

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

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


МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА


на тему:

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

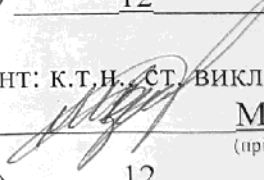
МКР.08-64.002.00.000.ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, групи 1ПМ-22м
спеціальності 131 – Прикладна механіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)



Гаврилюк В.О.
(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.

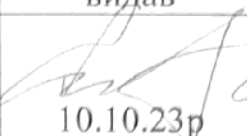
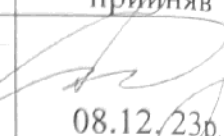
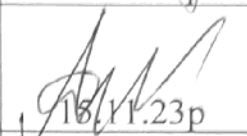
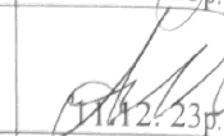
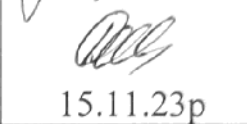
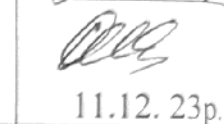
10 жовтня 2023 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Гаврилюку Валерію Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи. Автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі " Корпус "
керівник роботи Лозінський Дмитро Олександрович, к.т.н., доцент
затверджені наказом вищого навчального закладу від 18.09.2023 року № 274
- Строк подання студентом роботи 15 грудня 2023 року
- Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Корпус», маршрут механічної обробки заготовки деталі «Корпус», тип виробництва серійний
- Зміст текстової частини:
1 Огляд методів та засобів автоматизації виробництв. 2 Розробка схеми автоматизованого робочого місця механічної обробки деталі Корпус на фрезерній операції з ЧПК. 3 Алгоритм роботи автоматизованого робочого місця механічної обробки деталі Корпус на фрезерній операції з ЧПК. 4 Автоматизація елементів виробництва. 5 Економічна частина. 6 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях
- Перелік ілюстративного матеріалу
мета та задачі роботи; креслення деталі, маршрут механічної обробки деталі Корпус, огляд існуючих автоматизованих робочих місць для механічної обробки; схема автоматизованого робочого місця та алгоритм роботи; карта налагодження; верстатне оснащення, розрахункова схема визначення сил закріплення; дослідження характеристик роботи промислового робота; компоновка автоматизованого робочого місця; алгоритм функціонування та циклограма роботи автоматизованого робочого місця;
висновки

6. Консультанти розділів роботи

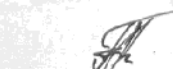
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	К.т.н., доц. Лозінський Д.О.,	 10.10.23р.	 08.12.23р.
Економічна частина	К.т.н., проф. Лесько О.Й.	 18.11.23р.	 11.12.23р.
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Д.пед.н., проф. 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	І М
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


(підпис)

Гаврилюк В.О.

Керівник роботи


(підпис)

Лозінський Д.О.

АНОТАЦІЯ

Гаврилук В.О. Автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Корпус". Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – прикладна механіка. Вінниця ВНТУ, 2023, 90с.

На укр. мові. Бібліограф.: 29 назв; рис. 26; табл. 21.

У магістерській кваліфікаційній роботі наведено матеріали, які присвячені автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Корпус".

В роботі виконано аналітичні дослідження методів та технічних засобів, які застосовуються для автоматизації виробництва. На основі проведеного аналізу запропоновано загальну схему автоматизації робочого місця та розроблено алгоритм його роботи.

Виконано проектування конструкції верстатного оснащення для підвищення рівня автоматизації верстату, визначено його характеристики. Обґрунтовано вибір роботизованого, досліджено вплив параметрів промислового робота на характеристики роботи, визначено основні характеристики автоматизації робочого місця.

В роботі знайдено комерційний потенціал розробки та розраховано кошторис витрат на модернізацію робочого місця механічної обробки, оцінено економічну ефективність інноваційного рішення. Також розглянуті питання охорони праці, безпеки життєдіяльності та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

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

ABSTRACT

Gavrilyuk V.O. Automation of the workplace for the technological process of mechanical machining of the "Casing" workpiece. Master's qualification thesis on specialty 131 - applied mechanics. Vinnytsia VNTU, 2023, 90 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 29 titles; Fig. 26; table 21.

The master's qualification thesis provides materials dedicated to the automation of the workplace in the technological process of machining the workpiece "Casing." The thesis includes analytical studies of methods and technical means applied in manufacturing automation. Based on the conducted analysis, a general scheme of workplace automation is proposed, and an algorithm for its operation is developed.

The design of machine equipment is carried out to enhance the level of automation of the machine, and its characteristics are determined. The choice of a robotic system is justified, and the impact of industrial robot parameters on performance characteristics is investigated, defining the main features of workplace automation.

The thesis identifies the commercial potential of the development and calculates the budget for the modernization of the mechanical processing workplace. The economic efficiency of the innovative solution is assessed. Additionally, issues of labor protection, life safety, and safety in emergency situations are discussed in the thesis.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВ.....	9
1.1 Огляд існуючих методів та засобів автоматизації виробництва	9
1.2 Висновки до розділу	13
2 РОЗРОБКА СХЕМИ АВТОМАТИВАНОВОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ КОРПУС НА ФРЕЗЕРНІЙ ОПЕРАЦІЇ З ЧПК.....	14
2.1 Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі та конструктивних особливостей виробу	14
2.2 Принципова схема автоматизованого робочого місця.....	14
2.3 Висновки до розділу	15
3 АЛГОРИТМ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ КОРПУС НА ФРЕЗЕРНІЙ ОПЕРАЦІЇ З ЧПК.....	16
3.1 Алгоритм роботи автоматизованого робочого місця механічної обробки деталі Корпус на фрезерній операції з ЧПК.....	16
3.2 Висновки до розділу	17
4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВИРОБНИЦТВА	18
4.1 Вибір основного обладнання.....	18
4.2 Розробка компонування верстатного пристосування.....	21
4.3 Вибір промислового робота (ПР) для АРМ.....	31
4.4 Проектування (вибір) захватного пристрою.....	32
4.5 Аналіз точності позиціювання деталі.....	36
4.6 Побудова та розрахунок траєкторії руху елементів ПР.....	37
4.7 Вибір допоміжного устаткування для АРМ.....	39
4.8 Розрахунок швидкостей переміщення заготовки.....	40
4.9 Розробка циклограми функціонування АРМ.....	42

	5
4.10 Визначення основних показників АРМ.....	48
4.11 Висновки до розділу.....	50
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	51
5.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи.....	51
5.2 Оцінювання комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки.....	53
5.3 Прогноз попиту на інноваційне рішення.....	56
5.4 Вибір каналів збуту та післяпродажного обслуговування.....	56
5.5 Виявлення основних конкурентів.....	56
5.6 Обрання методу ціноутворення.....	57
5.7 Оцінка рівня якості інноваційного рішення.....	58
5.8 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення.....	60
5.9 Прогнозування витрат на виконання роботи.....	61
5.10 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	67
5.11 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	69
5.12 Висновки до розділу.....	72
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	73
6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.....	73
6.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	76
6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи РЕС обладнання механічної обробки заготовки деталі "Корпус" в умовах дії загрозливих факторів НС.....	81
Висновки.....	85
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	87
ДОДАТКИ.....	90
Додаток А. Ілюстративна частина.....	91
Додаток Б Специфікація.....	104
Додаток Б Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	107

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.

З високими темпами розвитку технологій виробництва його «слабкою ланкою» може виступати людина. Це особливо виражено на монотонних роботах чи роботах з ускладненими умовами, тощо. Завдяки застосування автоматизованих засобів на виробництві можна досягти збільшення продуктивності та забезпечити вищі темпи виробництва, а також зменшити витрати часу на виконання певних операцій.

Питаннями автоматизації виробництва та його перспектив присвячені роботи Козлова Л.Г., Муляра Ю.І. В роботах авторів Павленка І.І., Мажари В.А. та інших наведені приклади застосування промислових роботів для автоматизації процесу виготовлення виробів [1 -5].

Використання вищеназваних підходів є досить прогресивними, хоча і високотехнологічним способом удосконалення виробництва і їх дослідження та розвиток 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 "Корпус".

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати такі завдання:

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

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

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

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

Наукова новизна одержаних результатів:

- отримав подальший розвиток метод розрахунку часових витрат для автоматизованого робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Корпус" за рахунок врахування емпіричних формульних

залежностей швидкості виконання основних рухів промислового робота від його конструктивних параметрів та налаштувань.

Практичне значення одержаних результатів:

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

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

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи розглядалися на 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 [18].

1 ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВ

1.1 Огляд існуючих методів та засобів автоматизації виробництва

Сучасне промислове виробництво не можливо уявити без застосування автоматизованих чи механізованих елементів (рис. 1.1). [1, 2].

Застосування елементів автоматизації дозволяє забезпечити ряд переваг:

- зменшення впливу людського фактору;
- зменшення кількості браку;
- покращення стабільності якості та темпів випуску продукції;
- можливість працювати в декілька змін.

Автоматизація та автоматизовані компоненти на виробництві можуть вирішувати різнопланові задачі. Останнім часом все більшого поширення набуває застосування на виробництві роботизованих елементів.

Промислові роботи в технологічних комплексах можуть виконувати подачу заготовок та забезпечувати обробку заготовок в автоматичному режимі (рис. 1.1).

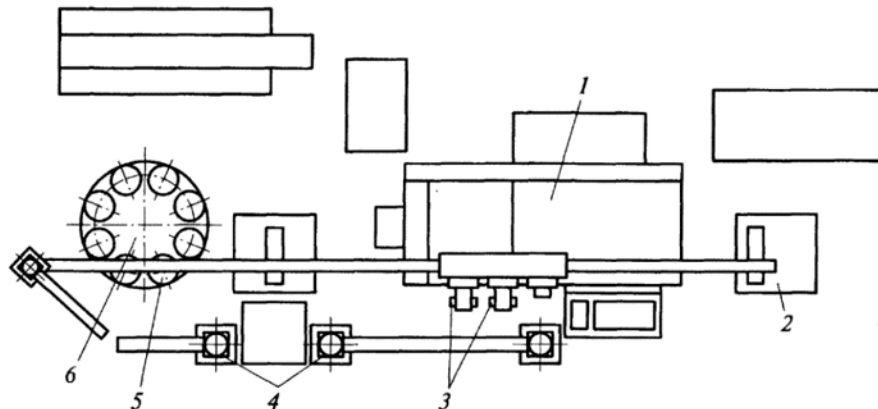


Рисунок 1.1 – Автоматизований технологічний комплекс для механічної обробки

- 1 – токарно-револьверний верстат 18340Ф30; 2 – ПР М20Ц48.01;
 3 – захватний пристрій; 4 – огорожа; 5 – диск; 6 – дисковий магазин
 1 - стіл-супутник; 2 - транспортна система; 3 - блок з шести шпинделів

Розглянемо технологічні комплекси оснащені промисловими роботами. Автоматизоване робоче місце (рис. 1.2) побудовано на базі токарного верстата з ЧПК моделі 16К20Ф3 та промислового робота моделі РБ 242 з двома захватними елементами [3, 4].

Промисловий робот розміщений на спеціальних напрямних елементах верстату, що забезпечує можливість встановлення заготовки в токарний патрон.

Кінематика промислового робота дозволяє також здійснює два обертові рухи та лінійне переміщення відносно власної вісі.

Наявність двох захватів дозволяє виконувати схвати заготовки одним із них, а іншим затискати вже оброблену деталь та знімати її з верстату. Затиск деталей відбувається в трикулачковому патроні. Подача деталей виконана за рахунок застосування тактового столу, на якому деталі встановлюються попередньо у відповідне положення.

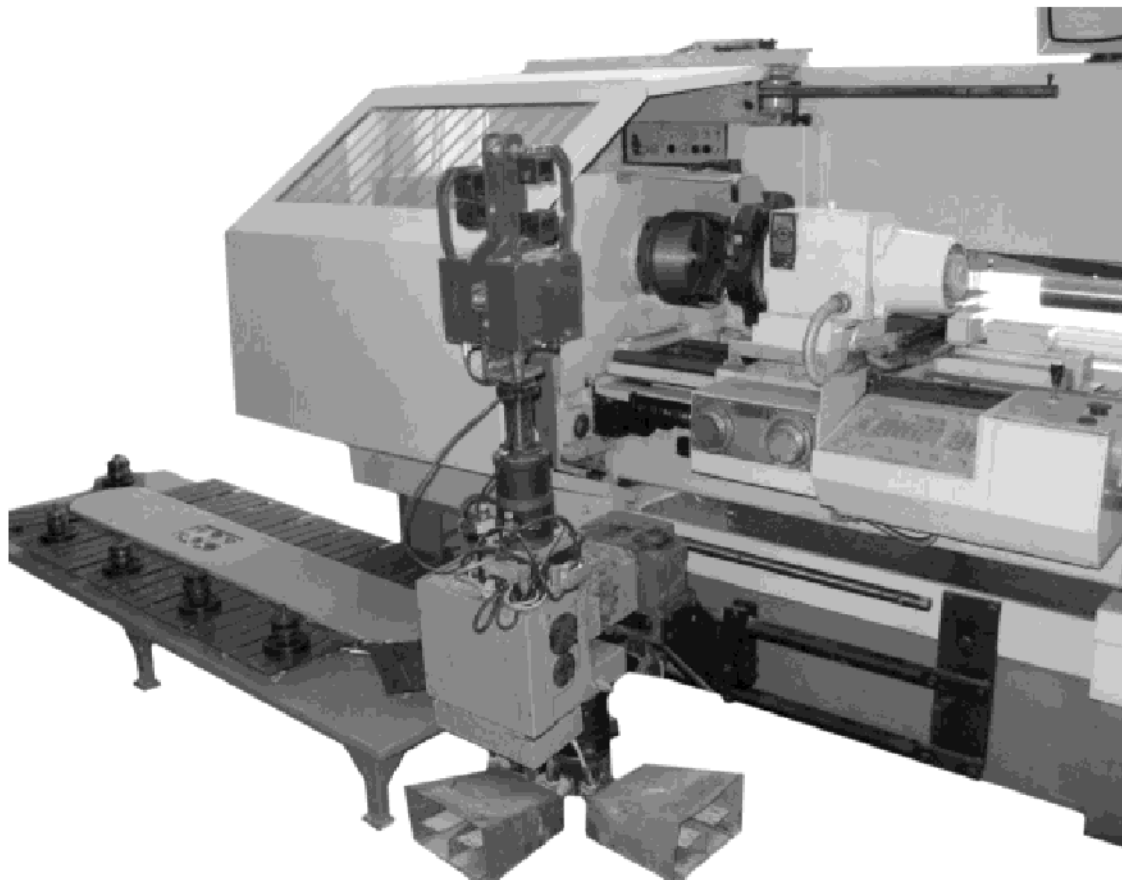


Рисунок 1.2 - АРМ на базі токарного верстату 16К20Ф3

В роботі [4] запропоновано токарний автоматизований технологічний комплекс (рис. 1.3), який призначений для обробки деталей, які є тілами обертання. АРМ складається з токарного оброблюваного центру моделі 1П732Ф4АМ. Верстат оснащений багаторізевою головкою, яка розміщена похилій станині, що полегшує автоматизоване відведення стружки та ЗОРу.

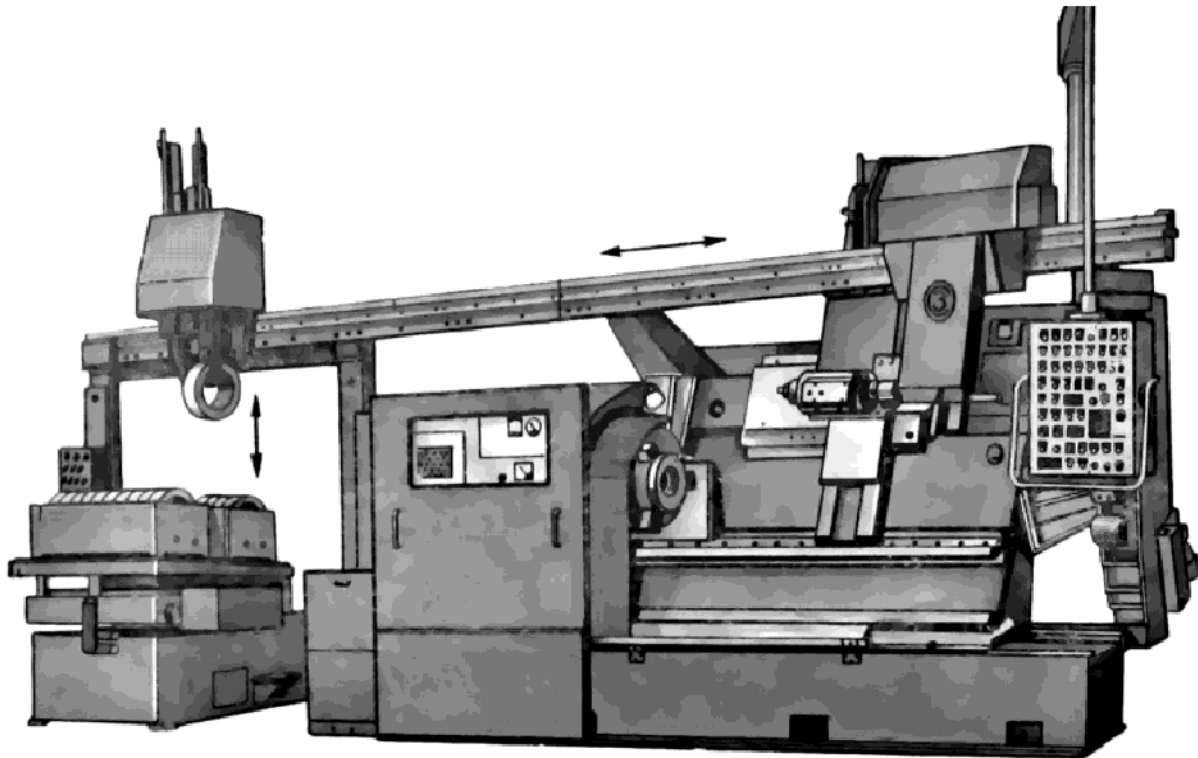


Рисунок 1.3 - АРМ на базі токарного оброблюваного центру моделі 1П732Ф4АМ

Завантаження заготовок і розвантаження оброблених деталей виконується промисловим роботом портального типу, який має дві руки. До складу комплексу входить також допоміжне обладнання - пристрій для приймання та зберігання деталей та заготовок. Це тактовий магазин із поворотний столом, який розміщено збоку верстата. Особливістю даного комплексу є портальна компоновка промислового роботу, що дозволяє суттєво зменшити площу, на якій розміщено комплекс. Проте така компоновка важко масштабується і робот може обслуговувати тільки одну одиницю технологічного обладнання.

Автоматизоване робоче місце для виконання фрезерних робіт представлено на рис. 1.4 [3-4]. Комплекс оснащений верстатом фрезерної групи, для обслуговування комплексу застосовано робот М10П.62.01. Оскільки установки заготовки виконується вертикально, то кінематики робота і його ступеней вільності достатньо для виконання допоміжних операцій на даному робочому місті.

