

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 "ПЛИТА"**

МКР.08-64.016.00.000.ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, групи 2ПМ-22м
спеціальності 131 – Прикладна механіка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

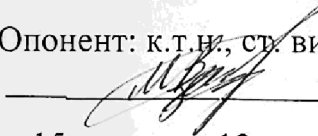
 Метельний О.Д.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

 Лозінський Д.О.
(прізвище та ініціали)


« 08 » _____ 12 _____ 2023 р.

Опонент: к.т.н., ст. викл. каф. АТМ

 Митко М.В.
(прізвище та ініціали)

« 15 » _____ 12 _____ 2023 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ТАМ

 д.т.н., проф. Козлов Л.Г.
(прізвище та ініціали)

« 16 » _____ 12 _____ 2023 р.

Вінниця ВНТУ - 2023 рік

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.

10 жовтня 2023 року

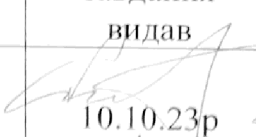
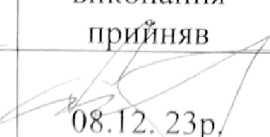
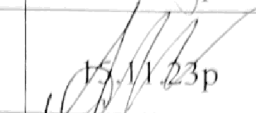
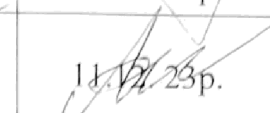
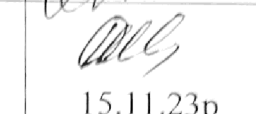
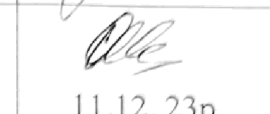
ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Метельному Олександр Дмитровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. Автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Плита"
керівник роботи Лозінський Дмитро Олександрович, к.т.н., доцент
затверджені наказом вищого навчального закладу від 18.09.2023 року № 274
2. Строк подання студентом роботи 15 грудня 2023 року
3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі "Плита", маршрут механічної обробки заготовки деталі "Плита", тип виробництва серійний
4. Зміст текстової частини: 1 Огляд методів та засобів автоматизації виробництв. 2 Розробка схеми автоматизованого робочого місця механічної обробки деталі Плита на фрезерній операції з ЧПК. 3 Алгоритм роботи автоматизованого робочого місця механічної обробки деталі Плита на фрезерній операції з ЧПК. 4 Автоматизація елементів виробництва. 5 Економічна частина. 6 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях
5. Перелік ілюстративного матеріалу
мета та задачі роботи; креслення деталі, маршрут механічної обробки деталі Плита, 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. Лозінський Д.О.,	 10.10.23р	 08.12. 23р.
Економічна частина	К.т.н., проф. Лесько О.Й.	 15.11.23р	 11.12.23р.
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Д.пед.н., проф. Дембіцька С.В.	 15.11.23р	 11.12. 23р.

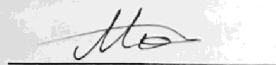
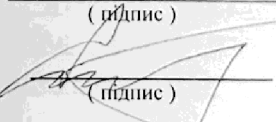
7. Дата видачі завдання 10 жовтня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	15.10. 2023р.	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	22.10. 2023р.	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	25.10. 2023р.	
4	Розв'язання поставлених задач	02.11. 2023р.	
5	Формулювання висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	05.12. 2023р.	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	11.12. 2023р.	
7	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	11.12. 2023р.	
8	Перевірка роботи на плагіат	11.12.2023р.	
9	Попередній захист МКР	11.12. 2023р.	
10	Нормоконтроль МКР	11.12. 2023р.	
11	Рецензування МКР	15.12. 2023р.	
12	Захист МКР		

Студент

Керівник роботи


(підпис)

(підпис)

Метельний О.Д.

Лозінський Д.О.

АНОТАЦІЯ

Метельний О.Д. Автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі “Плита”. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – прикладна механіка. Вінниця ВНТУ, 2023, 100с.

На укр. мові. Бібліограф.: 33 назв; рис. 31; табл. 22.

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

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 оснащення 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. В роботі розглянуті питання охорони праці, безпеки життєдіяльності та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

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

ABSTRACT

Metelnyi O.D. Automation of the workplace for the technological process of mechanical machining of the "Plate" workpiece. Master's qualification thesis on specialty 131 - applied mechanics. Vinnytsia VNTU, 2023, 100 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 33 titles; Fig. 31; table 22.

The master's qualification thesis presents materials devoted to the development of an automated workplace for the technological process of machining the "Plate" 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. The thesis also addresses issues of labor protection, life safety, and emergency situations.

Keywords: industrial robot, automation, technological process, Plate, 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 АВТОМАТИВАНОВОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ПЛИТА 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 ПЛИТА НА ФРЕЗЕРНІЙ ОПЕРАЦІЇ З ЧПК.....	17
3.1 Алгоритм роботи автоматизованого робочого місця механічної обробки деталі плита 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
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	80
6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.....	81
6.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	83
6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи РЕС обладнання механічної обробки заготовки деталі “Плита” в умовах дії загрозливих факторів НС.....	89
Висновки.....	92
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	94
ДОДАТКИ.....	98
Додаток А. Ілюстративна частина.....	99
Додаток Б. Ілюстративна частина.....	112
Додаток В. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	114

ВСТУП

Розвиток виробництва та покращення його характеристик - це запорука розвитку сучасної країни. Саме тому удосконалення технологічного обладнання та застосування сучасних прогресивних технологій на виробництві є досить актуальною задачею.

Для виробництва, зокрема для серійного, актуальним є його можливість виготовляти різні замовлення та швидко переналагоджуватись на випуск типової продукції і застосування автоматизації у великій мірі може вирішити ці завдання [1, 2].

Актуальність теми.

Розвиток науки, зростання темпів розвитку та впровадження елементів на базі штучного інтелекту зумовлює і підвищення темпів технічного розвитку виробництва.

Верстати з числовим програмним керуванням використовуються вже в усіх видах виробництв і забезпечити інші ланки виробництва тотожними по характеристикам є досить актуальною задачею.

Автоматизація певних ланок виробництва або ж виробництва в цілому забезпечує покращення технічних та економічних показників підприємства.

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. та інших розглянуті питання застосування автоматизації та роботизації у виробничих галузях [1 -5].

Проте ріст технічного рівня промисловості не припиняється і 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» (2017-2023 рр.).

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

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 "Плита".

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

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 "Плита" 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 "Плита".
3. Розраховано часові витрати та побудовано циклограму функціонування автоматизованого робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Плита".
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 всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024), ВНТУ 2023-24р., м. Вінниця.

Публікації. Матеріал магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано у 1 – тезі доповідей регіональної конференції [23].

1 ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВ

1.1 Огляд існуючих методів та засобів автоматизації виробництва

Сучасне виробництво, в тому числі і промислове, вже не можливо уявити без застосування хоча б елементарних засобів автоматизації, при технологічній підготовці виробництва, застосування механізованих елементів для вирішення технологічних задач (рис. 1.1). [1, 2].

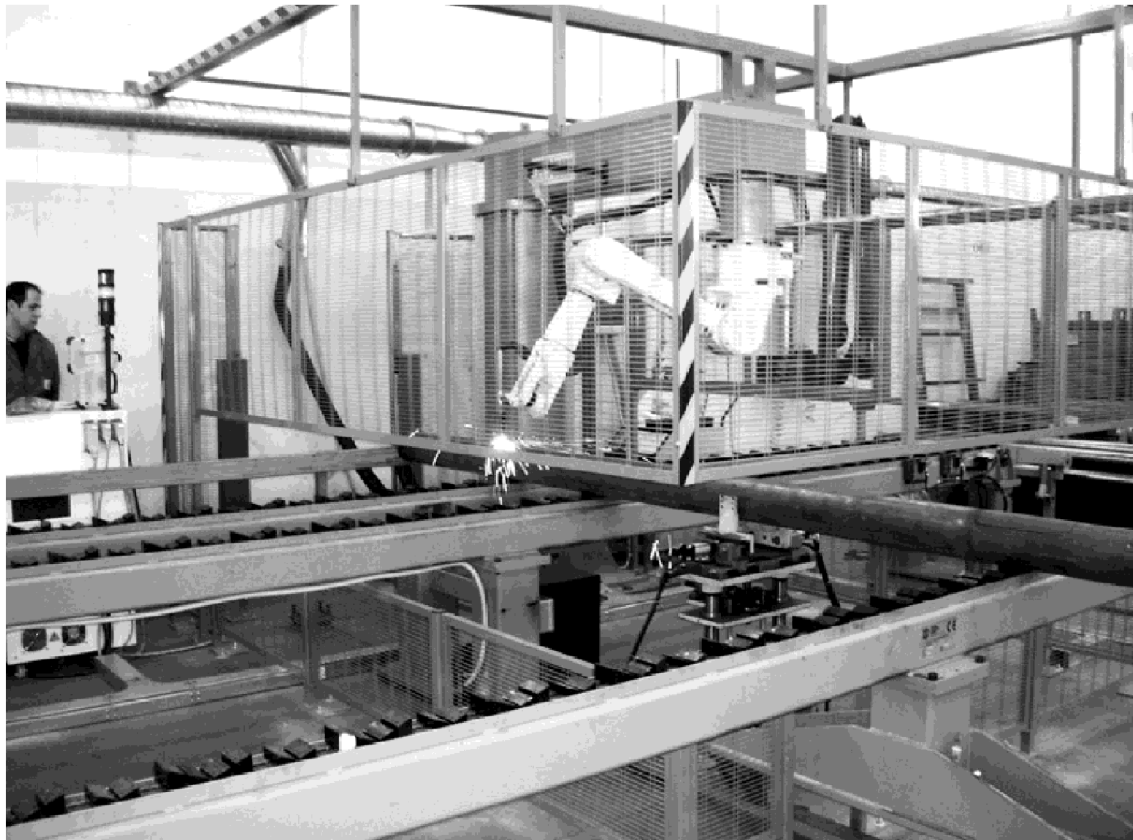


Рисунок 1.1 – Застосування автоматизації на виробництві

Впровадження автоматизації дозволяє забезпечити вирішення ряд вад важливих задач:

- зменшити залежність виробництва від впливу людського фактору;
- мінімізувати кількість браку;
- підвищити продуктивність та забезпечити стабільність якості продукції;

- збільшити тривалість робочого часу обладнання.

В сучасному виробництві є тенденція до застосування роботизованого обладнання для автоматизації певних ланок виробництва.

З точки зору робіт, на яких застосовуються роботи у виробництві, то найбільш затребуваними є робота з вантажами (40%), далі зварювальні роботи (28%) та решта.

Проаналізувавши об'єми продажів роботизованого виробництва (рис. 1.2) можна спостерігати чітку тенденцію зростання продажів, що є ознакою неухильного збільшення автоматизації та роботизації на виробництві.

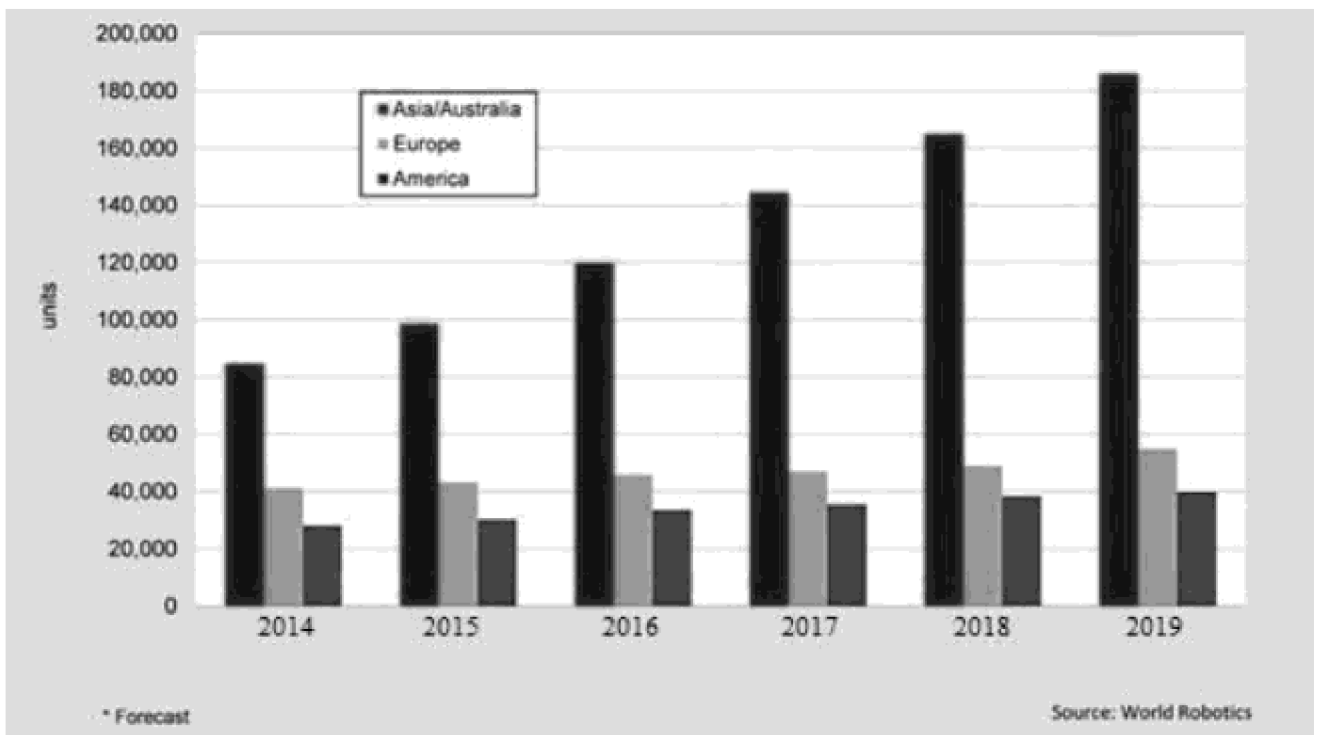


Рисунок 1.2 - Об'єми продажу промислових роботів

В роботах [6-8] проведено огляд технологічних комплексів оснащених роботизованим обладнанням, їх перспективи та роль у сучасному виробництві.

Зокрема, встановлено, що найкращу ефективність автоматизації за рахунок застосування робототехніки можна досягнути тільки при застосуванні комплексного підходу для вибору і застосування промислових роботів, оброблювального устаткування, засобів керування та інших елементів.

В роботі [9] запропоновано модульну конструкцію промислового робота для виконання важко навантажених операцій на виробництві, проведено розробку системи керування та дослідження на прототипі (рис. 1.3)

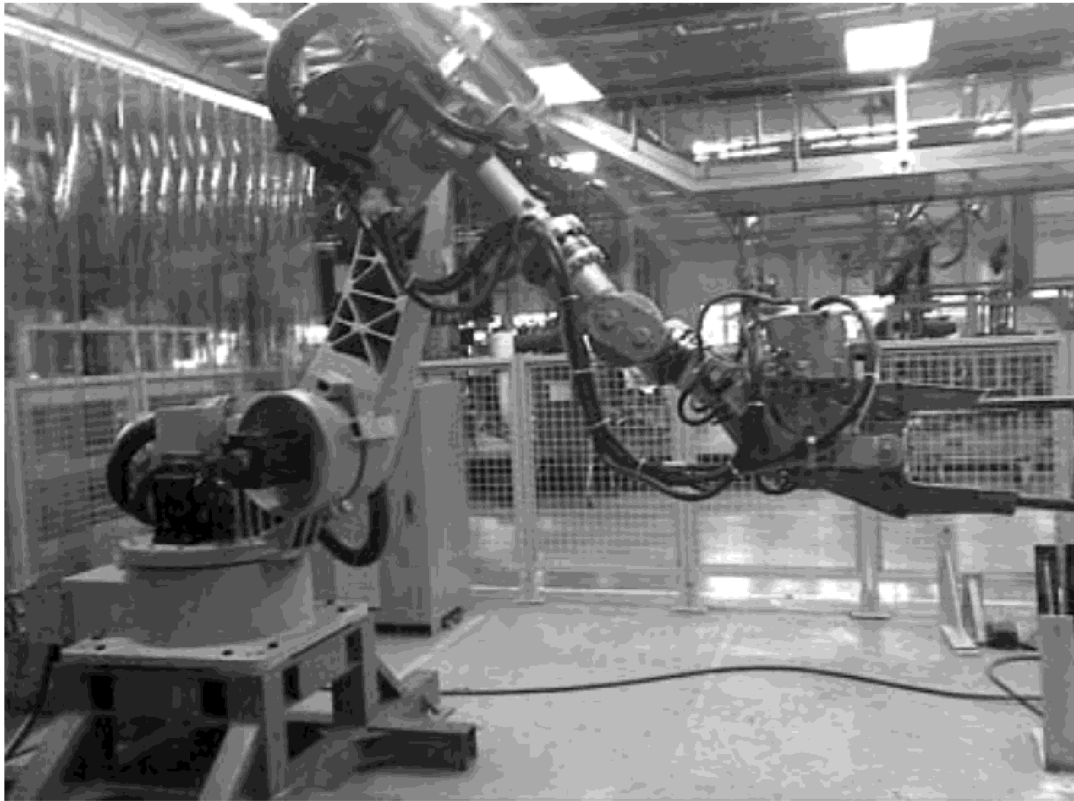


Рисунок 1.3 – Прототип розробленого робота

В роботі [4] запропоновано роботизований комплекс SL-20APL для виконання технологічних операцій фірми HAAS (рис. 1.4). Основним технологічним обладнанням є верстат з ЧПК моделі SL-20. Верстат обслуговується промисловим роботом типу APL, який має тельферний тип монтажу. В якості пристрою для накопичення заготовок та оброблених виробів застосовано пристрій у касетного типу, який змонтовано збоку верстату. Промисловий робот може бути оснащений хватними пристроями для утримування різномісних заготовок.

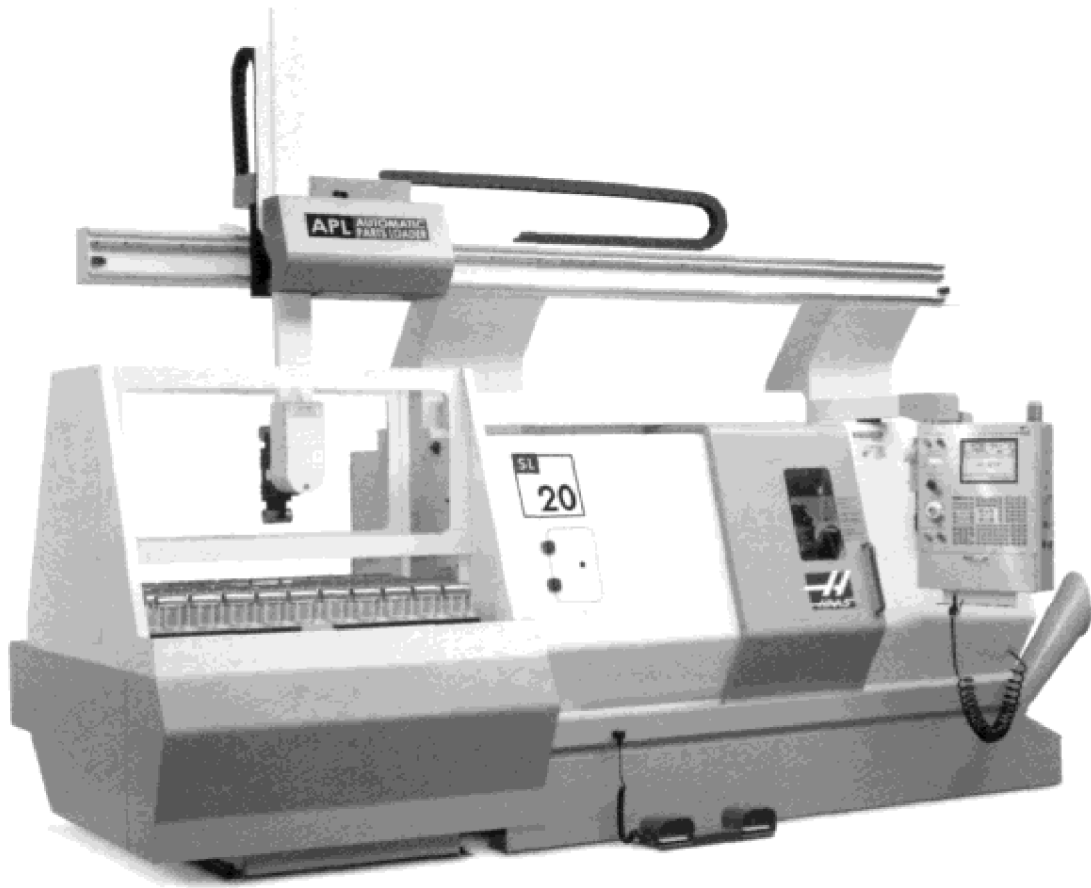


Рисунок 1.4 - Токарний роботизований технологічний комплекс SL-20APL

Робот виконує допоміжні операції установки та зняття деталей, а також для виконання операцій переустановлення виробів, що дозволяє виконувати обробку деталей з двох сторін і цим значно покращує ефективність обробки певних видів виробів.

В роботі [10] розглянуто комплекс роботизованого обладнання та верстату з числовим програмним керуванням для виконання фрезерних робіт (рис. 1.5, 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.

