)$$

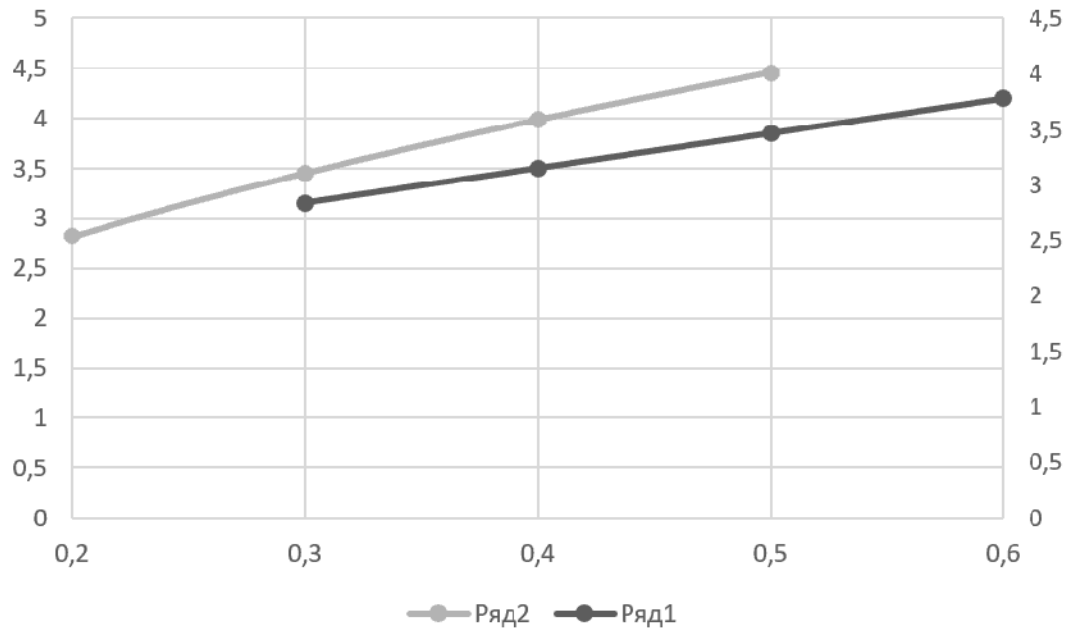
$$t_I = \frac{l_I}{V_I}; [\text{с}] \quad (4.20)$$

де φ_I - кути поворотів механізмів;

l_I - лінійні переміщення механізмів;

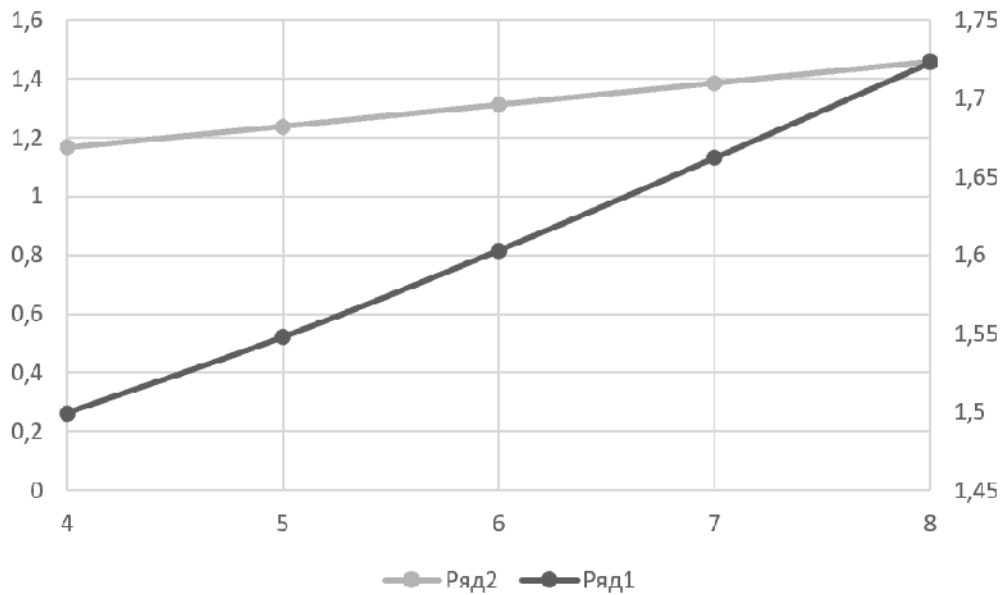
ω_I, V_I - швидкості кутового і лінійного переміщення механізмів по відповідній координаті.

Врахувавши визначення 4.14-4.16 проведемо дослідження впливу параметрів маніпулятора робота на його швидкість та інші характеристики.

$V, \text{ м/с}$ 

L, мм

Рисунок 4.14 – Залежність швидкості переміщення по осі X та Z від
максимального вильоту

 $V, \text{ м/с}$ 

m, кг

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

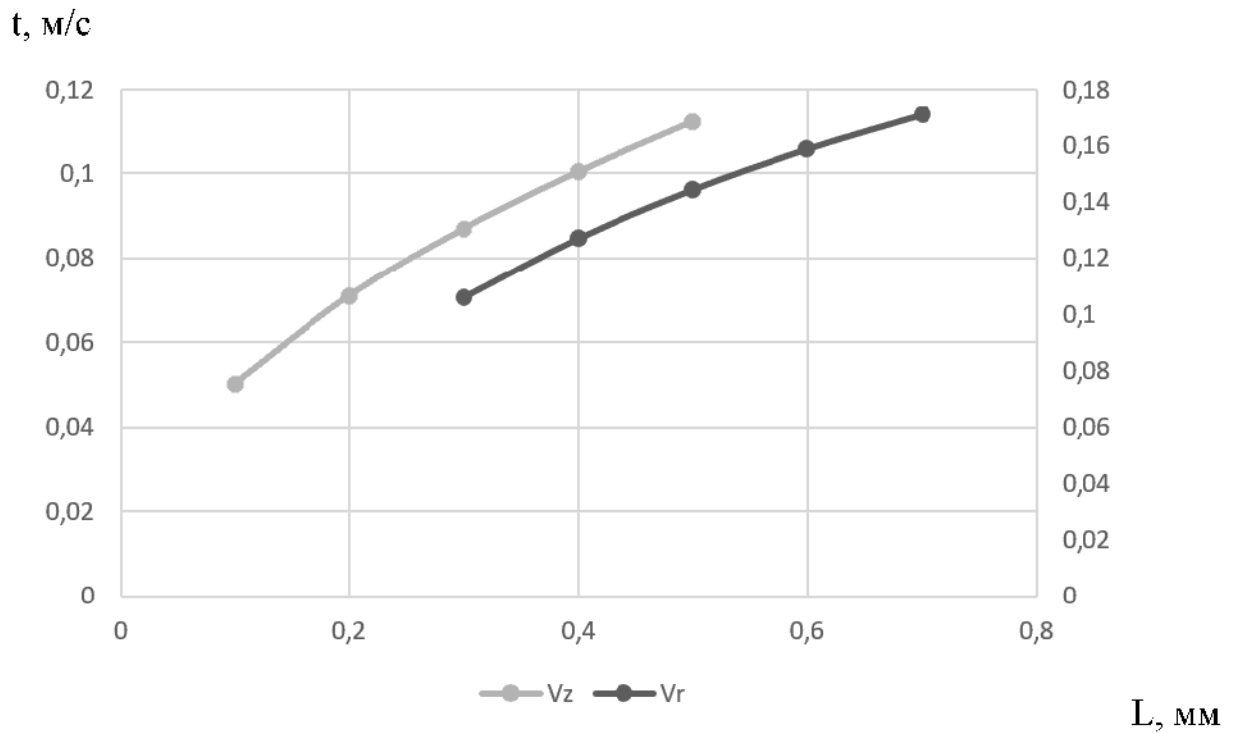


Рисунок 4.16 – Залежність часу переміщення по осям X та Z від максимального вильоту

На основі аналізу графіків представлених на рис . 4.14-4.16 можна зробити висновок, що збільшення вильоту маніпулятора має наслідком збільшення лінійних швидкостей, що можна вважати позитивним фактором, проте це збільшення також призводить до погіршення часових характеристик операції.