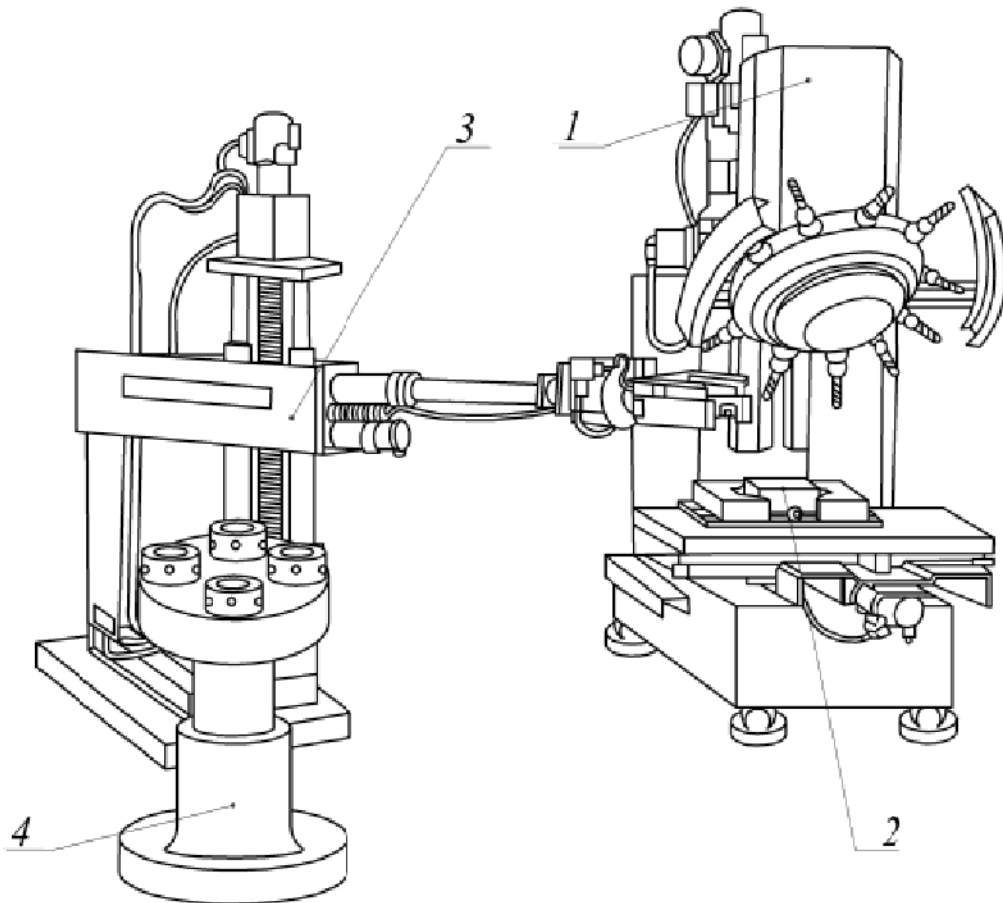


Рисунок 1.4 - Автоматизоване робоче місце для фрезерної обробки

При високому рівні автоматизації декілька промислових комплексів можуть бути об'єднані в гнучкі автоматичні лінії і таким чином організувати виробництво майже повністю без застосування людських ресурсів (рис. 1.4) [6 - 8].

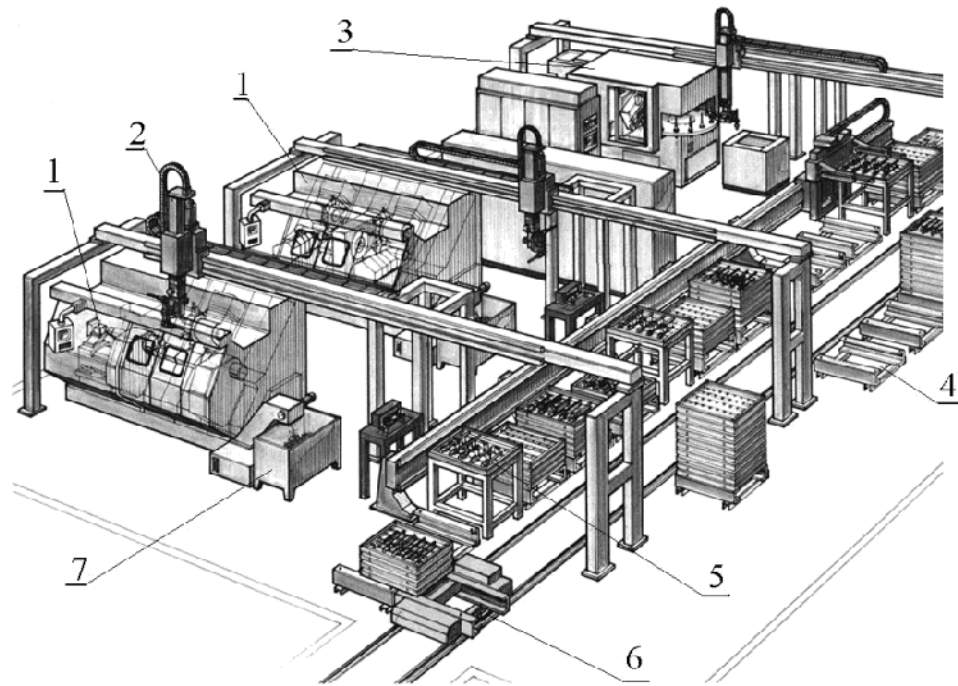


Рисунок 1.5 – Гнучка автоматизована ділянка

(1 - токарний верстат; 2 - порталний робот; 3 - свердлильно-фрезерно-розточувальний верстат; 4 - склад; 5 - накопичувач; 6 - транспортний візок)

1.2 Висновки до розділу

1. Проведено огляд засобів автоматизації, які застосовуються на сучасному виробництві.

2. Встановлено, що застосування промислових роботів є раціональним рішенням для автоматизації робочих місць механічної обробки.

3. У технологічних комплексах, зазвичай робот виконує функції допоміжного характеру.

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

Впровадження у виробництво автоматизації може дати значний приріст характеристик проте нераціональне застосування не тільки не покращить характеристик роботи але й може погіршити вже існуючі.

Проаналізуємо технологічний процес механічної обробки. В маршруті присутні операції, які мають відносно невелику кількість переходів, це операції 005 та 010. На даних операціях відсоткова часта допоміжного часу досить велика і її зменшення забезпечить покращення характеристик виготовлення виробу.

Проте операція 005 потребує меншої точності позиціонування, оскільки виконується базування на чорнові технологічні бази.

З точки зору

2.2 Принципова схема автоматизованого робочого місця

Відповідно до проведено в попередніх розділах аналізу встановлено, що робот виконувати допоміжні дії. Оскільки об'єктом виробництва є вироби, то функцією робота буде їх транспортування у відповідні зони чи до відповідних складових робочого місця.

Для подачі заготовок, а також їх складування (або переміщення) після виконання механічної обробки планується застосувати допоміжні пристрої.

Оскільки для виконання обробки використовується один верстат, то доречним буде розташувати робот так, щоб його робоча зона була суміжна з робочими зонами усіх складових робочого місця. Загальна схема автоматизованого робочого місця зображена на рисунку 2.1.

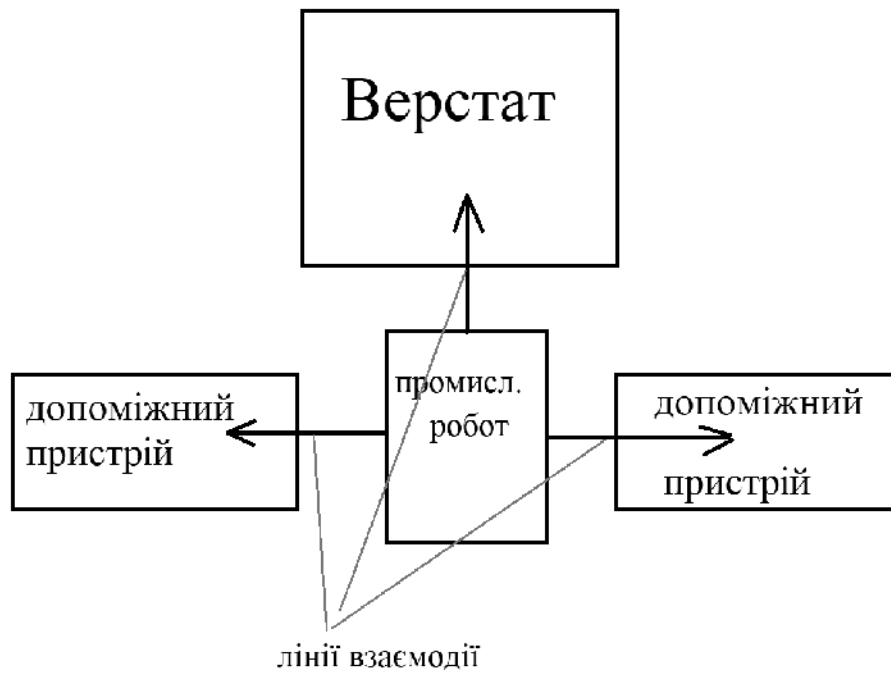


Рисунок 2.1 – Схема автоматизованого робочого місця

2.3 Висновки до розділу

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

2. На основі аналізу для автоматизації обрано 005 операцію, оскільки вона має значний відсоток допоміжного часу і менші вимоги щодо точності базування заготовки

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

Алгоритм роботи визначає послідовність операцій та дій, яка повинна бути виконання на виробництві для досягнення основної мети, а саме забезпечення виготовлення продукції. Оскільки автоматизоване робоче місце має виготовляти декілька виробів, то його робота має бути циклічною. Саме тому після виконання одного циклу основні вузли компонентів робочого місця мають набути положення з якого починалася обробка.

Основні дії та елементи, які задіяні в процесі їх виконання представлені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Алгоритм роботи автоматизованого робочого місця

Вид роботи	Технологічний елемент
Підготовка заготовки, попереднє встановлення	Оснащення для попередньої орієнтації заготовок
Захват заготовки	Промисловий робот
Установка заготовки на верстат	Промисловий робот Верстатне оснащення
Обробка заготовки на верстаті	Верстат
Зняття заготовки з верстата	Промисловий робот Верстатне оснащення
Переміщення заготовки до місця складання готових деталей	Промисловий робот
Переміщення наступної заготовки	Тактовий стіл

3.2 Висновки до розділу

Розроблено алгоритм роботи автоматизованого робочого місця, який в подальшому буде використано для розробки операцій елементів АРМ та його характеристик.

4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВИРОБНИЦТВА

4.1 Вибір основного обладнання

Обладнання для автоматизованого виробництва має мати певний ступінь автоматизації. Оптимальним варіантом є застосування повністю автоматизованого обладнання, проте таке обладнання не дуже поширене при серійному виробництві.

Проте може використовувати і верстати з числовим програмним керуванням дооснастивши їх відповідним оснащенням, яке зможе забезпечити установку та зняття заготовок в автоматизованому режимі.

На операції 005 використовується верстат моделі 6P13PФ3, який має програмне керування та технічно відповідає вимогам для виготовлення деталі «Корпус».

Основні параметри верстата:

- потужність головного двигуна, кВт – 7.5;
- довжина поверхні робочої стола, мм - 1600;
- ширина поверхні робочої стола, мм – 400;
- максимальні переміщення стола по відповідним координатам X,Y,Z, мм – 1000, 400, 380;
- частоти шпинделя min/max об/хв – 40/3000;
- кількість інструментів у барабані, шт – 8.

4.1.2 Розробка алгоритму виконання операцій

Робота основного обладнання є найважливішою частиною роботи автоматизованого робочого місця, саме тому дослідження особливості його роботи є актуальною задачею.

При обробці деталей враховуємо основні та допоміжні рухи робочих елементів верстату [9-10].

Продовження таблиці 4.1

Перехід	Номер опорної точки	Координата опорної точки		
		X	Y	Z
	3	+112	+41,5	+0
	4	+0	+23,7	+0
	5	-112	+20,75	0
	6	-112	+20,75	+10
	7	+0	+0	+90,4
3	0(B T)	+0	+0	-90
	1	+0	+0	-10
	2-4	+45,39	+18	-12
	5-8	+45,39	+23,5	+0
	9-12	+45,39	+23,5	+0
	13-16	-45,39	-23,5	+0
	17-20	-45,39	-23,5	+0
	21-24	-45,39	-18	+12
25	+0	+0	+90	
4	0(B T)	+0	+0	-90
	1	+0	+0	-10
	2-4	+45,39	+18	-17
	5-8	+45,39	+23,5	+0
	9-12	+45,39	+23,5	+0
	13-16	-45,39	-23,5	+0
	17-20	-45,39	-23,5	+0
	21-24	-45,39	-18	+17
25	+0	+0	+90	
5	0(B T)	+0	+0	-90
	1	+0	+0	-10
	2-4	+45,39	+18	-17
	5-8	+45,39	+23,5	+0
	9-12	+45,39	+23,5	+0
	13-16	-45,39	-23,5	+0
	17-20	-45,39	-23,5	+0
	21-24	-45,39	-18	+17
25	+0	+0	+90	

4.2 Розробка конструювання верстатного пристосування

Верстатне пристосування є тим компонентом, який забезпечує автоматизоване затискання та розтискання заготовки. Конструкція пристосування має бути такою, яка дає можливість оперувати заготовкою за допомогою маніпулятора робота.

Пристосування має мати стандартизовані елементи для установки та закріплення на верстаті [11 -12].

Монтується пристосування на столі верстата гвинтами М12×1,5 (рис. 4.2).

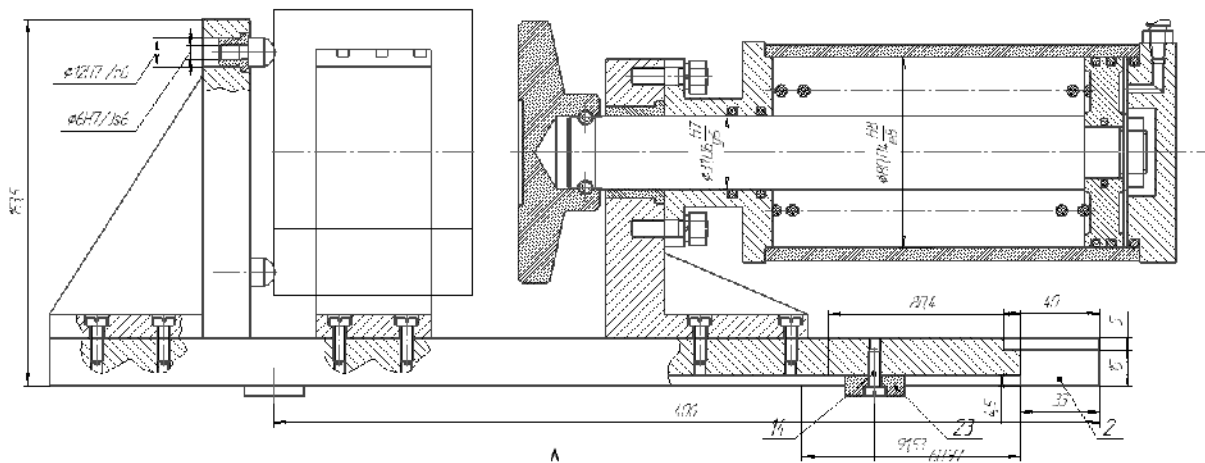


Рисунок 4.2– Схема розмірного аналізу пристосування

В нашому пристосуванні використовуються наступні стандартні установочні елементи:

Опори 7034-0276 ГОСТ 13440-68, яка встановлена у втулку 7030-0125 ГОСТ 12214-66 – 5 шт. (рис. 4.3, а, б) відповідає точкам 5, 6 на схемі базування;

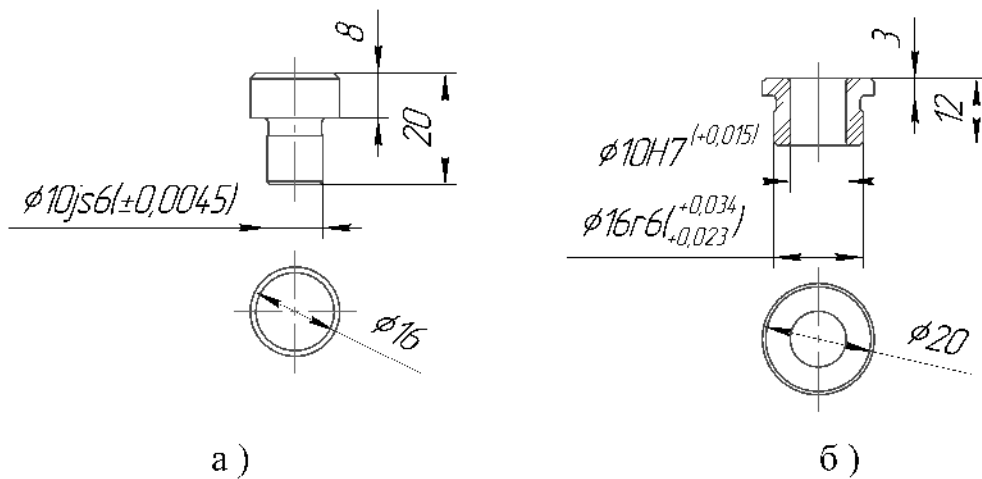


Рисунок 4.3 – Установні елементи

При затисканні сила направлена в сторону опорних елементів, що полегшує затискання заготовки.

4.2.1 Розрахунок необхідної сили закріплення

Розглянемо сили різання, які діють на заготовку деталі «Корпус» при фрезеруванні плоскою поверхні (рис. 4.4).

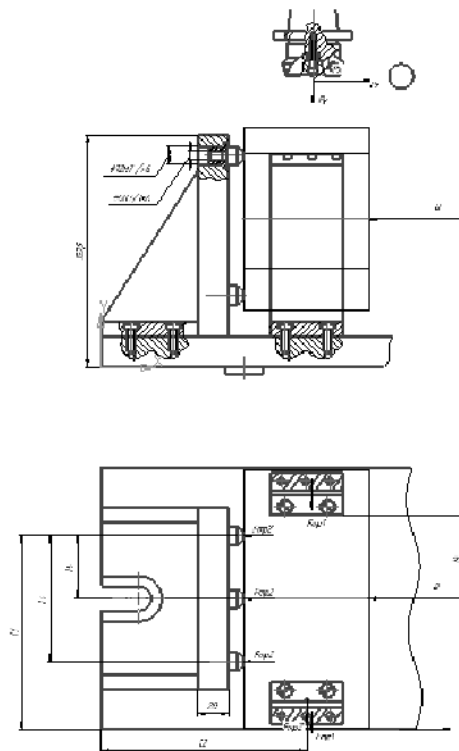


Рисунок 4.4 - Схема сил, що діють на деталь

При обробці крутний момент, який виникає при різання намагається розвернути деталь навколо осі. Цьому повинно протидіяти затискне зусилля та сили тертя.

Рівняння рівноваги дії сил.

$$P_z l_1 = F_1 R_1 + 3F_2 R \quad (4.1)$$

Силу закріплення можна розрахувати за наступною формулою:

$$Q_1 = \frac{P_z l_1}{(3R + R_1)f}; [H] \quad (4.2)$$

Тангенціальна сила різання:

$$P_z = 10C_p t^x S^y v^n K_p, [H] \quad (4.3)$$

де $C_p = 42,7$; $S = 0,5$ мм/об; $x = 0,1$ $y = 0,4$; $n = 0,2$; $K_p = 0,6$.

$$P_z = 10 \cdot 42,5 \cdot 2,0^{0,1} \cdot 0,5^{0,4} \cdot 125^{0,2} \cdot 0,6 = 544,01 (H)$$

$F_1 = Qf_1$ та $F_2 = Qf_2$ сили тертя, які виникають між заготовкою опорними елементами.