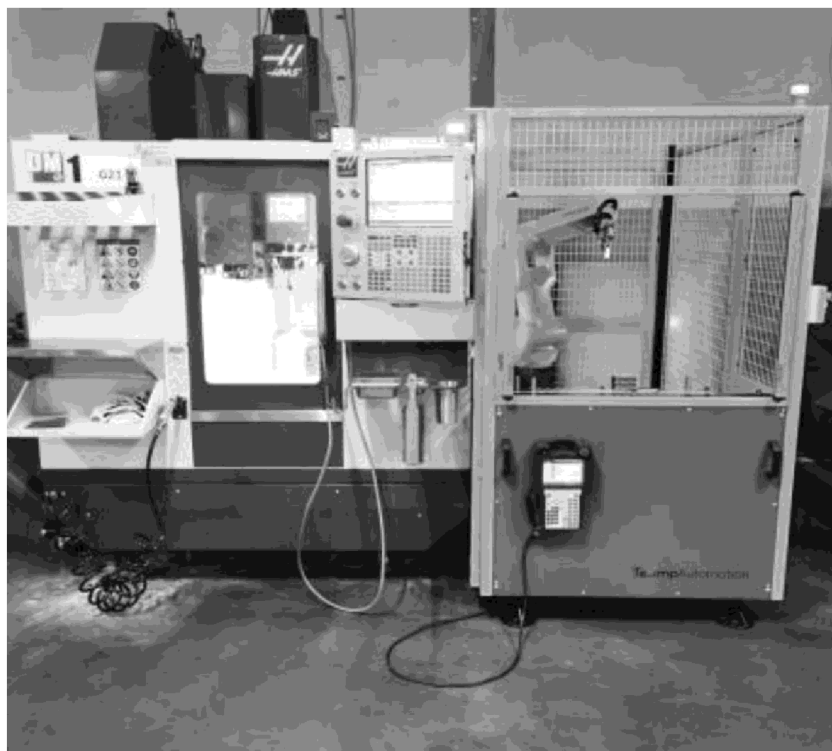


Рисунок 1.5 – Фрезерний роботизований технологічний комплекс на базі верстаті HAAS DM-2

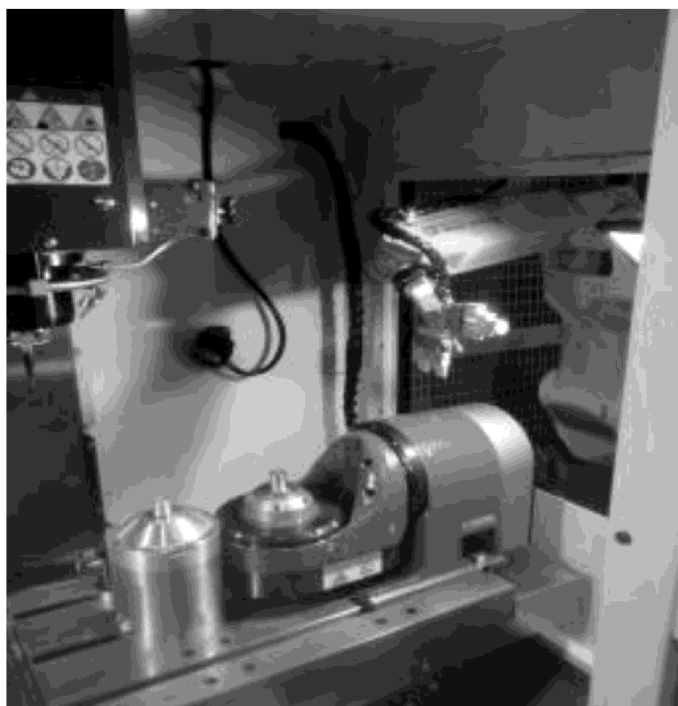


Рисунок 1.6 – Робота промислового робота для обслуговування верстату з ЧПК HAAS DM-2

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

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

2.1 Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі та конструктивних особливостей виробу

Будь-які зміни на виробництва (покращення, удосконалення тощо), в тому числі і автоматизація його елементів, мають запроваджуватись з метою покращення певних характеристик та з мінімальними рівнем капіталовкладень і, бажано, з мінімальними витратами часу. Саме тому потрібно попередньо проаналізувати сам технологічний процес.

З точки зору раціональності впровадження автоматизації вона має забезпечити зменшення непродуктивних витрат часу, а отже і покращення ефективності роботи. В технологічному процесі на операції 005 виконується не велика частина основних операцій в той час як частка допоміжного часу може бути зменшена. Окрім того базування заготовки виконується на чорнові бази що полегшить розробку автоматизованого оснащення для верстату. Саме тому дана операція обрана для впровадження автоматизації [11-13].

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 робота так, щоб він міг обслуговувати усі задіяні одиниці як основного так і допоміжного обладнання. Для таких цілей найкраще підходить компоновка «кільцева» (рис. 2.1).

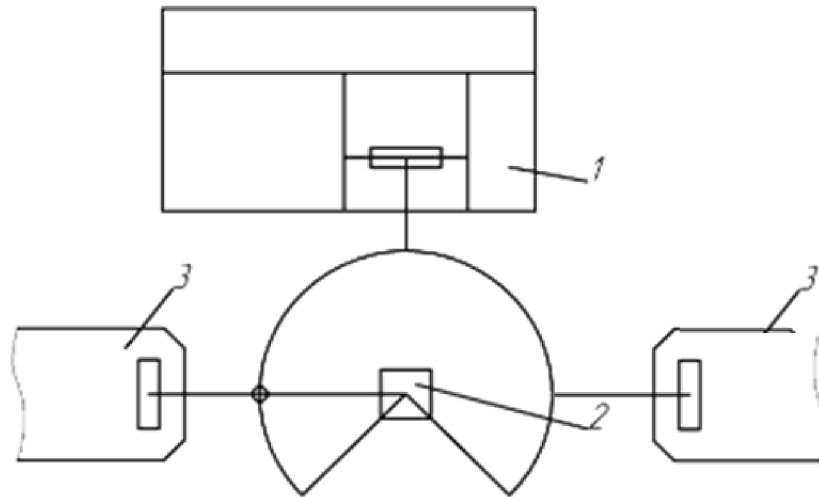


Рисунок 2.1 – Схема автоматизованого робочого місця
 1 - основне обладнання, 2 – робот, 3 – допоміжне обладнання

2.3 Висновки до розділу

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

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

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

3.1 Алгоритм роботи автоматизованого робочого місця механічної обробки деталі плита 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 «Плита».

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 обробки деталі "Плита" пропонується застосувати верстат моделі ЛТ260МФ3, який виконує обробку та зміну інструменту автоматично, проте не має засобів для автоматизованої установки та зняття заготовок, проте може бути дооснащений таким оснащенням.

Верстати моделі ЛТ260МФ3 призначений для обробки деталей складної конфігурації із сталі, чавуну, кольорових тощо.

Основні параметри верстата:

довжина поверхні робочого стола, мм - 1600;

ширина поверхні робочого стола, мм – 400;

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

потужність двигуна, кВт – 7.5;

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

число інструментів в магазині, шт – 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).

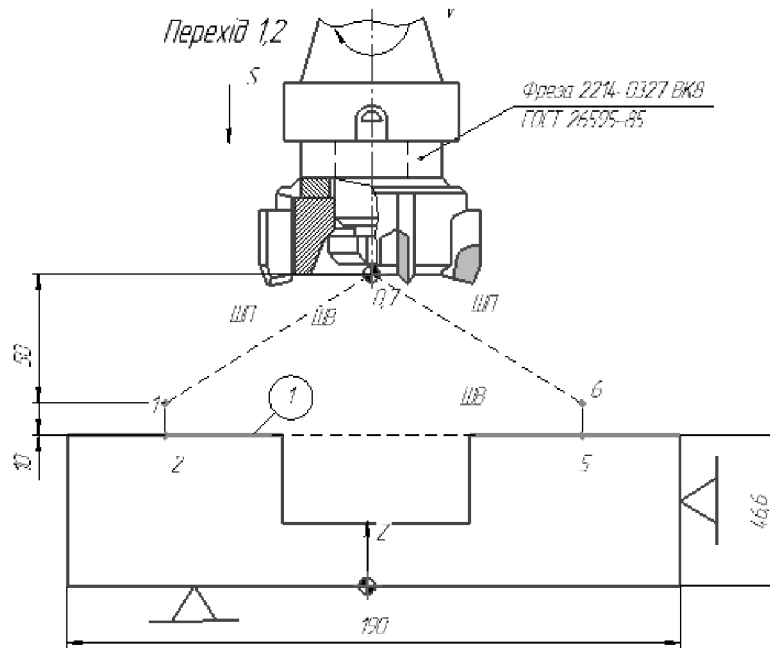


Рисунок 4.1 –Послідовність виконання переходів на операції

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	2	3	4	5
1	0(ВТ)	+0	+0	+90
	1	+0	+0	+10
	2	+0	+360	+0
	3	+129	+0	+0
	4	+0	-360	+0
	5	+0	+0	+0
	6	+0	+0	+10
	7	+0	+0	+90

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5
1	0(ВТ)	+0	+0	+90
	1	+0	+0	+10
	2	+0	+360	+0
	3	+129	+0	+0
	4	+0	-360	+0
	5	+0	+0	+0
	6	+0	+0	+10
	7	+0	+0	+90
2	0(ВТ)	+0	+0	+90
	3	+0	+0	+10
	4	+0	+360	+0
	5	+129	+0	+0
	6	+0	-360	+0
	7	+0	+0	+0
	8	+0	+0	+10
	9	+0	+0	+90
3	0(ВТ)	+0	+0	+90
	1	+0	+0	+19,8
	2	+0	+360	+19,8
	3	+0	-360	+0
	4	+0	+0	+19,8
	5	+0	+0	+90
	0(ВТ)	+0	+0	+90
	1	+0	+0	+22,5
	2	+0	+360	+22,5
	3	+0	-360	+0
	4	+0	+0	+22,5
	5	+0	+0	+90

4.2 Розробка компоновання верстатного пристосування

В автоматизованому робочому місці 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.

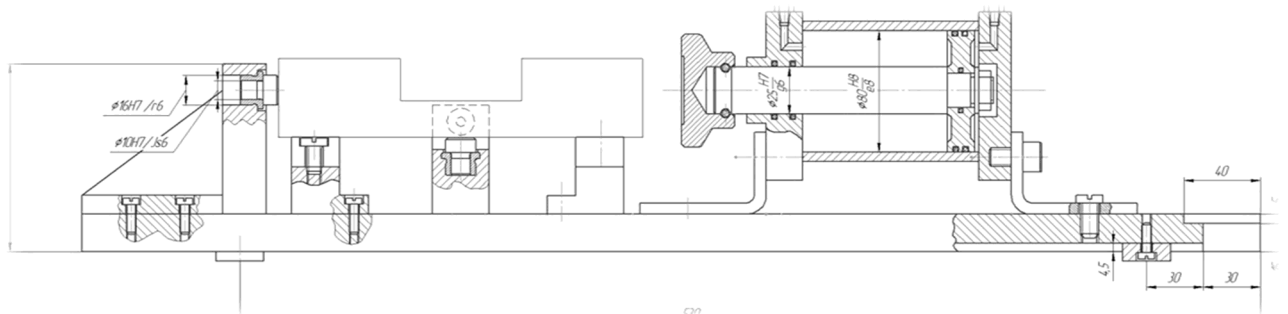


Рисунок 4.2– Схема оснащення

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

Опори 7034-0276 ГОСТ 13440-68, яка встановлена у втулку 7030-0125 ГОСТ 12214-66 – 3 шт. відповідає точкам 1, 2, 3 на схемі базування;

Установочні пластини ГОСТ 28436-90 (рис. 4.3).

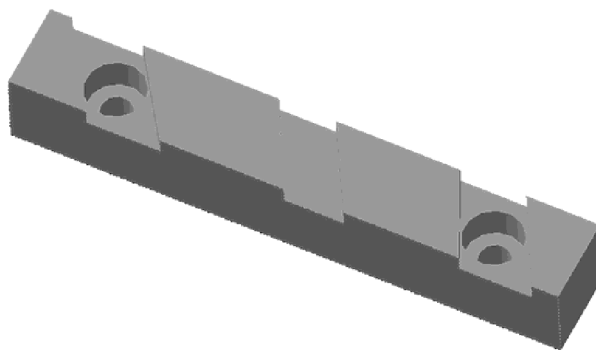


Рисунок 4.3 – Стандартні установні елементи

4.2.1 Розрахунок необхідної сили закріплення

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

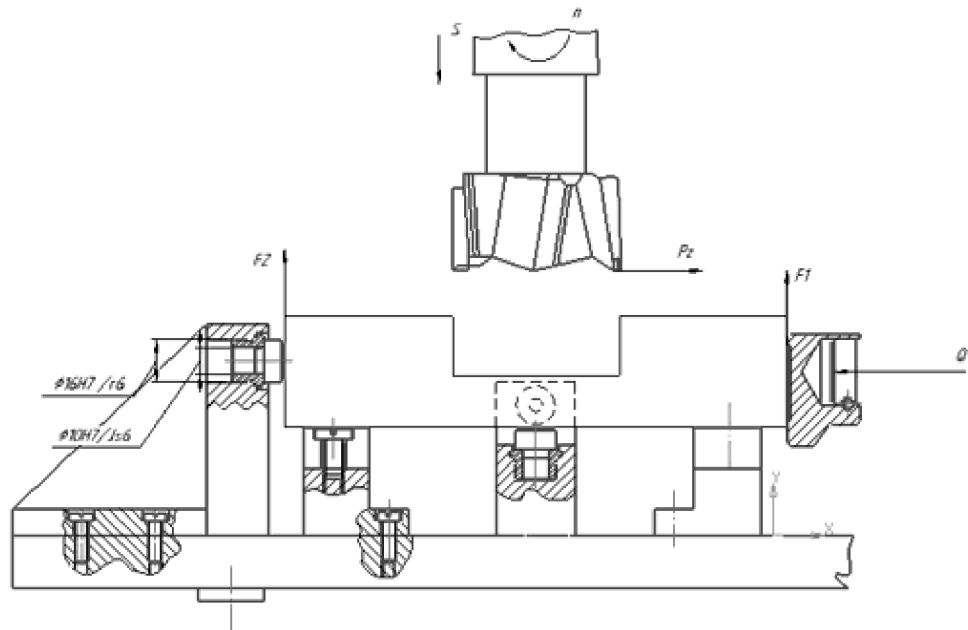


Рисунок 4.4 - Схема сил, що діють на деталь

Розрахуємо сили затиску прийнявши припущення, що під дією крутного моменту різання від сили різання деталь може повернутися навколо осі. На протидію цьому діє момент сил тертя $M_{\text{тр}}$, що створюється реакціями опор та силою затиску Q .

Складаємо рівняння рівноваги дії сил.

$$P_z l_1 = F_1 R_1 + 3 F_2 R$$

Звідси, сила закріплення складає:

$$Q_3 = \frac{k \cdot (R_1 \cdot e + R_1 \cdot l)}{a + f \cdot l}$$

Розрахуємо тангенціальну силу різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 54.5 \cdot 1.5^{0.9} \cdot 0.5^{0.74} \cdot 63.5^1 \cdot 6}{63^{0.22} \cdot 1200} \cdot 0.85 = 500(H)$$

$$C_p = 54.5; x = 0.9; y = 0.74; u = 1.0; q = 1; w = 0.$$

$$K_{mp} = 1.0 \cdot 0.85 \cdot 1.0 = 0.85$$

$f = f_1 = f_2 = 0.2$ – коефіцієнт тертя.

Знаючи значення моменту різання, знайдемо силу закріплення Q :

$$Q_1 = \frac{2.5 \cdot (95 \cdot 10 + 95 \cdot 63)}{95 + 0.2 \cdot 63} = 1055$$

де K - коефіцієнт запасу;

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6; \quad (4.1)$$

де K_0 - гарантований коефіцієнт запасу, $K_0=1.5$;

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, $K_4=1.0$;

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

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

$$P_{закр} = 2,5 \cdot 1055 = 2640 \text{ (Н)}.$$

4.2.2 Вибір силового приводу і розрахунок його параметрів

Оскільки для нашого випадку не потрібно розвивати значні зусилля, то в якості приводу застосуємо пневматичний привід. Він достатньо швидкодійний для виконання потрібних нам операцій.

Визначимо основні параметри конструкції приводу

Діаметр циліндру:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{N}{P \cdot \eta}} = 1,13 \sqrt{\frac{2640}{0,6 \cdot 0,9}} = 78,8 \text{ (мм)}$$

Для зручності конструювання та можливості переналагодження пристосування на обробку, більших поверхонь, приймаємо 80 мм.

Приймаємо $V = 0,40 \text{ м/с}$;

Час переміщення поршня (робочий чи холостий хід):

$$t = L/100V = 110/100 \cdot 0,4 = 2,75 \text{ (с)}.$$

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 $22,5 \pm 0,05$. Сумарна похибка (ε_{Σ}) повинна бути меншою, ніж допуск $T_{дет.}$ на відповідний розмір $\varepsilon_{\Sigma} < T_{дет.}$

4.2.3.1 Визначення складових похибки установки

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

$$\varepsilon_{np} \leq T - K_T \sqrt{(K_{T_1} \cdot \varepsilon_\delta)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_{n.u}^2 + (K_{T_2} \cdot \omega)^2}, \text{ [мкм]} \quad (4.2)$$

де ε_δ – похибка

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_{T_1} – коефіцієнт, який враховує зменшення граничного значення похибки базування при роботі на налагоджених верстатах; приймаємо $K_{T_1}=0,8$ ($K_{T_1}=0,8...0,85$);

K_{T_2} – коефіцієнт, приймаємо $K_{T_2}= 0,6$ ($K_{T_2}=0.6...0.8$);

ω – економічна точність обробки; приймаємо $\omega = 0,12$ мм для фрезерування [16-17];

ε_3 – похибка закріплення заготовки в пристосуванні;

ε_y – похибка установки заготовки в пристосуванні;

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

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

4.2.3.2. Похибка базування

Похибка базування на розмір рівна нулю, через обробку з одного установка

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 затягуванню 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.

$$\varepsilon_{\text{зн}} = \frac{N}{C_{\phi}}, [\text{МКМ}] \quad (4.3)$$

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.

$$\Pi_2 = \frac{Q}{F \cdot H_v \cdot 10}, [\text{ММ}] \quad (4.4)$$

де Q – сила закріплення;

F – площа контакту опори і заготовки ;

H_v – твердість опори по Вікерсу

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

$$\Pi_2 = \frac{1055}{615 \cdot 616 \cdot 10} = 0.02 \text{ (мм)}. \quad (4.5)$$

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

де K – коефіцієнт уточнення;

$$K = K_t K_l K_y, \quad (4.6)$$

де K_t – враховує час безпосередньо контакту опори і заготовки,

$$K_t = 0,79 \cdot t_M = 0,89 \cdot 1,86 = 1,47.$$

$$C = 1818 - 1014 \cdot 1.01 - 1309 \cdot 0.02 = 770 \text{ (встановлень/мкм);}$$

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

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

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

$$\text{Тоді } C_\Phi = \frac{767}{1.47} = 523 \text{ (установок / мкм)}$$

$$\text{При } N = 5000 \text{ шт, } \varepsilon_{zn} = \frac{6000}{523} = 11 \text{ (мкм).}$$

Величина допустимого зносу:

$$[\varepsilon_{zn}] = \beta \sqrt{N_n}, \text{ [мм]} \quad (4.7)$$

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

N_n – кількість заготовок в партії;

Отже:

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

Таким чином $\varepsilon_{zn} = 11 \text{ мкм} < [\varepsilon_{zn}] = 93 \text{ мкм}$.

Отже, установчі елементи при обробці партії деталей не потрібно замінювати.

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).

$$\varepsilon_{np} = 1.2 \sqrt{(0.8 \cdot 0.0)^2 + 10^2 + 10^2 + 117^2 + 0_u^2 + (0.6 \cdot 0.12)^2} = 34 \text{ (мкм)}.$$

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

Визначимо геометричну точність пристосування, а саме беремо до уваги забезпечення половини допуску розміру 22,5мм, на довжині від основи (63мм) рис. 4.5.

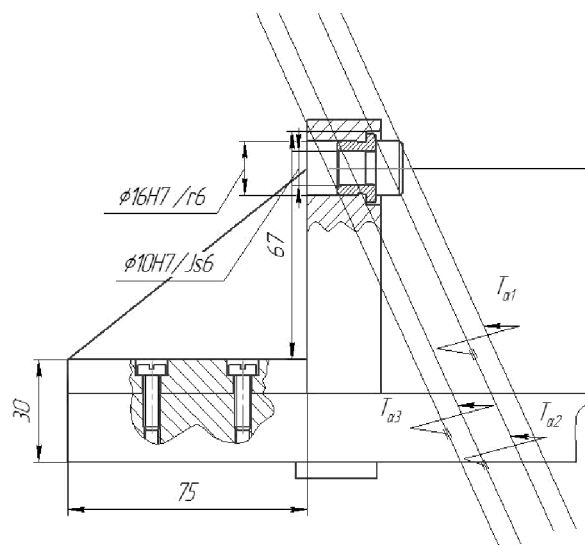


Рисунок 4.5 – Схема розмірного аналізу пристосування

Для розрахунку непаралельності проведемо кутовий розмірний аналіз.

$$T(\alpha_1) = \frac{0,14}{67}; \quad T(\alpha_2) = \frac{0,0012}{67}; \quad T(\alpha_3) = \frac{0,020}{67}; \quad T(\alpha_4) = \frac{0,020}{75}; \quad T(\alpha_{\Sigma}) = \frac{0,35}{75};$$

Допуски ланок в кутовій мірі складають

$$T_k(\alpha_1) = \arctg \frac{0,016}{20} = 0,013;$$

$$T_k(\alpha_2) = \arctg \frac{0,032}{4} = 0,013;$$

$$T_{\kappa}(\alpha_3) = \operatorname{arctg} \frac{0,01}{66} = 0,034;$$

$$T_{\kappa}(\alpha_3) = \operatorname{arctg} \frac{0,030}{5} = 0,010;$$

$$T_{\kappa}(\alpha_3) = \operatorname{arctg} \frac{0,019}{80} = 0,034$$

$$T_{\kappa}(\alpha_{\Sigma}) = \frac{0,74}{2 \cdot (68 + 22,5)} = 0,171;$$

$$\delta_{\kappa}(\alpha_{\Sigma}) \leq 0,0020 + 0,00017 + 0,00029 + 0,0026 = 0,00767$$

$$\delta_{\kappa}(\alpha_{\Sigma}) \leq T_{\kappa}(\alpha_{\Sigma}) \quad (4.8)$$

$$0,00767 < 0,044.$$

Умови по точності виконуються

4.2.4 Розрахунок деталей на міцність

Для аналізу деталі пристосування на міцність (в даному випадку в якості цієї деталі візьмемо «Кронштейн») використаємо систему САЕ.

Імпортуємо тривимірну модель деталі у CAD/САЕ-систему (рис. 4.6):

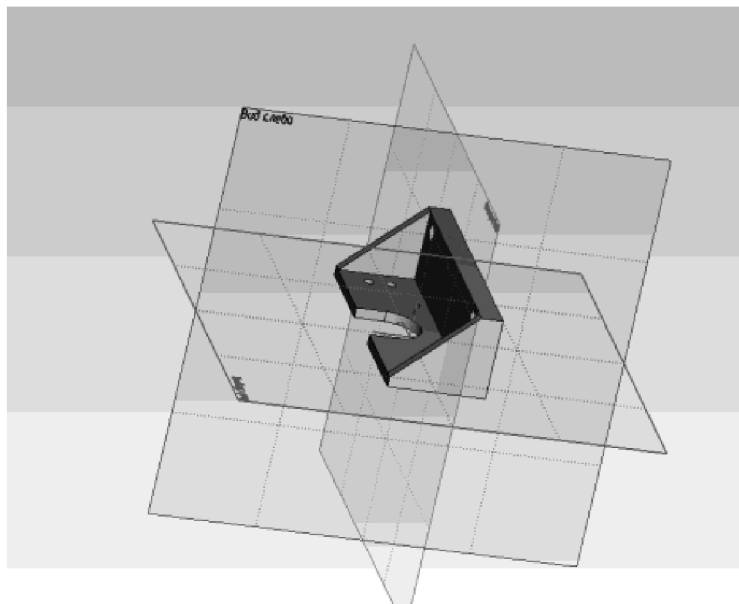


Рисунок 4.6 – Імпортована модель деталі «Кронштейн»

Створюємо команду для побудови сітки деталі (рис. 4.7).