Розрахуємо часові витрати на усі виконувані операції

$$t_{01} = \frac{0,6}{1,03} = 0,58(c);$$

$$t_{12} = \frac{0,1}{0,3} = 0,3(c);$$

$$t_{23} = \frac{0,1}{0,3} = 0,3(c);$$

$$t_{34} = \frac{0,6}{1,03} = 0,58(c);$$

$$t_{45} = \frac{90}{50} = 1,8(c);$$

$$t_{89} = \frac{0,6}{1,03} = 0,58(c);$$

$$t_{1011} = \frac{0,6}{1,03} = 0,58(c);$$

$$t_{1112} = \frac{0,1}{0,3} = 0,3(c);$$

$$t_{1213} = \frac{0,1}{0,23} = 0,43(c);$$

$$t_{1314} = \frac{0,1}{0,3} = 0,3(c);$$

$$t_{56} = \frac{0,6}{1,03} = 0,58(c);$$

$$t_{1415} = \frac{0,6}{1,03} = 0,58(c);$$

$$t_{67} = \frac{0,1}{0,3} = 0,3(c);$$

$$t_{1516} = \frac{90}{50} = 1,8(c);$$

$$t_{78} = \frac{0,1}{0,23} = 0,43(c);$$

$$t_{1617} = \frac{0,6}{1,03} = 0,58(c);$$

$$t_{1819} = \frac{180}{3,6} = 1,5(c).$$

Таблиця 4.3 – Алгоритм роботи АРМ

Облад- нання	Дія	Вид руху	Величина переміщення, мм(град)	Швидкість переміщення, м/с, °/с	Час, с
ПР	Захват заготовки	Переміщення руки робота вперед	500	0,5	1,0
		Затиск заготовки	-	-	0,2
		Переміщення руки робота вгору	200	0,5	0,4
		Переміщення руки робота назад	500	0,5	1,0
		Поворот руки робота за годинниковою стрілкою	90°	90	1,0
	Сума				3,6
	Установка заготовки на верстат	Переміщення руки робота вперед	500	0,5	1,0
		Переміщення руки робота вниз	200	0,5	0,4
		Розтиск заготовки	-	-	0,2
		Переміщення руки робота назад	500	0,5	1,0
					2,6

Продовження таблиці 4.3

Обладнання	Дія	Вид руху	Величина переміщення, мм(град)	Швидкість переміщення, м/с, °/с	Час, с
Верстат	Затиск заготовки на верстатному пристосуванні		3		3
	Обробка заготовки		0		157,2
	Розтискання заготовки на верстатному пристосуванні		3		3
	Сума				163,2
ІПР	Зняття заготовки з верстата	Переміщення руки робота вперед	500	0,5	1,0
		Затиск заготовки	-	-	0,2
		Переміщення руки робота вгору	200	0,5	0,4
		Переміщення руки робота назад	500	0,5	1,0
	Сума				2,6
	Переміщення заготовки до місця складання	Поворот руки робота за годинниковою стрілкою	90°	90	1,0
		Переміщення руки робота вперед	500	0,5	1,0
	Готових деталей	Переміщення руки робота вниз	200	0,5	0,4
		Розтиск заготовки	-	-	0,2
		Переміщення руки робота назад	500	0,5	1,0
		Поворот руки проти за робота проти годинникової стрілки	180°	90	2,0
	Сума				5,6
	Тактовий стіл	Переміщення на одну позицію			2,5
	Сума				180,1

Циклограма є графічним зображенням послідовності роботи окремих елементів і підсистем (рис. 4.17).

Обладнання	Операція	Час, г															
		5	10	15 ... 160								165	170	175	180	185	190
ПР	Захват заготовки	///															
	Установка заготовки на верстат	///															
	Зняття заготовки з верстата													///			
	Переміщення заготовки до місця складання готових деталей														///		
Верстат	Затиск заготовки в пристосування		///														
	Розпил заготовки в пристосування												///				
	Обробка заготовки			///	///	///	///	///	///	///	///	///	///				
Тактовий стіл	Поверт на одну позицію															///	

Рисунок 4.17 – Циклограма роботи робочого місця

4.11 Визначення основних показників АРМ

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

циклова продуктивність Q_4 ;

коефіцієнт відносної завантаженості ПР $K_{зр}$;

коефіцієнт використання ПР $K_{вр}$;

коефіцієнт використання основного устаткування $K_{во}$;

коефіцієнт завантаженості ПР $K_{зв}$;

режим роботи робота.

Циклова продуктивність визначається по наступній формулі:

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

де T_P - тривалість робочого циклу, $T_P = 180,1$ с;

$$Q_{II} = \frac{1}{180,1} = 0,006(c);$$

Коефіцієнт відносної завантаженості K_{GP}

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

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

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

$$K_{GP} = \frac{0,58}{25} = 0,023.$$

Коефіцієнт використання K_{BP}

$$K_{BP} = \frac{T_{III}}{T_P}; \quad (4.23)$$

де T_{III} - час роботи ПР за робочий цикл, $T_{III} = 16,9$ с;

$$K_{BP} = \frac{16,9}{180,1} = 0,1;$$

Коефіцієнт використання основного устаткування K_{BO}

$$K_{BO} = \frac{T_O}{T_P}; \quad (4.24)$$

де T_O - час роботи основного устаткування за робочий цикл, $T_O = 157,2$ с;

$$K_{BO} = \frac{157,2}{180,1} = 0,87.$$

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

4.12 Висновки до розділу

1. Проаналізовано особливості установки деталі на верстаті при застосування промислового робота.

2. Розроблено верстатне пристосування для обробки деталі «Корпус» на вертикально фрезерному верстаті з ЧПК.

3. Проведені розрахунки складових похибки установки заготовки на пристосуванні. Точність позиціонування в пристосуванні складає 46 мкм і дає можливість забезпечувати усі необхідні допуски розмірів, які отримуються на даній операції.

4. Обрано промисловий робот моделі «Taibot N- 25» для застосування в автоматизованому робочому місці.

3. Обрано схему захватного пристрою для роботи деталлю «Корпус»

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

5. Визначені параметри роботи робочого місця. Загальний час циклу складає 180,1.

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 (по-новому 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:

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot k_{\text{нов}} + 0,4 \cdot k_{\text{теор}}, \quad (5.5)$$

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» $k_{\text{нов}} = 18$. 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:

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot 18 + 0,4 \cdot 15 = 16,8.$$

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 "Корпус". В результаті оцінювання робиться висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого його впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

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

Таблиця 5.3 – Рекомендовані критерії оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки та бальна оцінка

Кри-терій	Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)				
	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 витрачати значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування

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.	Дерібо О.В.	Сердюк О.В.
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	2
2	2	2	2
3	2	3	2
4	2	2	2
5	2	3	2
6	3	2	3
7	3	2	2
8	3	3	3
9	2	2	4
10	3	3	3
11	3	2	3
12	3	3	3
Сума балів	СБ ₂ =32	СБ ₃ =29	СБ ₁ =22
Середньоарифметична сума балів СБ	$(32 + 29 + 22)/3 = 27,6$		

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу трохи вище середнього.

5.3 Прогноз попиту на інноваційне рішення

Верстатне виробництво є розповсюдженим на всій території країни і використовується в усіх типах виробництва. За рахунок впровадження роботизації на виробництві можна досягти зменшення браку та покращення продуктивності.

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	6000	1,5
Час обробки на один виріб	хв.	4,3	3,0	1,43

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 реалізовувати 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		5		0,2
Кількість виробів	7			0,4
Час обробки на один виріб	7			0,4

Визначимо абсолютний рівень інноваційного рішення за формулою:

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

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

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

α_i - коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

$$K_{ap} = 5 \cdot 0,2 + 7 \cdot 0,4 + 7 \cdot 0,4 = 6,6.$$

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	6000	1,5	0,4
Час обробки на один виріб	4,3	3,0	1,43	0,4
Економічні показники				
Собівартість комплексу	130000	100000	0,77	0,7
Капітальні вкладення	760000	700000	0,92	0,3

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

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

$$K_{\text{яв}} = 1 \cdot 0,3 + 1,5 \cdot 0,4 + 0,4 \cdot 1,43 = 1,47.$$

Відносний коефіцієнт показника якості інноваційного рішення більший одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару конкурента на 49% (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:

$$K = I_{\text{ин}} / I_{\text{ен}}, \quad (5.3)$$

де $I_{\text{ин}}$ – індекс технічних параметрів (відносний рівень якості інноваційного рішення);

$I_{\text{ен}}$ – індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{\text{ен}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{нєі}}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{бєі}}}, \quad (5.4)$$

де $P_{\text{бєі}}$ $P_{\text{нєі}}$ – економічні параметри відповідно базового та нового товарів.

$$I_{\text{ен}} = (100000 \cdot 0,7 + 700000 \cdot 0,3) / (130000 \cdot 0,7 + 760000 \cdot 0,3) = 0,87;$$

$$K = 1,47 / 0,87 = 1,68 > 1.$$

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 [28, 29]:

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

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

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

t – число днів роботи розробника.

Для керівника проекту основна заробітна плата складатиме:

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

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

Таблиця 5.8 – Результати розрахунків основної заробітної плати

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

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

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

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

n – число робіт по видах та розрядах;

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

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

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

де: M_n – мінімальна місячна оплата праці, грн. З 1.04.2024 року – $M_n = 8000$ 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	Погодинна тарифна ставка	Величина оплати, грн
Роботи по компоновці елементів	130	4	93,4	12142
Роботи верстатника	140	4	93,4	13076
Роботи слюсаря	80	4	93,4	7472
Роботи налагоджувальника	95	4	93,4	8873
Всього				41563

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

$$З_{д} = (88636 + 41563) \cdot 12\% = 15624 \text{ (грн.)}.$$

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

$$(88636 + 41563 + 15624) \cdot 0,22 = 32081 \text{ (грн.)}.$$

Амортизація обладнання, які використовуються під час виготовлення пристосування.