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

Визначимо силу закріплення Q :

$$Q_1 = \frac{544,01 \cdot 0,058}{(3 \cdot 0,048 + 0,028) \cdot 0,2} = 917,22(H).$$

де K - коефіцієнт запасу;

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

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

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

K_2 – коефіцієнт, який враховує затуплення інструменту, $K_2=1,4$;

K_3 - коефіцієнт, який враховує переривчасте різання, $K_3=1$;

K_4 - коефіцієнт, який враховує умови стабільності сил закріплення, $K_4=1,1$;

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

K_6 - коефіцієнт, який враховує особливості розташування опор, їх форми та діючих сил,

$K_6=1,0$

Отже:

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

Приймаємо мінімальне значення можливого коефіцієнту - 2,5.

$$P_{закр} = 2,5 \cdot 917,22 = 2293,05 \text{ (Н)}.$$

4.2.2 Вибір силового приводу і розрахунок його параметрів

Для автоматизованого робочого місця, врахувавши порівняно невелику силу закріплення приймаємо пневматичний привід [7].

Оптимальна робоча швидкість виконавчого механізму при застосування пневмоприводу складає 0,1 ... 2 м/с.

Недоліком такого приводу є низький коефіцієнт корисної дії, великі габарити в порівнянні з гідроприводом, нерівномірність переміщення робочих органів. Але ці недоліки не мають суттєвого впливу на точність обробки заданої поверхні деталі.

Визначимо діаметр циліндру:

$$D = 1.13 \sqrt{\frac{N}{P \cdot \eta}} = 1.13 \sqrt{\frac{2293,05}{0.6 \cdot 0.9}} = 73.63(\text{мм});$$

Приймаємо 80 мм.

Робоча швидкість переміщення поршня V має бути в межах 0.2 ... 1 м/с.

Приймаємо $V = 0.4$ м/с, звідки переміщення поршня, тобто процес затиску займатиме наступний час:

$$t = L/100V = 110/100 \cdot 0.4 = 2,75 \text{ с.}$$

4.2.3 Розрахунок пристосування на точність

Точність пристосування визначає у великій мірі і точність виготовлення виробу. Тому потрібно провести перевірку чи буде точність пристосування забезпечувати відповідні допуски розмірів, в даному випадку - розміру $9^{+0.058}$. Сумарна похибка (ε_{Σ}) повинна бути меншою, ніж допуск $T_{дет.}$ на даний розмір - $\varepsilon_{\Sigma} < T_{дет.}$

Визначимо складові похибки установки.

Похибка установки – це відхилення фактично досягнутого положення заготовки від того яке є бажаним і розраховується за формулою

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

де ε_{δ} – похибка базування;

де T – допуск розміру, що виконується; для розміру 10 рівний 0,36 мм.

K_T – коефіцієнт, приймаємо $K_T = 1,0$ ($K_T=1...1,2$);

K_{T1} – коефіцієнт, приймаємо $K_{T1}=0,8$ ($K_{T1}=0,8...0,85$);

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

ω – економічна точність обробки; приймаємо $\omega = 0,12$ мм для фрезерування площини по 12-му квалітетам [11-12];

ε_z – похибка закріплення;

ε_y – похибка установки;

$\varepsilon_{и}$ – похибка деталі через зношення установчих елементів пристосування;

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

Матеріал та твердість робочих поверхонь опорних елементів обираємо Сталь 20Х, НРС 56...61 (HV = 615...717).

Критерій зносостійкості Π_1 приймаємо $\Pi_1 = 1,01$.

Номінальну площа дотику опор із заготовкою (4 опори), $F = 616$ мм².

Для розміру 9 похибка базування рівна нулю.

Похибка ε_z , яка забезпечується механізованим приводом, прийmemo $\varepsilon_z = 10$ мкм.

ε_c – похибка установки пристосування на верстаті, тобто похибка

$\varepsilon_{в} = 0,01$ мм – за рекомендацією.

Похибка, яка спричиняється зносом опор рівна.

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

де N – програма випуску деталей;

C_{ϕ} – фактична зносостійкість.

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

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

$m = 1818, m_1 = 1014, m_2 = 1309$ [2];

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

Π_2 – критерій зносостійкості враховує навантаження на опори.

$$\Pi_2 = \frac{Q}{F \cdot H_v \cdot 10}, [\text{мм}] \quad (3.7)$$

де Q – сила закріплення;

F – площа контакту опори і заготовки ;

H_v – твердість опори по Вікерсу

$$П_1 = 1.01 [11-12]$$

$$П_2 = \frac{917.22}{615 \cdot 616 \cdot 10} = 0.0002 \text{ (мм)}.$$

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

де K – коефіцієнт уточнення;

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

де K_t – враховує час безпосередньо контакту опори і заготовки,

$$K_t = 0,79 \cdot t_M = 0,8 \cdot 1,86 = 1,5.$$

$$C = 1818 - 1014 \cdot 1.01 - 1309 \cdot 0.0002 = 793.6 \text{ (встановлень/мкм)};$$

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

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

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

$$\text{Тоді } C_\phi = \frac{793.6}{1.65} = 481 \text{ (становок / мкм)}$$

$$\text{При } N = 5000 \text{ шт, } \varepsilon_{zn} = \frac{5000}{481} = 10.39 \text{ (мкм)}.$$

Величина допустимого зносу:

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

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

N_n – кількість заготовок в партії;

Отже:

$$[\epsilon_{зн}] = 1,2 \sqrt{5000} = 84,85 \text{ (мкм)}.$$

Таким чином $\epsilon_{зн} = 10,39 \text{ мкм} < [\epsilon_{зн}] = 84,85 \text{ мкм}$.

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

Похибка $\epsilon_{п.и} = 0$, тому що відсутні напрямні елементи для інструменту.

Підставляємо отримані значення параметрів у вихідну формулу (4.1) .

$$\epsilon_{np} = 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0,0)^2 + 10^2 + 10^2 + 10,39^2 + 0_n^2 + (0,6 \cdot 0,12)^2} = 21,05 \text{ (мкм)}.$$

Отже умова $\epsilon_{\gamma} < T_{дет}$ виконується.

4.2.4 Розрахунок деталей на міцність

Оскільки робота пристосування постійно пов'язана із навантаженням, доцільно буде провести розрахунки елементів на міцність

Найбільшого навантаження зазнає шток затискного пневмоциліндра, тому визначимо напруження, які виникатимуть

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

де $N = 2293 \text{ Н}$ – штовхаюче зусилля; $A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 25^2}{4} = 490,6 \text{ (мм}^2\text{)}$

– площа поперечного перерізу гвинта:

$$\sigma = \frac{2293}{490.6} \cong 4,67 \text{ МПа} < [\sigma] = 118 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

4.2.5 Опис роботи спроектованого пристосування

Для виконання тривимірної моделі пристосування використає програму SolidWorks, яка призначена для створення тривимірних моделей.

SolidWorks досить потужний програмний продукт, який здатен створювати як окремі деталі, так і складальні одиниці різної складності.

Для створення деталі "Корпус", що не є тілом обертання створимо та використаємо операцію «Витискування» для створення основи (рис. 4.6).

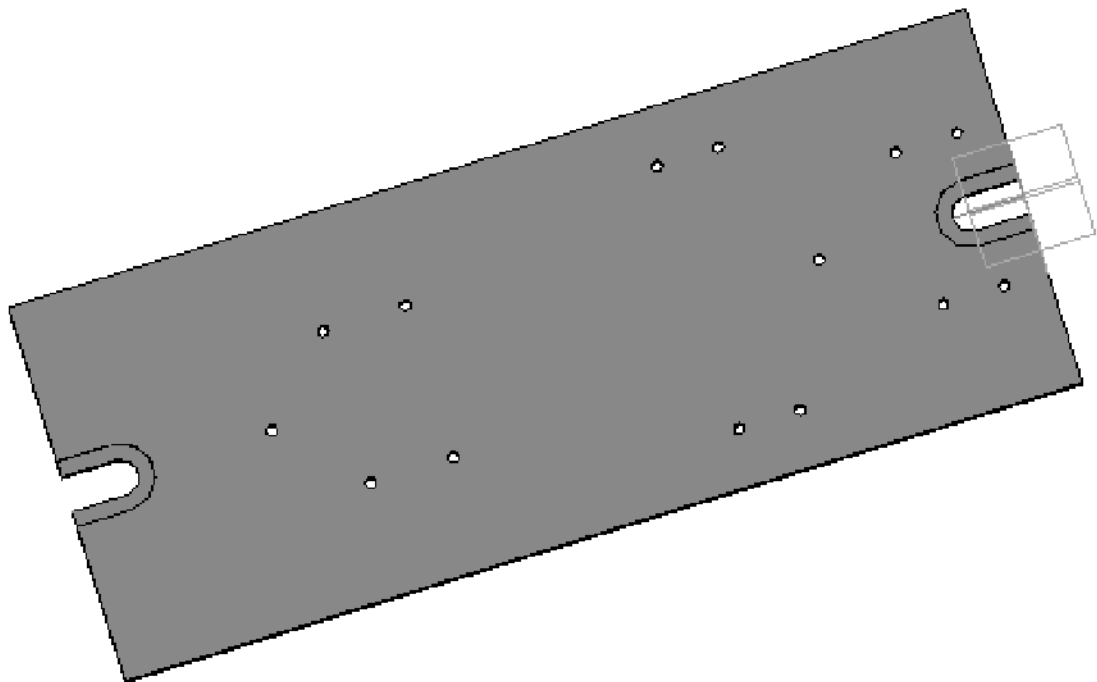


Рисунок 4.6 – Створення основи деталі “Корпус”

Для створення інших частин деталі використаємо операції «витискування» та «вирізати витискуванням» - рис. 4.7-4.8.

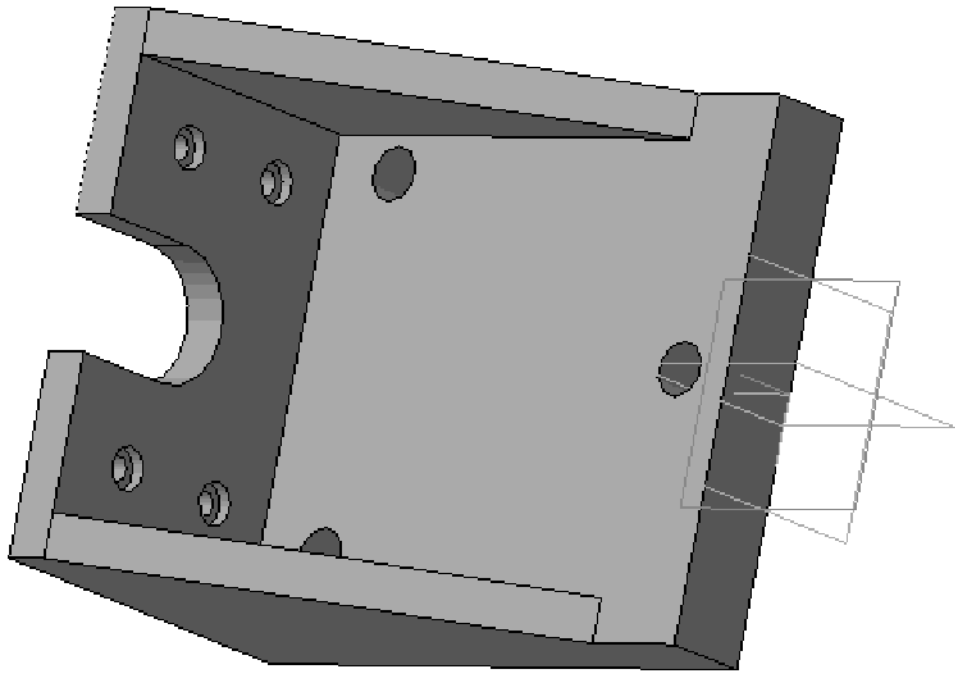


Рисунок 4.7 – Моделювання деталі “Кронштейн”

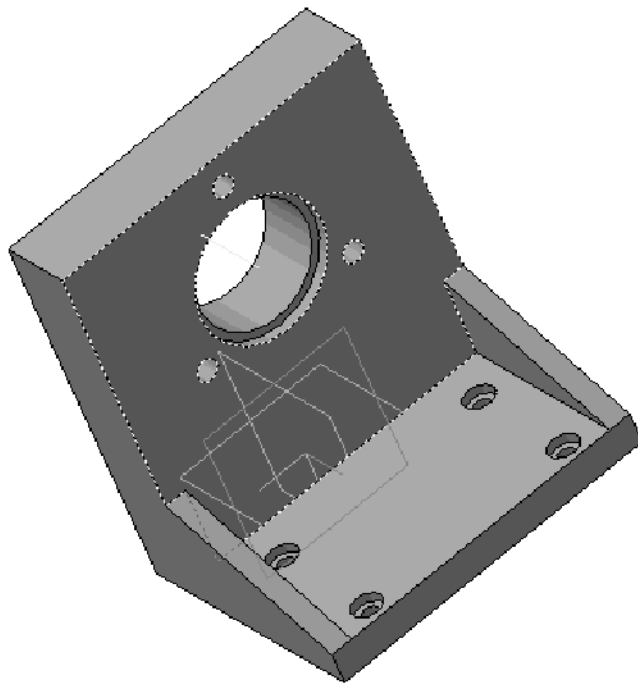


Рисунок 4.8 – 3D модель деталі “Кронштейн “

Аналогічним чином створюємо інші деталі пристосування, далі компонуємо їх у складальну одиницю (рис. 4.9).

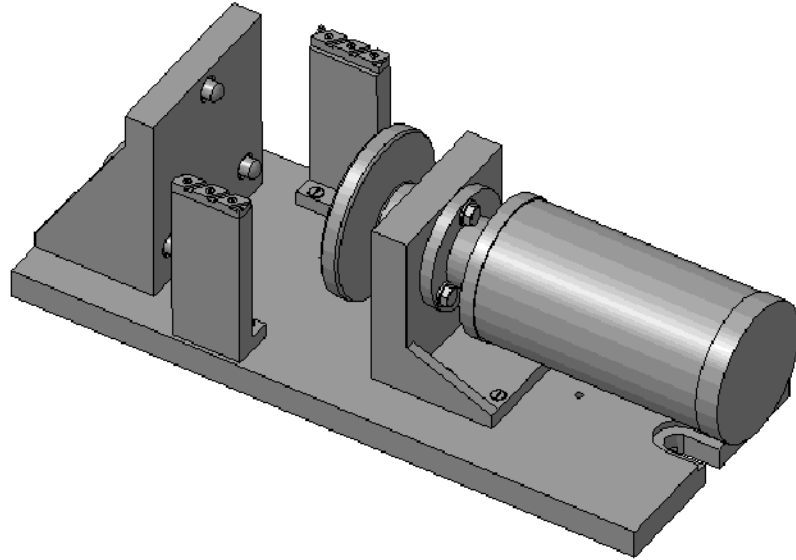


Рисунок 4.9 – 3D модель пристосування

4.3 Вибір промислового робота (ПР) для АРМ

Робот має обслуговувати верстат, виконуючи маніпулювання заготовкою, її установкою та зняттям. Для нашої деталі обрано промисловий робот "Корпус", який має відповідну кількість ступенів вільності, має відповідну вантажопід'ємність. Це робот моделі "Циклон 5.02" (рис. 4.10).

Основні характеристики робота:

- вантажопідйомність – 10 кг;
- число ступеней рухливості – 5 або 7;
- число маніпуляторів-2;
- привод - пневматичний;
- число програмованих координат- 6;
- точність позиціонування - $\pm 0,1$ мм;
- найбільший виліт руки – 1560 мм;

лінійні переміщення, мм/ швидкість, м/с;

$$r = 600/1,5;$$

$$z = 100/0,2$$

$$x = 400/0,5;$$

кутові переміщення, °/ кутова швидкість, °/с;

$$\varphi = 180/120;$$

$$\alpha = 180/180.$$

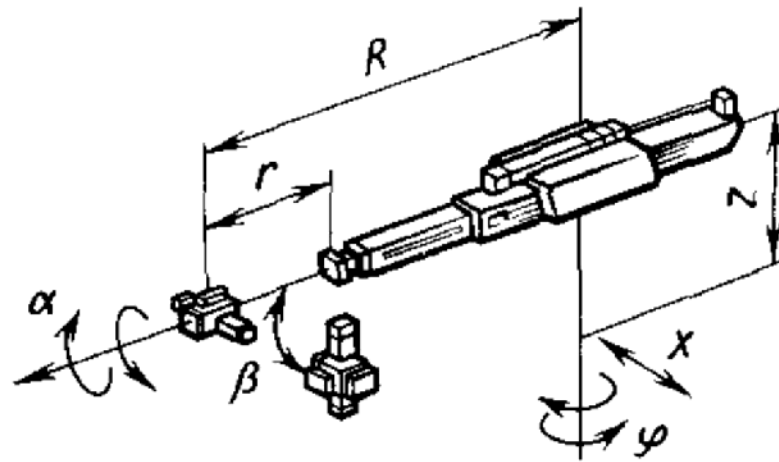
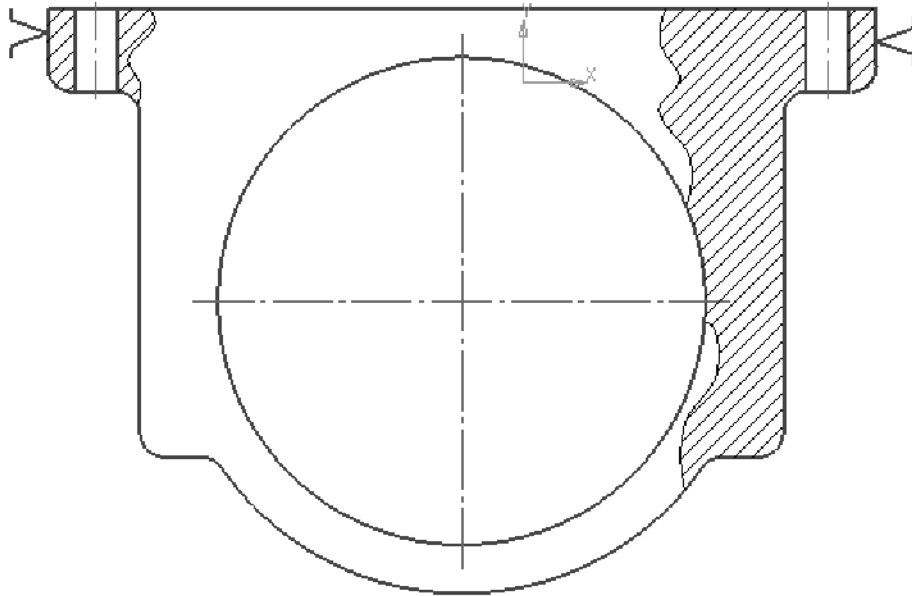


Рисунок 4.10 – Схема ПР

4.4 Проектування (вибір) захватного пристрою

Для установки деталі у верстатному пристосуванні використовуються опорні поверхні торців та поверхні лап. Дані поверхні не можуть бути задіяні для маніпулювання.

Рациональним варіантом є застосування бокових поверхонь для закріплення її в захватному пристосуванні промислового робота (рис. 4.11).