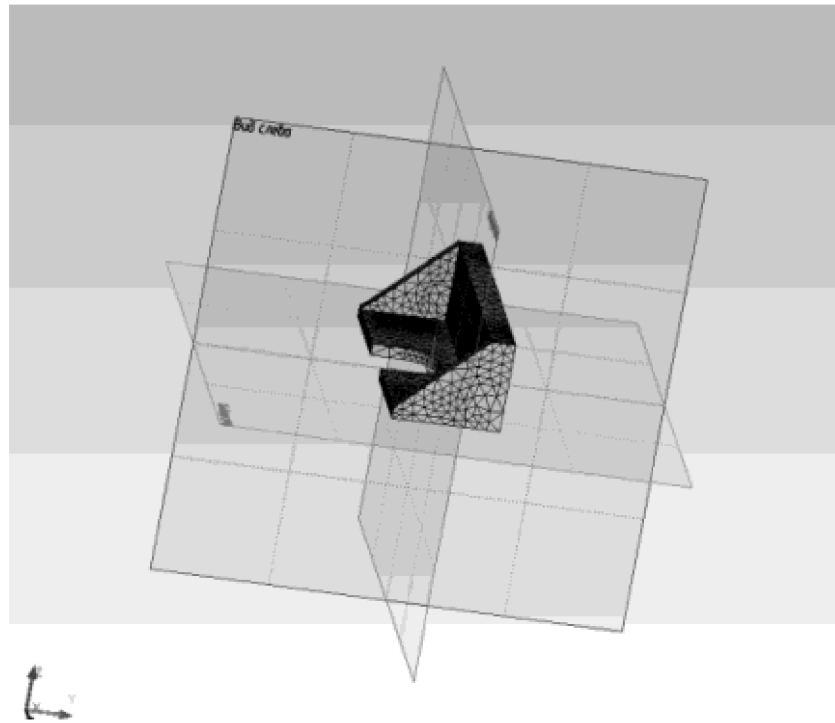


Рисунок 4.7 — Тривимірна модель з нанесеною сіткою

Вибираємо матеріал, з якого виготовлена дана деталь - рис. 4.8.

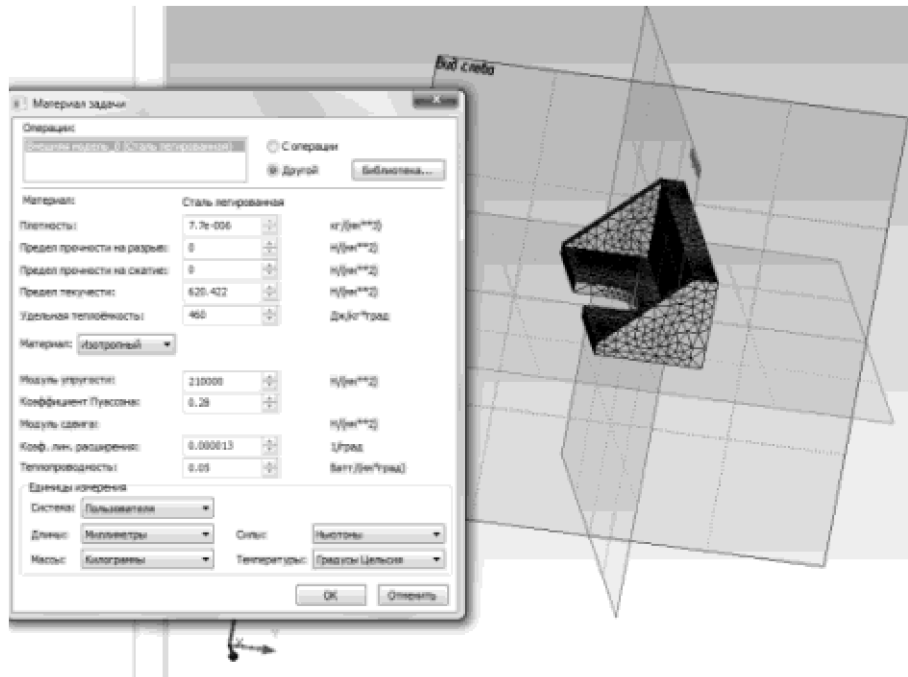


Рисунок 4.8 — Вибір матеріалу деталі

Визначаємо умови закріплення деталі - рис. 4.9.

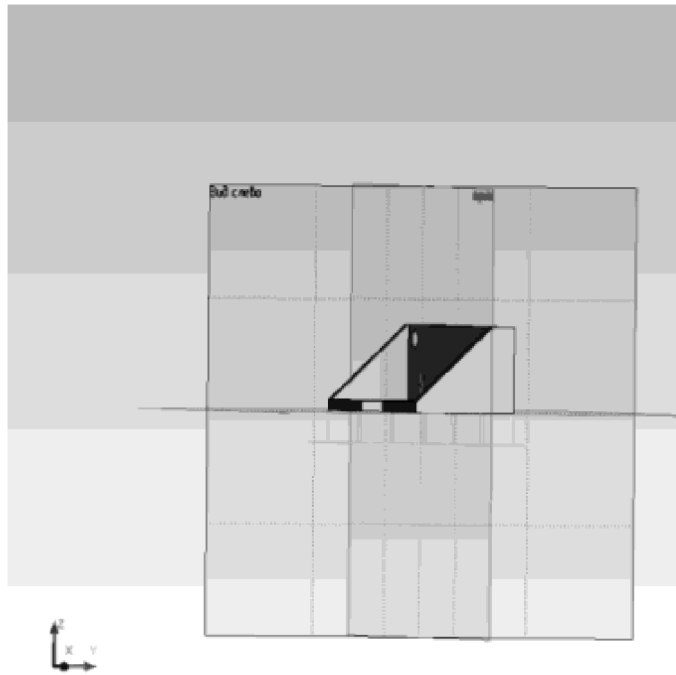


Рисунок 4.9 — Закріплення деталі

Визначаємо умови навантаження - рис. 4.10.

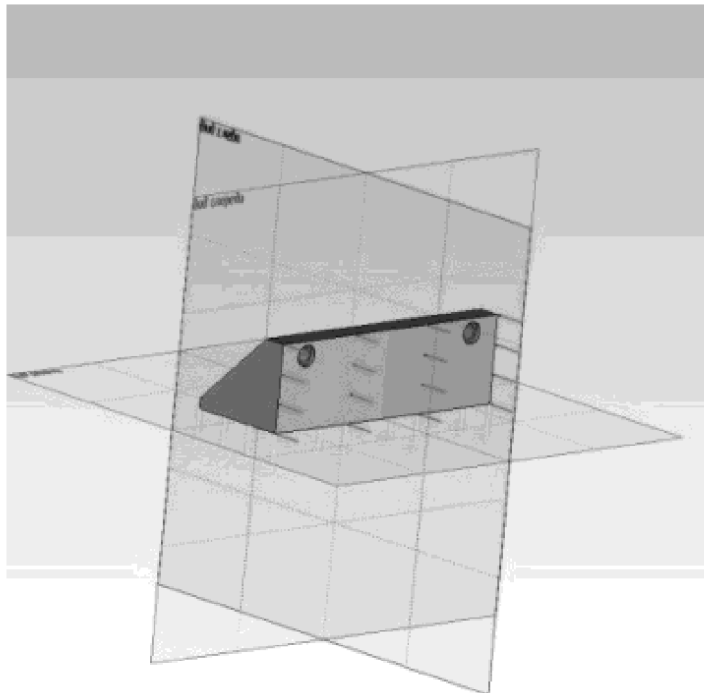


Рисунок 4.10— Навантаження деталі

Виконуємо розрахунок деталі - рис. 4.11.

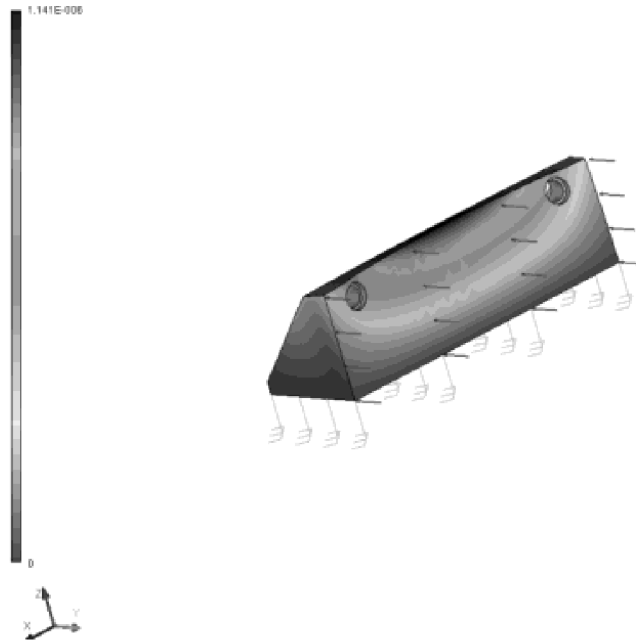


Рисунок 4.11— Відображення розрахунку деталі (переміщення під навантаженням)

Оскільки під навантаженням переміщення елементів деталі вкрай незначні, то конструкція буде працювати під такими навантаженнями. Умова міцності виконується.

4.2.5 Опис роботи спроектованого пристосування

Пристосування встановлюється на стіл верстата. Орієнтується за допомогою шпонок 23, які кріпляться до основи 2 гвинтами. Основа 2 кріпиться на столі верстата по Т – подібним пазам.

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

Опис побудови тривимірних моделей пристосування

Для виконання тривимірної моделі пристосування використає програму SolidWorks.

Наведемо основні операції побудови 3D моделі деяких деталей вузла.

Для створення деталі “Плита”, створимо ескіз зовнішнього контуру (рис. 4.12) та використаємо операцію «Витискування» для створення основи (рис. 4.13).

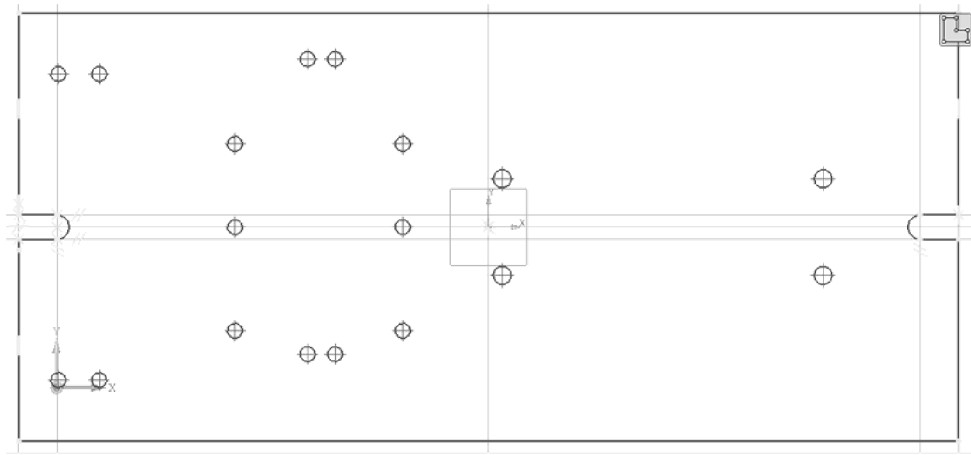


Рисунок 4.12 – Створення основної частини деталі корпус (операція витиснення)

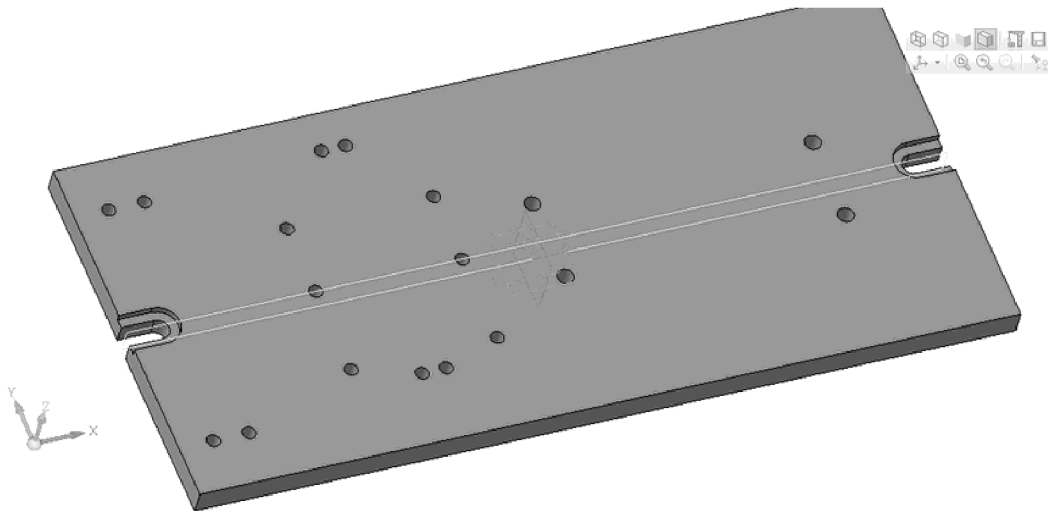


Рисунок 4.13 – Створення основи деталі корпус

Для створення інших частин деталі використаємо операції «Витиснення» та «Вирізати витисненням» - рис. 4.14-4.15.

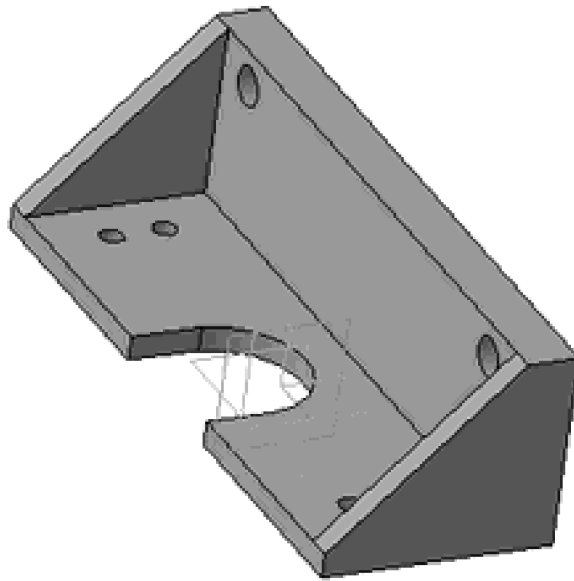


Рисунок 4.14 – Модель кронштейн

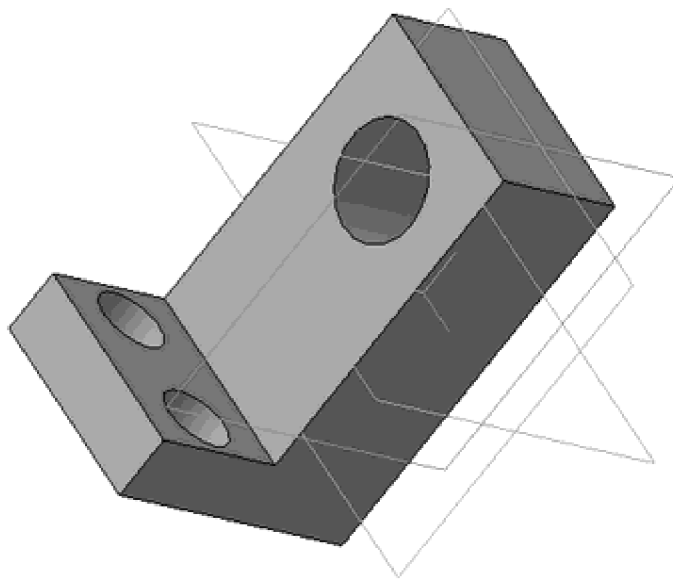


Рисунок 4.15 – 3D модель деталі опора

Аналогічним чином будемо інші деталі пристосування і компонуємо їх у складальну одиницю, вказавши характер спряження кожної деталі (рис. 4.16).

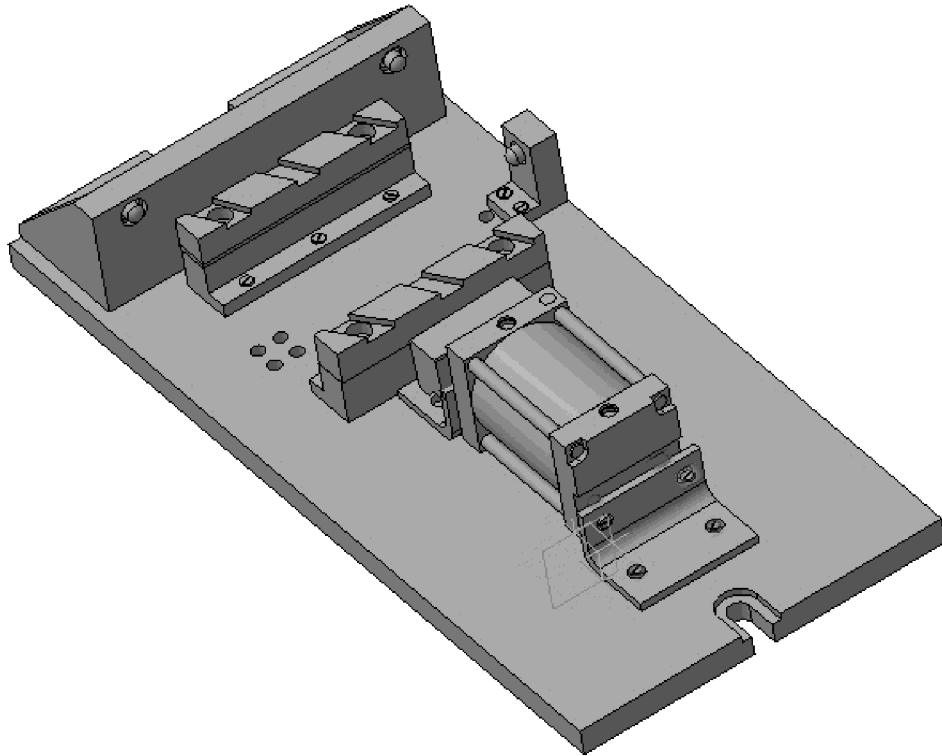


Рисунок 4.16 – 3D - Модель пристосування

4.3 Вибір промислового робота (ПР) для АРМ

Для вибору промислового робота, що працює у складі АРК, 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 [18-19], обрано промисловий робот моделі “Циклон 5.02” (рис. 4.17), з наступним і характеристиками:

- вантажопідйомність – 10 кг;
- кількість ступеней рухливості – 5 або 7;
- кількість рук -2;

- кількість захватних пристроїв на одній руці - 1;
- привод рухів - пневматичний;
- кількість програмованих координат- 6;
- засіб програмування переміщень- по упорам;
- похибка позиціонування маніпулятора- $\pm 0,1$ мм;
- найбільший виліт руки маніпулятора – 1560 мм;
- максимальні лінійні переміщення, мм/ максимальна швидкість, м/с;
- $r = 600/1,5$;
- $z = 100/0,3$
- $x = 400/0,5$;
- максимальні кутові переміщення, $^{\circ}$ / максимальна кутова швидкість, $^{\circ}/с$;
- $\varphi = 180/120$;
- $\alpha = 180/180$.

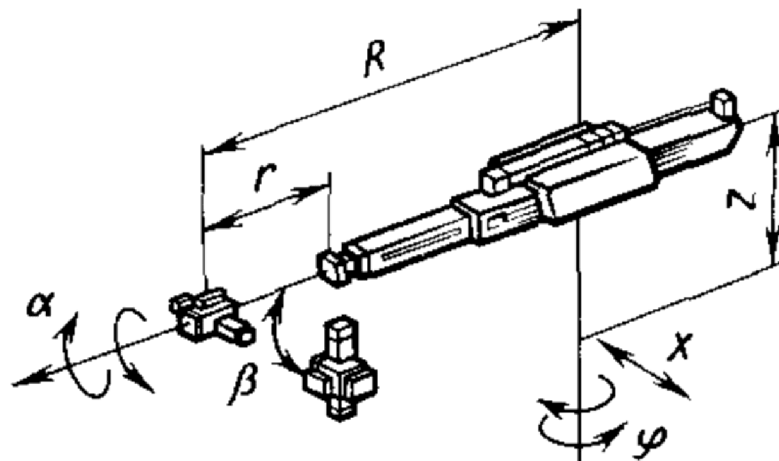


Рисунок 4.17 – Схема ПР

Багатоцільові роботи типу «Циклон 5.02» 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;

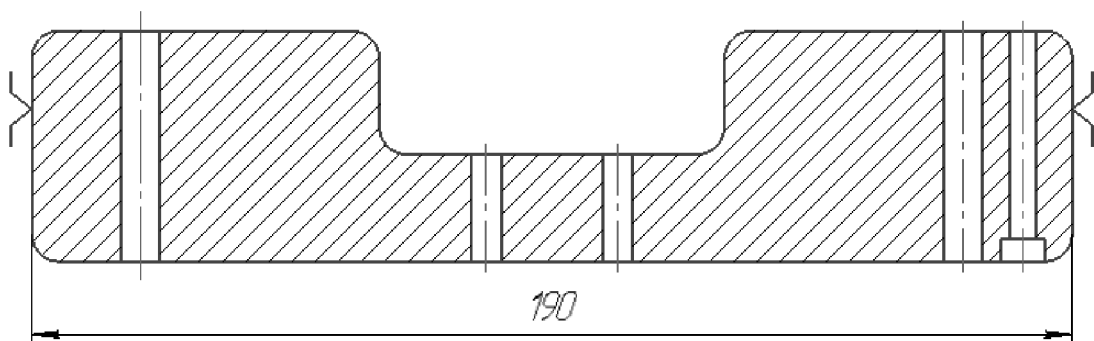
-підняття руки вздовж вертикальної осі, щоб компенсувати можливу різницю висот розташування заготовок в накопичувачі і шпинделя верстата;

- повороту кисті маніпулятора навколо горизонтальній осі, для перевертання заготовки.

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

4.4 Проектування (вибір) захватного пристрою

Оскільки заготовка позиціонується на верстатному пристосуванні за допомогою площин розміром 260×190 , необхідно, щоб паз розміром 63 залишився вільним під час захвату заготовки роботом (рис. 4.18).



Рисунку 4.18- Схема закріплення заготовки

4.4.1 Розрахунок зусиль затиску захватного органу промислового робота

В нашому випадку утримання заготовки буде виконуватись за рахунок сил тертя, створюваних зусиллям затиску (4.19):

$$M_j = \sum_{i=1}^{K_1} N_i \cdot \cos\varphi_1 [a_i \cdot \operatorname{tg}\varphi_1 + C_i - \mu(a_i + c_i \cdot \operatorname{tg}\varphi_i)], [\text{H}] \quad (4.9)$$

де m – маса об'єкту маніпулювання;

g – прискорення вільного падіння;

K_1 – коефіцієнт безпеки, $K_1=0,3$.