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

$$A = \frac{I\zeta}{T_{II.B.}} \frac{T_{\Phi.B.}}{12},$$

де Ц – балансова вартість обладнання, грн;

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

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

Таблиця 5.10 – Результати розрахунків амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Термін нормативного використання, р.	Термін корисного використання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
Комп'ютерне обладнання	30000	4	12	7500
Промисловий робот	290000	7	12	41429
Слюсарне обладнання	130000	4	1	2708
Обладнання для компоновки і налаштування	215000	6	1	2986
Обладнання для розрахунків	40000	4	1	833

Відповідно:

$$A = 7500 + 41429 + 2708 + 2986 + 833 = 55456 \text{ грн.}).$$

Витрати на матеріали розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

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

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

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

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

B_i – маса відходів i -го найменування,

C_v – ціна відходів i -го найменування,

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:

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

де: C – вартість 1 кВт-години електроенергії. На грудень 2024 року для промисловості (2 категорія споживачів) ціна електроенергії становить $C_{\text{опт}} = 8,430$ грн./кВт згідно тарифів оператора ринку, $C_{\text{розп}} = 2,028$ грн./кВт за розподіл електричної енергії згідно тарифів ТОВ "Енера Вінниця" та $C_{\text{пост}} = 0,389$ грн./кВт за постачання електричної енергії до конкретного користувача згідно тарифів ТОВ "Енера Вінниця"

W – установлена потужність обладнання;

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

K – коефіцієнт використання потужності.

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

Таблиця 5.11 – Результати розрахунків витрат електроенергії

Найменування обладнання	Час роботи, год.	Потужність, кВт.	Коефіцієнт використання
Комп'ютерне обладнання	150	0,5	1
Приміщення (освітлення)	140	0,9	1
Промисловий робот	110	6	1
Допоміжне обладнання	120	6	0,8

$$Ц_{e1} = 13,02 \cdot 0,5 \cdot 150 \cdot 1 = 977 \text{ (грн.)},$$

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

$$Ц_{e3} = 13,02 \cdot 6 \cdot 110 \cdot 1.0 = 8593 \text{ (грн.)},$$

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

$$Ц_e = 977 + 1641 + 8593 + 7500 = 18711 \text{ (грн.)}.$$

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

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

$$I_v = 3 \cdot (88636 + 41563) = 390597 \text{ (грн.)}$$

Усі витрати складають:

$$\begin{aligned} B &= 88636 + 41563 + 15624 + 32081 + 55456 + \\ &+ 18711 + 390597 = 642668 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями.

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

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

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

Тоді

$$B_{\text{заг}} = 642668 / 0,95 = 676493 \text{ (грн.)}$$

Прогнозування загальних витрат здійснюється за формулою:

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

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

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

Тоді:

$$ЗВ = 676493 / 0,4 = 1691233 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку способу суміщеної обробки та впровадження результатів даної роботи становлять приблизно 1691233 грн.

5.10 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

Комерційний ефект застосування розробленого обладнання пояснюється декількома важливими аспектами: можливістю працювати протягом тривалого проміжку часу, забезпечувати стабільну якість продукції та зменшити кількість браку, можливістю швидко переналагоджувати виробництво на випуск іншої типової продукції.

Аналіз місткості ринку даної продукції показує, що в даний час в Україні кількість потенційних користувачів нашої розробки складає щороку приблизно 3000 шт. Середня ціна виготовлених виробів 90-150 тис. грн. Оскільки собівартість виготовлення корпусів за рахунок автоматизації скоротилась в нас є можливість реалізовувати наші вироби дешевше. При цьому повинен збільшуватися і попит на нашу розробку.

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

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

Прогноз зростання попиту на нашу розробку складає по роках:

1-й рік після впровадження (2024 р.) – приблизно 3000 шт.;

2-й рік після впровадження (2025 р.) – приблизно 2500 шт.;

3-й рік після впровадження (2026 р.) – приблизно 1500 шт.;

4-й рік після впровадження (2027 р.) – приблизно 1000 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 $\Delta\P_i$, що його можна отримати потенційний інвестор від впровадження результатів нашої розробки, для кожного із років, починаючи з першого року впровадження:

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

де $\Delta \Pi_o$ – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є зменшення ціни нового виробу, грн.; ми вважаємо, що $\Delta \Pi_o = 5200$ грн;

N – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році до впровадження результатів розробки; було встановлено, що $N = 3000$ шт.;

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

Π_o – основний оціночний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році після впровадження результатів розробки, грн.; $\Pi_o = 75$ тис. грн;

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

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. У 2024 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 $\rho = 0,25$;

g – ставка податку на прибуток. У 2024 році $g = 18\%$.

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора $\rho \Pi_i$ протягом першого року від реалізації нашої розробки (2023 р.) складе:

$$\Delta\Pi_1 = (3000 \cdot 5200) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 2664893(\text{грн.})$$

$$\Delta\Pi_2 = (2000 \cdot 5200) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 2220745(\text{грн.})$$

$$\Delta\Pi_3 = (1500 \cdot 5200) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1332447(\text{грн.})$$

$$\Delta\Pi_4 = (1000 \cdot 5200) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 888298(\text{грн.})$$

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:

$$E_{абс} = ПП - PV, \quad (5.14)$$

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

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

$$ПП = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^i}, \quad (5.15)$$

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

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

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

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

$$ПП = \frac{2664893}{(1+0.1)^2} + \frac{2220745}{(1+0.1)^3} + \frac{1332447}{(1+0.1)^4} + \frac{888298}{(1+0.1)^5} = 5332512 \text{ (грн.)}$$

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

$$E_{abs} = 5332512 - 1691233 = 3641279 \text{ (грн.)}.$$

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

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

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

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

де E_{abs} – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, $E_{abs} = 3641279$ грн.;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 1569600$ грн.;

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

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[5]{1 + 3641279 / 1569600} - 1 = 0,258 = 26\%.$$

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 $\tau_{\min}$ визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (5.17)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2024 році в Україні $d = (0,08...0,20)$;

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

$$\tau_{\min} = 0,17 + 0,08 = 0,25 \text{ або } \tau_{\min} = 25\%.$$

Оскільки величина $E_v = 26\% > \tau_{\min} = 25\%$, то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

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

$$T_{ок} = 1/E_v,$$

$$T_{ок} = 1/0,26 = 3,8.$$

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

5.12 Висновки до розділу

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

Комерційний потенціал дослідження за результатами опитування експертів було визначено як вище середнього. Розраховані показники абсолютної та відносної ефективності свідчать, що даний інвестиційний проект може зацікавити інвестора, оскільки рівень доходності даного проекту перевищує депозитні доходи і є менш ризикованим. Термін окупності розробленого проекту складає 3,8 років.

ВИСНОВКИ

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

2. Автоматизовані чи роботизовані елементи зазвичай виконують допоміжні функції.

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

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

5. Проаналізовано технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Корпус».

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

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

8. Розроблено загальний алгоритм роботи автоматизованого робочого місця для технологічної обробки деталі «Корпус».

9. Проаналізовано особливості установки деталі на верстаті при застосування промислового робота.

10. Розроблено верстатне пристосування для обробки деталі «Корпус» на вертикально фрезерному верстаті з ЧПК.

11. Проведені розрахунки складових похибки установки заготовки на пристосуванні. Точність позиціонування в пристосуванні складає 46 мкм і дає можливість забезпечувати усі необхідні допуски розмірів, які отримуються на даній операції.

12. Обрано промисловий робот моделі «Taibot N- 25» для застосування в автоматизованому робочому місці.

13. Обрано схему захватного пристрою для роботи деталлю «Корпус»

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

15. Визначені параметри роботи робочого місця. Загальний час циклу складає 180,1с.

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

17. Комерційний потенціал дослідження за результатами опитування експертів було визначено як вище середнього. Розраховані показники абсолютної та відносної ефективності свідчать, що даний інвестиційний проект може зацікавити інвестора, оскільки рівень доходності даного проекту перевищує депозитні доходи і є менш ризикованим. Термін окупності розробленого проекту складає 3,8 років.