Рисунку 4.11- Схема закріплення заготовки

4.4.1 Опис конструкції і принципу роботи захватного органу промислового робота

Для обслуговування верстату ми застосовуємо промислового робота моделі Циклон 5.02. Особливістю його є те, що він оснащений двома захватнимим пристроями.

4.4.2 Розрахунок зусиль затиску захватного органу промислового робота

Визначимо зусилля затиску враховуючи, що затиск заготовок виконується за рахунок сил тертя:

$$F = K_1 K_2 K_3 mg, \text{ [Н]} \quad (4.12)$$

де m – маса заготовки;

g – прискорення;

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

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

K_3 – коефіцієнт передачі, залежний від конструкції захоплення і розташування в ньому об'єкту маніпулювання, вибираємо згідно [13-15].

$$K_3 = \frac{\sin \theta}{2\mu}, \quad (4.13)$$

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

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

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

$$F = 1.2 \cdot 2 \cdot 2.9 \cdot 4.34 \cdot 9.8 = 296,02 \text{ (Н)}$$

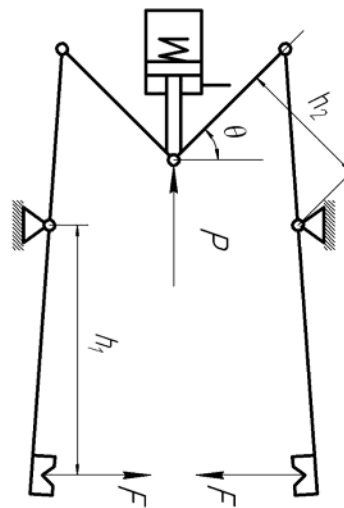


Рисунок 4.12 – Розрахункова схема кінематики захватного пристрою

Врахувавши схему на рис. 4.12 визначимо необхідне зусилля затиску:

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

звідки

$$P = \frac{h_1}{h_2} \cdot 2 \sin \theta \cdot F \quad (4.15)$$

При конструюванні ЗП приймаємо $h_1=80\text{м}=0,080$ $h_2=0,03$ кут $\theta=60^\circ$

$$P = \frac{0,080}{0,030} \cdot 2 \cdot \sin 45 \cdot 296,02 = 1116(H)$$

Визначимо діаметр поршня

Для циліндра односторонньої дії [11]

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

де p_v – тиск повітря в вневмосистемі. 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 $F_T=10 \text{ Н}$; $F_{ПР}$ – зусилля створюване пружиною (в кінці ходу до 10% від зусилля, що розвивається). Приймаємо $F_{ПР}=10 \text{ Н}$.

Звідки

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot (F + F_T + F_{ПР})}{\pi \cdot p_v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (1116 + 10 + 10)}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 10^6}} = 49 \cdot 10^{-3}; (\text{мм})$$

Приймаємо стандартний діаметр поршня $D=50 \text{ мм}$.

4.5 Аналіз точності позиціонування деталі

Точність роботи промислового робота забезпечує точне розміщення заготовки в маніпуляторі, а також точну установку заготовки в пристосуванні.

Похибка яка виникає при маніпулюванні виробу є сумарною похибкою декількох похибок, які можуть виникати. Загалом їх можна графічно зобразити на рисунку 4.13.

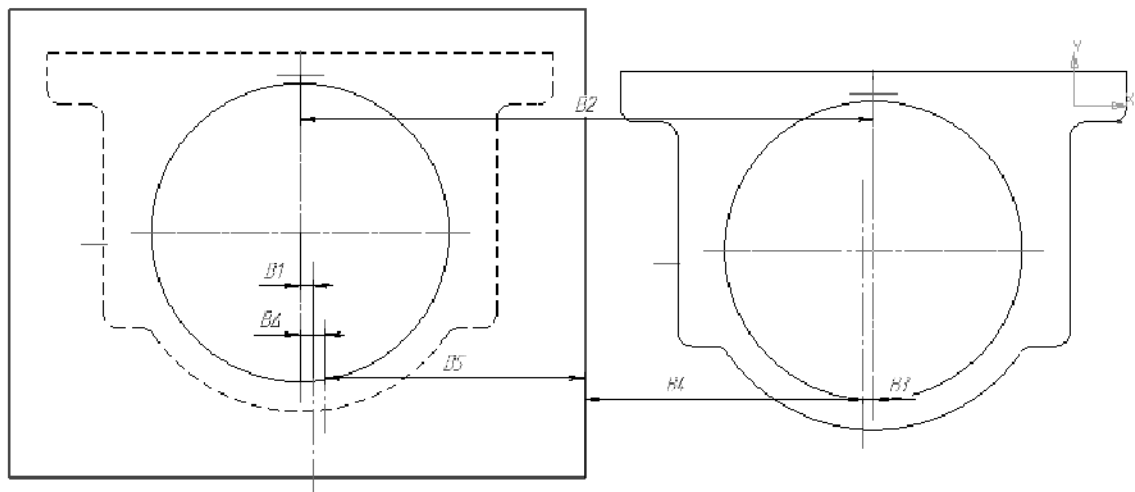


Рисунок 4.13 – Схема розмірних зв'язків

B_{Δ} - відхилення від співвісної затискного пристрою верстата і осі завантажуваної заготовки;

B_1 – похибка, яка виникає через відхилення від співвісної заготовки в ЗП;

B_2 – похибка, яка виникає через похибки переміщення робота;

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

B_4 – похибка монтажу верстату і робота;

B_5 – похибка, яка виникає через неспівпадання осі уявної вісі оснащення верстату та установчої бази верстату.

Умова виконання установки – це забезпечення розміщення заготовки у проміжку між установчими елементами з максимально можливим відхиленням

B_{max} :

$$B_{max} = \frac{\Delta}{2 \cdot K_3}, \quad [\text{мм}] \quad (4.16)$$

де $\Delta = D - d$

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

$$B_{max} = \frac{B - b}{2 \cdot 1,2} = \frac{190 - 170}{2 \cdot 1,2} = 8,3 \text{ (мм)},$$

$$B2 = 600 \pm 0,1 \text{ мм};$$

$$B1 = 5 \pm 0,1 \text{ мм};$$

$$B3 = 5_{-1,4} \text{ мм};$$

$$B4 = 50_{-2,3} \text{ мм};$$

$$B5 = 5_{-1,4} \text{ мм};$$

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

$$T\Delta = 5,5 \text{ мм}.$$

Оскільки $T\Delta \leq B_{max}$, отже точність достатня використання промислового робота у складі робочого місця.

4.6 Побудова та розрахунок траєкторії руху елементів ПР

Таблиця 4.2– Елементи траєкторії переміщення захватного пристрою (схвата)

Елемент траєкторії	Коментар	Величина переміщення, мм(град)
r0 1	Переміщення руки маніпулятора вперед	500
z1 2	Переміщення руки маніпулятора вниз	100
	Затиск заготовки схватом маніпулятора	-

Z2 3	Переміщення руки маніпулятора вгору	100
r3 4	Переміщення руки маніпулятора назад	500
φ 4 5	Поворот руки маніпулятора за годинниковою стрілкою	90°
r5 6	Переміщення руки маніпулятора вперед	500
z6 7	Переміщення руки маніпулятора вниз	100
	Розтиск схвату маніпулятора	
Z7 8	Переміщення руки маніпулятора вгору	100
r 9 10	Переміщення руки маніпулятора назад	500
	Вистій руки маніпулятора	-
r10 11	Переміщення руки маніпулятора вперед	500
z11 12	Переміщення руки маніпулятора вниз	100
	Затиск заготовки схватом маніпулятора	
Z12 13	Переміщення руки маніпулятора вгору	100
r13 14	Переміщення руки маніпулятора назад	500
φ 14 15	Поворот руки маніпулятора за год. стрілкою	90°
r15 16	Переміщення руки маніпулятора вперед	500
z16 17	Переміщення руки маніпулятора вниз	700
	Розтиск схвата маніпулятора	-
Z17 18	Переміщення руки маніпулятора вгору	100
R18 19	Переміщення руки маніпулятора назад	500
φ 19 20	Поворот руки маніпулятора проти год. стрілки	180°

На рисунку 4.14 фрагменти траєкторії переміщення маніпулятора зображені графічно.

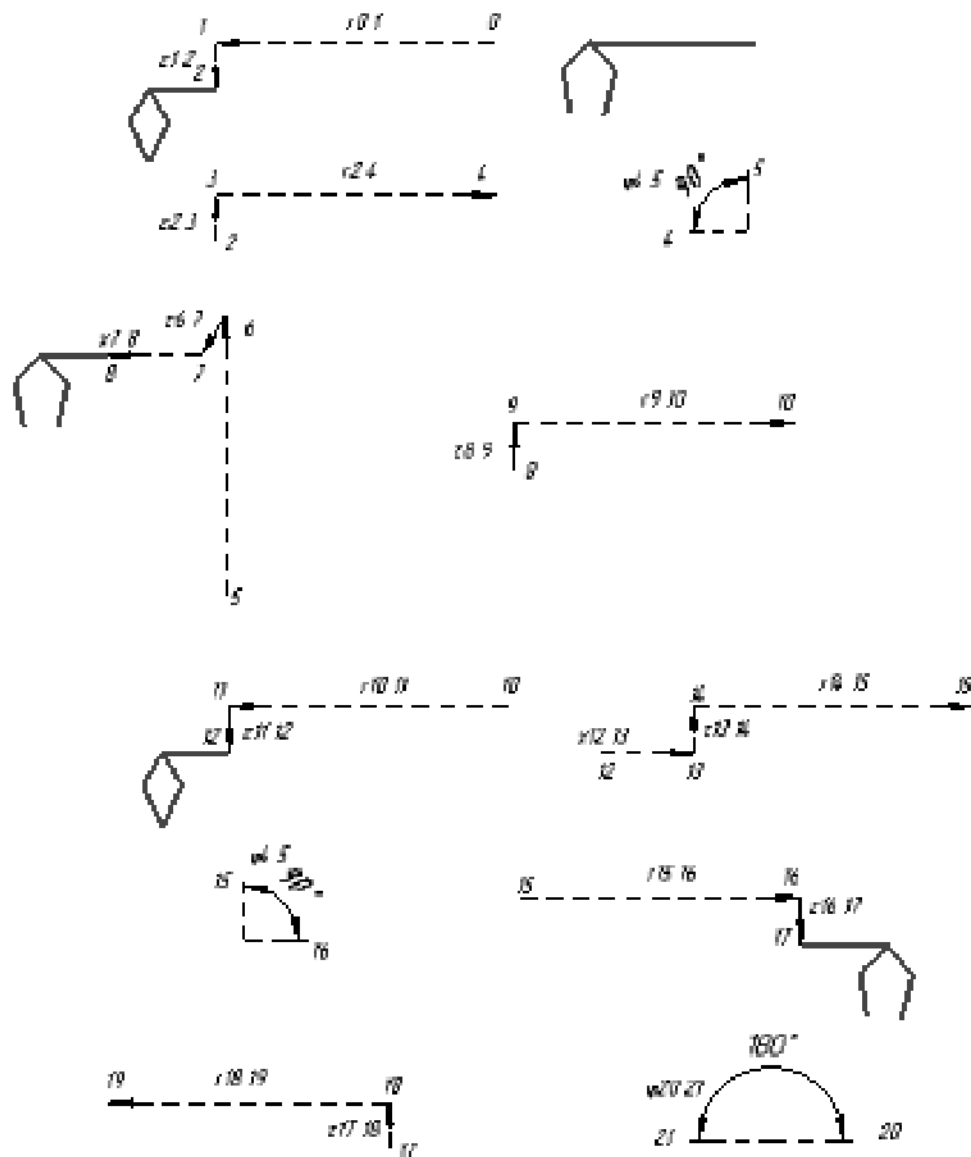


Рисунок 4.14 - Фрагменти траєкторії переміщення ПР

4.7 Вибір допоміжного устаткування для АРМ

Для функціонування автоматизованого робочого місця потрібно організувати подачу заготовок до маніпулятора, а також їх складування після обробки. Ці задачі є основними функціями допоміжного устаткування в нашому випадку.

Допоміжне устаткування має працювати синхронно з іншими елементами робочого місця.

До складу розробленого робочого місця буде входити тактовий стіл, на йокм будуть подаватися заготовки [5] (рис. 4.15, 4.16).

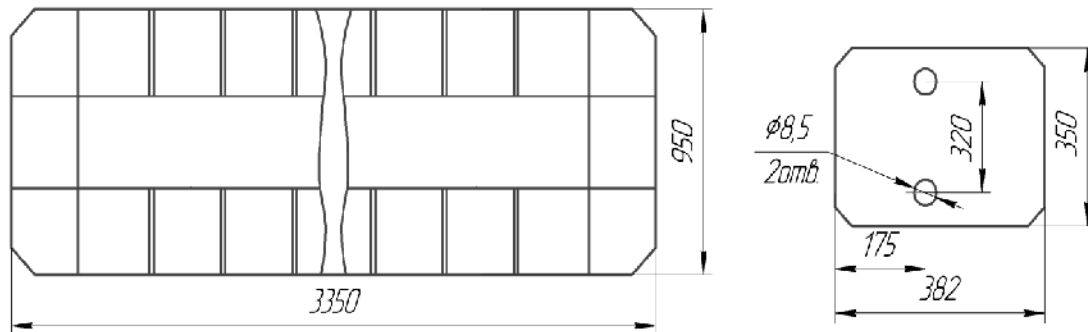


Рисунок 4.15 - Схема тактового столу СТ 350

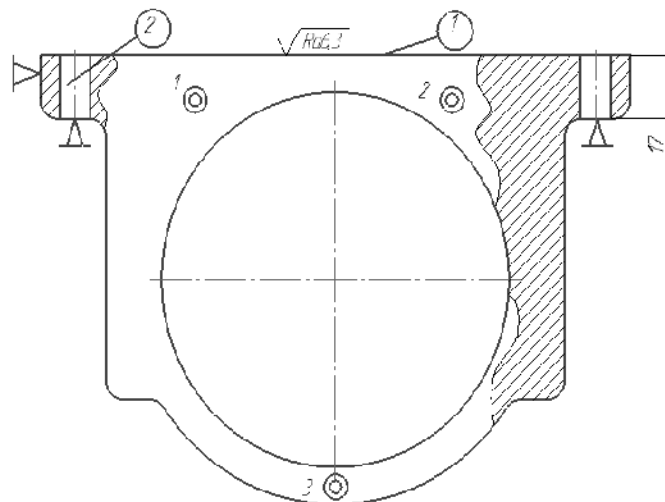


Рисунок 4.16 - Схема установки заготовки на тактовому столі

4.8 Розрахунок швидкостей переміщення заготовки

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

$$V_x = \frac{2 \cdot L_x \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, [\text{м/с}] \quad (4.17)$$

де l_x - виліт руки ПР;

Δl - погрішність позиціонування;

M - маса об'єкту маніпулювання (маса заготовки, деталі), $m_{\text{заг.}} = 4,34$ кг,
 $m_{\text{дет.}} = 3,98$ кг;

$$V_{\text{ХЗАГ}} = \frac{2 \cdot 1,46 \cdot \sqrt[4]{0,2}}{\sqrt[3]{4,34}} = 1,19 (\text{м/с});$$

$$V_{\text{ХДЕТ}} = \frac{2 \cdot 1,46 \cdot \sqrt[4]{0,2}}{\sqrt[3]{3,98}} = 1,23 (\text{м/с}).$$

Швидкість вертикального переміщення ПР за умови урівноваження мас:

$$V_z = \frac{\alpha_z \cdot \sqrt{l_z} \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, [\text{м/с}] \quad (4.18)$$

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

l_x - довжина шляху при вертикальному переміщенні, м;

M - маса об'єкту маніпулювання (маса заготовки, деталі), $m_{\text{заг.}} = 4,34$ кг,
 $m_{\text{дет.}} = 3,98$ кг;

$$V_{\text{ЗЗАГ}} = \frac{4 \cdot \sqrt{0,1} \cdot \sqrt[4]{0,2}}{\sqrt[3]{4,34}} = 0,34 (\text{м/с});$$

$$V_{\text{ЗДЕТ}} = \frac{4 \cdot \sqrt{0,1} \cdot \sqrt[4]{0,2}}{\sqrt[3]{3,98}} = 0,53 (\text{м/с})$$

Кутова швидкість при повороті руки ПР щодо вертикальної осі:

$$\omega = \frac{0,5 \sqrt{\varphi} \cdot \sqrt[4]{\delta}}{\sqrt[3]{(2l_x)^4}}, [\text{рад/с}] \quad (4.19)$$

де δ – погрішність кутового позиціонування, з;

φ – кут повороту руки, рад.;

$$\omega = \frac{0,5\sqrt{3,14} \cdot \sqrt[4]{282,69}}{\sqrt[3]{(2 \cdot 1,46)^4}} = 0,87(\text{рад} / \text{с}).$$

Для визначення похибки кутового позиціонування використовують формулу:

$$\delta = \frac{\Delta l}{L_x} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot 3600$$

Δl - похибка лінійного позиціонування, м

L_x - виліт консолі руки, м

$$\delta = \frac{0,002}{1,46} \cdot \frac{180}{3,14} \cdot 3600 = 282,69$$

4.9 Розробка циклограми функціонування АРМ

Циклограма функціонування АРМ зображає всі дії у тій послідовності, в якій вони виконуються та враховує відповідні часові витрати.

Час виконання кожного руху визначаються за формулами:

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

$$t_I = \frac{l_I}{V_I}; [\text{с}] \quad (4.21)$$

Враховавши визначення 4.17-4.19 дослідимо, як впливають параметри маніпулятора робота на його швидкісні та часові характеристики при його роботі.