K_2 – коефіцієнт, залежний від максимального прискорення A , з яким ПР переміщає об'єкт, закріплений в захватному пристрої. Для пневматичних роботів $A \approx g$. $K_2=1+A/g=1+1=2$ [19-21];

$$G = m \cdot g = 7,8 \cdot 9,8 = 76,44$$

$$P_u = m \cdot a = 7,8 \cdot 2 = 15,6$$

$$N = m(g + a) \cdot K_1 \cdot K_2 = (G + P_u) \cdot K_1 \cdot K_2, [\text{H}] \quad (4.10)$$

$$N = (76.44 + 15.6) \cdot 0.3 \cdot 2 = 45.86$$

$$M_j = \sum_{i=1}^{K_1} 45.86 \cdot \cos 45 [2 \cdot \operatorname{tg} 30 + 5 - 0.15(2 + 5 \cdot \operatorname{tg} 30)] = 950 [\text{H}]$$

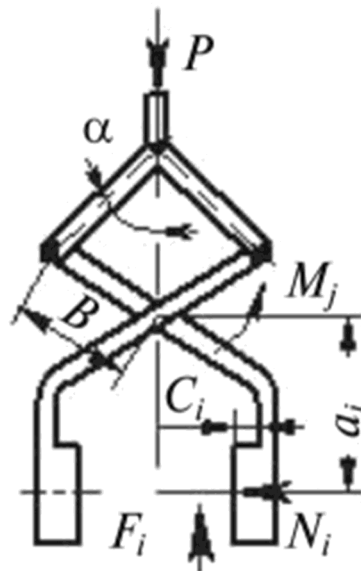


Рисунок 4.19 – Схема захватного пристрою

Зусилля затиску для вибраної схеми:

$$P = \frac{2Mj \cdot \cos\alpha}{b \cdot \eta_p}, [\text{H}] \quad (4.11)$$

Звідки:

$$P = \frac{2 \cdot 950 \cdot \cos 45}{0,08 \cdot 0,95} = 1767(\text{H}) \quad (4.12)$$

Визначимо діаметр поршня пневматичного циліндра, який буде приводним елементом [4]:

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

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot (F + F_T + F_{\text{ПР}})}{\pi \cdot p_v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (1767 + 10 + 10)}{\pi \cdot 0,6 \cdot 10^6}} = 62 \cdot 10^{-3}(\text{м})$$

Приймаємо найближчий стандартний діаметр поршня $D=65 \text{ мм}$.

4.5 Аналіз точності позиціонування деталі

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

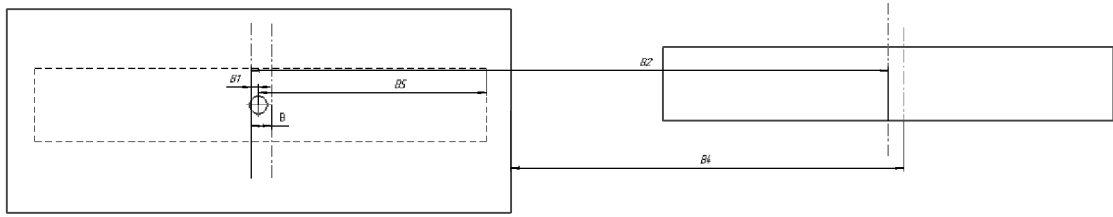


Рисунок 4.20 – Схема розмірних зв'язків

B_{Δ} - відхилення від положення затискного пристрою верстата і осі завантажувача 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]:

$$B_{max} = \frac{B - b}{2 \cdot K_3}, \text{ [мм]} \quad (4.13)$$

де B – установочний розмір ;

b – ширина деталі;

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

$$B_{max} = \frac{200 - 190}{2 \cdot 1,2} = 4,1 \text{ (мм)},$$

$$B_2 = 700 \pm 0,1 \text{ мм};$$

$$B_1 = 0 \pm 0,1 \text{ мм};$$

$$B_3 = 110_{-1,4} \text{ мм};$$

$$B_4 = 1000_{-2,3} \text{ мм};$$

$$B5 = 3200_{-1,4} \text{ мм};$$

$$T\Delta = 0,2+0,2+1,4+2,3+1,4;$$

$$T\Delta = 5,5 \text{ мм.}$$

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	600
z1 2	Переміщення руки м вниз	100
	Затиск заготовки схватом маніпулятора робота	-
Z2 3	Переміщення руки маніпулятора робота вгору	100
r3 4	Переміщення руки маніпулятора робота назад	600
φ 4 5	Поворот руки маніпулятора робота за год. стрілкою	90°
r5 6	Переміщення руки маніпулятора робота вперед	600
z6 7	Переміщення руки маніпулятора робота вниз	100
	Розтиск схвату маніпулятора робота	

Продовження таблиці 4.2

Елемент траєкторії	Коментар	Величина переміщення, мм(град)
r0 1	Переміщення руки маніпулятора робота вперед	600
z1 2	Переміщення руки м вниз	100
	Затиск заготовки схватом маніпулятора робота	-
Z2 3	Переміщення руки маніпулятора робота вгору	100
r3 4	Переміщення руки маніпулятора робота назад	600
φ 4 5	Поворот руки маніпулятора робота за год. стрілкою	90°
r5 6	Переміщення руки маніпулятора робота вперед	600
z6 7	Переміщення руки маніпулятора робота вниз	100
	Розтиск схвату маніпулятора робота	
Z7 8	Переміщення руки маніпулятора робота вгору	100
r 8 9	Переміщення руки маніпулятора робота назад	600
	Вистій руки маніпулятора робота	-
R9 10	Переміщення руки маніпулятора робота вперед	600
z10 11	Переміщення руки маніпулятора робота вниз	100
	Затиск заготовки схватам ПР	

Продовження таблиці 4.2

Елемент траєкторії	Коментар	Величина переміщення, мм(град)
Z11 12	Переміщення руки маніпулятора робота вгору	100
r12 13	Переміщення руки маніпулятора робота назад	600
φ 13 14	Поворот руки маніпулятора робота за год. стрілкою	90°
r14 15	Переміщення руки маніпулятора робота вперед	600
z15 16	Переміщення руки маніпулятора робота вниз	600
	Розтиск схвата маніпулятора робота	-
Z16 17	Переміщення руки маніпулятора робота вгору	100
R17 18	Переміщення руки маніпулятора робота назад	600
φ 18 19	Поворот руки маніпулятора робота проти год. стрілки	180°

Представимо на рисунку 4.21 фрагменти траєкторії переміщення ПР.

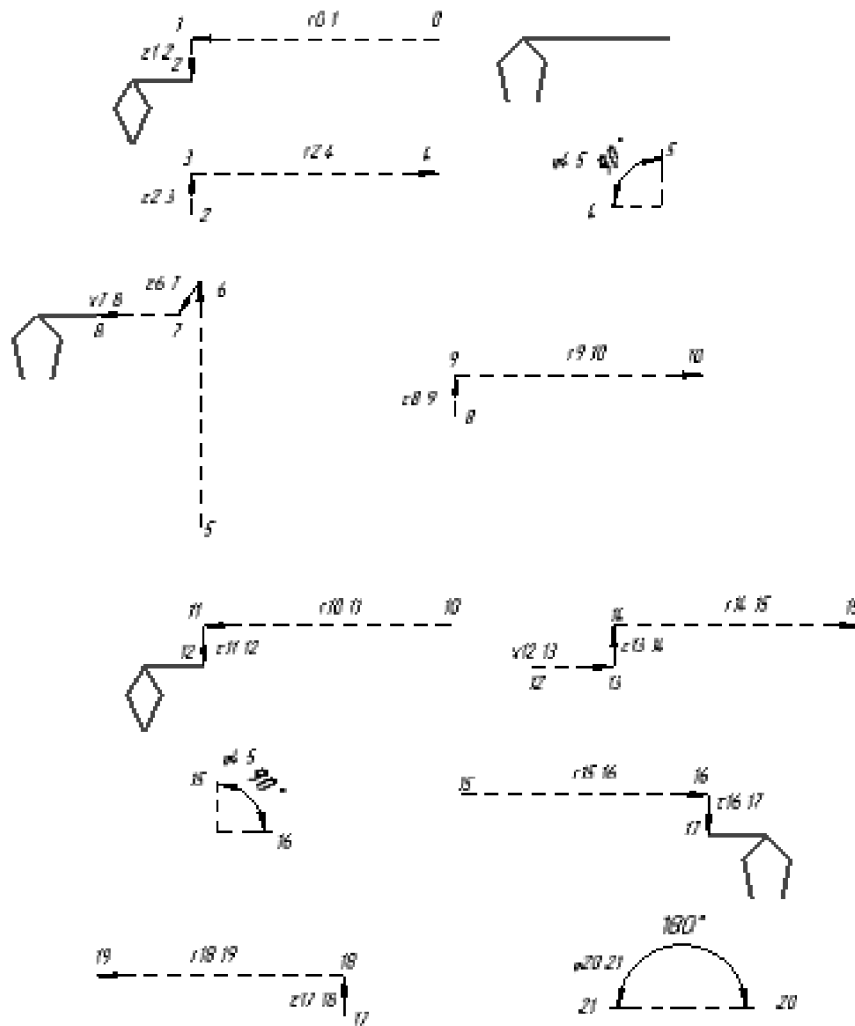


Рисунок 4.21 - Фрагменти траєкторії переміщення ПР

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 [21-23] (рис. 4.22, 4.23).

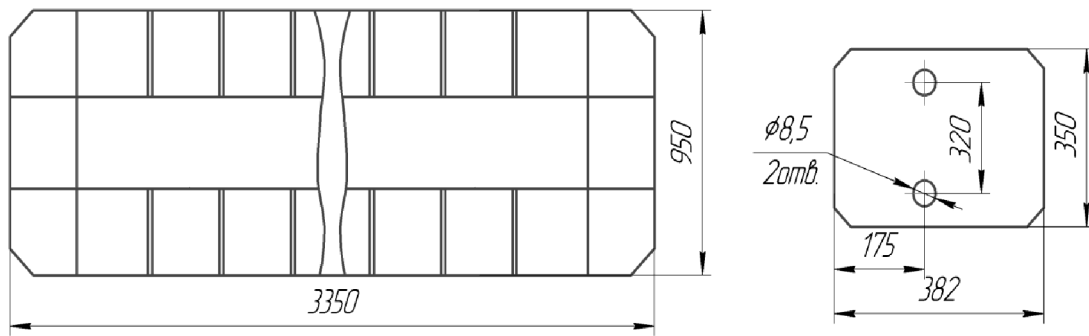


Рисунок 4.22 - Схема тактового столу СТ 350

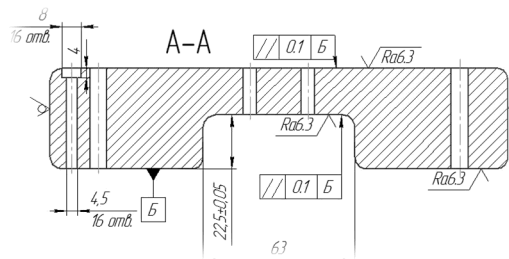


Рисунок 4.23 - Схема укладання заготовки в призму

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 - 4.24.

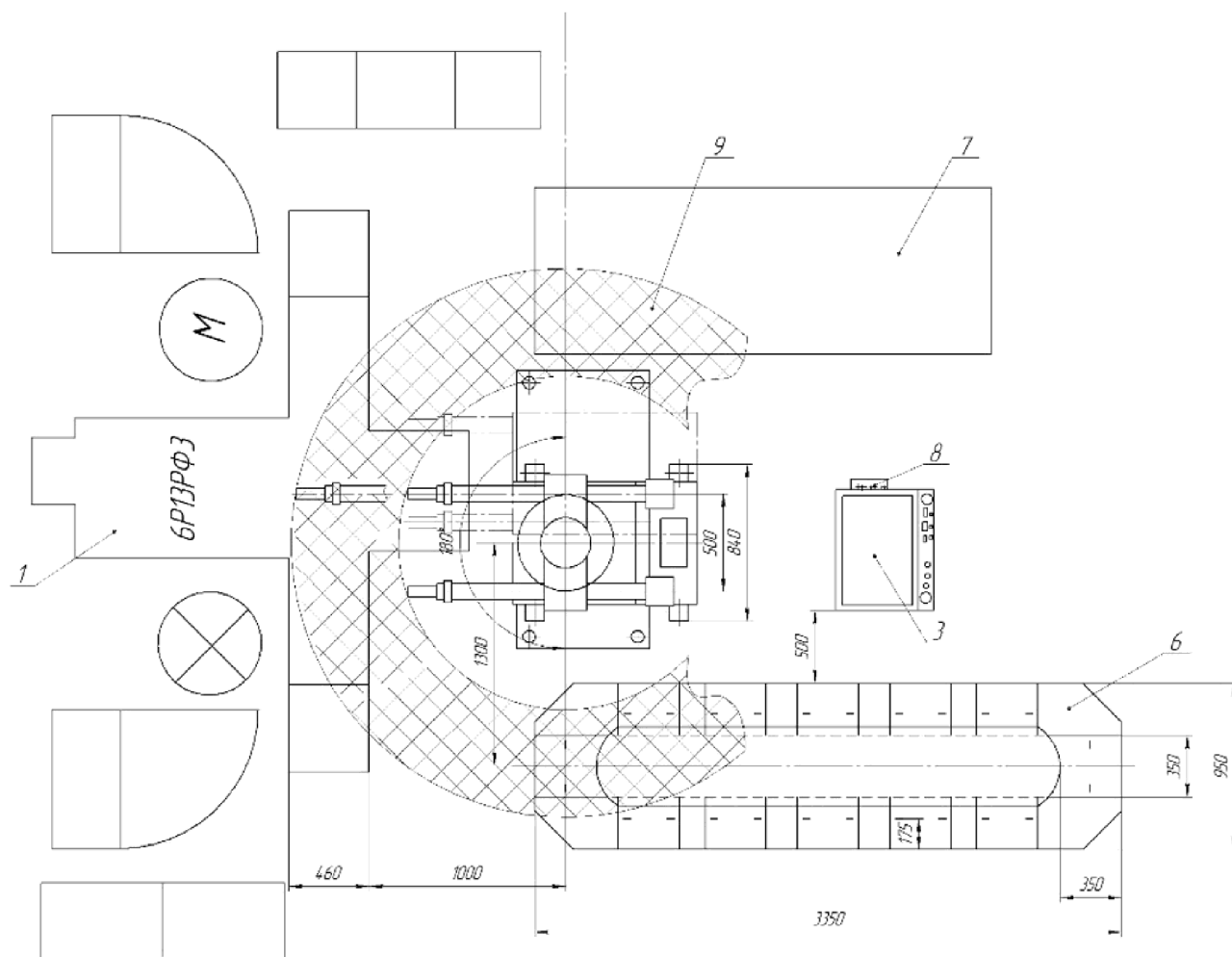


Рисунок 4.24 - Компонувальна схема кільцевого типу

4.9 Розрахунок швидкостей переміщення заготовки

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

$$V_x = \frac{2 \cdot L_x \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, [\text{м/с}] \quad (4.14)$$

де L_x - виліт руки ПР;

Δl - похибка позиціонування;

M - маса об'єкту маніпулювання (маса заготовки, деталі), $m_{\text{заг.}} = 7,8$ кг,
 $m_{\text{дет.}} = 4,66$ кг;

$$V_{\text{ХЗАГ}} = \frac{2 \cdot 1,56 \cdot \sqrt[4]{0,2}}{\sqrt[3]{7,8}} = 1,03 (\text{м/с});$$

$$V_{\text{ХДЕТ}} = \frac{2 \cdot 1,56 \cdot \sqrt[4]{0,2}}{\sqrt[3]{4,66}} = 1,22 (\text{м/с}).$$

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

$$V_z = \frac{\alpha_z \cdot \sqrt{L_z} \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, [\text{м/с}] \quad (4.15)$$

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

L_x - довжина шляху при вертикальному переміщенні, мм;

M - маса об'єкту маніпулювання (маса заготовки, деталі), $m_{\text{заг.}} = 7,8$ кг,
 $m_{\text{дет.}} = 4,66$ кг;

$$V_{\text{ЗЗАГ}} = \frac{4 \cdot \sqrt{1,56} \cdot \sqrt[4]{0,2}}{\sqrt[3]{7,8}} = 1,65 (\text{м/с});$$

$$V_{\text{ЗДЕТ}} = \frac{4 \cdot \sqrt{1,56} \cdot \sqrt[4]{0,2}}{\sqrt[3]{4,66}} = 1,96 (\text{м/с})$$

Кутова швидкість при повороті руки ПР щодо вертикальної осі:

$$\omega = \frac{0,5 \sqrt{\varphi} \cdot \sqrt[4]{\delta}}{\sqrt[3]{(2L_x)^4}}, [\text{рад/с}] \quad (4.16)$$

де δ – погрішність кутового позиціонування, з;

φ – кут повороту руки, рад.;

$$\omega = \frac{0,5\sqrt{3,14} \cdot \sqrt[4]{2,65}}{\sqrt[3]{(2 \cdot 1,56)^4}} = 0,24(\text{рад}/\text{с}).$$

Для визначення похибки кутового позиціонування використовують формулу:

$$\delta = \frac{\Delta l}{L_x} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot 360 \quad (4.17)$$

Δl - погрішність позиціонування, м;

L_x - довжина шляху при вертикальному переміщенні, мм;

$$\delta = \frac{0.0002}{1.56} \cdot \frac{180}{3,14} \cdot 360 = 2,65$$

При розрахунках швидкостей, бачимо що розрахована швидкість більша за характеристиками робота, тому приймаємо швидкість за паспортом робота.

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:

$$t_I = \frac{\varphi_I}{\omega_I}; [\text{с}] \quad (4.18)$$

$$t_I = \frac{l_I}{V_I}, [c] \quad (4.19)$$

де φ_I - кути поворотів механізмів;

l_I - лінійні переміщення механізмів;

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

Враховавши визначення 4.25-4.27 проведемо дослідження впливу параметрів маніпулятора робота на його швидкість та інші характеристики.

$V, \text{ м/с}$

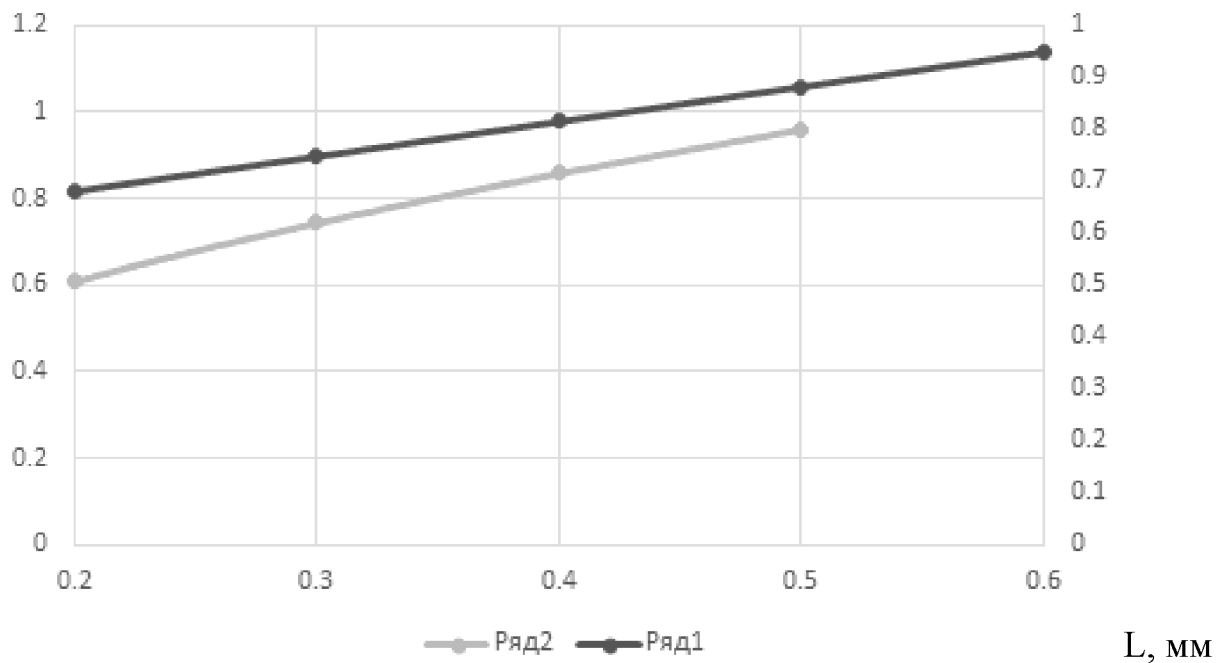


Рисунок 4.25 – Залежність швидкості переміщення по осі X та Z від максимального вильоту