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. Pratikkumar 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. Репінський [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. Miscevic 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. Федорець, М.Н. Педченко, В.Б.Струтинський та ін,- К.: Вища шк., 1995,- 463с.
16. Павленко П.М. Автоматизація технічної підготовки виробництва. Навчальний посібник.Вінниця: ВНТУ, 2006. 114с.
17. М. І. Іванов, Ж. П. Дусанюк, С. В. Дусанюк та ін. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування: навчальний посібник. Вінниця: Глобус-Прес, 2011. – 200 с.
18. Ю. А. Буренніков, Д. О. Лозінський Технологічні основи машинобудування. Самостійна та індивідуальна робота студентів: навчальний. Вінниця : ВНТУ, 2017. 106 с.
19. Технологічна оснастка : навчальний посібник / О. В. Петров,С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.
20. Мироненко О. М. Курсове проектування з дисциплін «Проектування пристосувань», «Системи автоматизованого проектування технологічної оснастки» :

навчальний посібник / О. М. Мироненко, Ю. А. Буренніков. – Вінниця : ВНТУ, 2007. – 61 с.

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

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

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

26. Лозінський Д.О., Болячок А.Б., Михальський Б.О., Яворський А.А., Гончарук М.В. Застосування CAD -систем для проектування технологічного оснащення в машинобудуванні. ВНТКП ВНТУ. Факультет машинобудування та транспорту: зб. матеріалів конференції. Вінниця, 2024. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2024/paper/view/20982/17382>. (дата звернення: 12.06.2024).

27. Лозінський Д.О., Сиротін О.А., Кавецький О.І., Болячок А.Б., Застосування роботизованих технологічних комплексів в машинобудівному виробництві. Міжнародна молодіжна науково-технічна конференція «МОЛОДА НАУКА - РОБОТИЗАЦІЯ І НАНОТЕХНОЛОГІЇ СУЧАСНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ» (10-12 квітень 2024 р.). С.238-241.

28. 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.

29. 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

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА**АВТОМАТИЗАЦІЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ "КОРПУС"**

(Назва магістерської кваліфікаційної роботи)

Мета та задачі роботи

Метою роботи є автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Корпус».

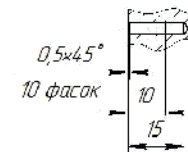
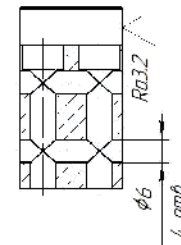
Для досягнення поставленої мети потрібно виконати такі завдання:

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

Об'єкт дослідження – автоматизоване робоче місце технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Корпус».

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

08-26.MKP.001.00.001



ВНТУ,
г.р. 1ПМ-23м
Формат А3

Имя	Фамилия	И.О. Отчество	Пол	Возраст
Рязань	Билибин	А.В.		01.01.2001
Дроз	Давыдов	А.В.		01.01.2001
Тихонов				
Иванов	Сергей	И.В.		01.01.2001
Улья	Козлов	И.		01.01.2001

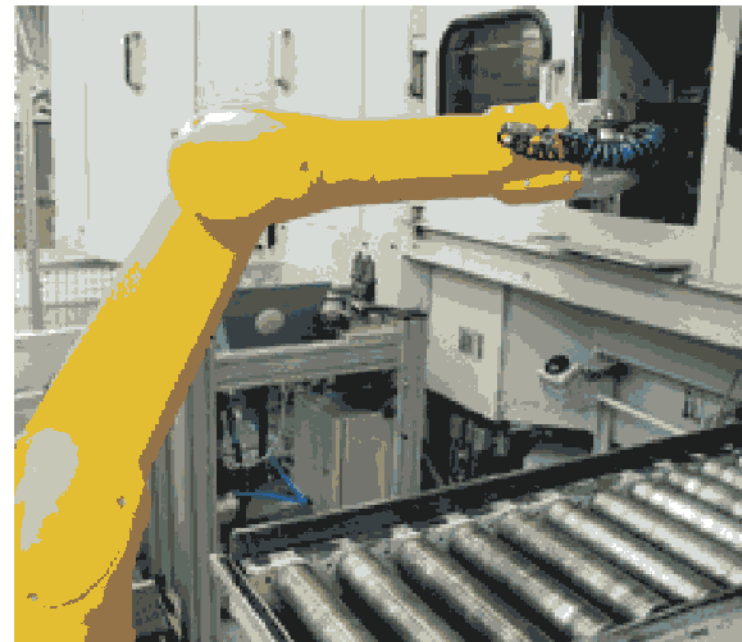
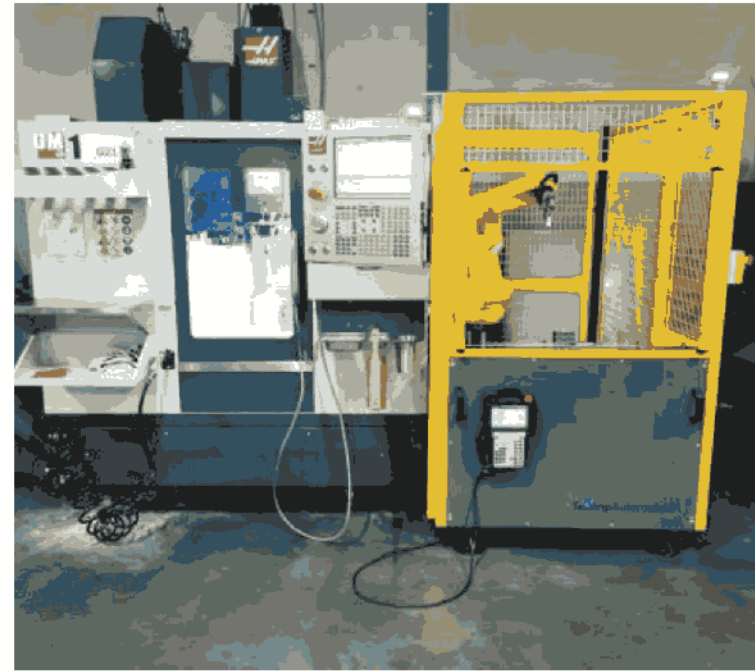
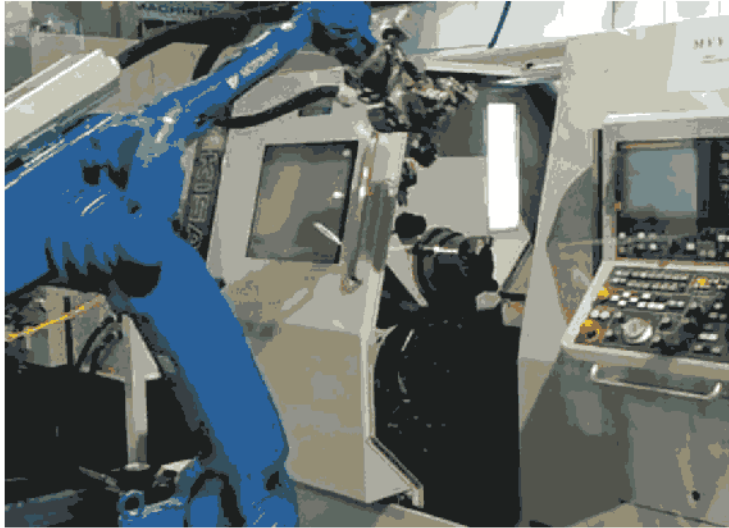
[illegible]

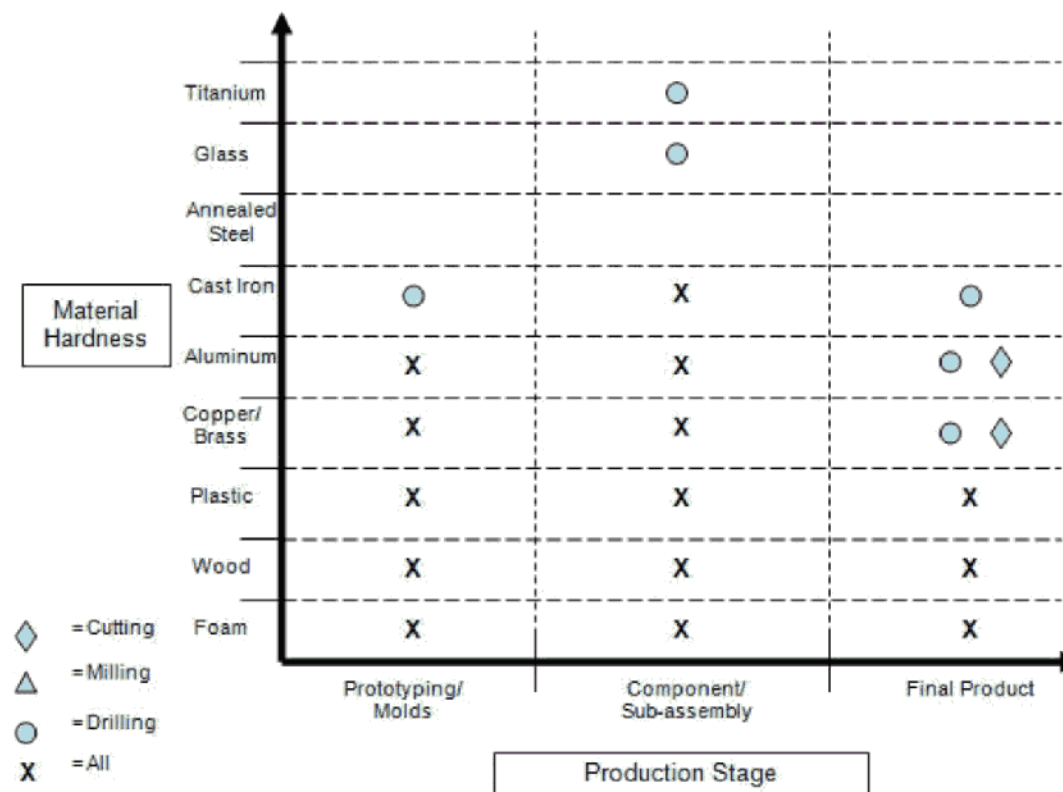
№ п.п	Назва операції: зміст переходу	Схема установки	Обладна- ння
----------	-----------------------------------	-----------------	-----------------