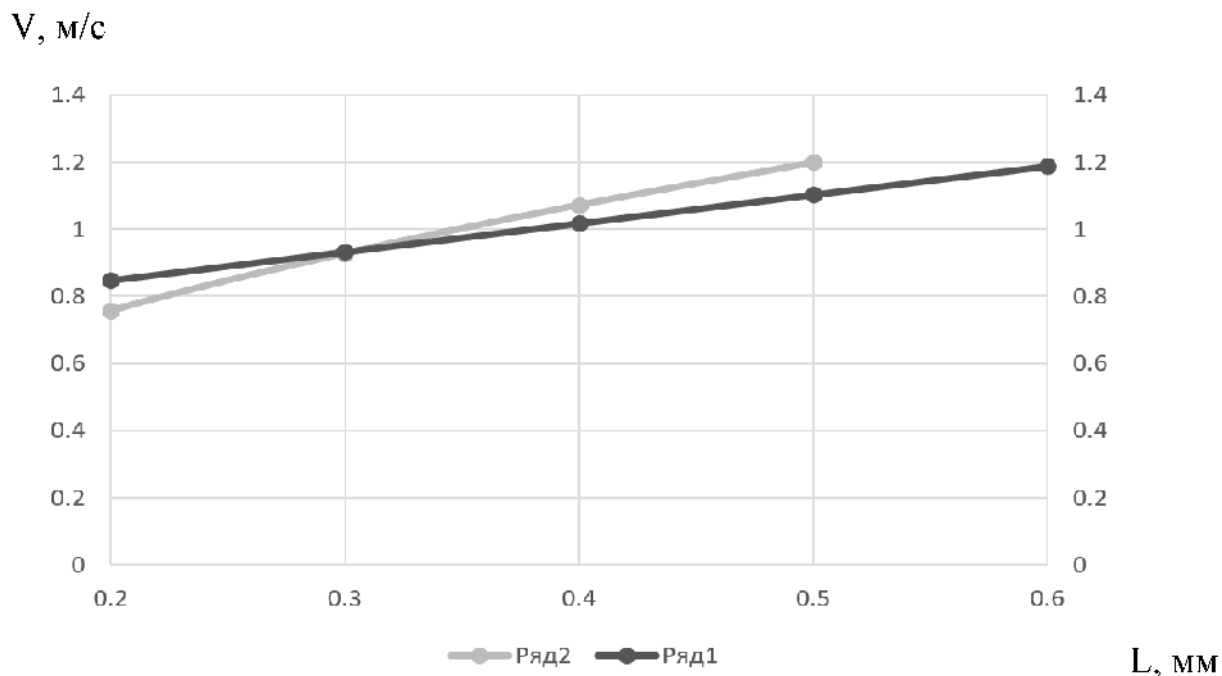


Рисунок 4.17 – Залежність швидкості переміщення по осі X та Z від максимального вильоту

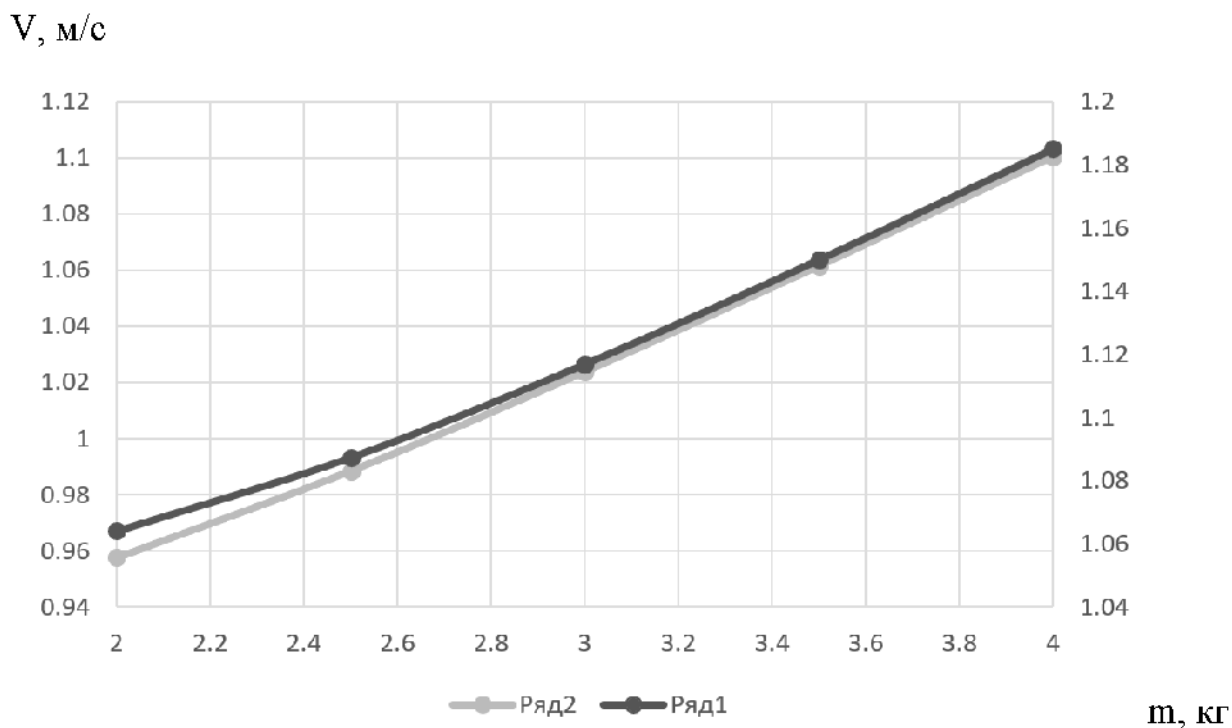


Рисунок 4.18 – Залежність швидкості переміщення по осі X та Z від маси

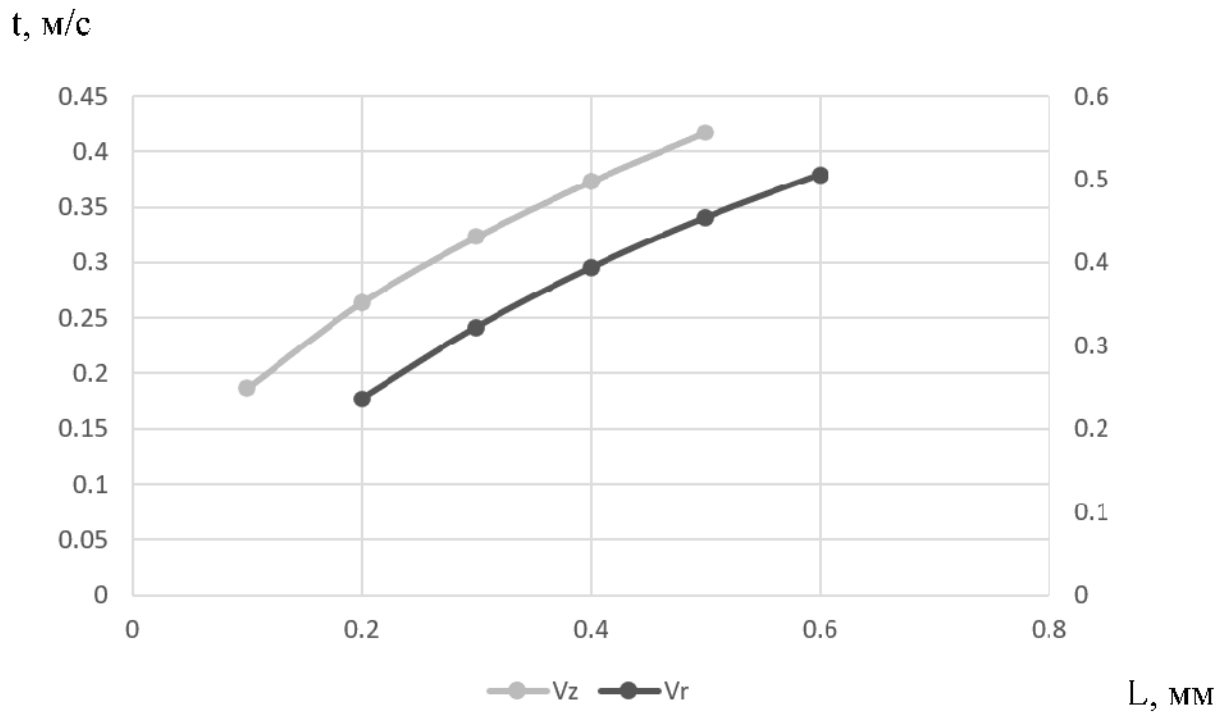


Рисунок 4.19 – Залежність швидкості переміщення по осям X та Z від максимального вильоту

Проаналізувавши залежності представлені на рис . 4.17-4.19 можна побачити, що збільшення вильоту, на який налаштований маніпулятор призводить до збільшення швидкості, проте це збільшення також і збільшує час на виконання операції.

Визначимо часові витрати на усі виконувані операції

$$t_{01} = \frac{0,5}{1,19} = 0,42(c);$$

$$t_{12} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5(c);$$

$$t_{23} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5(c);$$

$$t_{34} = \frac{0,5}{1,19} = 0,42(c);$$

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

$$t_{56} = \frac{0,5}{1,19} = 0,42(c);$$

$$t_{67} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5(c);$$

$$t_{78} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5(c);$$

$$t_{89} = \frac{0,5}{1,19} = 0,42(c);$$

$$t_{910} = \frac{0,5}{1,19} = 0,42(c);$$

$$t_{1011} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5(c);$$

$$t_{1112} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5(c);$$

$$t_{1213} = \frac{0,5}{1,19} = 0,42(c);$$

$$t_{1314} = \frac{90}{50} = 1,8(c);$$

$$t_{1415} = \frac{0,5}{1,19} = 0,42(c);$$

$$t_{1516} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5(c);$$

$$t_{1617} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5(c);$$

$$t_{1718} = \frac{0,5}{1,19} = 0,42(c);$$

$$t_{1819} = \frac{180}{50} = 3,6(c).$$

Дані для побудови циклограми представлені в тал. 4.3.

Таблиця 4.3 – Алгоритм роботи АРМ

	Коментар	Величина переміщення, мм(град)	Швидкість переміщення, м/с, °/с	Час, с
Захват заготовки	Переміщення маніпулятора вперед	500	1,19	0,42
	Переміщення маніпулятора вниз	100	0,2	0,5
	Затиск заготовки	-		0,2
	Переміщення маніпулятора вгору	100	0,2	0,5
	Переміщення маніпулятора назад	500	1,19	0,42
Сума				2,04
Установка заготовки на верстат	Поворот маніпулятора за год. стрілкою	90°	50	1,8
	Переміщення маніпулятора вперед	500	1,19	0,42
	Переміщення маніпулятора вниз	100	0,2	0,5
	Розтиск схвату			0,2
	Переміщення маніпулятора вгору	100	0,2	0,5
	Переміщення маніпулятора назад	500	1,19	0,42
Сума				3,84
Верстат	Затиск заготовки на верстатному пристосуванні	-		3

Продовження таблиці 4.3

	Коментар	Величина переміщення, мм(град)	Швидкість переміщення, м/с, °/с	Час, с
	Обробка заготовки			105,36
	Розтискання заготовки на верстатному пристосуванні			3
				111,36
Зняття заготовки з верстата	Переміщення маніпулятора вперед	500	1,19	0,42
	Переміщення маніпулятора вниз	100	0,2	0,5
	Затиск заготовки			0,2
	Переміщення маніпулятора вгору	100	0,2	0,5
	Переміщення маніпулятора назад	500	1,19	0,42
Сума				2,04
Переміщення заготовки до місця складання готових деталей	Поворот маніпулятора за год. стрілкою	90°	50	1,8
	Переміщення маніпулятора вперед	500	1,19	0,42
	Переміщення маніпулятора вниз	100	0,2	0,5
	Розтиск схвата ПР	-		0,2
	Переміщення маніпулятора вгору	100	0,2	0,5

	Переміщення маніпулятора назад	500	1,19	0,42
	Поворот маніпулятора проти год. стрілки	180°	50	3,6
Сума				7,44
Тактовий стіл	Переміщення на одну позицію			2,5

Циклограма є графічним зображенням послідовності роботи окремих елементів і підсистем – рис. 4.20.

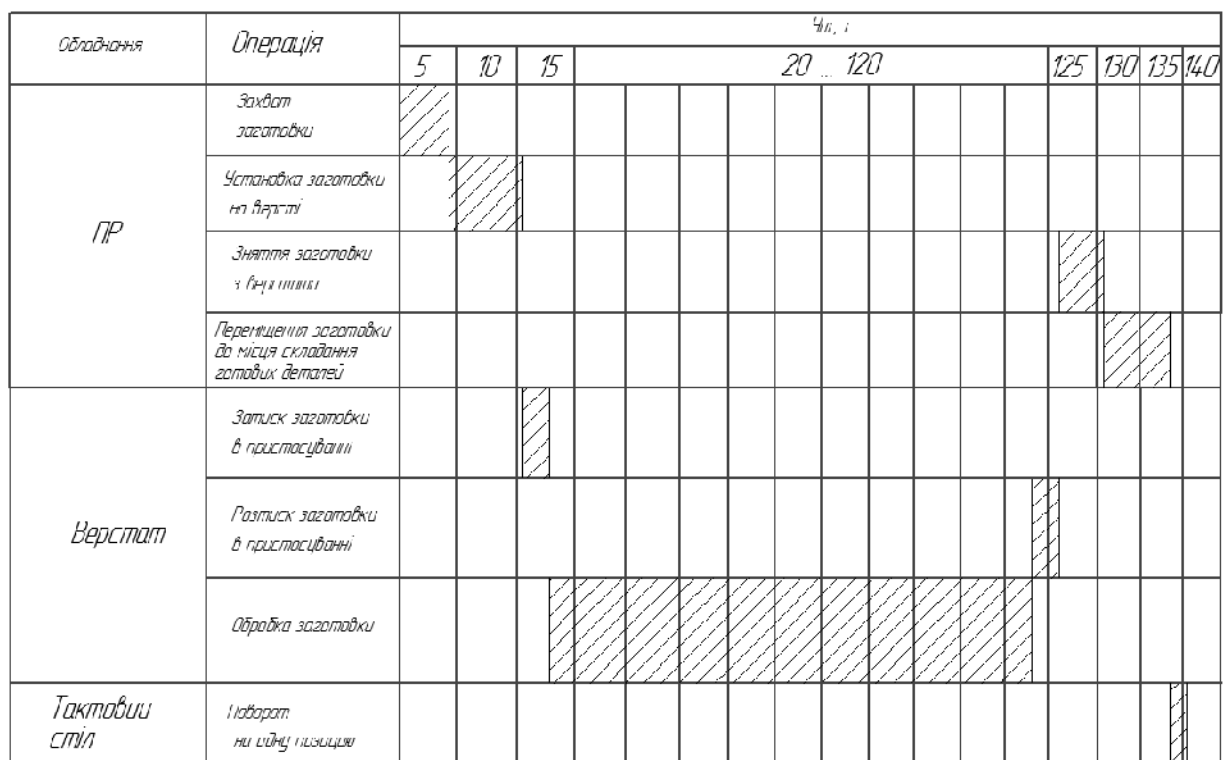


Рисунок 4.20 – Циклограма роботи АРМ

4.10 Визначення основних показників АРМ

Основні показники, що характеризують роботу АРК наступні: циклова продуктивність $Q_{ц}$; коефіцієнт відносної завантаженості ПР $K_{зр}$; коефіцієнт використання ПР $K_{вп}$; коефіцієнт використання основного устаткування $K_{во}$; коефіцієнт завантаженості ПР $K_{за}$; режиму роботи робота.

Циклова продуктивність визначається по наступній формулі:

$$Q_{ц} = \frac{1}{T_p}; \quad (4.22)$$

де T_p - тривалість робочого циклу, $T_p = 133,88$ с;

$$Q_{ц} = \frac{1}{133,88} = 0,007(с);$$

Коефіцієнт відносної завантаженості $K_{гп}$

$$K_{гп} = \frac{P_{ср}}{P}; \quad (4.23)$$

де $P_{ср}$ - середнє значення робочого навантаження, $P_{ср} = 4,34$ кг;

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

$$K_{гп} = \frac{4,34}{10} = 0,434.$$

Коефіцієнт використання $K_{вп}$

$$K_{вп} = \frac{T_{лр}}{T_p}; \quad (4.24)$$

де $T_{лр}$ - час роботи ПР за робочий цикл, $T_{лр} = 15,36$ с;

$$K_{вп} = \frac{15,36}{133,88} = 0,114;$$

Коефіцієнт використання основного устаткування K_{BO}

$$K_{BO} = \frac{T_o}{T_p}; \quad (4.25)$$

де T_o - час роботи основного устаткування за робочий цикл, $T_o = 111,36$ с;

$$K_{BO} = \frac{111,36}{133,88} = 0,83.$$

Розрахувавши значення коефіцієнтів, по [16-18] встановлюємо, що режим роботи ПР "легкий" при цьому коефіцієнт завантаженості $K_{np} = 1,1$.

4.11 Висновки до розділу

1. Проаналізовано особливості установки деталі на верстаті при застосування промислового робота.
2. Спроектовано технологічне оснащення з пневматичним приводом.
3. Обрано схему захватного пристрою для роботи деталлю «Корпус»
4. Розраховані часові витрати та досліджено залежності швидкісних та часових характеристик робота від особливосте маніпулятора та маси вантажу, яким він оперує.
5. Визначені параметри роботи робочого місця.

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:

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot 20 + 0,4 \cdot 15 = 18.$$

5.2 Оцінювання комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

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

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

Таблиця 5.3 – Рекомендовані критерії оцінювання науково-технічного рівня

і комерційного потенціалу розробки та бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни Аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5	6
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки зведено в таблицю за зразком таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Сухоруков С.І.	Дерібо О.В.	Савуляк В.В.
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	2
2	2	2	2
3	2	2	3
4	2	2	2
5	2	2	3
6	3	3	2
7	2	2	2
8	3	2	2
9	3	2	2
10	3	3	3
11	3	3	2
12	3	3	2
Сума балів	СБ ₁ =21	СБ ₂ =29	СБ ₃ =27
Середньоарифметична сума балів СБ	$(21 + 29 + 27)/3 = 23$		

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу трохи вище середнього.

5.3 Прогноз попиту на інноваційне рішення

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

Ринками збуту продукції можуть бути усі регіони України.

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

5.4 Вибір каналів збуту та післяпродажного обслуговування

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

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

5.5 Виявлення основних конкурентів

На сьогоднішній день в Україні випуск автоматизованих робочих елементів не є розповсюдженим. Проте існують комплекси зарубіжного виробництва. В таблиці 5.5 наведені основні техніко-економічні показники аналога і розробки. Основним недоліком аналога (автоматизація за рахунок застосування окремих

компонентів або ж застосування людської сили) є велика собівартість обробки в одному випадку, або ж зменшення продуктивності.

Таблиця 5.5 – Співвідношення параметрів аналогу і нової розробки

Показник	Одиниці виміру	Аналог	розробка	Відношення параметрів нової обробки та параметрів аналога
Кількість верстатів	шт.	1	1	1
Кількість виробів	шт.	4000	5000	1,25
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	5000	1,25	0,4
Час обробки на один виріб	2,8	1,87	1,49	0,4
Економічні показники				
Собівартість комплексу	110000	90000	0,82	0,7
Капітальні вкладення	800000	850000	0,94	0,3

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

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

$$K_{яв} = 1 \cdot 0,3 + 1,25 \cdot 0,4 + 0,4 \cdot 1,49 = 1,4.$$

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

5.8 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення

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

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

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

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.

$$I_{en} = (90000 \cdot 0,7 + 850000 \cdot 0,3) / (110000 \cdot 0,7 + 800000 \cdot 0,3) = 1,01;$$

$$K = 1,4 / 1,01 = 1,38 > 1.$$

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 [19, 20]:

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

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

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

t – число днів роботи розробника.

Для керівника проекту основна заробітна плата складатиме:

$$Z_o = \frac{35000}{22} \cdot 18 = 28636(\text{грн.}).$$

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

Таблиця 5.8 – Результати розрахунків основної заробітної плати

№ п/п	Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату
1.	Керівник проекту	28636	1591	18	28636
2.	Інженер-налагоджувальник	20000	909	22	20000
4.	Верстатник/слюсар	20000	909	22	20000
Всього					68636

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

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

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

n – число робіт по видах та розрядах;

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

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

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

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

K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду та професії;

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

$T_{зм}$ – тривалість зміни, $T_{зм} = 8$ 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/ слюсара	140	4	78,23	10952
Роботи налагоджувальника	90	4	78,23	7040
Всього				27380

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

$$З_{д} = (68636 + 27380) \cdot 12\% = 11522 \text{ (грн.)}$$

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

$$(68636 + 27380 + 11522) \cdot 0,22 = 23658 \text{ (грн.)}$$

Амортизація обладнання, які використовуються під час виготовлення пристосування.