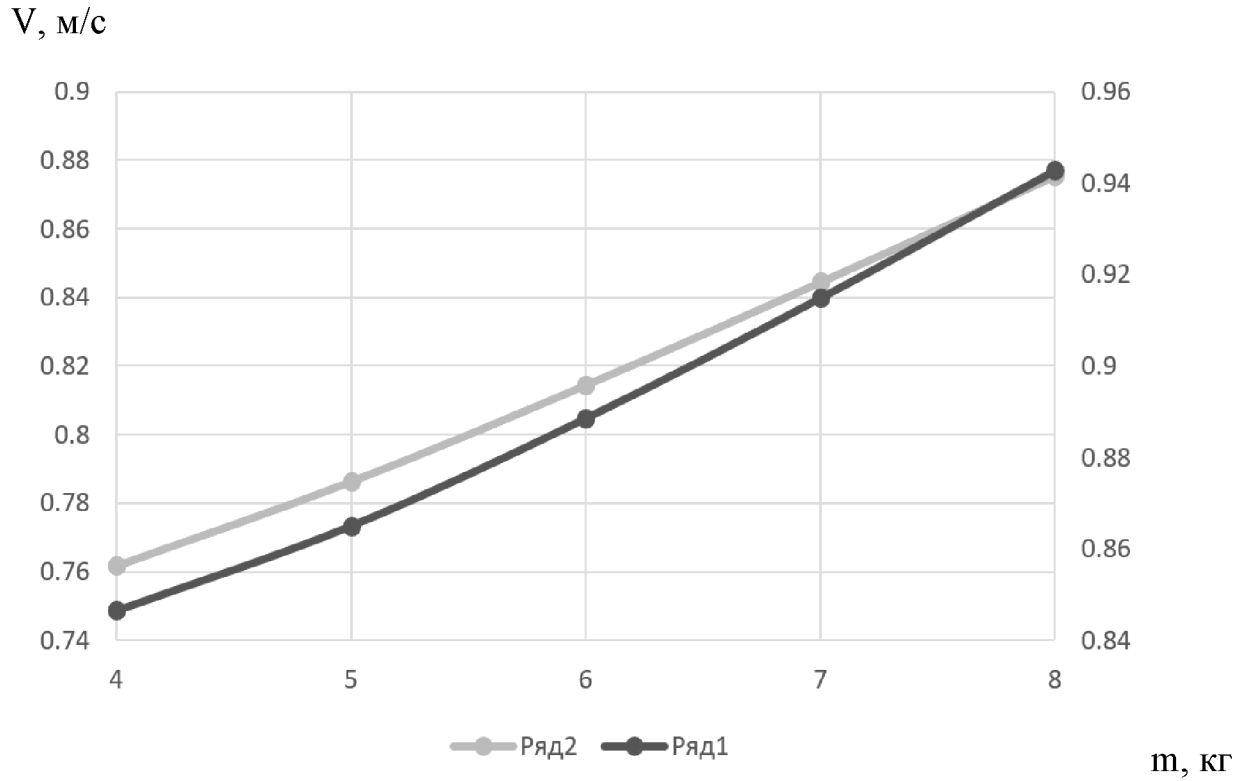


Рисунок 4.26 – Залежність швидкості переміщення по осі X та Z від маси

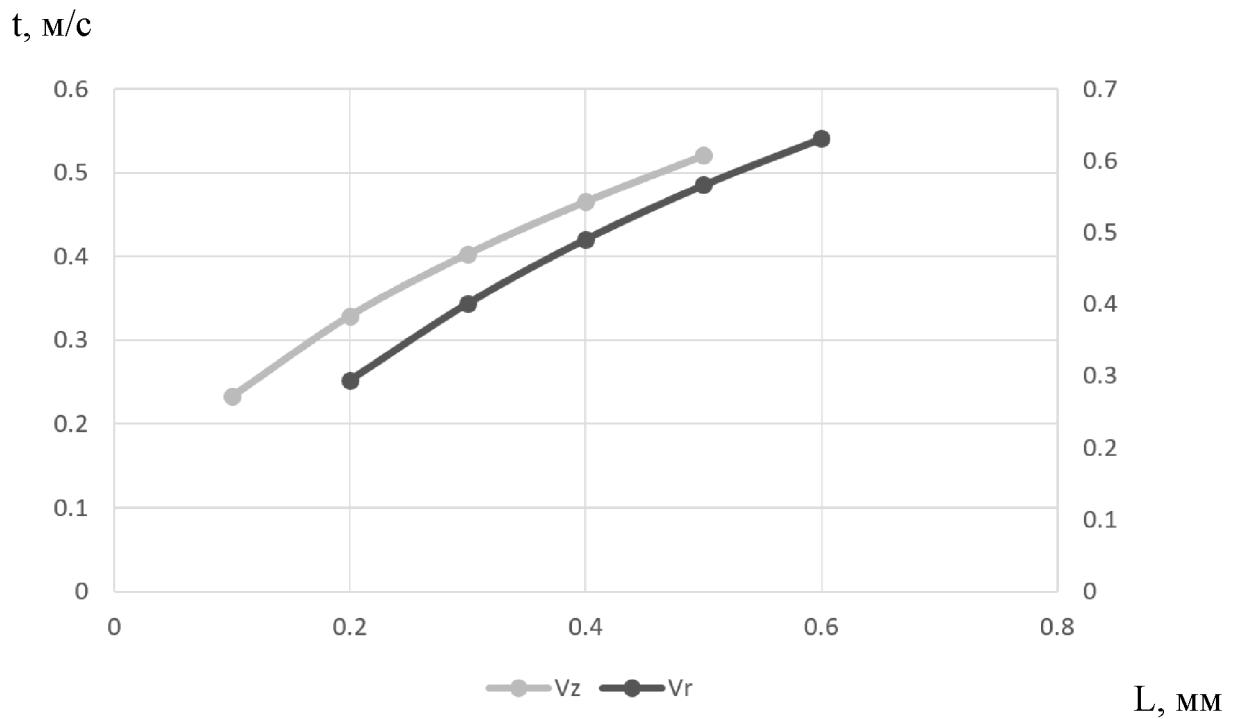


Рисунок 4.27 – Залежність часу переміщення по осям X та Z від
максимального вильоту

На основі аналізу графіків представлених на рис . 4.25-4.27 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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Таблиця 4.3 – Алгоритм роботи АРМ

	Коментар	Величина переміщення, мм(град)	Швидкість переміщення, м/с, °/с	Час, с
Захват заготовки	Переміщення руки робота вперед	600	1,03	0,58
	Переміщення руки робота вниз	100	0,3	0,3
	Затиск заготовки схватом робота	-		0,2
	Переміщення руки робота вгору	100	0,3	0,3
	Переміщення руки робота назад	600	1,03	0,58
Сума				1,96
Установка заготовки на верстат	Поворот руки робота за год. Стрілкою	90°	50	1,8
	Переміщення руки робота вперед	600	1,03	0,58
	Переміщення руки робота вниз	100	0,3	0,3
	Розтиск схвату робота			0,2
	Переміщення руки робота вгору	100	0,3	0,3
	Переміщення руки робота назад	600	1,03	0,58
Сума				3,76
Верстат	Затиск заготовки на верстатному пристосуванні	-		3
	Обробка заготовки			160
	Розтискання заготовки на верстатному пристосуванні			3
Сума				166
Зняття заготовки з верстата	Переміщення руки робота вперед	600	1,03	0,58
	Переміщення руки робота	100	0,3	0,3

Продовження таблиці 4.3

	Коментар	Величина переміщення, мм(град)	Швидкість переміщення, м/с, °/с	Час, с
	Затиск заготовки схватом робота			0,2
	Переміщення руки робота вгору	100	0,3	0,3
	Переміщення руки робота назад	600	1,03	0,58
				1,96
Переміщення заготовки до місця складання готових деталей	Поворот руки робота за год. Стрілкою	90°	50	1,8
	Переміщення руки робота вперед	600	1,03	0,58
	Переміщення руки робота вниз	100	0,3	0,3
	Розтиск схвата робота	-		0,2
	Переміщення руки робота вгору	100	0,3	0,3
	Переміщення руки робота назад	600	1,03	0,58
	Поворот руки робота проти год. Стрілки	180°	50	3,6
Сума				5,26
Тактовій стіл	Переміщення на одну позицію			2,5

Циклограма є графічним зображенням послідовності роботи окремих елементів і підсистем (рис. 4.24).



Рисунок 4.24 – 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 $K_{зр}$;

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:

$$Q_{\text{ц}} = \frac{1}{T_p}; \quad (4.20)$$

де T_p - тривалість робочого циклу, $T_p = 181,44$ с;

$$Q_{\text{ц}} = \frac{1}{181,44} = 0,006(\text{с});$$

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

$$K_{\text{зр}} = \frac{P_{\text{ср}}}{P}; \quad (4.21)$$

де $P_{\text{ср}}$ - середнє значення робочого навантаження, $P_{\text{ср}} = 7,8$ кг;

P - вантажопідйомність робота, $P = 10$ кг;

$$K_{\text{зр}} = \frac{7,8}{10} = 0,78.$$

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

$$K_{\text{вр}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T_p}; \quad (4.22)$$

де $T_{\text{пр}}$ - час роботи ПР за робочий цикл, $T_{\text{пр}} = 15,44$ с;

$$K_{\text{вр}} = \frac{15,44}{181,44} = 0,09;$$

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

$$K_{BO} = \frac{T_O}{T_P}; \quad (4.23)$$

де T_O - час роботи основного устаткування за робочий цикл, $T_O = 160$ с;

$$K_{BO} = \frac{160}{181,44} = 0,88.$$

Розрахувавши значення коефіцієнтів, по [5] 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 «Плита» на вертикально фрезерному верстаті з ЧПК.
3. Проведені розрахунки складових похибки установки заготовки на пристосуванні. Точність позиціонування в пристосуванні складає 34 мкм і дає можливість забезпечувати усі необхідні допуски розмірів, які отримуються на даній операції.
4. Обрано промисловий робот моделі «Циклон 5.02» для застосування в автоматизованому робочому місці.
3. Обрано схему захватного пристрою для роботи деталлю «Плита»
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 181,44.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи

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

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

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

Таблиця 5.1 – Показники ступеня новизни науково-дослідної роботи

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

Продовження таблиці 5.1

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

Таблиця 5.2 – Показники рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи

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

Показник, який характеризує науковий ефект, визначається за формулою:

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

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» $k_{\text{нов}} = 20$. Застосовані формульні залежності для розрахунку швидкості виконання допоміжних операцій роботом на основі емпіричних залежностей, тому $k_{\text{теор}} = 20$. Тоді показник, який характеризує науковий ефект дорівнює:

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot 19 + 0,4 \cdot 15 = 17,4.$$

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 "Плита". 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		
	Петров Ю.А.	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	2	2	2
8	2	2	3
9	2	2	4
10	3	3	3
11	3	2	3
12	3	3	3
Сума балів	СБ ₂ =29	СБ ₃ =28	СБ ₁ =22
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$(29 + 28 + 22)/3 = 26$		

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	<i>Аналог</i>	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.	2,8	1,87	1,49

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

5.6 Обрання методу ціноутворення

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

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

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

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

5.7 Оцінка рівня якості інноваційного рішення

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

Таблиця 5.6 – Основні техніко-економічні показники нової розробки

Показник	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Кількість верстатів		5		0,3
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.

$$K_{ap} = 5 \cdot 0,3 + 7 \cdot 0,4 + 7 \cdot 0,4 = 7,1.$$

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	2,8	1,87	1,49	0,4
Економічні показники				
Собівартість комплексу	120000	100000	0,83	0,7
Капітальні вкладення	750000	700000	0,93	0,3

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

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

$$K_{ЯВ} = 1 \cdot 0,3 + 1,5 \cdot 0,4 + 0,4 \cdot 1,49 = 1,5.$$

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.

$$I_{en} = (100000 \cdot 0,7 + 700000 \cdot 0,3) / (120000 \cdot 0,7 + 750000 \cdot 0,3) = 0,91;$$

$$K = 1,5 / 0,91 = 1,65 > 1.$$

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 [24, 25]:

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

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

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

t – число днів роботи розробника.

Для керівника проекту основна заробітна плата складатиме:

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

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

Таблиця 5.8 – Результати розрахунків основної заробітної плати

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

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

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

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

n – число робіт по видах та розрядах;

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

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

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

де: M_m – мінімальна місячна оплата праці, грн. З 1 січня 2023 року – $M_m = 6700$ грн.;

K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду та професії;

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

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

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

$$C_4 = 6700 \cdot 1,5 \cdot 1,37 / (22 \cdot 8) = 78,23 \text{ (грн./год.)};$$

Таблиця 5.9 – Витрати на основну заробітну плату

Обладнання	Трудомісткість годин	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка	Величина оплати, грн
Роботи по компоновці елементів	120	4	78,23	9388
Роботи верстатника	140	4	78,23	10952
Роботи слюсаря	80	4	78,23	6258
Роботи налагоджувальника	90	4	78,23	7041
Всього				33639

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

$$З_д = (88636 + 33639) \cdot 12\% = 14673 \text{ (грн.)}$$

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

$$(88636 + 33639 + 14673) \cdot 0,22 = 30129 \text{ (грн.)}$$

Амортизація обладнання, які використовуються під час виготовлення пристосування.

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

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

де Ц – балансова вартість обладнання, грн;

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

$T_{нв}$ – 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	22000	4	12	5500
Промисловий робот	280000	7	12	40000
Слюсарне обладнання	130000	4	1	2708
Обладнання для компоновки і налаштування	210000	6	1	2917
Обладнання для розрахунків	50000	4	1	1042

Відповідно:

$$A = 5500 + 40000 + 2708 + 2917 + 1042 = 52167 \text{ грн.}$$

Витрати на матеріали розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

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

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

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

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

V_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:

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

де: C – вартість 1 кВт-години електроенергії. На грудень 2023 року для промисловості (2 категорія споживачів) ціна електроенергії становить $C_{opt} = 4,107$ грн./кВт згідно тарифів оператора ринку, $C_{розп} = 1,769$ грн./кВт за розподіл електричної енергії згідно тарифів ТОВ "Енера Вінниця" та $C_{пост} = 0,131$ 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.

$$C_e = (4,107 + 1,769 + 0,131)(1 + 20\%/100\%) = 7,208 \text{ (грн)}.$$

Таблиця 5.11 – Результати розрахунків витрат електроенергії

Найменування обладнання	Час роботи, год.	Потужність, кВт.	Коефіцієнт використання
Комп'ютерне обладнання	160	0.4	1
Приміщення (освітлення)	140	0.9	1
Промисловий робот	110	7	1
Допоміжне обладнання	120	5	0.8

$$\begin{aligned}Ц_{e1} &= 7,208 \cdot 0,4 \cdot 160 \cdot 1 = 461 \text{ (грн.)}, \\Ц_{e2} &= 7,208 \cdot 0,9 \cdot 140 \cdot 1 = 908 \text{ (грн.)}, \\Ц_{e3} &= 7,208 \cdot 7 \cdot 100 \cdot 1,0 = 5550 \text{ (грн.)}, \\Ц_{e4} &= 7,208 \cdot 5 \cdot 90 \cdot 0,8 = 3460 \text{ (грн.)}, \\Ц_e &= 461 + 908 + 5550 + 3460 = 10379 \text{ (грн.)}.\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}I_B &= (1 \dots 3) (Z_o + Z_p), \\I_B &= 3 \cdot (88636 + 33639) = 366825 \text{ (грн.)}\end{aligned} \tag{5.10}$$

Усі витрати складають:

$$\begin{aligned}B &= 88636 + 33639 + 14673 + 30129 + 52167 + \\&+ 15641 + 366825 = 596448 \text{ (грн.)}\end{aligned}$$

Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями.

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

$$B_{\text{заг}} = \frac{B}{\alpha}, \tag{5.11}$$

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

Тоді

$$B_{\text{заг}} = 596448 / 0,95 = 627840 \text{ (грн.)}$$

Прогнозування загальних витрат здійснюється за формулою:

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

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:

$$ЗВ = 627840 / 0,5 = 1569600 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку способу суміщеної обробки та впровадження результатів даної роботи становлять приблизно 1569600 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 2500 шт. Середня ціна виготовлених виробів 90-150 тис. грн. Оскільки собівартість виготовлення корпусів за рахунок автоматизації скоротилась в нас є можливість реалізувати 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 2024 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2023-го, 2024-го, 2025-го та 2026-го років.

Прогноз зростання попиту на нашу розробку складає по роках:

1-й рік після впровадження (2024 р.) – приблизно 2500 шт.;

2-й рік після впровадження (2025 р.) – приблизно 1500 шт.;

3-й рік після впровадження (2026 р.) – приблизно 1300 шт.;

4-й рік після впровадження (2027 р.) – приблизно 600 шт.

У 2027 р. ми не плануємо отримання прибутків для потенційних інвесторів, оскільки високою є ймовірність, що з'являться нові, більш якісні розробки.

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

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

де ΔC_0 – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є зменшення ціни нового виробу, грн.; ми вважаємо, що $\Delta C_0 = 6700$ грн;

N – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році до впровадження результатів розробки; було встановлено, що $N = 2500$ шт.;

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

C_0 – основний оціночний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році після впровадження результатів розробки, грн.; $C_0 = 80$ тис. грн;

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

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. У 2023 році ставка податку на додану вартість встановлена на рівні 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$;

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

ϑ – ставка податку на прибуток. У 2023 році $\vartheta = 18\%$.

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора $\rho \Pi_1$ протягом першого року від реалізації нашої розробки (2023 р.) складе:

$$\Delta \Pi_1 = (2500 \cdot 6700) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 2861344(\text{грн.})$$

$$\Delta \Pi_2 = (1500 \cdot 6700) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1716806(\text{грн.})$$

$$\Delta \Pi_3 = (1300 \cdot 6700) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1487899(\text{грн.})$$

$$\Delta \Pi_4 = (500 \cdot 6700) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 572269(\text{грн.})$$

5.11 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

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

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

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

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

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

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

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 $E_{abc} > 0$, то результат від впровадження нашої розробки буде збитковим і вкладати кошти в розробку ніхто не буде. Якщо $E_{abc} < 0$, то результат від впровадження нашої розробки принесе прибуток і вкладати кошти в дану розробку в принципі можна.

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

$$ПП = \frac{2861344}{(1+0.1)^2} + \frac{1716806}{(1+0.1)^3} + \frac{1487899}{(1+0.1)^4} + \frac{572269}{(1+0.1)^5} = 5026198 \text{ (грн.)}$$

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

$$E_{abc} = 5026198 - 1569600 = 3456598 \text{ (грн.)}$$

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_B 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, $E_{абс} = 3456598$ грн.;

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

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

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[5]{1 + 3456598 / 1569600} - 1 = 0,26 = 26\%.$$

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 τ_{\min} визначається за формулою:

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

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2023 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 $E\beta = 26\% > \tau_{\min} = 25\%$, то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

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

$$T_{ок} = 1/E\beta,$$

$$T_{ок} = 1/0,26 = 3,8.$$

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.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Особливості організації охорони праці на підприємстві відіграють важливу роль. Простої та зниження ефективності праці, викликані аваріями, нещасними випадками на виробництві, професійними захворюваннями, не тільки уповільнюють виробничі процеси, але і стають причиною високих виробничих витрат для підприємства. Крім того, ці явища значною мірою негативно впливають на безпеку виробництва, якість продукції та відношення до роботи працюючих. З огляду на це, питання вдосконалення охорони праці на підприємстві має не тільки соціальне, але і безпосередньо економічне значення та є досить актуальним для сучасного розвитку підприємств України.

Автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Плита" відбувалася в приміщенні, яке обладнане комп'ютеризованими робочими місцями. На працівника могли мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні:

- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищена чи понижена вологість повітря;
- підвищений рівень статичної електрики;
- підвищений рівень електромагнітного випромінювання;
- недостатня освітленість робочої зони.

2. Психофізіологічні: розумове перевантаження; перенапруга аналізаторів; статичне перевантаження.

Відповідно до визначених факторів розробляємо рішення щодо безпечного виконання роботи під час проектування автоматизованої системи контролю охолодження деталей промислової нагрівальної печі [26, 27].

6.1. Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

6.1.1. Обладнання робочого місця

Робоче місце проектувальника обладнане великою кількістю технічних пристроїв. Це перш за все персональний комп'ютер, принтер, сканер, ксерокс, і різноманітні засоби телефонного зв'язку.

Організація робочого місця проектувальника забезпечує відповідність усіх елементів робочого місця та їх розташування ергономічним вимогам характеру та особливостями трудової діяльності.

При розміщенні робочих місць з ПК було дотримано таких вимог:

- відстань між бічними поверхнями ПК менша за 1,2 м;
- відстань між тильною поверхнею однієї ПК та екраном іншої не менша 2,5 м;
- прохід між рядами робочих місць не менший 1 м. Вимоги цього пункту щодо відстані між бічними поверхнями ПК та відстані між тильною поверхнею однієї ПК та екраном іншого враховуються також при розміщенні робочих місць з ПК в суміжних приміщеннях, з урахуванням особливостей стін та перегородок.

Організація робочого місця, яке передбачає використання ПК для управління технологічним обладнанням повинна передбачати:

- достатній простір для працівника;
- вільну досяжність органів ручного управління в зоні моніторного поля: відстань по висоті – 900-1330 мм, по глибині – 400-500 мм;
- розташування екрану ПК в робочій зоні, яке забезпечувало б зручність зорового спостереження, а також зручність використання ПК під час коригування керуючих програм одночасно з використання основних виробничих операцій;
- можливість повертання екрану ПК навколо горизонтальної та вертикальної осі.

Конструкція робочого місця проектувальника (при роботі сидячи) забезпечує підтримання оптимальної робочої пози з такими ергономічними характеристиками:

- ступні ніг – на підлозі або на підставці для ніг;
- стегна – в горизонтальній площині;
- передпліччя – вертикально;
- лікті – під кутом 70° - 90° до вертикальної площини;
- зап'ястя зігнуті під кутом не більше 20° відносно горизонтальної площини;
- нахил голови - 20° відносно вертикальної площини.

Розміщення принтера на робочому місці забезпечує добру видимість екрану ПК, зручність ручного керування пристроєм введення-виведення інформації в зоні досяжності моторного поля: по висоті 900-1300 мм, по глибині 400-500 мм.

Висота робочої поверхні столу для ПК має бути в межах 680-800 мм, а ширина – забезпечувати можливість виконання операцій в зоні досяжності моторного поля. Рекомендовані розміри столу: висота – 725 мм, ширина – 600-1400мм, глибина – 800-1000 мм.

При приміщеннях з ПК мають бути обладнані побутові приміщення для відпочинку під час роботи, кімната психологічного розвантаження. В кімнаті психологічного розвантаження слід передбачити встановлення пристроїв для приготування й роздачі тонізуючих напоїв, а також місця для занять фізичною культурою.

Щодо вимог до режимів праці і відпочинку при роботі з ПК то під час роботи з ПК для збереження здоров'я працівників, запобігання профзахворюванням і підтримки працездатності встановлюються внутрішньо змінні регламентовані перерви для відпочинку.

У випадках, коли виробничі обставини не дозволяють застосовувати регламентовані перерви, тривалість безперервної роботи з ВДТ не повинна перевищувати 4 годин.

Усю будівлю, в тому числі і досліджуване приміщення, електрифіковано згідно з усіма відповідними нормами.

Лінії електромережі ПК, у приміщенні, де відбувалася проектування і виконані як окрема групова трипровідна мережа шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників (заземлення або занулення), причому площі перерізу нульового робочого і нульового захисного провідника повинні не менші за площу перерізу фазового провідника.

Заборонено під'єднувати обладнання до звичайної двопровідної електричної мережі, зокрема з використанням перехідних пристроїв. Електромережі штепсельних з'єднань та електричних розеток виконані за магістральною схемою, по 3-6 в одному колі. Оскільки вони розташовані уздовж стін, то провідники прокладені по підлозі в металевих трубах і гнучких металевих рукавах. Металеві трубки і гнучкі металеві рукави заземлені.

6.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1. Мікроклімат

Мікроклімат виробничих приміщень – умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням шляхом конвекції, кондукції, теплового випромінювання та випаровування вологи. Ці умови визначаються поєднанням температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температури оточуючих людину поверхонь та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) опромінення.

Показниками, що характеризують мікроклімат, є: температура повітря (°C), відносна вологість повітря (%), швидкість руху повітря (м/сек.), інтенсивність теплового випромінювання (Вт/м²).

Робота з автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Плита" за енерговитратами відноситься до категорії 1а [28, 29]. Допустимі параметри мікроклімату для категорії 1а (згідно ДСН 3.3.6.042-99 [30]) наведені в табл.6.1.

Таблиця 6.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

Для забезпечення встановлених норм мікрокліматичних параметрів і чистоти повітря застосовують вентиляцію. Загальнообмінна вентиляція використовується для забезпечення в приміщеннях відповідного мікроклімату; місцеві вентилятори – для охолодження ПК і допоміжних пристроїв. У холодну пору року передбачається система опалення. Для опалення приміщення використовується водяна система центрального опалення.

6.2.2. Склад повітря робочої зони

В приміщенні, де здійснюється проектування, можливими забруднювачами повітря може бути офісна техніка та пил, який потрапляє ззовні.