005	Токарна з ЧПК 1. Встановити деталь. 2. Фрезерувати поб. 1 попередньо в р-р $50 \pm 0,35$ 3. Фрезерувати поб. 1 остаточно в р-р вказаний на ескізі 4. Центрувати 4 отв. 2 в р-ри $\phi 4^{+0,3}_{-0,1}$ 5. Свердлити 4 отв. 2 в р-ри $\phi 6,2^{+0,15}_{-0,1}$ 6. Розвернути 4 отв. 2 однократно в р-р вказаний на ескізі 8. Зняти деталь	A-A $\sqrt{Ra\ 12,5}$	Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК БР13РФ3
-----	---	--	--

010	Фрезерна з ЧПК 1. Встановити деталь. Позиція 1 2. Фрезерувати поб. 1 однократно в р-р $6 \pm 0,15$ Поворотити робочий стіл на 180° Позиція 2 3. Фрезерувати поб. 2 попередньо в р-р $214 \pm 0,26$ 4. Фрезерувати поб. 2 остаточно в р-р вказаний на ескізі 5. Центрувати 4 отв. 4 та 4 отв. 5 в р-ри $\phi 3^{+0,3}_{-0,1}$ 6. Розсвердлити отв. 3 в р-р $\phi 31,207^{+0,25}_{-0,25}$ 7. Розвернути отв. 3 попередньо в р-р $\phi 31,845^{+0,66}_{-0,66}$ 8. Розвернути отв. 3 остаточно в р-р вказаний на ескізі 9. Свердлити 4 отв. 4 в р-р вказаний на ескізі 10. Свердлити 4 отв. 5 в р-ри $\phi 3,3^{+0,1}_{-0,1}$ 11. Зенкерувати 4 фаски 6 в р-р вказаний на ескізі 12. На різати різь в 4 отв. 5 в р-р вказаний на ескізі 13. Зняти деталь	A-A $\sqrt{Ra\ 12,5}$	Фрезерно-розточувальний верстат з ЧПК 2204ВМФ4
-----	--	--	---

015	Вертикально-свердлильна з ЧПК 1. Встановити деталь. 2. Іскрувати 4 поб. 1 в р-р вказаний на ескізі 3. Зняти деталь	A-A $\sqrt{Ra\ 12,5}$	Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК ЗР135Ф2
-----	--	--	---