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

$$A = \frac{Ц}{T_{н.в.}} \cdot \frac{T_{ф.в.}}{12}$$

де Ц – балансова вартість обладнання, грн;

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

$T_{н.в.}$ – нормативний термін використання обладнання, років.

Таблиця 5.10 – Результати розрахунків амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Термін нормативного використання, р.	Термін корисного використання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
Комп'ютерне обладнання	22000	4	12	5500
Промисловий робот	300000	10	12	30000
Слюсарне обладнання	120000	5	1	2000
Обладнання для компоновки і налаштування	240000	5	1	4000
Обладнання для розрахунків	80000	5	1	1333

Відповідно:

$$A = 5500 + 30000 + 2000 + 4000 + 1333 = 42833(\text{грн.}).$$

Витрати на матеріали розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

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

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

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

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

B_i – маса відходів i -го найменування,

Π_B – ціна відходів i -го найменування,

n – кількість видів матеріалів.

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

Витрати на силову електроенергію на розробку розраховуються за формулою:

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

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 $C_{дист} = 0,131$ 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	20 днів = 20·8 = = 160 годин	0,4	1
Приміщення (освітлення)	140	0,9	1
Промисловий робот	100	10	1
Допоміжне обладнання	90	15	0,8

$$\begin{aligned}Ц_{e1} &= 7,208 \cdot 0,4 \cdot 160 \cdot 1 = 461 \text{ (грн.)}, \\Ц_{e2} &= 7,208 \cdot 0,9 \cdot 120 \cdot 1 = 908 \text{ (грн.)}, \\Ц_{e3} &= 7,208 \cdot 10 \cdot 100 \cdot 0,9 = 6487 \text{ (грн.)}, \\Ц_{e4} &= 7,208 \cdot 15 \cdot 90 \cdot 0,8 = 7785 \text{ (грн.)}, \\Ц_e &= 461 + 908 + 6487 + 7785 = 15641 \text{ (грн.)}.\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}I_b &= (1...3) (Z_o + Z_p), \\I_b &= 3 \cdot (68636 + 27380) = 288048 \text{ (грн.)}\end{aligned} \tag{5.10}$$

Усі витрати складають:

$$\begin{aligned}B &= 68636 + 27380 + 11522 + 23658 + 42833 + \\&+ 15641 + 288048 = 477718 \text{ (грн.)}\end{aligned}$$

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

$$B_{\text{заг}} = 477718 / 0,95 = 502861 \text{ (грн.)}$$

Прогнозування загальних витрат здійснюється за формулою:

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

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:

$$ЗВ = 502861 / 0,5 = 1257152 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку способу суміщеної обробки та впровадження результатів даної роботи становлять приблизно 1257152 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 1500 шт. Середня ціна виготовлених виробів 90-150 тис. грн. Оскільки собівартість виготовлення корпусів за рахунок автоматизації скоротилась в нас є можливість реалізовувати наші вироби дешевше. При цьому повинен збільшуватися і попит на нашу розробку.

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

За нашими розрахунками, результати нашої розробки можуть бути впроваджені з 1 травня 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 1500 шт.;

2-й рік після впровадження (2025 р.) – приблизно 1300 шт.;

3-й рік після впровадження (2026 р.) – приблизно 1000 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:

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n \Delta\Pi_{i0} \cdot N + \Pi_{i0} \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - g/100), \quad (5.13)$$

де $\Delta\Pi_{i0}$ – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є зменшення ціни нового виробу, грн.; ми вважаємо, що $\Delta\Pi_{i0} = 7200$ грн;

N – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році до впровадження результатів розробки; було встановлено, що $N = 1500$ 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:

$$\Delta\Pi_1 = (1500 \cdot 7200) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1844926(\text{грн.})$$

$$\Delta\Pi_2 = (1300 \cdot 7200) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1598936(\text{грн.})$$

$$\Delta\Pi_3 = (1000 \cdot 7200) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1229951(\text{грн.})$$

$$\Delta\Pi_4 = (600 \cdot 7200) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 737970(\text{грн.})$$

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.;

t – 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:

$$ПП = \frac{1844926}{(1+0.1)^2} + \frac{1598936}{(1+0.1)^3} + \frac{1229951}{(1+0.1)^4} + \frac{737970}{(1+0.1)^5} = 5411783 \text{ (грн.)}$$

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

$$E_{abc} = 5411783 - 1257152 = 2767179 \text{ (грн.)}$$

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:

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

де $E_{абс}$ – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, $E_{абс} = 2767179$ грн.;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 1257152$ грн.;

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

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[5]{1 + 1257152 / 2767179} - 1 = 0,26 = 26\%.$$

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

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

$$T_{ок} = 1/E_b,$$

$$T_{ок} = 1/0,26 = 3,8.$$

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

Автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Корпус" відбувалася в приміщенні, яке обладнане комп'ютеризованими робочими місцями. На дослідника мали 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 формуємо рішення щодо безпечного виконання роботи.

6.1. Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

6.1.1. Обладнання робочого місця

Організація робочого місця проектувальника, як користувача ПК повинна забезпечувати відповідність всіх елементів робочого місця і їхнього розташування ергономічним вимогам. Робоче місце при виконанні робіт сидячи. Загальні ергономічні вимоги; характеру й особливостям трудової діяльності [21, 22].

Площа, виділена для одного робочого місця з ПК, повинна становити не менш 6 м², а об'єм – не менше 20 м³ [23].

Природне освітлення має здійснюватись через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ чи північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче, ніж 1,5%.

Виробничі приміщення повинні обладнуватись шафами для зберігання документів, стелажми, тумбами тощо, з урахуванням вимог до площі приміщень.

У приміщеннях з ПК слід щоденно робити вологе прибирання.

Приміщення із ПК мають бути оснащені аптечками першої медичної допомоги.

При приміщеннях із 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.

Конструкція робочого місця користувача ПК повинна забезпечувати підтримку оптимальної робочої пози з такими ергономічними характеристиками: стопи ніг – на підлозі або на підставці для ніг; стегна – у горизонтальній площині; передпліччя – вертикальні; лікті – під кутом 70-90° до вертикальної площини; зап'ястя зігнуті під кутом не більше 20° щодо горизонтальної площини, нахил голови – 15-20° щодо вертикальної площини.

Висота робочої поверхні стола для відеотерміналу повинна перебувати в межах 680-800 мм, а ширина – забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля.

Робочий стіл для ПК повинен мати простір для ніг висотою не менш 600 мм, шириною не менш 500 мм, глибиною на рівні колін не менш 450 мм, на рівні витягнутої ноги - не менш 650 мм.

Робоче сидіння (стілець, крісло) користувача ПК повинен мати наступні основні елементи: сидіння, спинку й стаціонарні або знімні підлокітники.

Екран монітора й клавіатура повинні розташовуватися на оптимальній відстані від очей користувача, але не ближче 600 мм, з урахуванням розміру алфавітно-цифрових знаків і символів.

Клавіатуру варто розміщати на поверхні стола або на спеціальній, регульованій по висоті, робочій поверхні окремо від стола на відстані 100-300 мм від краю, найближчого до працівника. Кут нахилу клавіатури повинен бути в межах 5-15°.

При організації праці, пов'язаної з використанням ПК, для збереження здоров'я працюючих, запобігання професійним захворюванням і підтримки працездатності передбачаються внутрішньо змінні регламентовані перерви для відпочинку.

Внутрішньозмінні режими праці й відпочинку містять додаткові нетривалі перерви в періоди, що передують появі об'єктивних і суб'єктивних ознак стомлення й зниження працездатності.

Працюючі з ПК підлягають обов'язковим медичним оглядам: попереднім – при влаштуванні на роботу і періодичним – протягом трудової діяльності. Основними критеріями оцінки придатності до роботи з ПК мають бути показники стану органів зору: гострота зору, показники рефракції, акомодатції, стану біноккулярного апарату ока тощо. При цьому необхідно враховувати також стан організму в цілому.

Лінія електромережі для живлення ПК, периферійних пристроїв ПК й устаткування для обслуговування, ремонту й налагодження ПК в приміщенні виконана як окрема групова трипровідна мережа, шляхом прокладання фазових, нульових робочих і нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення електроприладів.

Металеві труби й гнучкі металеві рукави заземлені. Заземлення відповідає вимогам Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів [24].

Неприпустимим є:

- експлуатація кабелів і проводів з ушкодженими захисними властивостями за час експлуатації ізоляції; залишення під напругою кабелів і проводів з неізольованими провідниками;
- застосування саморобних подовжувачів, що не відповідають вимогам ПУЕ до переносних електропроводів;
- застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального устаткування або ламп накаливання;
- користування ушкодженими розетками, вимикачами й іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або здуття;

- підвішування світильників безпосередньо на струмоведучих проводах, обгортання електроламп і світильників папером, тканиною й іншими горючими матеріалами, експлуатація їх зі знятими ковпаками (розсіювачами);
- використання електроапаратури й приладів в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів.

6.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1. Мікроклімат

Параметри мікроклімату нормуються в залежності від: періоду року; категорії робіт; технологічного процесу.

Для нормування параметрів мікроклімату календарний рік поділяється на два періоди:

- холодний період – період року, коли середньодобова температура зовні приміщення нижча за $+10^{\circ}\text{C}$;
- теплий – коли середньодобова температура зовні приміщення становить $+10^{\circ}\text{C}$ і вище.

Робота з автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Корпус" за енерговитратами відноситься до категорії 1а [25]. Допустимі параметри мікроклімату для категорії 1а наведені в табл.6.1 (відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 [26]).

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 підтримки оптимального рівня мікроклімату в приміщенні передбачено систему опалення та вентиляції повітря. Виміри показників мікроклімату повинні проводитись на початку, в середині і в кінці холодного і

теплого періодів року, не менше трьох разів за робочу зміну. При коливаннях показників мікроклімату, пов'язаних з технологічними процесами та іншими причинами, виміри необхідно проводити також при найменших і найбільших значеннях термічних навантажень на працюючих, що мають місце протягом робочої зміни.

6.2.2. Склад повітря робочої зони

В приміщенні, де здійснюється проектувальна робота з автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Корпус", можливими забруднювачами повітря може бути офісна техніка та пил, який потрапляє ззовні. 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
Формальдегід	0,035	0,003	2
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	4

В повітрі зовнішнього природного середовища, як і в повітряному середовищі приміщень завжди є наявною певна кількість заряджених частинок – іонів. Так в 1 см³ чистого зовнішнього повітря міститься близько 1000 негативних іонів і понад 1200 позитивних. 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

Для дотримання нормального складу повітря робочої зони в приміщенні використовують припливно-витяжну вентиляцію. Систематично здійснюють провітрювання через віконні отвори та вологе прибирання. Планується встановлення системи кондиціонування.

6.2.3. Виробниче освітлення

Світло впливає не лише на функцію органів зору, а й на діяльність організму в цілому. При поганому освітленні людина швидко втомлюється, працює менш продуктивно, зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. Згідно з статистичними даними, до 5% травм можна пояснити недостатнім або нераціональним освітленням, а в 20% воно сприяло виникненню травм. Врешті, погане освітлення може призвести до професійних захворювань, наприклад, таких як робоча мнопія (короткозорість), спазм акомодатції.

При надмірній яскравості джерел світла та оточуючих предметів може відбутись засліплення працівника. Нерівномірність освітлення та неоднакова яскравість оточуючих предметів призводять до частої переадаптації очей під час виконання роботи і, як наслідок цього – до швидкого втомлення органів зору

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні для виконання роботи зазначені у таблиці 6.4 (відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [27]):

Таблиця 6.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнювання	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, e_{ii} , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	г	великий	світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

Місце праці повинно бути розташоване так, щоб уникнути попадання в очі прямого світла. Щоб уникнути світлових відблисків необхідно використовувати обладнання з матовою поверхнею. Для захисту очей від прямого сонячного світла чи джерел штучного освітлення необхідно застосовувати захисні козирки та жалюзі на вікнах.

Для створення оптимальних умов зорової роботи слід враховувати не лише кількість та якість освітлення, а й кольорове оточення. Так, при світлому пофарбуванні інтер'єру завдяки збільшенню кількості відбитого світла рівень освітленості підвищується на 20 – 40% (при тій же потужності джерел світла), різкість тіней зменшується, покращується рівномірність освітлення.

6.2.4. Виробничий шум

Експлуатація переважної більшості технологічного обладнання, енергетичних установок, машин та механізмів пов'язана з виникненням шумів та вібрації різної частоти та інтенсивності, які здійснюють несприятливий вплив на організм людини.

Шум може тимчасово активізувати або постійно пригнічувати психічні процеси організму людини. Фізіологічні та біологічні наслідки можуть

проявляться у формі порушення функцій слуху та інших аналізаторів, зокрема вестибулярного апарату, координуючої функції кори головного мозку, нервової системи, систем травлення і кровообігу.

Індивідуальні особливості людини, пов'язані з різними психологічними реакціями на вплив шуму, суттєво впливають на його сприйняття

Допустимі рівні шуму та вібрації на місцях праці осіб, що працюють з ПК, встановлені санітарними нормами ДсанПіН 3.3.2-007-98 [28], витяг з яких подано в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 - Допустимі еквівалентні рівні шуму

Вид професійної діяльності, місце праці	Еквівалентні рівні шуму, дБА.
Програмісти	50
Оператори в залах опрацювання інформації на ПК та оператори комп'ютерного набору	65
В приміщеннях для розташування шумних агрегатів	75

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 дослідження системи фазового автопідстроювання частоти проводилося за допомогою ПК, то на робочому місці працівника можливий підвищений рівень електромагнітного випромінювання.

Основою функціонування організму є дуже слабкі біоелектричні струми, що синхронізують природні біологічні режими. Штучні ЕМП якщо співпадають з частотами біологічних ритмів мозку або біоелектричною активністю серця чи інших органів людини можуть призвести до десинхронізації функціональних процесів в організмі.

Механізм біологічної дії на організм людини полягає як у тепловому, так і нетепловому специфічному ефекті, тепла дія ЕМП проявляються у підвищенні температури тіла, а також локальному, вибіркового нагріванні тканин, органів, клітин унаслідок переходу електромагнітної енергії у теплову.

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

Для зменшення впливу ЕМП від ПК на дослідника, необхідно дотримуватися регламентованих режимів роботи та відпочинку.

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

6.3.1 Дія електромагнітних випромінювань на радіоелектронні системи

Як уражаючий фактор електромагнітний імпульс (ЕМІ) здатний розповсюджуватись на десятки і сотні кілометрів лініями електропередач, зв'язку, трубопроводах. Особливо піддаються ЕМІ радіоелектронна апаратура, системи автоматичного управління. ЕМІ також пробиває ізоляцію, випалює елементи електронних схем, стирає магнітний запис ЕОМ, викликає коротке замикання.

ЕМІ може вивести з ладу електронну систему управління, дати збої у роботі, спричинити аварії та нещасні випадки, в результаті яких можуть загинути люди.

До матеріалів, з яких виготовляють елементи радіоелектронних систем (РЕС) відносять: метали, неорганічні матеріали, напівпровідники і різні органічні сполуки (діелектрики, смоли тощо).

Для запобігання цього проводяться розрахунки з безпеки роботи в умовах дії електромагнітних випромінювань та приймаються рішення щодо захисту елементів РЕС [1].

6.3.2 Оцінка безпеки роботи РЕС обладнання механічної обробки заготовки деталі "Корпус" в умовах дії електромагнітних випромінювань

Вихідні дані: $U_{Ж} = 220 \pm 5\% \text{ В}$; $l_{Г'} = 0 \text{ м}$; $l_{В} = 0,07 \text{ м}$.

$l_{Г'} = 0 \text{ м}$, оскільки усі струмоведучі частини РЕС даного приладу розташовані у вертикальній площині.

В якості критерію стійкості РЕС в умовах дії електромагнітного імпульсу приймається коефіцієнт безпеки, який визначається за формулою [28]

$$K_{Г'} = 20 \lg \frac{U_{Д}}{U_{В}} \geq 40 \text{ [дБ]}. \quad (6.1)$$

Визначаємо допустиме коливання напруги живлення

$$U_{\text{д}} = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} N \text{ [В]}; \quad (6.2)$$

$$U_{\text{д}} = 220 + \frac{220}{100} 5 = 231 \text{ (В)},$$

де $U_{\text{ж}}$ – робоча напруга живлення, В;

N – допустимі коливання напруги, %.

З формули (6.1) виразимо вертикальну складову напруги наведення на струмопровідних частинах РЕС

$$U_{\text{в}} = \frac{U_{\text{д}}}{100} \text{ [В]}; \quad (6.3)$$

$$U_{\text{в}} = \frac{231}{100} = 2,31 \text{ (В)}.$$

Визначаємо допустиму горизонтальну складову напруженості електромагнітного поля, при якому коефіцієнт безпеки знаходиться в межах допустимого:

$$U_{\text{в}} = E_{\text{г}} I_{\text{в}} \text{ [В]}, \quad (6.4)$$

звідки

$$E_{\text{г}} = \frac{U_{\text{в}}}{I_{\text{в}}} \text{ [В/м]}; \quad (6.5)$$

$$E_{\text{г}} = \frac{2,31}{0,07} = 33 \text{ (В/м)}.$$

Визначаємо допустиму вертикальну складову напруженості електромагнітного поля, при якому коефіцієнт безпеки знаходиться в межах допустимого

$$E_{\Gamma} = 10^{-3} E_B \text{ [В/м]}, \quad (6.6)$$

звідки

$$E_B = \frac{E_{\Gamma}}{10^{-3}} \text{ [В/м]}, \quad (6.7)$$

$$E_B = \frac{33}{10^{-3}} = 33000 \text{ (В/м)} = 33 \text{ (кВ/м)}.$$

Висновки

Отже, знайдено допустимі горизонтальну та вертикальну складові напруженості електромагнітного поля, при яких коефіцієнт безпеки знаходиться в межах допустимого, тобто забезпечується безпечна робота РЕС обладнання механічної обробки заготовки деталі "Корпус" в умовах дії електромагнітних випромінювань.

ВИСНОВКИ

1. Проведено огляд засобів автоматизації, які застосовуються на сучасному виробництві.
2. Встановлено, що застосування промислових роботів є раціональним рішенням для автоматизації робочих місць механічної обробки.
3. У технологічних комплексах, зазвичай робот виконує функції допоміжного характеру.
4. Проаналізовано існуючих технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Корпус».
5. На основі аналіз для автоматизації обрано 005 операцію, оскільки вона має значний відсоток допоміжного часу і менші вимоги щодо точності базування заготовки
6. Розроблено алгоритм роботи автоматизованого робочого місця, який в подальшому буде використано для розробки операцій елементів АРМ та його характеристик.
7. Проаналізовано особливості установки деталі на верстаті при застосування промислового робота.
8. Спроековано технологічне оснащення з пневматичним приводом.
9. Обрано схему захватного пристрою для роботи деталлю «Корпус»
10. Розраховані часові витрати та досліджено залежності швидкісних та часових характеристик робота від особливосте маніпулятора та маси вантажу, яким він оперує.
11. Розроблено рекомендації щодо налаштувань маніпулятора промислового робота для отримання відповідних часових та швидкісних характеристик.
12. Визначені параметри роботи робочого місця.
13. 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.

14. 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.