Загазованість – це наявність різноманітних газів у повітрі робочої зони, які, потрапляючи в організм людини через органи дихання, шкіряний покрив, шлунково-кишковий тракт, можуть спричинити отруєння й враження органів і систем життєзабезпечення. У зв'язку з цим сучасні методи виявлення отруйних речовин у повітрі й захист від них мають велике значення для забезпечення сприятливих умов для роботи. Для цього відбирають проби повітря на основних робочих місцях. За результатами аналізу взятих проб повітря судять про ступені шкідливості повітряного середовища.

ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Фенол	0,01	0,01	3
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	1

Окрім хімічного складу, важливо також, щоб повітря мало певний іонний склад. У повітрі містяться негативні й позитивні іони. У закритих приміщеннях легкі іони поглинаються в процесі дихання, а також пилом, одягом тощо. Тому ступінь іонізації вважається досить добрим індикатором чистоти повітря. Експериментально підтверджено негативну дію деіонізованого повітря. У людей з'являються сонливість, головний біль, підвищується артеріальний тиск тощо. Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл.6.3).

Таблиця 6.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється за допомогою системи кондиціонування повітря, регулярного провітрювання, та вологого прибирання.

6.2.3. Виробниче освітлення

Виробниче освітлення нормується на робочих поверхнях.

Обираючи систему освітлення, виходять з погляду економічності або гігієнічності. Система комбінованого освітлення більш економічна і дозволяє на робочих місцях створювати високу освітленість. Система загального освітлення з погляду гігієни праці краща, тому що вона дозволяє створити рівномірний розподіл освітленості у всьому приміщенні, усунути різкі тіні й контрасти.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні під час проектування автоматизованої системи адаптивної рухової реабілітації (згідно ДБН В.2.5-28-2018 [31]) зазначені у таблиці 6.4:

Таблиця 6.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє	Бокове	Верхнє або верхнє	Бокове
Високі точності	0,3 - 0,5	III	г	великий	світлий	700	300	5	2	3	1,2

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

- 1) Максимально можливе бічне природне освітлення.
- 2) Штучне освітлення в приміщеннях з робочим місцем, обладнаним ВДТ, має здійснюватися системою загального рівномірного освітлення.
- 3) Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски з поверхні екранів ПК і клавіатури повинні бути передбачені сонцезахисні пристрої, вікна повинні мати жалюзі або штори.

6.2.4. Виробничий шум

Шум – це найпоширеніше явище у промисловому виробництві. Не становить великих труднощів виявити наявність підвищених шумів і провести необхідні заміри, але зниження рівня шумів може вимагати істотних витрат.

Нормування шуму для робочих місць регламентується санітарними нормами ДСН 3.3.6.037-99 [32] та державним стандартом. Для постійних шумів нормування ведеться по граничному спектру шуму.

Під час проектування автоматизованої системи адаптивної рухової реабілітації допустимі рівні звукового тиску повинні відповідати ГС, а рівні звуку L_A не повинні перевищувати 50 дБА (таблиця 6.5).

Таблиця 6.5 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного широкополосного шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Наукова і творча діяльність	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Основними заходами боротьби з шумом є усунення або ослаблення причин шуму в самому його джерелі у процесі роботи, використання звукопоглинаючих матеріалів, раціональне планування виробничих приміщень.

6.2.5. Виробничі випромінювання

Оскільки автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Плита" проводилася за допомогою ПК, то на робочому місці проектувальника можливий підвищений рівень електромагнітного випромінювання.

Сучасні наукові теорії не мають єдності щодо обґрунтування механізму впливу ЕМП на людину, особливо у випадку слабких електромагнітних випромінювань. Ступінь і характер впливу ЕМП на організм людини залежать: від інтенсивності випромінювання; частоти коливань; площі поверхні тіла, що опромінюється; індивідуальних особливостей організму; режиму опромінення

(безперервний чи переривчастий); тривалості впливу; комбінованої дії інших факторів виробничого середовища. У діапазонах промислової частоти, радіочастот, інфрачервоного і частково ультрафіолетового світла електромагнітні поля чинять тепловий вплив,

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від монітору комп'ютера представлені в табл. 6.6.

Таблиця 6.6 – Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Види поля	Допустимі параметри поля		Допустима поверхнева щільність потоку енергії (інтенсивність потоку енергії), Вт/м ²
	за електричною складовою (E), В/м	за магнітною складовою (H), А/М	
Напруженість електромагнітного поля, 6 кГц...3 МГц	50	5	
3 МГц...30МГц	2	-	
30 МГц...5 ГГц	-	-	10
Електромагнітне поле оптичного діапазону в ультрафіолетовій частині спектру: УФ-С (220...280 нм)			0,001
УФ-В (280...320 нм)			0,01
УФ-А (320...400 нм)			10,0
в інфрачервоній частині спектру: 0,76... 10,0 мкм			35,0... 70,0
Напруженість електричного поля ВДТ			20 ВВ/м

Захист персоналу від впливу електромагнітних полів здійснюється шляхом проведення організаційних та інженерно-технічних, лікувально-профілактичних заходів, а також використання засобів індивідуального захисту.

Таким чином, умови праці проектувальника в цілому відповідають існуючим санітарно-гігієнічним нормам.

6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи РЕС обладнання механічної обробки заготовки деталі "Плита" в умовах дії загрозливих факторів НС

6.3.1 Дія радіації на стійкість роботи об'єктів господарської діяльності

Головним об'єктом ядерних досліджень є структура атома. Ядра всіх атомів складаються з дрібних частинок – протонів і нейтронів, які міцно з'єднані одна з одною. Число протонів суворо визначено, а кількість нейтронів у ядрі може бути різною у атомів одного хімічного елемента. Тому можуть існувати різновиди атомів одного й того ж елемента, які відрізняються один від одного масою. Такі атоми називаються ізотопами елемента. Для більшості ізотопів характерна радіоактивність, яка може бути природною і штучною. Природна радіоактивність – це довільний розпад ядер елементів у природному стані. Штучна радіоактивність викликається людиною в лабораторіях, на реакторах АЕС, тощо.

Під час радіоактивного розпаду з ядра виділяється величезна кількість енергії у вигляді іонізуючих випромінювань. Розрізняють кілька видів іонізуючого випромінювання. Гамма-випромінювання (γ) є найнебезпечнішим джерелом енергії, воно проникає у повітрі на відстань сотень метрів. Бета-випромінювання (β) проникає в повітрі на відстань кількох метрів, а в живих тканинах кількох міліметрів. Альфа-частинки мають найкоротший радіус дії (кілька сантиметрів у повітрі, 0,1 мм у тканинах), а тому небезпечні лише у разі безпосереднього контакту з слизовими оболонками.

В залежності від виду випромінювання, дози радіації, природи опромінюваної речовини та умов навколишнього середовища в значній мірі залежить дія радіації на об'єкти господарської діяльності.

Критерієм стійкості роботи об'єкта в умовах дії радіації може бути допустима доза радіації, яку можуть отримати робітники і службовці за час роботи зміни в конкретних умовах.

Оскільки умови роботи в різних цехах можуть відрізнятись, то при оцінці стійкості розраховуються дози опромінення для кожної групи робітників і службовців, які знаходяться в однакових умовах.

Якщо при цьому з'ясується, що люди можуть отримати дозу опромінення більше допустимої (встановленої), об'єкт вважається нестійким до радіації.

Для зниження рівня забруднення радіоактивними речовинами використовують дезактивацію.

6.3.2 Оцінка безпеки роботи ПЕС обладнання в умовах дії іонізуючих випромінювань

Вихідні дані: $K_{\text{посл}}=3$.

Проводимо аналіз приладу і визначаємо радіоелектронні елементи, від яких залежить її функціонування: діоди, резистори, конденсатори, напівпровідники, мікросхеми, інтегральні схеми, діелектрики.

Знаходимо максимально допустимі рівні радіації, при яких в елементах можуть виникнути незворотні зміни [33]. Дані заносимо в таблицю 6.7.

Проаналізувавши дані, визначаємо межу стійкості $R_{\text{гр}}$ роботи ПЕС, враховуючи коефіцієнт послаблення радіації:

$$R_{\text{гр}}=10^4 \cdot K_{\text{посл}}=10^4 \cdot 3=30000 \text{ P/c.}$$

Таблиця 6.7 – Максимально допустимі рівні радіації елементів ПЕС

№	Елементи ПЕС	$R_{\text{гр1}}, \text{P/c}$	$R_{\text{гр2}}, \text{P/c}$
1	Діоди	10^5	10^4
2	Резистори	10^6	
3	Конденсатори	10^6	
4	Напівпровідники	-	
5	Мікросхеми	10^4	
6	Інтегральні схеми	10^5	
7	Діелектрики	10^4	

Оскільки межа стійкості роботи РЕС обладнання для механічної обробки заготовки деталі "Плита" в умовах дії на них іонізуючих випромінювань значно більша за можливі рівні радіації, то безпека їхньої роботи забезпечується.

Висновки

Досліджено безпеку роботи РЕС обладнання для механічної обробки заготовки деталі "Плита" в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій. З дослідження дії іонізуючих випромінювань на безпеку роботи РЕС обладнання для механічної обробки заготовки деталі "Плита" можна сказати, що межа стійкості роботи в умовах дії на них іонізуючих випромінювань значно більша за можливі рівні радіації, то безпека їхньої роботи забезпечується.

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

4. Проаналізовано технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Плита».

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

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

6. Розроблено загальний алгоритм роботи автоматизованого робочого місця для технологічної обробки деталі «Плита».

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

8. Розроблено верстатне пристосування для обробки деталі «Плита» на вертикально фрезерному верстаті з ЧПК.

9. Проведені розрахунки складових похибки установки заготовки на пристосуванні. Точність позиціонування в пристосуванні складає 34 мкм і дає можливість забезпечувати усі необхідні допуски розмірів, які отримуються на даній операції.

10. Обрано промисловий робот моделі «Циклон 5.02» для застосування в автоматизованому робочому місці.

11. Обрано схему захватного пристрою для роботи деталлю «Плита»

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

13. Визначені параметри роботи робочого місця. Загальний час циклу складає 181,44с.

14. 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.

15. 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.

16. Проведено аналіз умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

17. Досліджено безпеку роботи ПЕС обладнання для механічної обробки заготовки деталі "Плита" в умовах дії загрозливих чинників нідзвичайних ситуацій. З дослідження дії іонізуючих випромінювань на безпеку роботи ПЕС обладнання для механічної обробки заготовки деталі "Плита" можна сказати, що межа стійкості роботи в умовах дії на них іонізуючих випромінювань значно більша за можливі рівні радіації, то безпека їхньої роботи забезпечується.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. 1. Автоматизація виробництва в машинобудуванні [Текст] : практикум / Ю. І. Муляр, В. П. Пурдик, С. В. Репінський [та ін.]. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 133с.
2. 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.
3. Роботизовані технологічні комплекси / Г.І. Костюк, О.О. Баранов, І.Г. Левченко, В.А. Фадєєв - Учеб. Посібник. - Харків. Нац. аерокосмічний університет "ХАІ", 2013. - 214с.
4. Павленко І.І., Мажара В.А. Роботизовані технологічні комплекси: Навчальний посібник. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – 392 с.
5. 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>.
6. М.О.Годунко, М.М. Сотник Роботизовані технологічні комплекси в сучасному виробництві // Наукові записки КНТУ, вип.11, ч.ІІІ, 2011. С100-103.
7. Torgny Brogardh, Present and future robot control development, An industrial perspective, Annual Reviews in Control, Vol.31, Issue 1, 2007, pp. 69–79.
8. Hardik A. Modi, Prof. Dixit M. Patel, Automated System Design for Pick & Place of M/C Components of CNC-Lathe-A Review Paper, International Journal for Innovative Research in Science & Technology, Vol.1. Issue 12, 2015.
9. Chong Wang, Qun Sun, Kunzhi Zhang, Naifeng Zhang Modular Design of a Compact Heavy Duty Robot for an Intelligent CNC Management and Control System. International Journal of Simulation: Systems, Science & Technology 17(32). 2016. pp:45.1-45.

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

11. 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.

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

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

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

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

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

17. 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.

18. 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.

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

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

21. 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.

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

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

24. 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.

25. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

26. ДСТУ ОHSAS 18002:2015. Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог ОHSAS 18001:2007 (ОHSAS 18002:2008, IDT). К. : ГП «УкрНИУЦ», 2016. 21 с.

27. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71028.

28. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL:

http://sop.zp.ua/norm_praor_0_00-7_15-18_01_ua.php.

29. Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища від 12.08.1986 № 4137-86. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4137400-86>

30. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

31. ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvitlennja-nor8425.html>

32. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

33. Методичні вказівки до самостійної та індивідуальної роботи з дисципліни "Цивільний захист та охорона праці в галузі. Частина 1. Цивільний захист" / Уклад. О. В. Поліщук, О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 32 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

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

(Назва магістерської кваліфікаційної роботи)

Мета та задачі роботи

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

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати такі завдання:

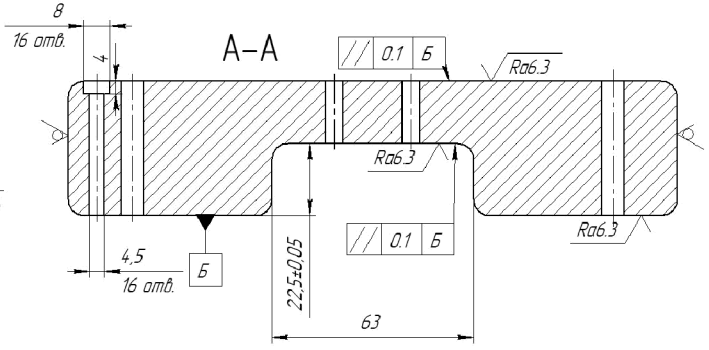
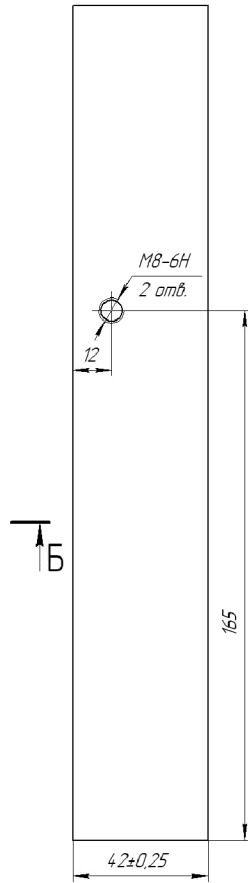
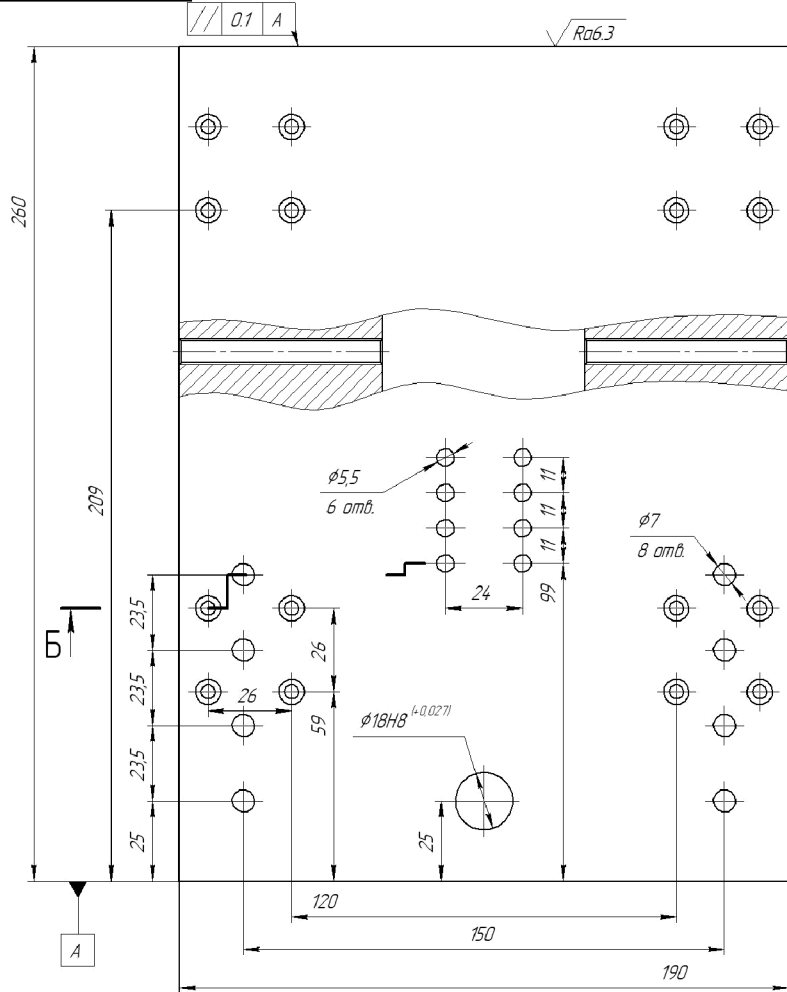
- виконати огляд відомих методів та засобів автоматизації, які застосовуються в технологічному виробництві;
- проаналізувати маршрут механічної обробки та визначити операції, які можуть бути автоматизовані;
- розробити загальну схему автоматизованого робочого місця та алгоритм роботи автоматизованого 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 "Плита".

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

МКР.08-64.016.00.001

$\sqrt{Ra 12,5}$

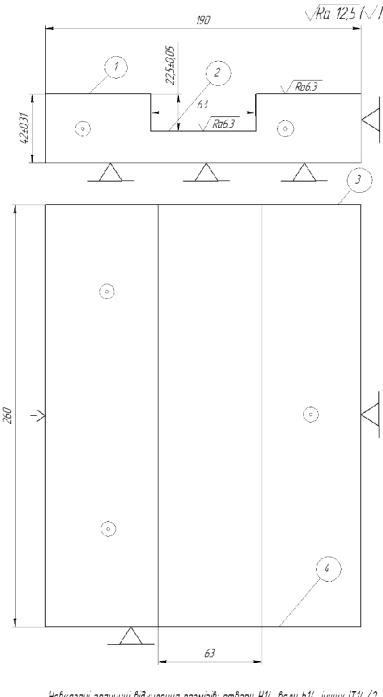
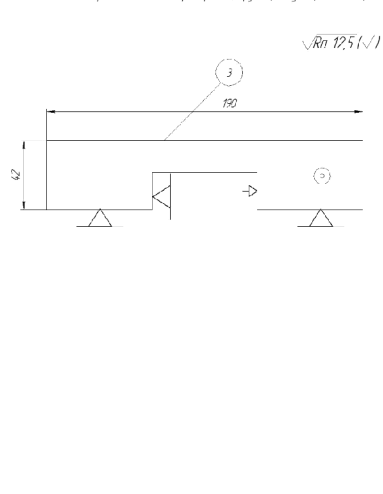


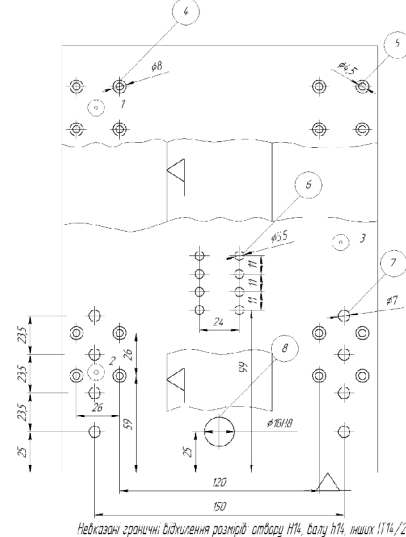
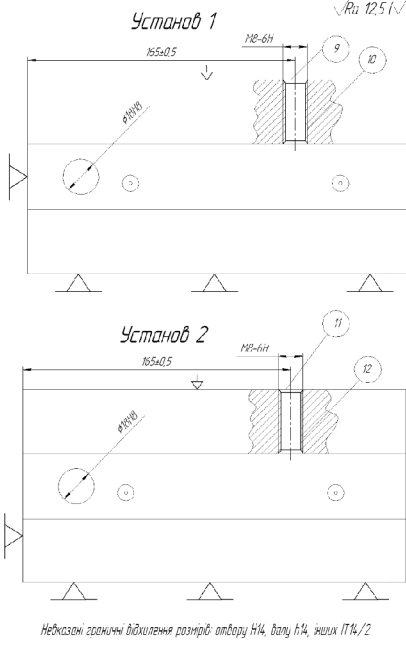
Лист, познач.	
Сторін. №	
Листів. і дата	
Визн. лиця. №	
Листів. і дата	
Лист. №	

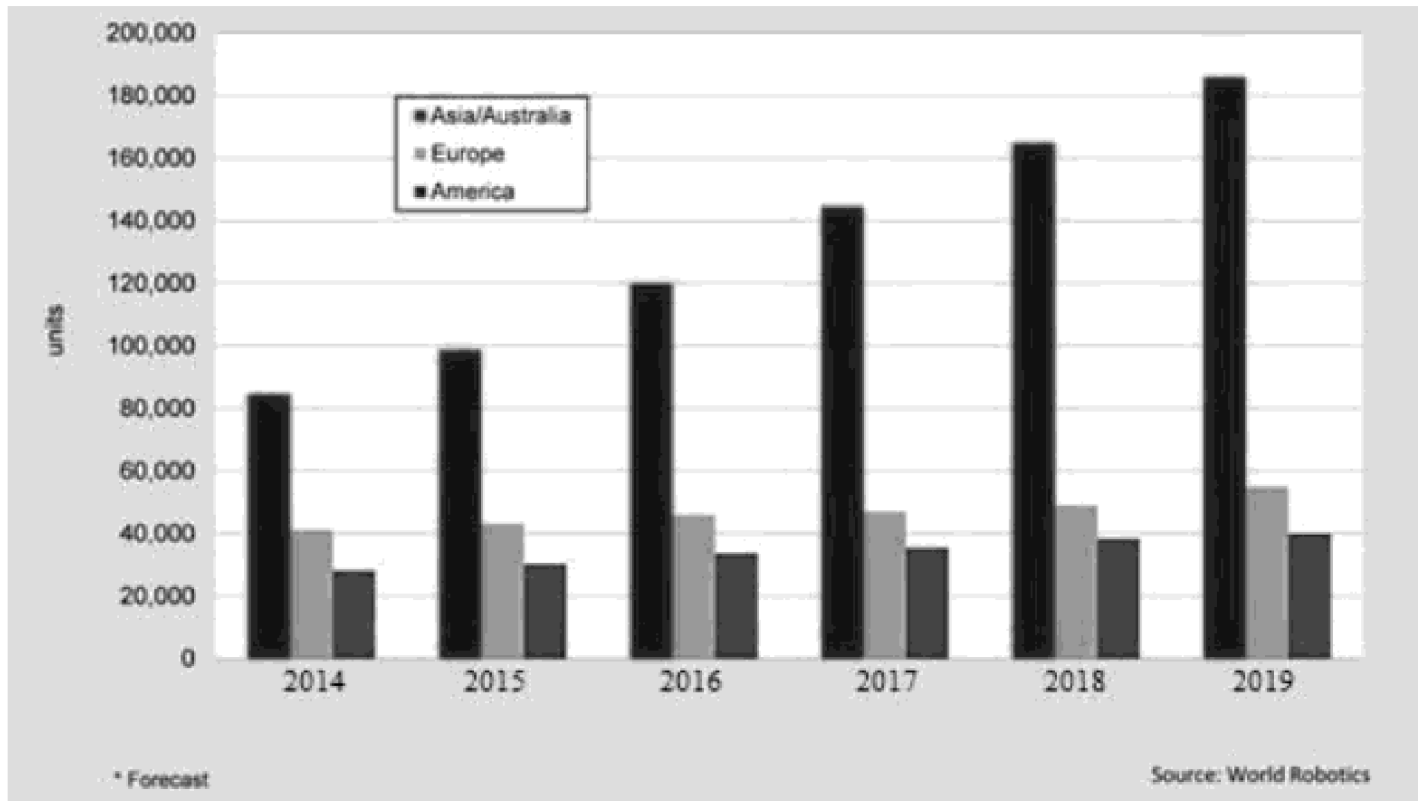
- Невказані граничні відхилення розмірів Н14, н14, $\pm \frac{IT_{14}}{2}$
- Невказані ливарні радіуси 2.5 мм.