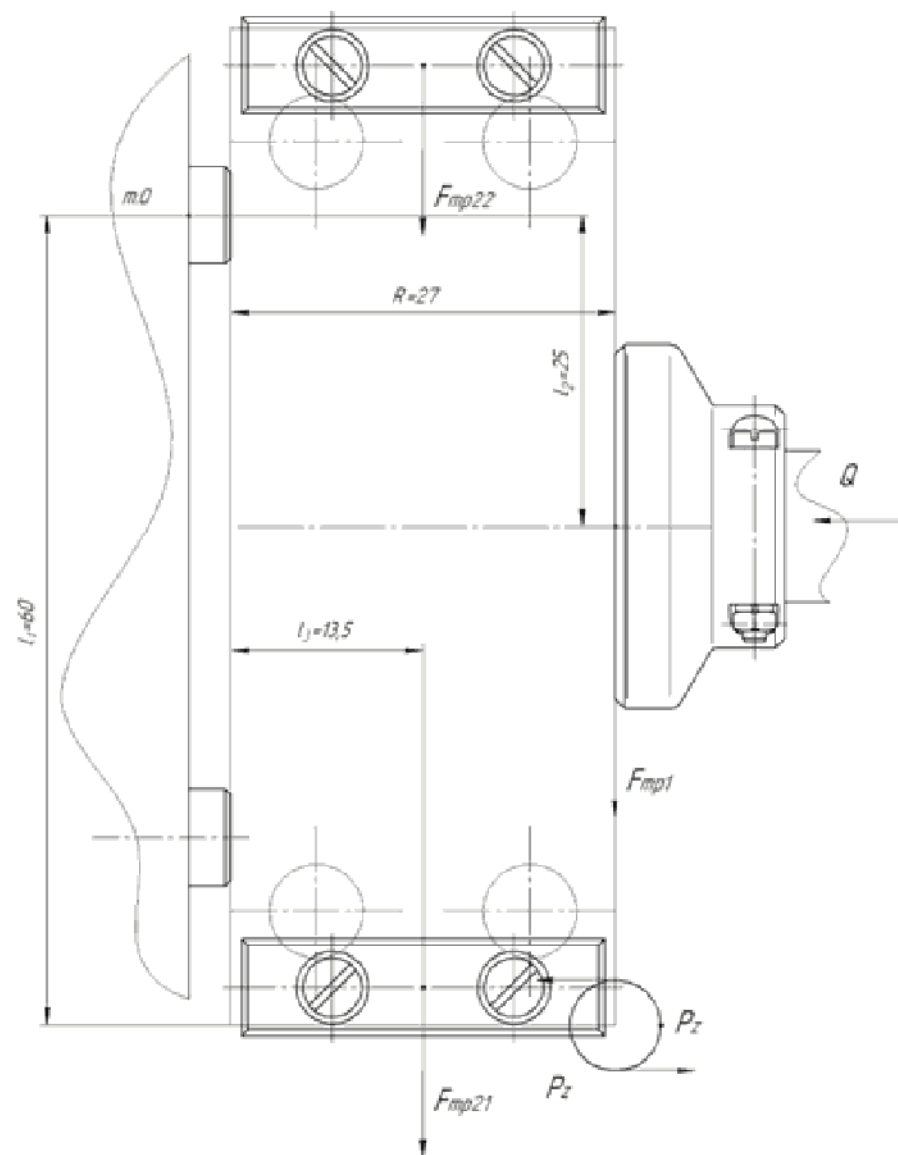
Об'єми продажу промислових роботів



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

Розрахункова схема визначення сили закріплення



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

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

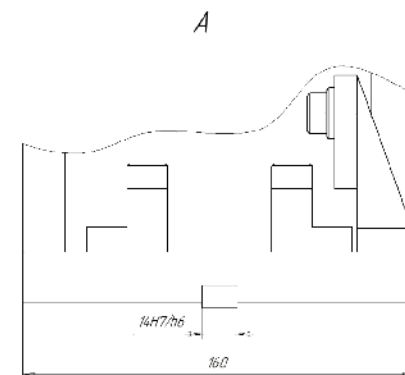
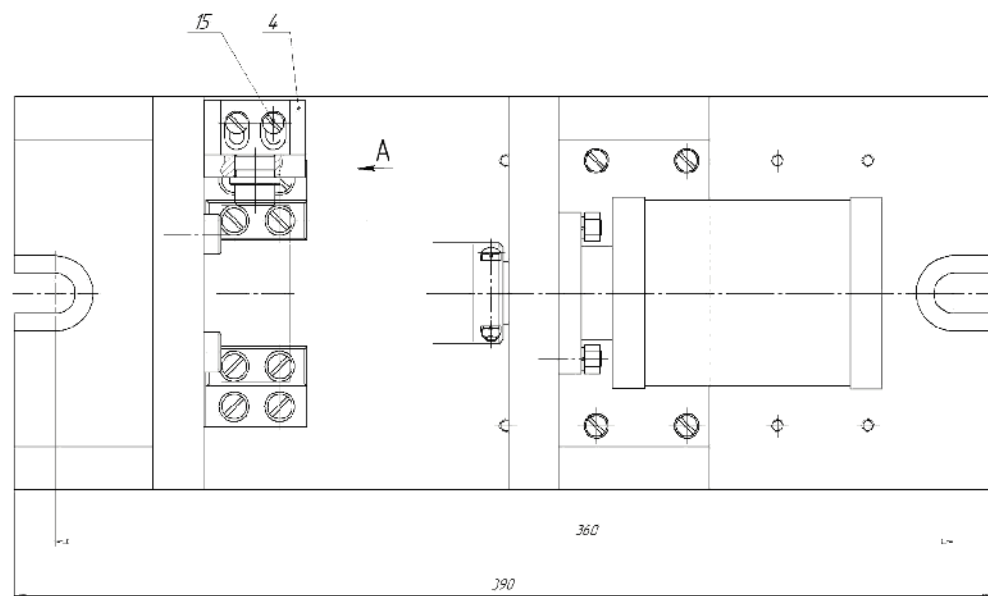
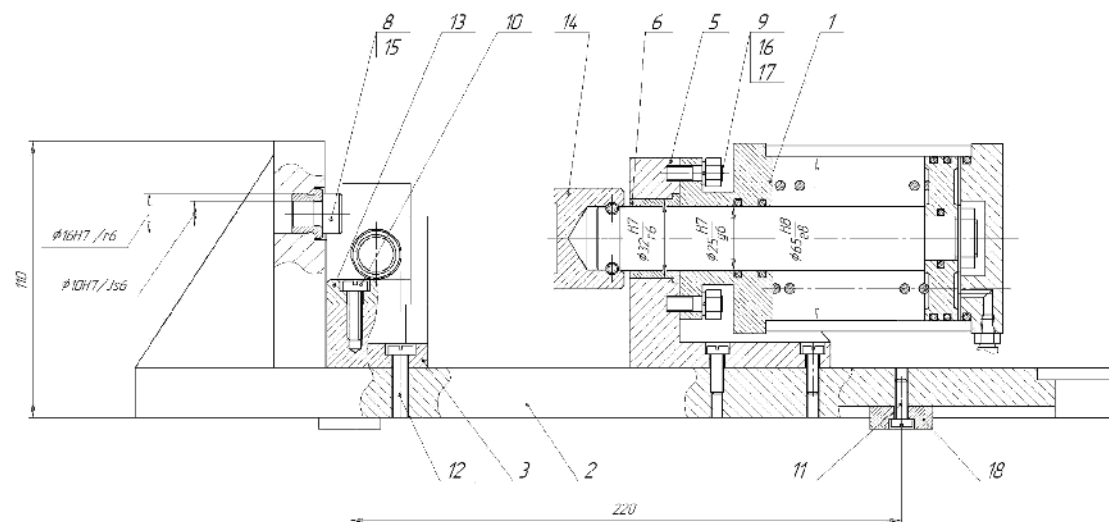
$$F_{mp,2} = f_2 \times P_y$$

$$f_1 = f_2$$

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

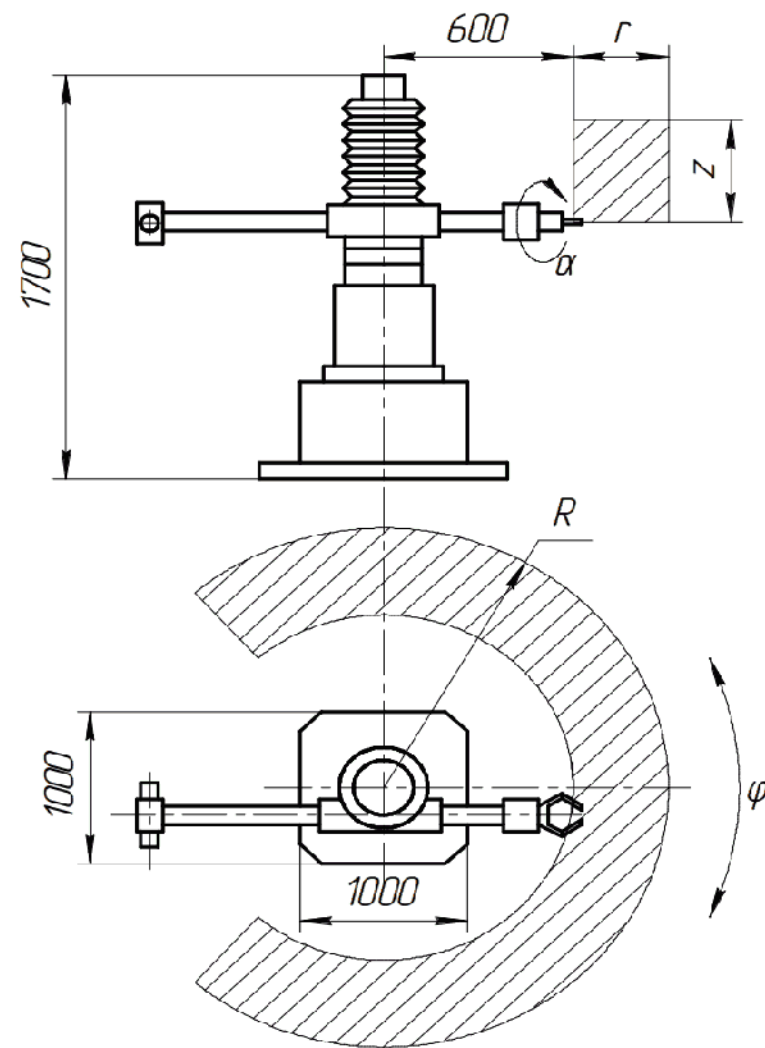
$$Q_z = \frac{260 \times 0.06 - 2 \times 65 \times 0.2 \times 0.0135 - 65 \times 0.2 \times 0.027}{0.025} = 600 \text{ (H)}$$

08-26.МКР.001.00.000 СК

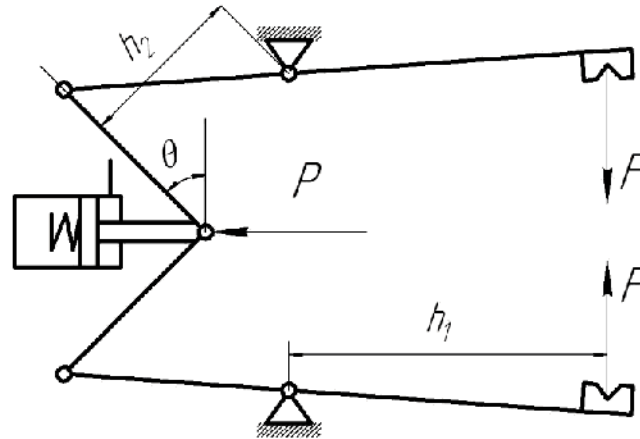


1. *Размеры для доводки
2. H14; h14; $\pm IT_2^S$
3. Сила закрутки 1500 Н
4. Точность пригнотування – не менше 46 мкм
5. Тиск в мережі 0,4–0,6 МПа

08-26.МКР.001.00.000 СК									
				Верстатне пристосування					
				Дат.		Лист		Листов	
								11	
				Складальні креслення					
				Дат.		Лист		Листов	
								4	
Листов				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист				Лист		Лист		Лист	
Лист									



Загальний вигляд робота Taibot N- 25



$$F = K_1 K_2 K_3 m g$$

де m – маса об'єкту маніпулювання;

g – прискорення вільного падіння;

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

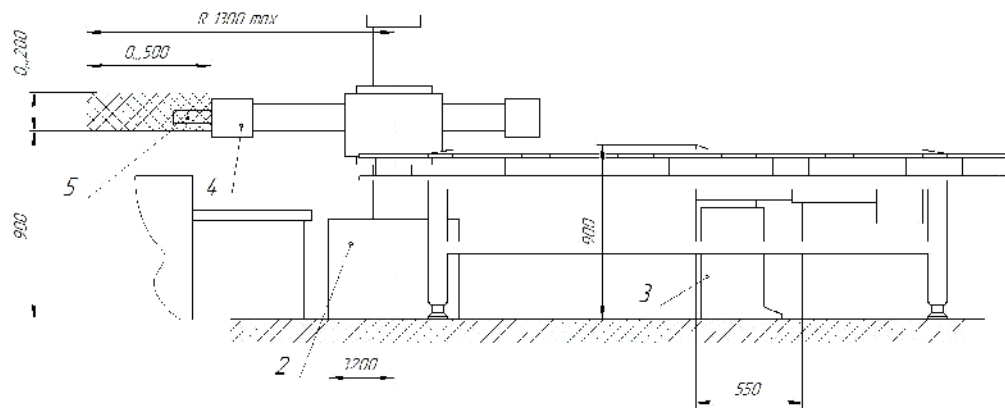
K_2 – коефіцієнт, залежний від максимального прискорення A , з яким ПР переміщує об'єкт, закріплений в захватному пристрої.