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

16. Знайдено допустимі горизонтальну та вертикальну складові напруженості електромагнітного поля, при яких коефіцієнт безпеки знаходиться в межах допустимого, тобто забезпечується безпечна робота РЕС обладнання механічної обробки заготовки деталі "Корпус" в умовах дії електромагнітних випромінювань.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автоматизація виробництва в машинобудуванні [Текст] : практикум / Ю. І. Муляр, В. П. Пурдик, С. В. Репінський [та ін.]. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 133 с.
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. Піменов О.С., Компанець М.М. 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. 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.
7. Гідроприводи та гідропневмоавтоматика. Підручник./ В.О. Федорець, М.Н. Педченко, В.Б.Струтинський та ін,- К.: Вища шк., 1995,- 463с.
8. Павленко П.М. Автоматизація технічної підготовки виробництва. Навчальний посібник.Вінниця: ВНТУ, 2006. 114с.
9. М. І. Іванов, Ж. П. Дусанюк, С. В. Дусанюк та ін. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування: навчальний посібник. Вінниця: Глобус-Прес, 2011. – 200 с.
10. Ю. А. Буренніков, Д. О. Лозінський Технологічні основи машинобудування. Самостійна та індивідуальна робота студентів: навчальний. Вінниця : ВНТУ, 2017. 106 с.

11. Технологічна оснастка : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.
12. 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.
13. 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.
14. Є. П. Михайлов, В. М. Лінгур Навчальний посібник з дисципліни "Маніпулятори та промислові роботи"/ Одес. нац. політехн. ун-т. Одеса, 2019. 233с.
15. Проць Я.І. Захоплювальні пристрої промислових роботів : навч. посібн. Тернопіль : Тернопільський державний технічний університет ім. І. Пулюя, 2008. 232 с.
16. 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.
17. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Роботизовані технологічні комплекси» / Уклад. Д. О. Лозінський. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 43 с.
18. Лозінський Д.О. Гідропривод мобільної машини для вантажно-розвантажувальних робіт / 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>.
19. 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.

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

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

22. 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.

23. 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_праор_0_00-7_15-18_01_ua.php.

24. ДБНВ.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. К. : Мінбуд України, 2006. 154

25. 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>

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

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

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_праор_0_00-7_15-18_01_ua.php.

29. Сакевич В. Ф. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах / В. Ф. Сакевич. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 109 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

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

(Назва магістерської кваліфікаційної роботи)

ДОДАТОК Б

СПЕЦИФІКАЦІЯ

Мета та задачі роботи

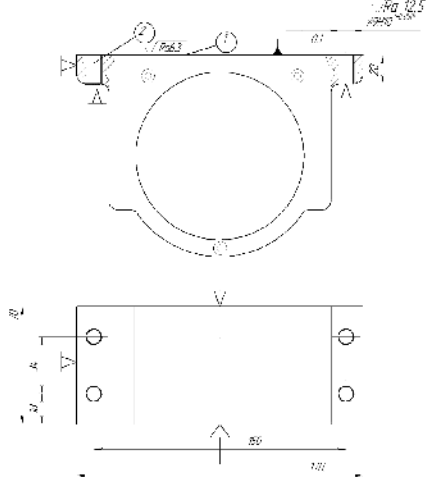
Метою роботи є автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Корпус".

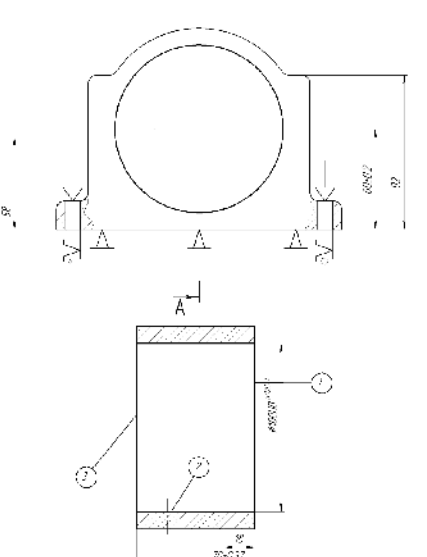
Для досягнення поставленої мети потрібно виконати такі завдання:

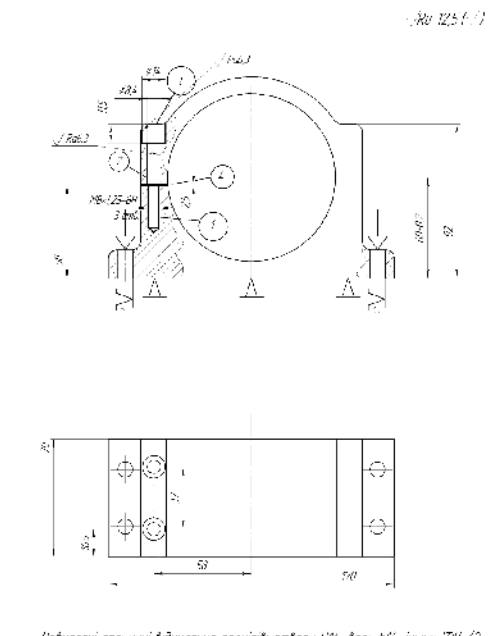
- виконати огляд відомих методів та засобів автоматизації, які застосовуються в технологічному виробництві;
- проаналізувати маршрут механічної обробки та визначити операції, які можуть бути автоматизовані;
- розробити загальну схему автоматизованого робочого місця та алгоритм роботи автоматизованого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

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

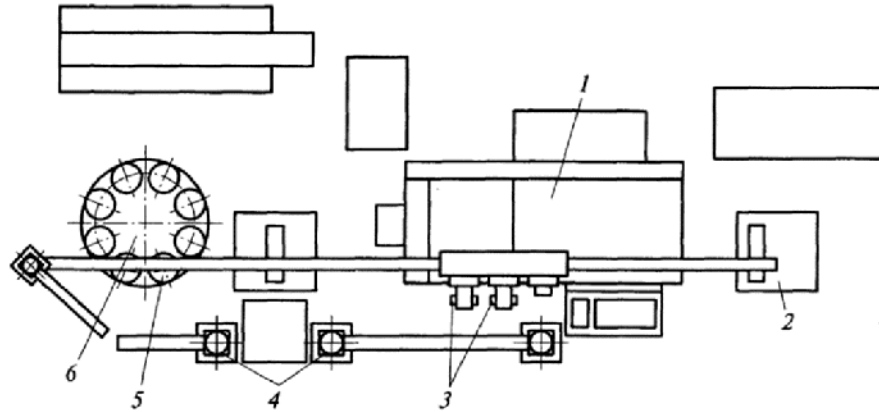
Предмет дослідження – технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус».

Назва операції: зміст переходу	Ескіз установки	Обладнання
<p>Фрезерна з ЧПК</p> <p>005</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закрити деталь 2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо в площині 2/1/3 3. Фрезерувати поверхню 1 остаточно в розмір 2/6 4. Центрувати в отворі 2 5. Свердлити в отворі 2 в розмір 4/8,5 6. Інструмент: 6 отвір 2 в розмір 4/9 <p>В.Зичко, деталь</p>	<p>№ 1251-1</p>  <p>Вертикально – фрезерний верстат з ЧПК 6Р13Ф3</p> <p>Невказані граничні відхилення розмірів отвору H4, валу h4, інших IT14/2</p>	

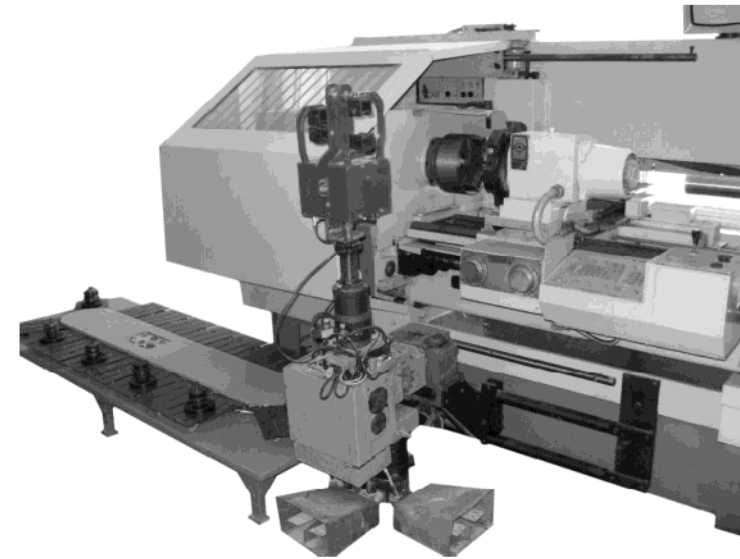
Назва операції: зміст переходу	Ескіз установки	Обладнання
<p>Токарна з ЧПК</p> <p>Установ 1</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закрити деталь 2. Точильні торці 1 відповідно до 7/4,3 мм 3. Розточити отвір 2 попередньо 4/95,7 4. Точити отвір 2 остаточно в розмір вказаний на кресленні <p>В.Зичко, деталь</p> <p>Установ 2</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закрити деталь 2. Точити торці 3 відповідно до 7/2 мм 3. Точити отвір 2 остаточно в розмір вказаний на кресленні <p>В.Зичко, деталь</p> <p>007</p>	<p>№ 1251-1</p>  <p>Токарно – револьверний верстат з ЧПК 1В34.0Ф30</p> <p>Невказані граничні відхилення розмірів отвору H4, валу h4, інших IT14/2</p>	

№ п.п	Назва операції: зміст переходу	Схема базування	Обладнання
015	<p>Фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закрити деталь 3. Центрувати поверхню 1 в площині 4 1. Фрезерувати поверхню 1 в розмір 2/4/4 4. Фрезерувати поверхню 2 в розмір вказаний на кресленні 6. Інструмент: 6 отвір 2 в розмір 2,3 см <p>В.Зичко, деталь</p>	<p>№ 1251-1</p>  <p>Невказані граничні відхилення розмірів отвору H4, валу h4, інших IT14/2</p>	<p>Вертикально – фрезерний верстат з ЧПК 6Р13Ф3</p>

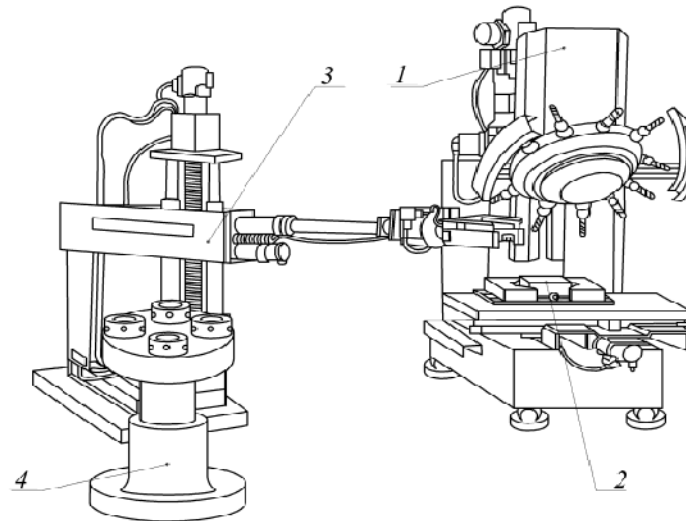
Огляд існуючих автоматизованих робочих місць для механічної обробки



Автоматизований технологічний комплекс для механічної обробки



Автоматизований технологічний комплексна базі токарного верстату 16К20Ф3



Автоматизоване робоче місце для фрезерної обробки

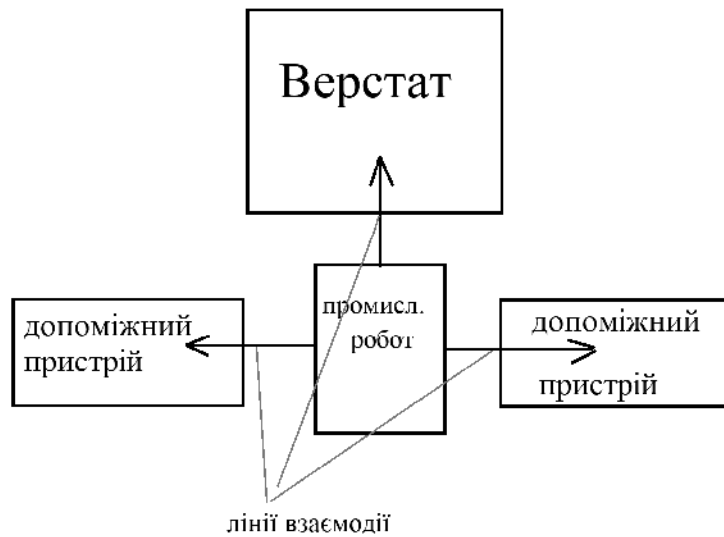


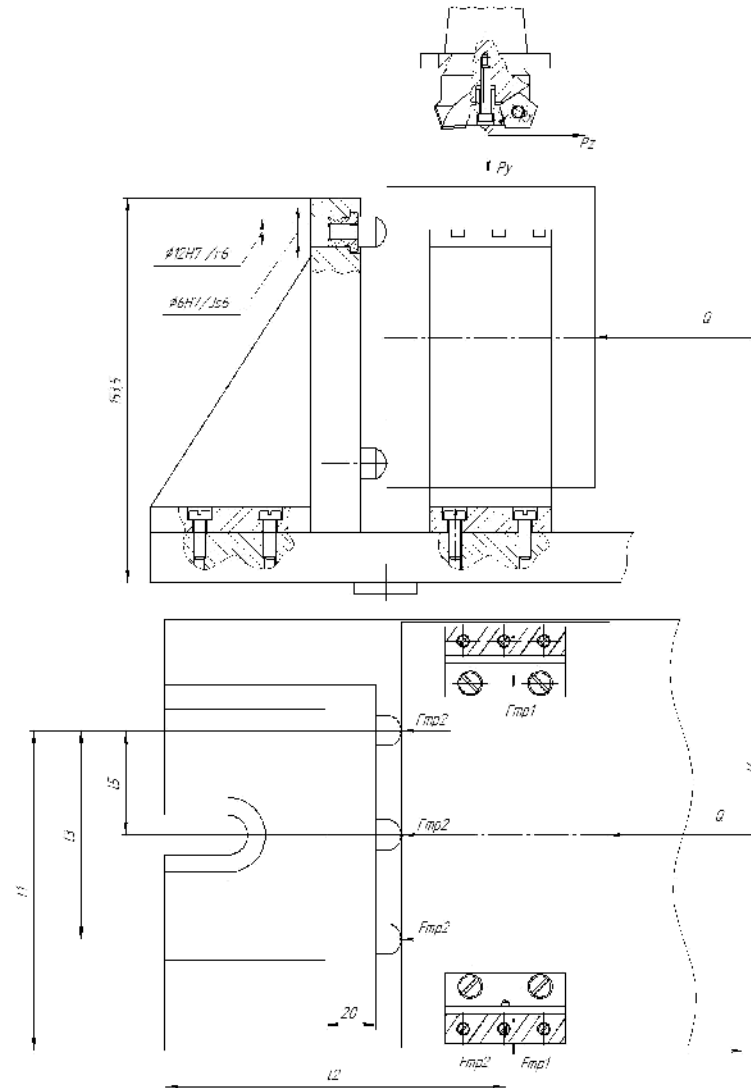
Схема автоматизованого робочого місця

Вид роботи	Технологічний елемент
Підготовка заготовки, попереднє встановлення	Оснащення для попередньої орієнтації заготовок
Захват заготовки	Промисловий робот
Установка заготовки на верстат	Промисловий робот Верстатне оснащення
Обробка заготовки на верстаті	Верстат
Зняття заготовки з верстата	Промисловий робот Верстатне оснащення
Переміщення заготовки до місця складання готових деталей	Промисловий робот
Переміщення наступної заготовки	Тактовий стіл

Алгоритм роботи автоматизованого робочого місця

Загальний алгоритм роботи автоматизованого робочого місця

Розрахункова схема визначення сили закріплення



$$P_{зх1} = (l_1 \cdot n \cdot R_1 + 3l_2 \cdot R_2)$$

$$F_1 = f_1 \cdot n \cdot Q$$

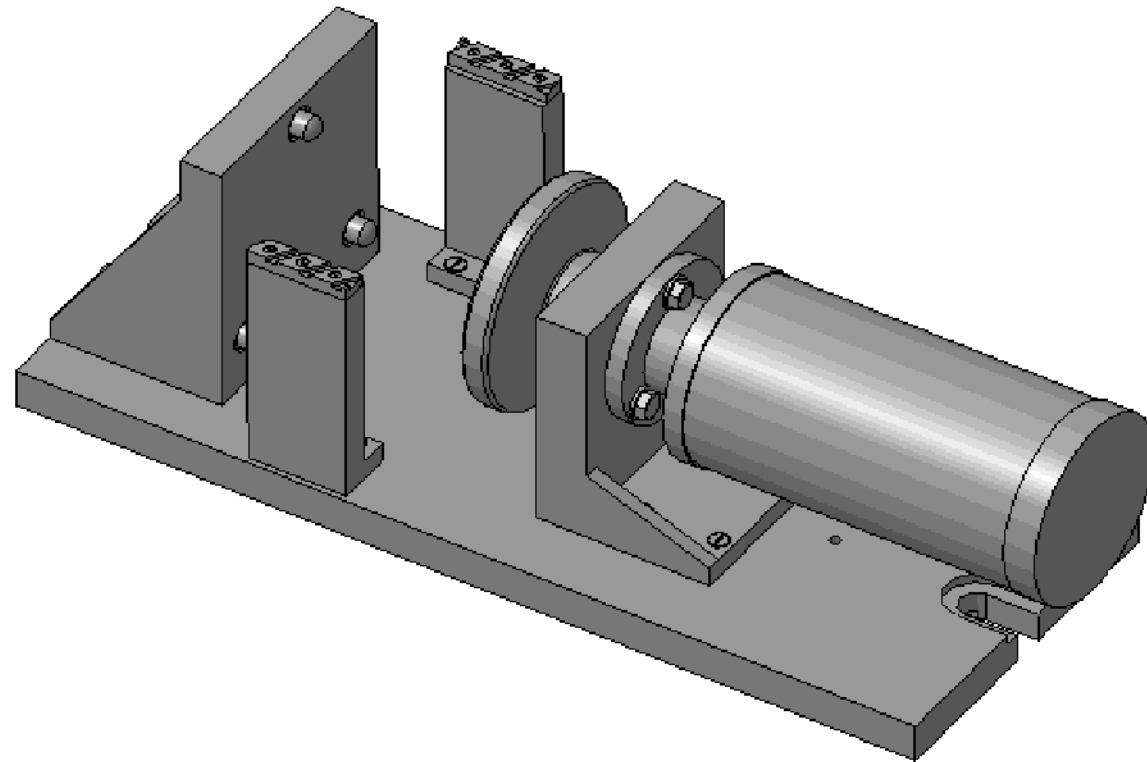
$$l_2 = l_2 \cdot n$$

$$f_1 = f_2$$

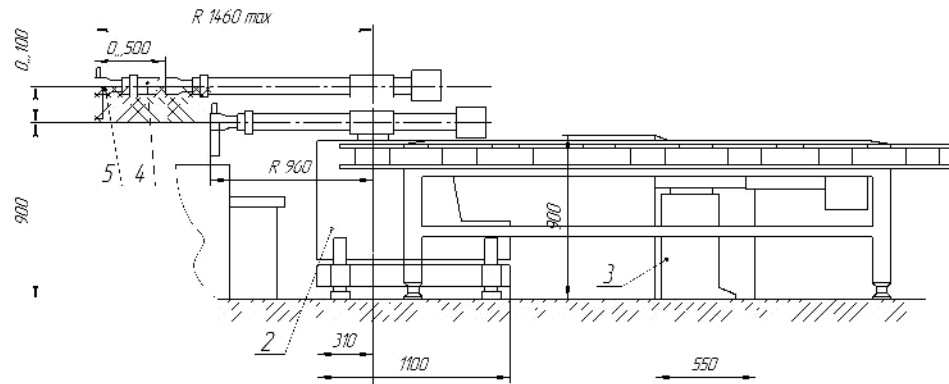
$$P_{зх1}$$

$$Q = (R_1 + 3R_2) \cdot t$$

$$Q = \frac{544,01 \cdot 0,058}{(3 \cdot 0,048 + 0,028) \cdot 0,2} = 917,22 \text{ Н}$$