				МКР.08-64.016.00.001			
Изм. Лист	№ докум.	Лист	Дата	Плита верхня	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Метельский О.В.		18.02.23			4,66	1:1
Проб.	Лозинський В.О.		18.02.23		Лист	Листов	1
І.контр.							
І.контр.	Сердюк О.В.		11.02.23	СЧ18 ГОСТ 4784-97			ВНТУ, гр.2ПМ-22М
Утв.	Козлов Л.Г.		11.02.23	Копирабол			

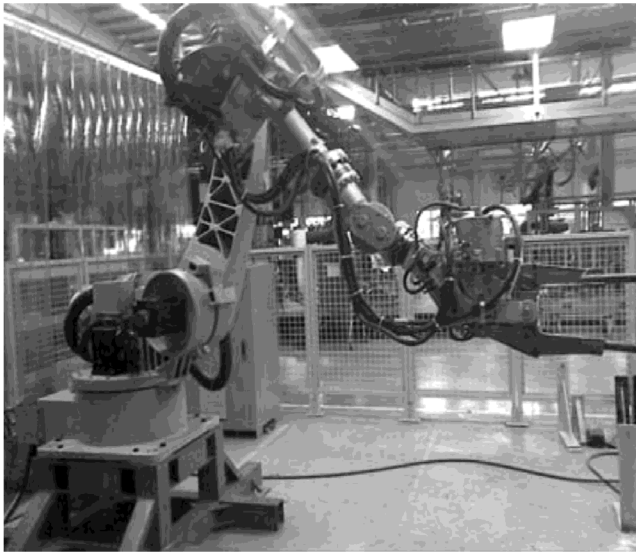
Формат А2

№	Зміст операції та переходів	Ескіз та схема установки	Модель верстата
005	<p align="center">Фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закріпити деталь 2. Фрезерувати поверхню 1 в р-р 190 l=4,6,6 попередньо 3. Фрезерувати поверхню 1 в р-р вказаний на ескізі 4. Фрезерувати паз 2 в розмір 58,9 на глибину 19,2 5. Фрезерувати паз 2 в розмір вказаний на ескізі 6. Фрезерувати 3, 4 однократно в розмір вказаний на ескізі 7. Зняти деталь 		6Р13РФ3
010	<p align="center">Вертикально-фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закріпити деталь 2. Фрезерувати площину 3 в р-р вказаний на ескізі 3. Центрувати 16 отв. $\phi 4,5$; 8 отв. $\phi 5,5$; 8 отв. $\phi 7$; отв. $\phi 18$ l=4 мм 4. Цекувати 16 отв. 4 $\phi 8$ на глибину 4 мм. 5. Свердлити 16 отв. 5 $\phi 4,5$ на глибину 4,2 мм 6. Свердлити 8 отв. 7 $\phi 7$ на глибину 4,2 мм 7. Свердлити 8 отв. 6 $\phi 5,5$ на глибину 19,5 мм 8. Свердлити отв. 8 $\phi 17,8$ на глибину 19,5 мм 8. Зенкерувати отв. 8 в р-р вказаний на ескізі 		6Р13РФ3

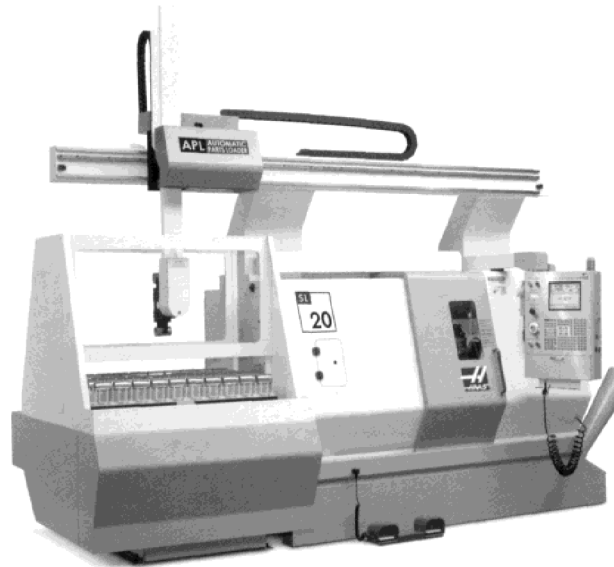
№	Зміст операції та переходів	Ескіз та схема установки	Модель верстата
015	<p align="center">Вертикально-фрезерна</p> <p align="center">Установ 1</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закріпити деталь 2. Центрувати отв. 9 l=4 мм 3. Свердлити отв. 9 $\phi 6$ на глибину 63,5 мм 4. Нарізати різь М8-6Н 5. Переустановити деталь. <p align="center">Установ 2</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Центрувати отв. 11 l=4 мм 2. Свердлити отв. 11 $\phi 6$ на глибину 63,5 мм 3. Нарізати різь М8-6Н 12 4. Зняти деталь 		6Р13РФ3
015	<p align="center">Установ 1</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закріпити деталь 2. Центрувати отв. 9 l=4 мм 3. Свердлити отв. 9 $\phi 6$ на глибину 63,5 мм 4. Нарізати різь М8-6Н <p align="center">Установ 2</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Центрувати отв. 11 l=4 мм 2. Свердлити отв. 11 $\phi 6$ на глибину 63,5 мм 3. Нарізати різь М8-6Н 12 4. Зняти деталь 		2Р135Ф2



Об'єми продажу промислових роботів



Роботизація виробництва

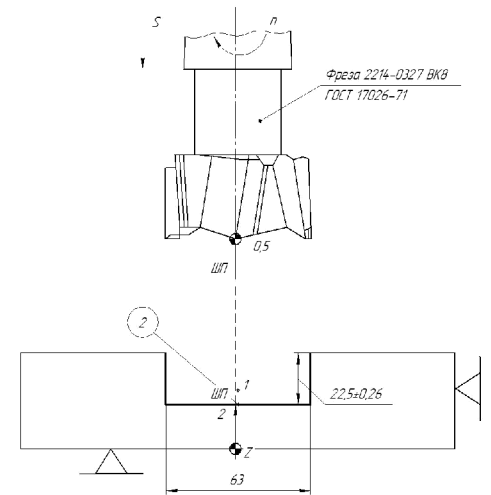
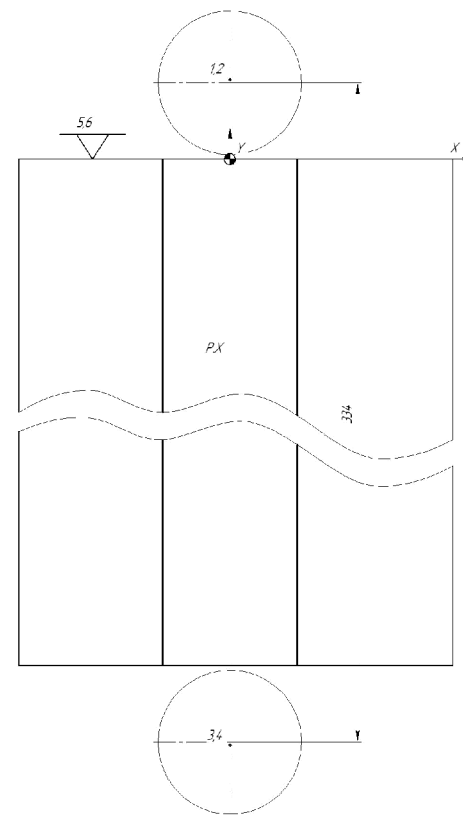
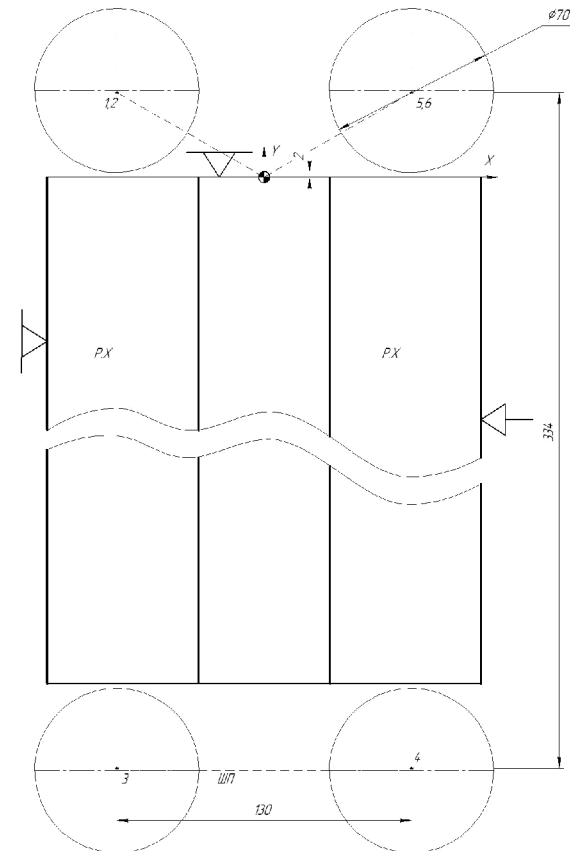
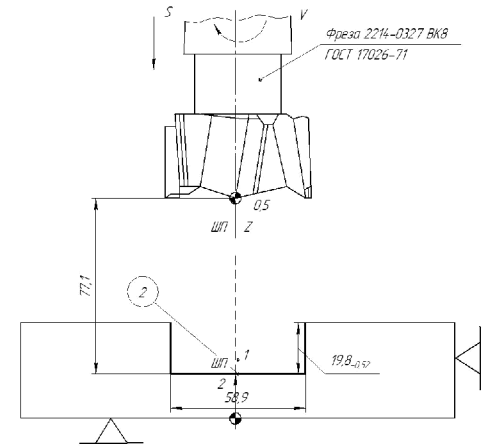
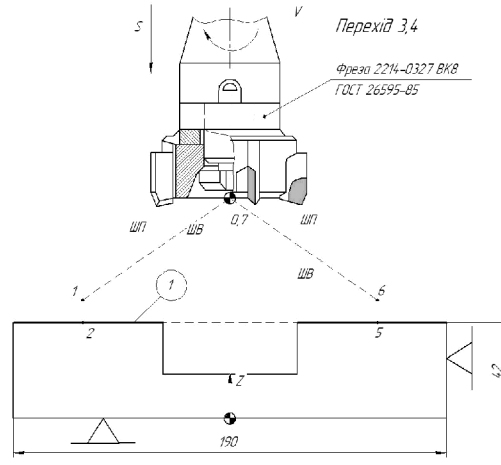
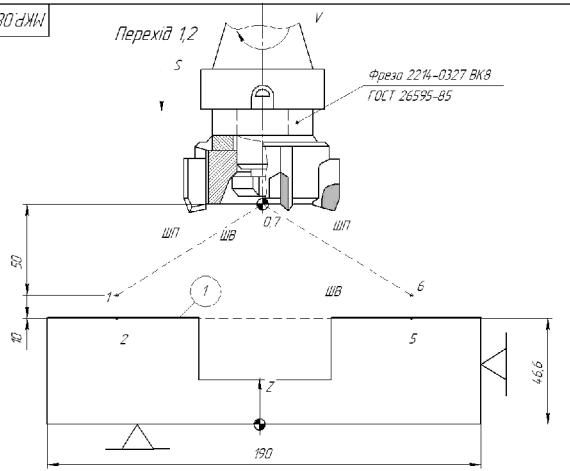


Автоматизоване робоче місце
для токарної обробки



Фрезерний
роботизований
технологічний комплекс
на базі верстаті HAAS
DM-2

МКР.08-64.016.00.002



005	4	Фрезерувати поверхню 2 остаточно	256	2,0	1000	0,6
	3	Фрезерувати поверхню 2 попередньо	256	4,0	900	0,6
	2	Фрезерувати поверхню 1 остаточно	244	2,0	1100	0,5
	1	Фрезерувати поверхню 1 попередньо	244	4,0	1100	0,5
Фреза з ЧПК	6P13Ф3	V	t	s	mm/min	
Найменування операції	Обладнання	Режими різання				
МКР.08-64.016.00.002						
Мен. Уста.	№ докум.	Лист	Заряд	Лист	Листів	Роздрук
Розроб.	Випробовувач	2013	2013	2013	2013	11
Коректор	Коректор					1
Масштаб	Габарити	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1
Мат.	Коректор	2013	2013	2013	2013	1:1