г. $K_2 = 1 + A/g = 1 + 1 = 2$;

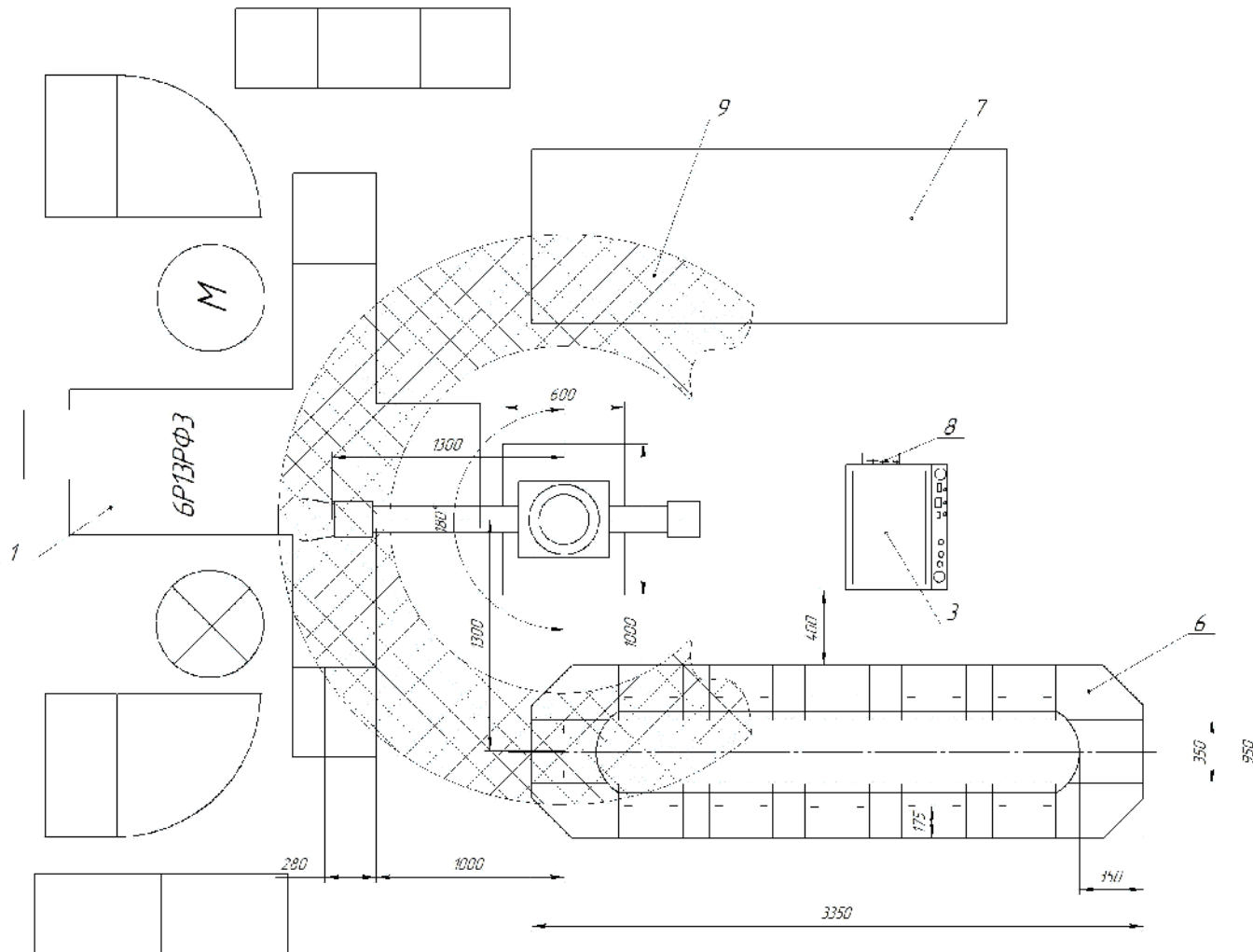
K_3 – коефіцієнт передачі, залежний від конструкції захоплення і розташування в ньому об'єкту маніпулювання

$$P = \frac{2M_j \cdot \cos \alpha}{b \cdot \eta_p}$$

Схема захватного пристрою



1. Верстат моделі 6P13PФЗ
2. ПР
3. Пристрій керування
4. Виконавчий орган
5. Захватний пристрій
6. Тактовий стіл СТ 350
7. Місце складування оброблених деталей
8. Пульт
9. Робоча зона ПР



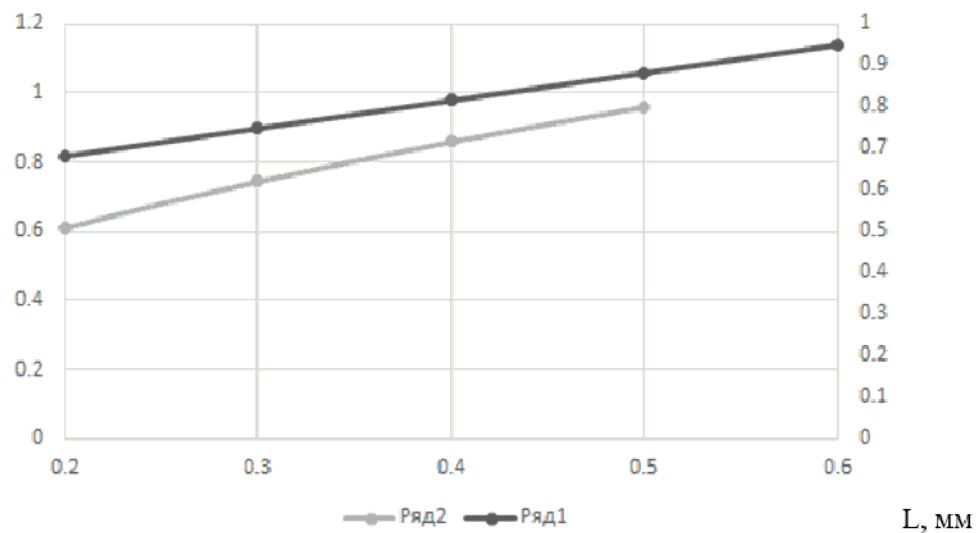
Технічні характеристики ПР Taibot N- 25

- вантажопідємність 25 кг;
- число ступенів рухливості 5;
- число рук -1;
- число захватних пристроїв на одній руці - 1;
- привод основних рухів - гідравлічний;
- система управління - позиційна;
- число програмованих координат- 5;
- засіб програмування перемещень- штекерна панель;
- ємність пам'яті системи, число кроків- 24;
- похибка позиціонування - $\pm 1,5$ мм;
- найбільший виліт руки 1300 мм;
- лінійні переміщення, мм/ швидкість, м/с:
- $r = 700/0,5$;
- $z = 700/0,5$;
- кутові переміщення, $^{\circ}$ / кутова швидкість, $^{\circ}/с$:
- $\varphi = 220/24$;
- $\alpha = 180/90$;
- $\gamma = 220/90$;
- маса, кг- 730.

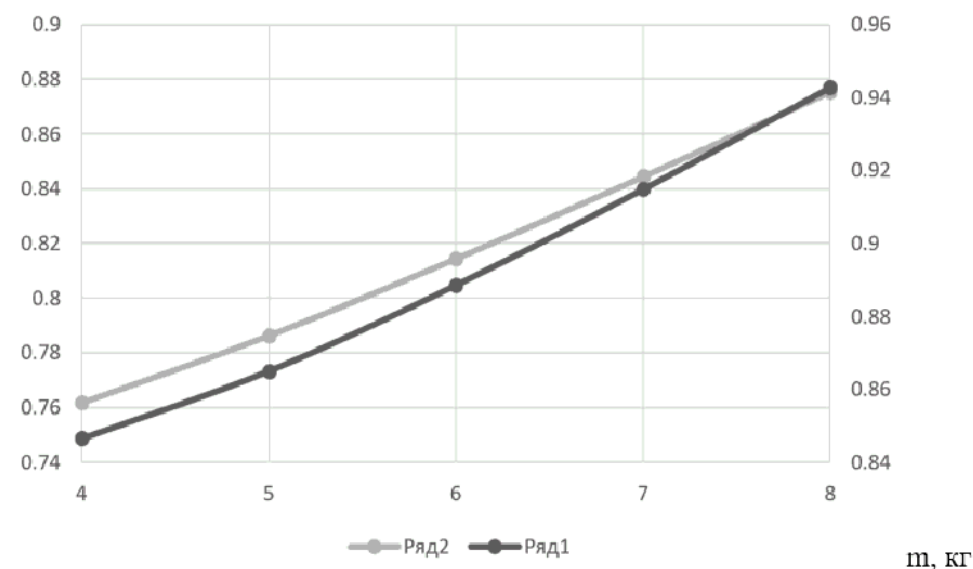
Характеристика робочого місця

- 1 Циклова продуктивність, Q_c 0.006
- 2 Коефіцієнт відносного навантаження, K_z 0.023
- 3 Режим роботи ПР легкий