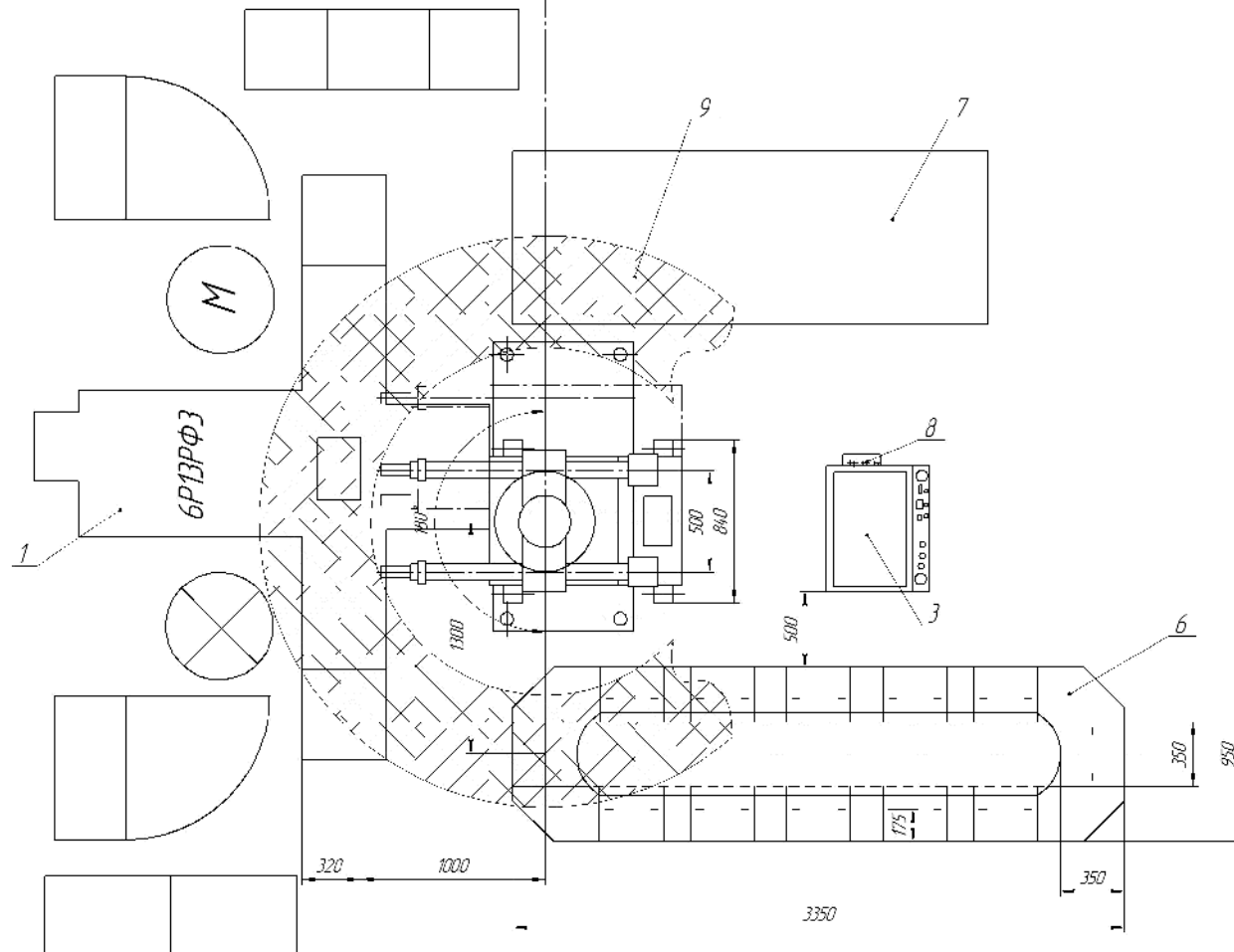
3D - Модель пристосування



1. Верстат моделі 6P13PФ3
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. Пульст
9. Робочая зона ПР

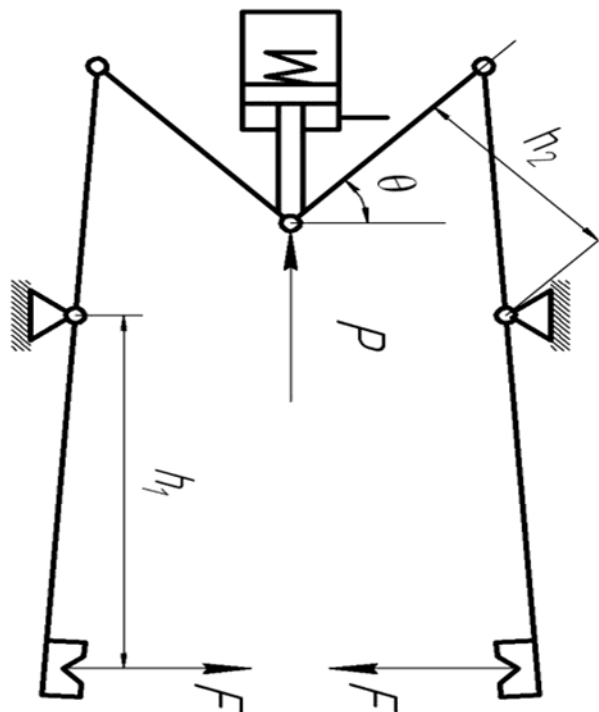
Технічні характеристики ПР

- вантажопідйомність - 10 кг;
- число ступіней рухливості - 5 або 7;
- число рук - 2;
- число хватних пристроїв на одній руці - 1;
- прилад основних рухів - пневматичний;
- система керування - циклода;
- число програмуваних координат - 6;
- засіб програмування переміщень - по упорам;
- ємність пам'яті системи, число кроків - 31;
- похибка позиціонування - $\pm 0,1$ мм;
- найбільший виліт руки - 1560 мм;
- лінійні переміщення, мм/ швидкість, м/с:
- $r = 600/1,5$;
- $z = 100/0,2$;
- $x = 400/0,5$;
- кутові переміщення, $^{\circ}$ /кутова швидкість, $^{\circ}/с$:
- $\alpha = 180/120$;
- $\varphi = 180/180$;
- габаритні розміри, мм - 860x1100x1630;
- маса, кг - 780.



Характеристика робочого місця

- 1 Циклова продуктивність, $0,007$
- 2 Коефіцієнт відносного навантаження, $K_2 0,71$
- 3 Режим роботи ПР *легкий*

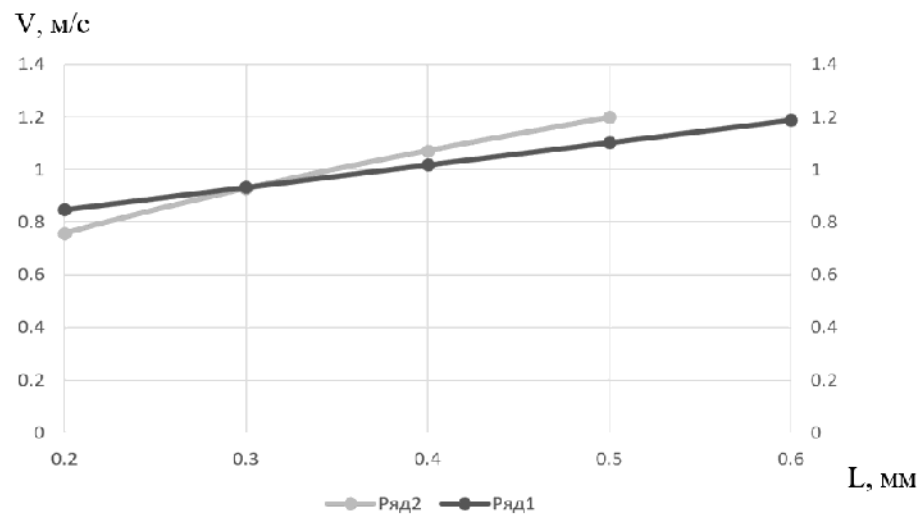


$$P = \frac{h_1}{h_2} \cdot 2 \sin \theta \cdot F$$

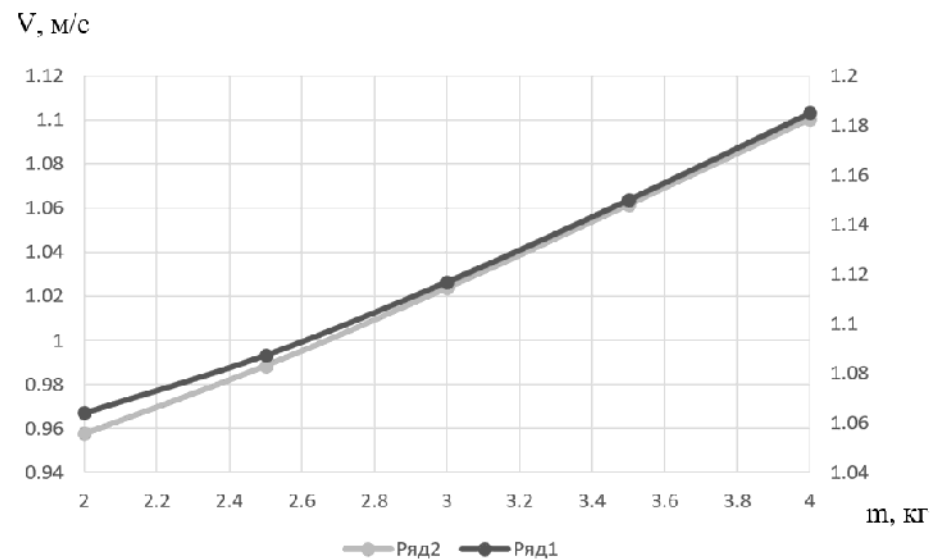
$$\frac{P}{F} = \frac{h_1}{h_2} \cdot 2 \sin \theta$$

$$P = \frac{0.080}{0.030} \cdot 2 \cdot \sin 45 \cdot 296.02 = 1116(H)$$

Схема захватного пристрою

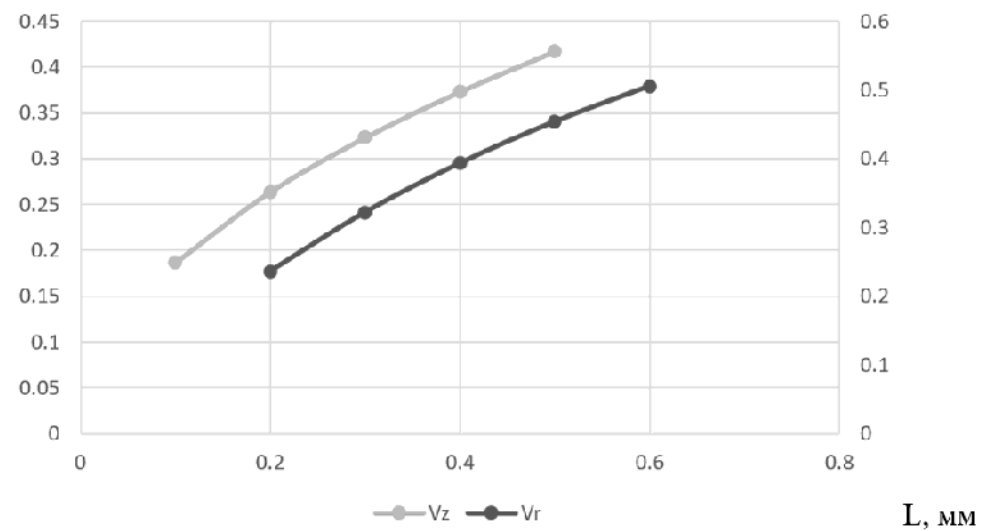


Залежність швидкості переміщення по осі X та Z від максимального вильоту



Залежність швидкості переміщення по осі X та Z від маси

$T_p, \text{ м/с}$

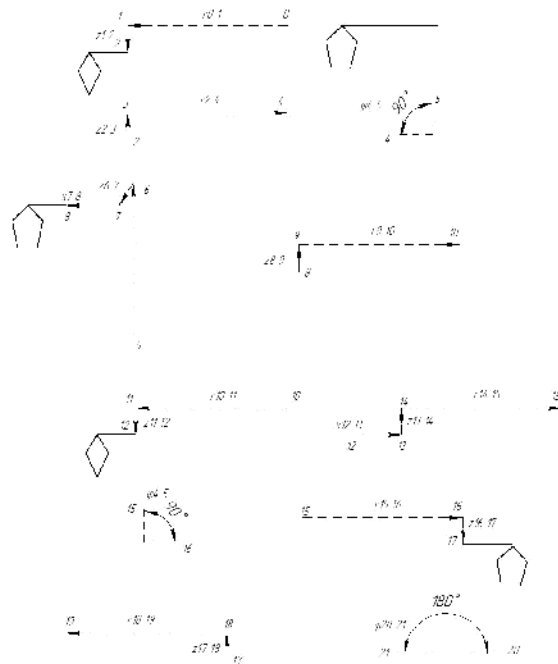


Залежність часу переміщення по осям X та Z від максимального вильоту

Циклограма функціонування та алгоритм роботи АРМ

Циклограма функціонування АРМ

Обладнання	Операції	Час, с																	
		5	10	15	20						120	125	130	135	140				
ПР	Затиск заготовки	■																	
	Установка заготовки на верстак	■	■																
	Підготовка заготовки в верстаті																		
	Підготовка заготовки до місця складання готових деталей																		
Верстат	Затиск заготовки в верстаті			■															
	Підготовка заготовки в даній операції																		
	Удалення заготовки				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Тактовий стил	Відпочинок, обслуговування																		■



Алгоритм роботи АРМ

Коментар	Вигуків переміщення, мм/град	Швидкість переміщення, м/с, °/с	Час, с	
Захват заготовки	Переміщення руки ПР вперед	500	1,19	0,42
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,2	0,5
	Затиск заготовки схватом ПР	-	-	0,2
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,2	0,5
	Переміщення руки ПР назад	500	1,19	0,42
Сума			2,04	
Чіпнийки заготовки на верстат	Наворот руки ПР за год. стрілкою	90°	50	1,8
	Переміщення руки ПР вперед	500	1,19	0,42
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,2	0,5
Сума	Розтиск схвату ПР			0,2
	Переміщення руки ПР вперед	100	0,2	0,5
	Переміщення руки ПР назад	500	1,19	0,42
Сума			3,84	
Верстат	Затиск заготовки на верстатному пристосуванні	-	-	3
	Обробка заготовки			105,36
Змінити заготовку з верстата	Розтискання заготовки на верстатному пристосуванні			3
	Переміщення руки ПР вперед	500	1,19	0,42
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,2	0,5
Сума	Затиск заготовки схватом ПР			0,2
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,2	0,5
	Переміщення руки ПР назад	500	1,19	0,42
Сума			2,04	
Переміщення заготовки до місця складання готових деталей	Наворот руки ПР за год. стрілкою	40°	50	1,8
	Переміщення руки ПР вперед	500	1,19	0,42
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,2	0,5
	Розтиск схвату ПР	-	-	0,2
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,2	0,5
Сума	Переміщення руки ПР назад	500	1,19	0,42
	Наворот руки ПР проти год. стрілки	180°	50	3,6
	Сума			7,44
Тижнівний стил	Переміщення на одну позицію			2,5

ВИСНОВКИ

1. Проведено огляд засобів автоматизації, які застосовуються на сучасному виробництві.
2. Встановлено, що застосування промислових роботів є раціональним рішенням для автоматизації робочих місць механічної обробки.
3. У технологічних комплексах, зазвичай робот виконує функції допоміжного характеру.
4. Проаналізовано існуючий технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Корпус».
5. На основі аналізу для автоматизації обрано 005 операцію, оскільки вона має значний відсоток допоміжного часу і менші вимоги щодо точності базування заготовки.
6. Розроблено алгоритм роботи автоматизованого робочого місця, який в подальшому буде використано для розробки операцій елементів АРМ та його характеристик.
7. Проаналізовано особливості установки деталі на верстаті при застосуванні промислового робота.
8. Спроековано технологічне оснащення з пневматичним приводом.
9. Обрано схему захватного пристрою для роботи деталлю «Корпус».
10. Розраховані часові витрати та досліджено залежності швидкісних та часових характеристик роботи від особливостей маніпулятора та маси вантажу, яким він оперує.
11. Розроблено рекомендації щодо налаштувань маніпулятора промислового робота для отримання відповідних часових та швидкісних характеристик.
12. Визначені параметри роботи робочого місця.
13. 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.
14. 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.
15. Проведено аналіз умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.
16. Знайдено допустимі горизонтальну та вертикальну складові напруженості електромагнітного поля, при яких коефіцієнт безпеки знаходиться в межах допустимого, тобто забезпечується безпечна робота ПЕС обладнання механічної обробки заготовки деталі "Корпус" в умовах дії електромагнітних випромінювань.

ДОДАТОК Б

СПЕЦИФІКАЦІЯ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примеч.				<u>Документація</u>		
	A1		МКР.08-64.002.01.000 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
	A2	1	МКР.08-64.002.02.000 СК	Пневмоциліндр		
				<u>Деталі</u>		1
	A3	2	МКР.08-64.002.01.001	Карпус		1
	A4	3	МКР.08-64.002.01.006	Шайба		2
	A4	4	МКР.08-64.002.01.003	Кранштейн		1
	A4	5	МКР.08-64.002.01.004	Втулка		1
	A4	6	МКР.08-64.002.01.005	Опора		1
Справ. №				<u>Стандартні вироби</u>		
		10		Болт М12 х 20 ГОСТ 15589-70		1
		11		Втулка 7030-0125 ГОСТ 12214-66		4
		12		Гайка М6 ГОСТ 15526-70		4
		13		Гайка М4 ГОСТ 5915-70		1
		14		Гвинт М5 х 18 ГОСТ 1491-80		8
		15		Гвинт М4 х 32 ГОСТ 1491-80		1
		16		П'ята 7007-0039 ГОСТ 13437-68		4
		17		Опора 7034-0276 ГОСТ 13440-68		4
		18		Шайба 6 Н ГОСТ 6402-70		4
Повн. и дата						
Повн. и дата						
Взам. инв. №						
Инв. № дубл.						
Инв. инв. №						
Инв. № подл.						
				МКР.08-64.002.01.000 СП		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Габрилек В.О.			08.12.23	Лит.	Лист
Проб.	Лозинський Д.О.			08.12.23		1
				Верстатне пристосування		
				(Складальне креслення)		
Нконтр.	Сердюк О.В.			11.12.23	ВНТУ	
Утв.	Козлов Л.Г.			11.12.23	ст. гр. 2ПМ-22м	