Копія

Формат А1

Лист 1 з 1

Лист 2 з 2

Лист 3 з 3

Лист 4 з 4

Лист 5 з 5

Лист 6 з 6

Лист 7 з 7

Лист 8 з 8

Лист 9 з 9

Лист 10 з 10

Лист 11 з 11

Лист 12 з 12

Лист 13 з 13

Лист 14 з 14

Лист 15 з 15

Лист 16 з 16

Лист 17 з 17

Лист 18 з 18

Лист 19 з 19

Лист 20 з 20

Лист 21 з 21

Лист 22 з 22

Лист 23 з 23

Лист 24 з 24

Лист 25 з 25

Лист 26 з 26

Лист 27 з 27

Лист 28 з 28

Лист 29 з 29

Лист 30 з 30

Лист 31 з 31

Лист 32 з 32

Лист 33 з 33

Лист 34 з 34

Лист 35 з 35

Лист 36 з 36

Лист 37 з 37

Лист 38 з 38

Лист 39 з 39

Лист 40 з 40

Лист 41 з 41

Лист 42 з 42

Лист 43 з 43

Лист 44 з 44

Лист 45 з 45

Лист 46 з 46

Лист 47 з 47

Лист 48 з 48

Лист 49 з 49

Лист 50 з 50

Лист 51 з 51

Лист 52 з 52

Лист 53 з 53

Лист 54 з 54

Лист 55 з 55

Лист 56 з 56

Лист 57 з 57

Лист 58 з 58

Лист 59 з 59

Лист 60 з 60

Лист 61 з 61

Лист 62 з 62

Лист 63 з 63

Лист 64 з 64

Лист 65 з 65

Лист 66 з 66

Лист 67 з 67

Лист 68 з 68

Лист 69 з 69

Лист 70 з 70

Лист 71 з 71

Лист 72 з 72

Лист 73 з 73

Лист 74 з 74

Лист 75 з 75

Лист 76 з 76

Лист 77 з 77

Лист 78 з 78

Лист 79 з 79

Лист 80 з 80

Лист 81 з 81

Лист 82 з 82

Лист 83 з 83

Лист 84 з 84

Лист 85 з 85

Лист 86 з 86

Лист 87 з 87

Лист 88 з 88

Лист 89 з 89

Лист 90 з 90

Лист 91 з 91

Лист 92 з 92

Лист 93 з 93

Лист 94 з 94

Лист 95 з 95

Лист 96 з 96

Лист 97 з 97

Лист 98 з 98

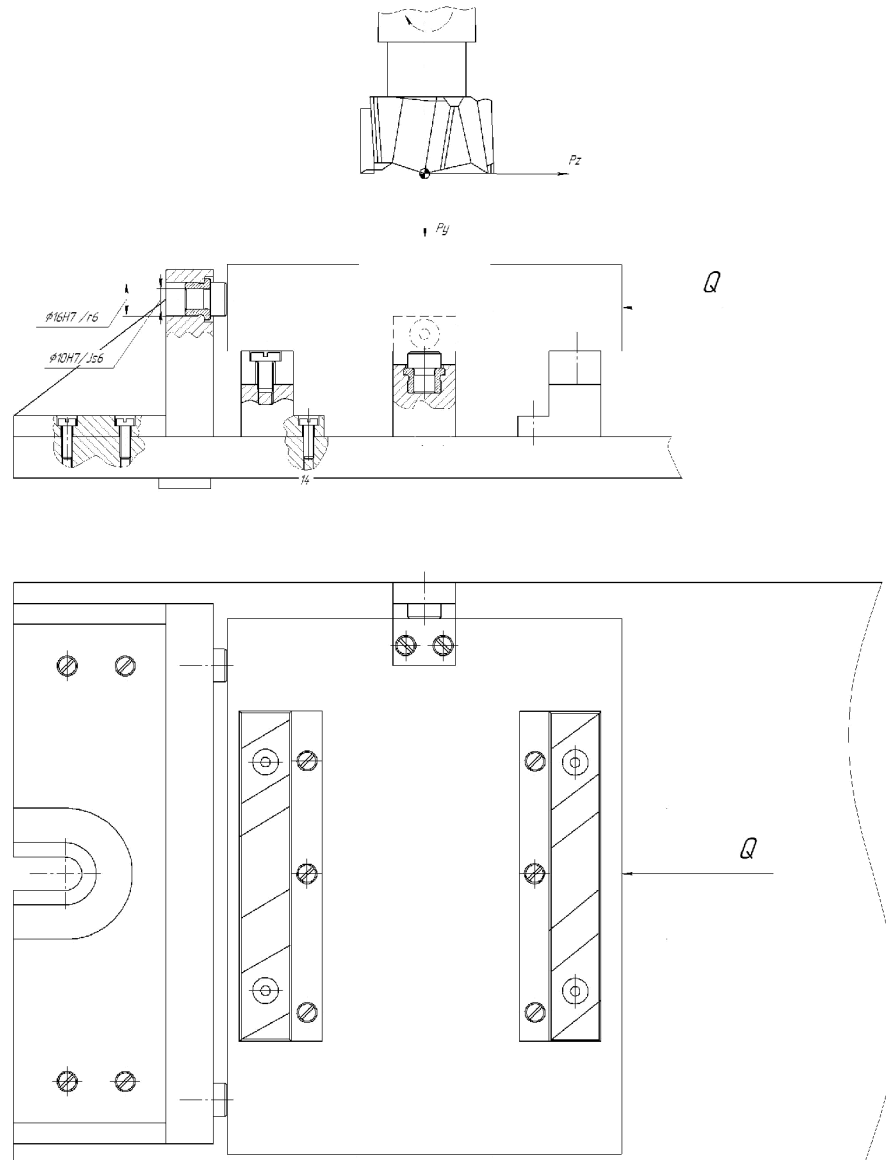
Лист 99 з 99

Лист 100 з 100

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

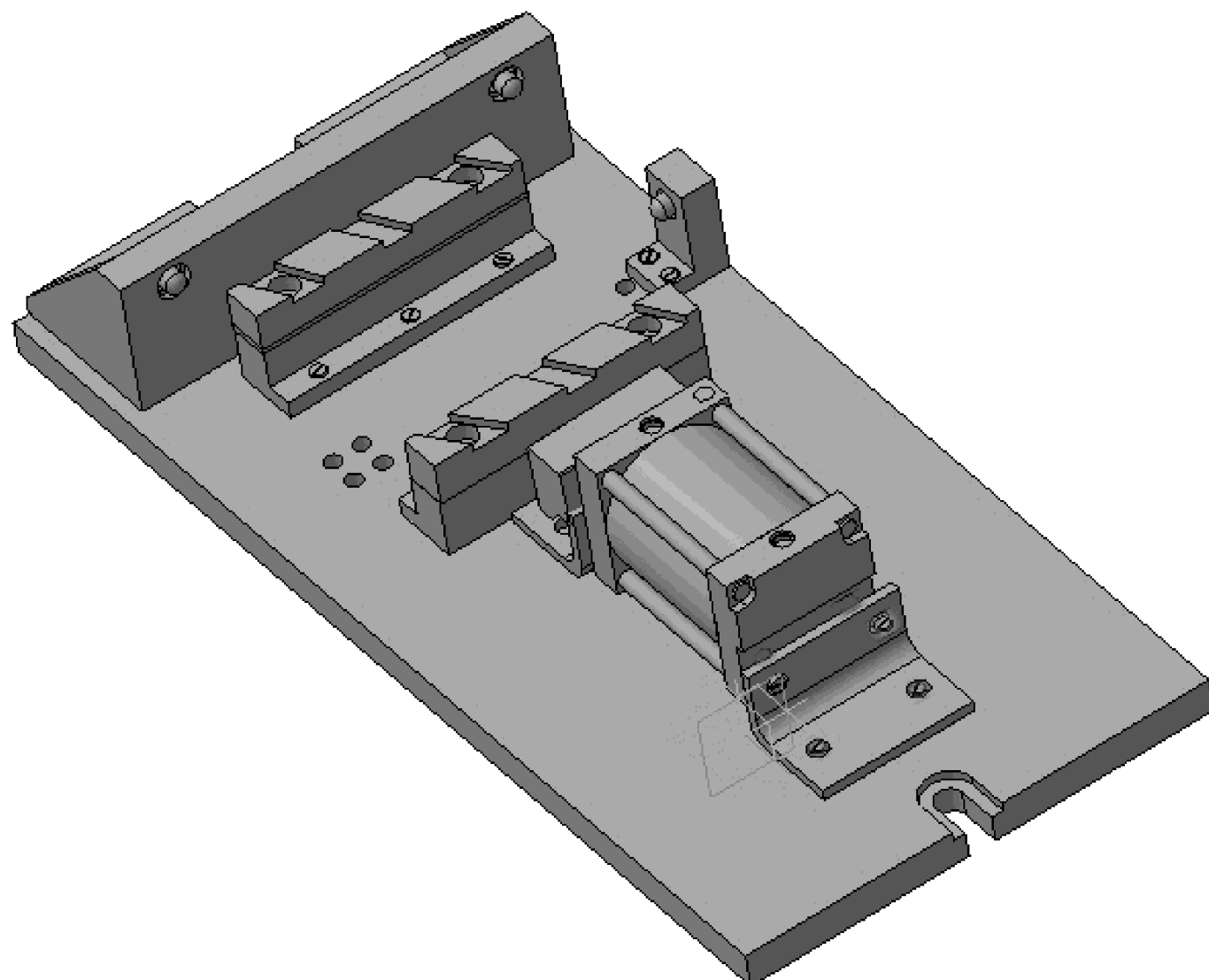


$$P_z \cdot l = F \cdot R + 3F \cdot R$$

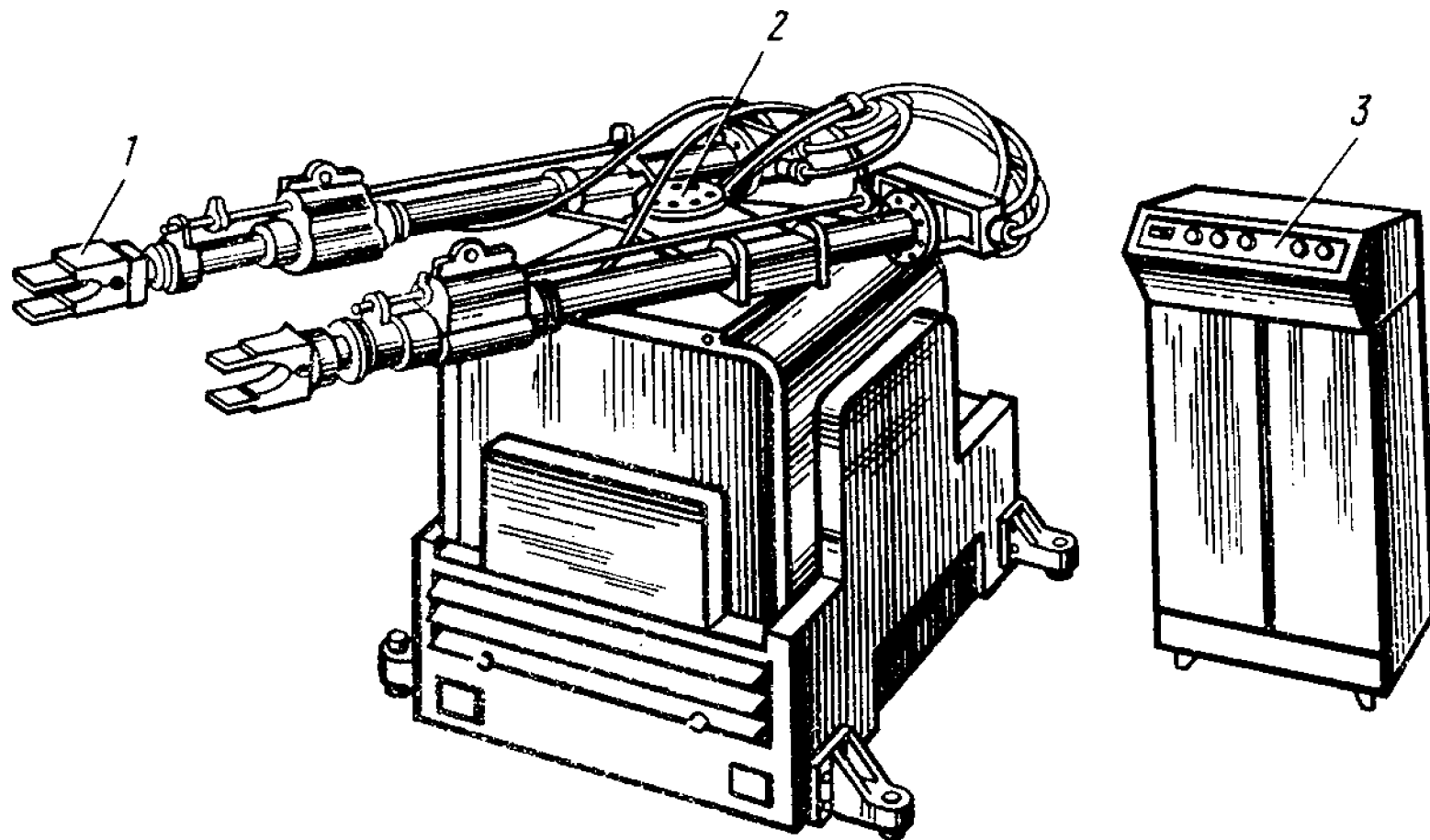
$$Q = \frac{k \cdot (R_1 \cdot e + R_2 \cdot l)}{a + f \cdot l}$$

$$Q = \frac{2.5(95 \cdot 10 + 95 \cdot 63)}{95 + 0.2 \cdot 63} = 1055 \text{ H}$$

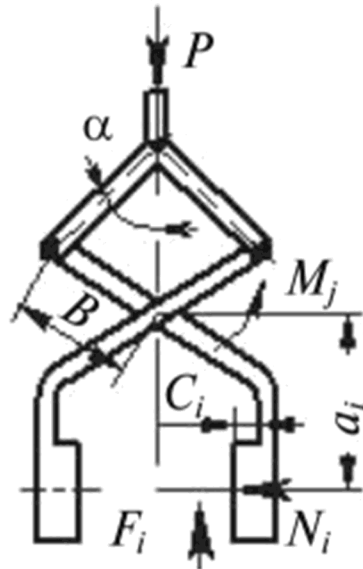
Отже $P_z = 2.5 \cdot 1055 = 2640 \text{ (H)}$



3D - Модель пристосування



Загальний вигляд робота «Циклон» 5.02



$$G = m \cdot g = 7,8 \cdot 9,8 = 76,44$$

$$P_u = m \cdot a = 7,8 \cdot 2 = 15,6$$

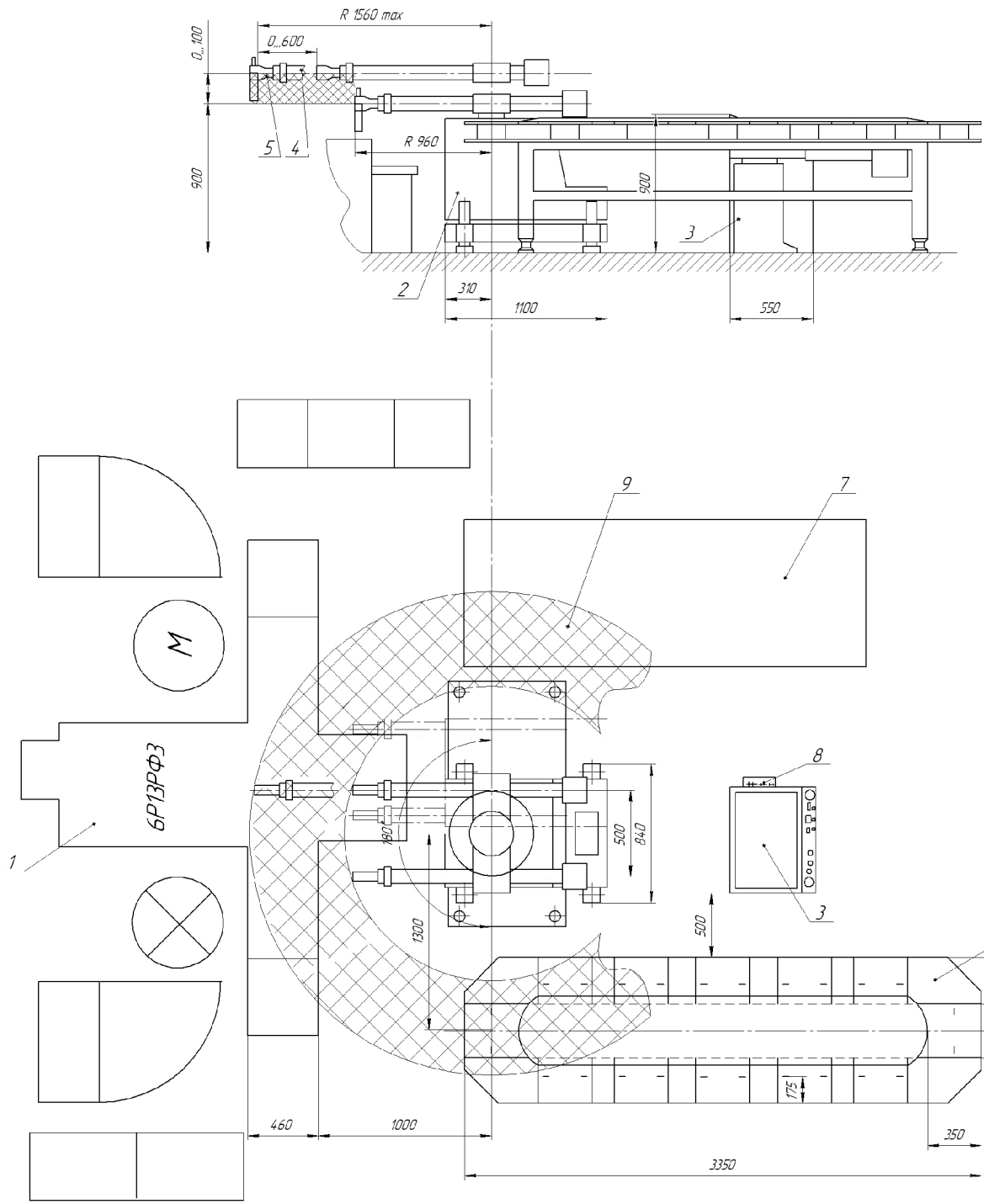
$$N = m(g + a) \cdot K_1 \cdot K_2 = (G + P_u) \cdot K_1 \cdot K_2, [\text{H}]$$

$$N = (76.44 + 15.6) \cdot 0.3 \cdot 2 = 45.86$$

$$M_j = \sum_{i=1}^{K_1} \cdot 45.86 \cdot \cos 45 [2 \cdot \operatorname{tg} 30 + 5 - 0.15(2 + 5 \cdot \operatorname{tg} 30)] = 950 [\text{H}]$$

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

Схема захватного пристрою



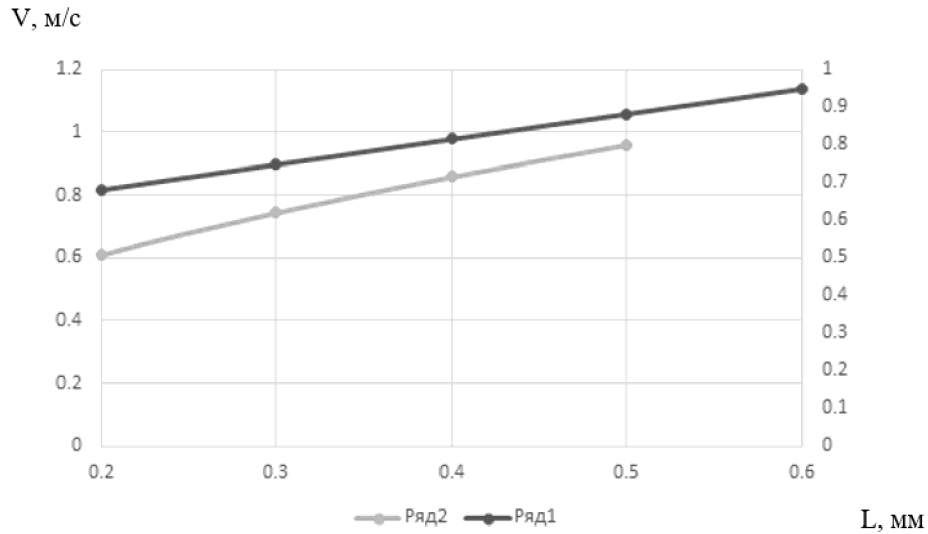
1. Верстат моделі 6P13PФЗ
2. ПР моделі Циклон 5.02
3. Пристрій керування
4. Виконавчий орган
5. Захватний пристрій
6. Тактовий стіл СТ 350
7. Місце складування оброблених деталей
8. Пульт
9. Робоча зона ПР

Технічні характеристики ПР

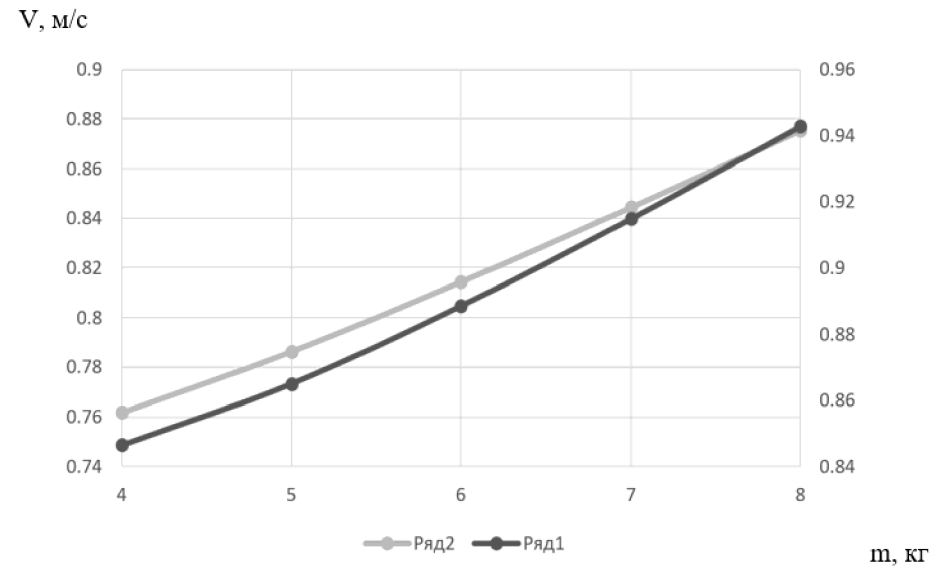
- вантажопідйомність - 10 кг,
- число ступінчєй рухливості - 5 або 7,
- число рук -2,
- число захватних пристроїв на одній руці - 1,
- привод основних рухів - пневматичний;
- система керування - циклова,
- число програмованих координат- 6,
- засіб програмування переміщень - по упорам,
- ємність пам'яті системи, число краків- 31;
- похибка позиціонування - ±0,1 мм,
- найбільший виліт руки - 1560 мм,
- лінійні переміщення, мм/ швидкість, м/с,
- $\Gamma = 600/1,5$,
- $Z = 100/0,3$,
- $X = 400/0,5$,
- кутові переміщення, °/ кутова швидкість, °/с,
- $\alpha = 180/120$,
- $\varphi = 180/180$,
- габаритні розміри, мм - 860x110x1630,
- маса, кг- 780.

Характеристика робочого місця

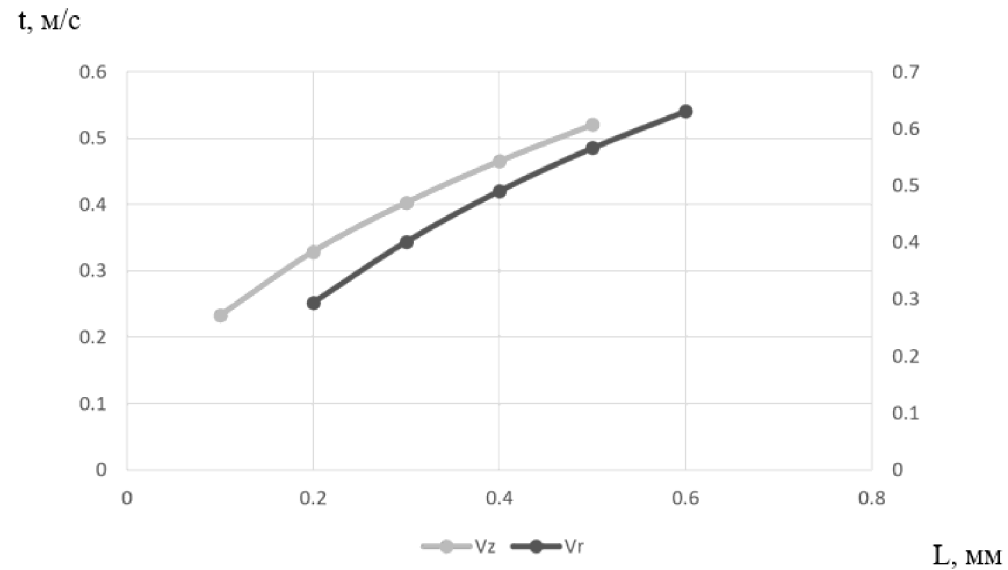
1 Циклова продуктивність, Ц/с	0,007
2 Коефіцієнт відносного завантаження, Кз	0,71
3 Режим роботи ПР	легкий



Залежність швидкості переміщення по осі X та Z від максимального вильоту



Залежність швидкості переміщення по осі X та Z від маси

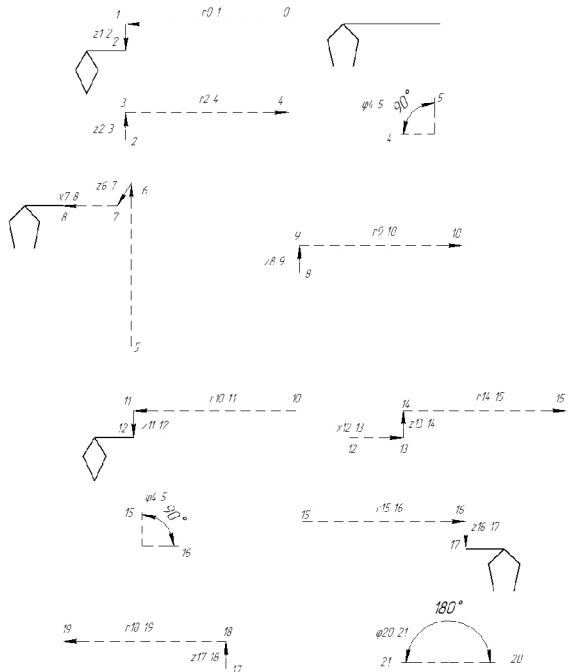


Залежність часу переміщення по осям X та Z від максимального вильоту

Циклограма функціонування та алгоритм роботи АРМ

Циклограма функціонування АРМ

Обладнання	Операція	Час, с																	
		5	10	15	20 ... 170												175	180	185
ПР	Захват заготовки	1,96																	
	Установка заготовки на верстат	3,76																	
	Зняття заготовки з верстата																	1,96	
	Переміщення чирлилки до місця складання готівки Зяттвкк																		5,26
Верстат	Затиск заготовки в пристосуванні			3															
	Розтиск заготовки в пристосуванні																	3	
	Обробка заготовки																		160
Тактовий стил	Поворот на одну позицію																		2,5



Алгоритм роботи АРМ

	Коментар	Величина переміщення, мм(град)	Швидкість переміщення, м/с, °/с	Час, с
Захват заготовки	Переміщення руки ПР вперед	600	1,03	0,58
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,3	0,3
	Затиск заготовки схватом ПР	-		0,2
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,3	0,3
	Переміщення руки ПР назад	600	1,03	0,58
Сума				1,96
Установка заготовки на верстат	Поворот руки ПР за год. стрілкою	90°	50	1,8
	Переміщення руки ПР вперед	600	1,03	0,58
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,3	0,3
Зняття заготовки з верстата	Розтиск схвату ПР			0,2
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,3	0,3
	Переміщення руки ПР назад	600	1,03	0,58
	Сума			1,96
Верстат	Поворот руки ПР за год. стрілкою	90°	50	1,8
	Переміщення руки ПР вперед	600	1,03	0,58
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,3	0,3
Переміщення заготовки до місця складання готівки деталей	Розтиск схвату ПР	-		0,2
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,3	0,3
	Переміщення руки ПР назад	600	1,03	0,58
	Поворот руки ПР проти год. стрілки	180°	50	3,6
	Сума			5,25
Тактовий стил	Переміщення на одну позицію			2,5

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. В робочому місці промислові роботи виконують первинні задачі автоматизації та - автоматизують розвантажувальні та завантажувальні операції.
4. Проаналізовано технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Плита».
2. На основі аналізу раціональності застосування автоматизації обрано операцію 005, оскільки застосування автоматизації може забезпечити зменшення допоміжних витрат часу.
5. Визначено перелік дій та обладнання для їх виконання при автоматизованій роботі автоматизованого робочого місця.
6. Розроблено загальний алгоритм роботи автоматизованого робочого місця для технологічної обробки деталі «Плита».
7. Проаналізовано особливості установки деталі на верстаті при застосування промислового робота.
8. Розроблено верстатне пристосування для обробки деталі «Плита» на вертикально фрезерному верстаті з ЧПК.
9. Проведені розрахунки складових похибки установки заготовки на пристосуванні. Точність позиціонування в пристосуванні складає 40 мкм і дає можливість забезпечувати усі необхідні допуски розмірів, які отримуються на даній операції.
10. Обрано промисловий робот моделі «Циклон 5.02» для застосування в автоматизованому робочому місці.
11. Обрано схему захватного пристрою для роботи деталлю «Плита»
12. Розраховані часові витрати та досліджено залежності швидкісних та часових характеристик робота від особливосте маніпулятора та маси вантажу, яким він оперує.
13. Визначені параметри роботи робочого місця. Загальний час циклу складає 181,44с.
14. 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.
15. 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.
16. Проведено аналіз умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.
17. Досліджено безпеку роботи РЕС обладнання для механічної обробки заготовки деталі "Плита" в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій. З дослідження дії іонізуючих випромінювань на безпеку роботи РЕС обладнання для механічної обробки заготовки деталі "Плита" можна сказати, що межа стійкості роботи в умовах дії на них іонізуючих випромінювань значно більша за можливі рівні радіації, то безпека їхньої роботи забезпечується.

ДОДАТОК Б

СПЕЦИФІКАЦІЯ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<u>Документація</u>							
A1			МКР.08-64.002.01.000 СК	Складальне креслення			
				<u>Складальні одиниці</u>			
A2	1		МКР.08-64.016.02.000 СК	Пневмоциліндр	1		
				<u>Деталі</u>			
A3	2		МКР.08-64.016.01.001	Корпус	1		
A4	3		МКР.08-64.016.01.006	Кронштейн	2		
A4	4		МКР.08-64.016.01.003	Кронштейн	1		
A4	5		МКР.08-64.016.01.004	Кронштейн	2		
A4	6		МКР.08-64.016.01.005	Опора	1		
<u>Стандартні вироби</u>							
		10		Пластина ГОСТ28436-90	3		
		11		Втулка 7030-0125 ГОСТ 12214-66	3		
		12		Опора 7034-0276 ГОСТ 13440-68	3		
		13		Гвинт М10 х 18 ГОСТ 1497-80	4		
		14		Гвинт М10 х 12 ГОСТ21497-80	4		
		15		Гвинт М5 х 18 ГОСТ 1497-80	12		
		16		Шпонка 7031-0605 ГОСТ 14737-69	2		
МКР.08-64.016.01.000 СП							
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.	Метельний О.Д.			08.12.23	Лит.	Лист	
Проб.	Лозинський Д.О.			08.12.23		Листов	
Верстатне пристосування (Складальне креслення)						1	2
					ВНТУ ст. гр. 2ПМ-22м		
Нконтр.	Сердюк О.В.			11.12.23			
Утв.	Козлов Л.Г.			11.12.23			

Додаток В

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі “Плита”»

Тип роботи: МКР
(БДР, МКР)

Підрозділ Кафедра технологій та автоматизації машинобудування, ФМТ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 93,2% Схожість 6,8%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____ Сердюк О.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи _____ Метельний О.Д.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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