$V, \text{ м/с}$



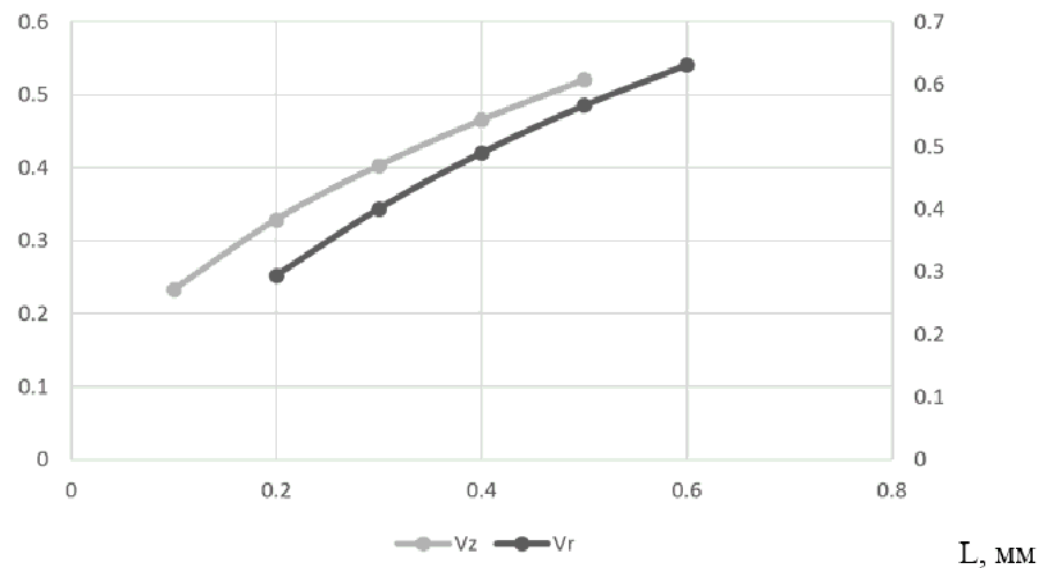
$V, \text{ м/с}$



Залежність швидкості переміщення по осі X та Z від максимального вильоту

Залежність швидкості переміщення по осі X та Z від маси

$t, \text{ м/с}$

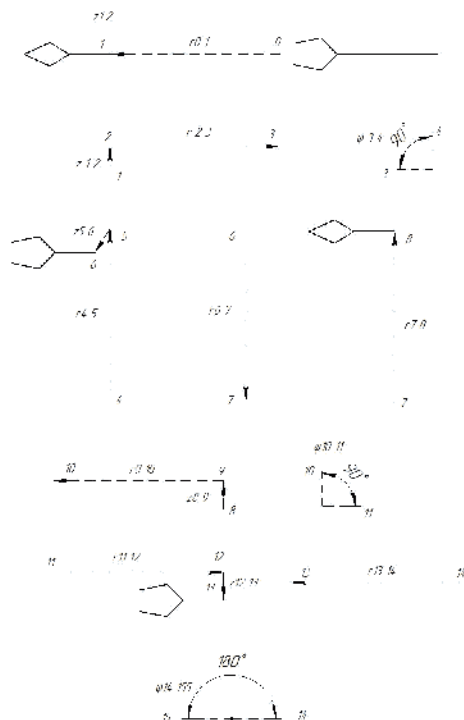


Залежність часу переміщення по осям X та Z від максимального вильоту

Циклограма функціонування та алгоритм роботи РТК

Циклограма функціонування РТК

Обладнання	Операція	Час, с																	
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
ПР	Затиск заготовки	///																	
	Виконання заготовки на верстаті	///																	
	Затиск заготовки в верстаті																///		
	Переміщення заготовки від верстатного заготовки металеву																///		
	Затиск заготовки в верстаті	///																	
Верстат	Розпуск заготовки в верстаті																///		
	Обробка заготовки		///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///		
Тактовий цикл	Підготовка на одну позицію																	///	



Алгоритм роботи РТК

Облад-на	Дія	Вид руху	Величина переміщення, мм(град)	Швидкість переміщення, м/с, °/с	Час, с
Захват заготовки		Переміщення руки ПР вперед	500	0,5	1,0
		Затиск заготовки	-	-	0,2
		Переміщення руки ПР вгору	200	0,5	0,4
		Переміщення руки ПР назад	500	0,5	1,0
		Поворот руки ПР за годинниковою стрілкою	90°	90	1,0
ПР	Сума				3,6
Верстат		Переміщення руки ПР вперед	500	0,5	1,0
		Установка заготовки на верстат	200	0,5	0,4
		Розпуск заготовки	-	-	0,2
		Переміщення руки ПР назад	500	0,5	1,0
					2,6
Верстат		Затиск заготовки на верстатному пристосуванні	3		3
		Обробка заготовки	0		157,2
Верстат		Розпускання заготовки на верст	3		3
		Сума			163,2
ПР		Переміщення руки ПР вперед	500	0,5	1,0
		Зняття заготовки з верстата	-	-	0,2
		Переміщення руки ПР вгору	200	0,5	0,4
		Переміщення руки ПР назад	500	0,5	1,0
		Сума			2,6
ПР		Поворот руки ПР за годинниковою стрілкою	90°	90	1,0
		Переміщення руки ПР вперед	500	0,5	1,0
		Переміщення руки ПР вниз	200	0,5	0,4
		Розпуск заготовки	-	-	0,2
		Переміщення руки ПР назад	500	0,5	1,0
ПР		Поворот руки ПР за годинниковою стрілкою	180°	90	2,0
		Сума			5,6
Тактовий цикл		Переміщення на одну позицію			2,5
		Сума			180,1

ВИСНОВКИ

1. На основі огляду типових засобів автоматизації можна виділити основні методики за засоби для автоматизації виробництва, а саме застосування роботизованого обладнання та допоміжного устаткування в комплексі з верстаним обладнанням з ЧПК.
2. Автоматизовані чи роботизовані елементи зазвичай виконують допоміжні функції.
3. Для обслуговування верстату зазвичай використовують роботи, що мають 4-6 ступеней вільності
4. В робочому місці промислові роботи виконують первинні задачі автоматизації та - автоматизують розвантажувальні та завантажувальні операції.
5. Проаналізовано технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Корпус».
6. На основі аналізу раціональності застосування автоматизації обрано операцію 005, оскільки застосування автоматизації може забезпечити зменшення допоміжних витрат часу.
7. Визначено перелік дій та обладнання для їх виконання при автоматизованій роботі автоматизованого робочого місця.
8. Розроблено загальний алгоритм роботи автоматизованого робочого місця для технологічної обробки деталі «Корпус».
9. Проаналізовано особливості установки деталі на верстаті при застосування промислового робота.
10. Розроблено верстатне пристосування для обробки деталі «Корпус» на вертикально фрезерному верстаті з ЧПК.
11. Проведені розрахунки складових похибки установки заготовки на пристосуванні. Точність позиціонування в пристосуванні складає 46 мкм і дає можливість забезпечувати усі необхідні допуски розмірів, які отримуються на даній операції.
12. Обрано промисловий робот моделі «Taibot N- 25» для застосування в автоматизованому робочому місці.
13. Обрано схему захватного пристрою для роботи деталлю «Корпус»
14. Розраховані часові витрати та досліджено залежності швидкісних та часових характеристик робота від особливосте маніпулятора та маси вантажу, яким він оперує.
15. Визначені параметри роботи робочого місця. Загальний час циклу складає 180,1с.
16. При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено комерційний потенціал дослідження та розраховано кошторис капітальних витрат на модернізацію дільниці механічної обробки, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення.
17. Комерційний потенціал дослідження за результатами опитування експертів було визначено як вище середнього. Розраховані показники абсолютної та відносної ефективності свідчать, що даний інвестиційний проект може зацікавити інвестора, оскільки рівень доходності даного проекту перевищує депозитні доходи і є менш ризикованим. Термін окупності розробленого проекту складає 3,8 років.

ДОДАТОК Б**СПЕЦИФІКАЦІЯ**

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №					<u>Документація</u>			
	A1			08-26.МКР.001.01.000 СК	Складальне креслення			
					<u>Складальні одиниці</u>			
	A2	1		08-64.МКР.001.02.000 СК	Пневмоциліндр	1		
					<u>Деталі</u>			
	A3	2		08-64.МКР.001.01.001	Корпус	1		
	A4	3		08-64.МКР.001.01.002	Кронштейн	2		
	A4	4		08-64.МКР.001.01.003	Кронштейн	1		
	A4	5		08-64.МКР.001.01.004	Кронштейн	1		
	A4	6		08-64.МКР.001.01.005	Втулка	1		
					<u>Стандартні вироби</u>			
Взам. инв. №			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		
	Подп. и дата							
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08-64.МКР.001.01.000 СП		
	Разраб.	Болячок А.Б.			17.12.24			
	Проб.	Лозінський Д.О.			17.12.24			
	Н.контр.	Сердюк О.В.			20.12.24			
	Утв.	Козлов Л.Г.			20.12.24			
Инв. № подл.	Верстатне пристосування (Складальне креслення)					Лит.	Лист	Листов
							1	2
						ВНТУ, гр. 1ПМ-23м		

