

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))

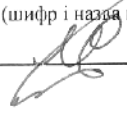
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

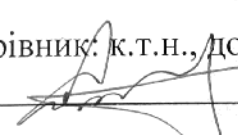
на тему:

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

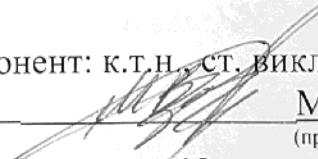
МКР.08-64.005.00.000.ПЗ

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


Гончарук М.К.
(прізвище та ініціали)

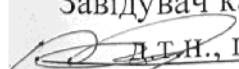
Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

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.

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

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

Гончаруку Максиму Костянтиновичу .

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. Автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Шестерня"
керівник роботи Лозінський Дмитро Олександрович, к.т.н., доцент
затверджені наказом вищого навчального закладу від 18.09.2023 року № 274
2. Строк подання студентом роботи 15 грудня 2023 року
3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Шестерня», маршрут механічної обробки заготовки деталі «Шестерня», тип виробництва серійний
4. Зміст текстової частини: 1 Огляд методів та засобів автоматизації виробництв. 2 Розробка схеми автоматизованого робочого місця механічної обробки деталі Шестерня та алгоритму його роботи. 3 Автоматизація елементів виробництва. 4 Економічна частина. 5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях
5. Перелік ілюстративного матеріалу
мета та задачі роботи; креслення деталі, маршрут механічної обробки, 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

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

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

Гончаруку Максиму Костянтиновичу .

(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи. Автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Шестерня"
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 «Шестерня», маршрут механічної обробки заготовки деталі «Шестерня», тип виробництва серійний
- Зміст текстової частини: 1 Огляд методів та засобів автоматизації виробництв. 2 Розробка схеми автоматизованого робочого місця механічної обробки деталі Шестерня та алгоритму його роботи. 3 Автоматизація елементів виробництва. 4 Економічна частина. 5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях
- Перелік ілюстративного матеріалу
мета та задачі роботи; креслення деталі, маршрут механічної обробки, 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

АНОТАЦІЯ

Гончарук М.К. Автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Шестерня". Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – прикладна механіка. Вінниця ВНТУ, 2023, 93с.

На укр. мові. Бібліограф.: 31 назв; рис. 25; табл. 22.

У магістерській кваліфікаційній роботі представлено матеріали присвячені автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Шестерня".

В роботі проведено огляд методів та засобів автоматизації технологічних дільниць та робочих місць. На базі отриманих результатів аналізу запропоновано принципову схему автоматизованого робочого місця та алгоритм його роботи.

Розроблено конструкцію верстатного оснащення для верстату з ЧПК, визначено його характеристики. Досліджено вплив конструктивних параметрів промислового робота на його роботу у розробленому робочому місці.

В роботі розраховано комерційний потенціал дослідження, кошторис капітальних витрат на модернізацію, а також виконано оцінку економічної ефективності інноваційного рішення. Також розглянуті питання охорони праці, безпеки життєдіяльності та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

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

ABSTRACT

Honcharuk M.K. Automation of the workplace for the technological process of mechanical machining of the "Gear" workpiece. Master's qualification thesis on specialty 131 - applied mechanics. Vinnytsia VNTU, 2023, 93p.

In Ukrainian speech Bibliography: 31 titles; Fig. 25; table 22.

The master's qualification thesis presents materials dedicated to the automation of the workplace in the technological process of machining the workpiece "Gear." The thesis includes a review of methods and means of automation for technological areas and workplaces. Based on the results of the analysis, a conceptual scheme of the automated workplace and its operating algorithm is proposed.

A design of machine equipment for a CNC machine has been developed, and its characteristics have been determined. The impact of the design parameters of the industrial robot on its performance in the developed workplace has been investigated.

The thesis calculates the commercial potential of the research, estimates the budget for modernization, and performs an assessment of the economic efficiency of the innovative solution. Additionally, issues of labor protection, life safety, and safety in emergency situations are discussed in the thesis.

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

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВ.....	9
1.1 Огляд існуючих методів та засобів автоматизації виробництва	9
1.2 Висновки до розділу	13
2 РОЗРОБКА СХЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ШЕСТЕРНЯ НА СВЕРДЛИЛЬНІЙ ОПЕРАЦІЇ З ЧПК ТА АЛГОРИТМУ ЙОГО РОБОТИ.....	14
2.1 Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі та конструктивних особливостей виробу	14
2.2 Принципова схема автоматизованого робочого місця.....	14
2.3 Алгоритм роботи автоматизованого робочого місця механічної обробки деталі Шестерня на свердлильній операції з ЧПК.....	15
2.4 Висновки до розділу	16
3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВИРОБНИЦТВА	17
3.1 Вибір основного обладнання.....	17
3.2 Розробка компонування верстатного пристосування.....	23
3.3 Вибір промислового робота (ПР) для АРМ.....	32
3.4 Проектування (вибір) захватного пристрою	32
3.5 Аналіз точності позиціювання деталі.....	36
3.6 Побудова та розрахунок траєкторії руху елементів ПР.....	37
3.7 Вибір допоміжного устаткування для АРМ.....	40
3.8 Аналіз можливих варіантів компоновок АРМ.....	40
3.9 Розрахунок швидкостей переміщення заготовки.....	42
3.10 Дослідження характеристик роботи промислового робота у складі АРМ	44
3.11 Розробка циклограми функціонування АРМ.....	45
3.12 Визначення основних показників АРМ.....	48

	5
3.13 Висновки до розділу.....	50
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	51
4.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи.....	51
4.2 Оцінювання комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки.....	53
4.3 Прогноз попиту на інноваційне рішення.....	56
4.4 Вибір каналів збуту та післяпродажного обслуговування.....	56
4.5 Виявлення основних конкурентів.....	56
4.6 Обрання методу ціноутворення.....	57
4.7 Оцінка рівня якості інноваційного рішення.....	57
4.8 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення.....	59
4.9 Прогнозування витрат на виконання роботи.....	60
4.10 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	67
4.11 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	69
4.12 Висновки до розділу.....	72
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	73
5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання робіт.....	74
5.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	764
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження області працездатності РЕС засобів автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Шестерня" в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.....	82
Висновки.....	86
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	88
ДОДАТКИ.....	92
Додаток А. Ілюстративна частина.....	93
Додаток Б. Специфікація.....	105
Додаток В Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	107

ВСТУП

Розвиток виробництва має чітку тенденцію до впровадження нових, високопродуктивних методів та засобів обробки, скорочення непродуктивних витрат часу і ресурсів, тощо.

Невід'ємною частиною такого розвитку є впровадження елементів механізації автоматизації для досягнення кращих показників продуктивності та точності виготовлення продукції [1, 2].

На сьогодні застосування нових автоматизованих одиниць та комплексів є досить складним завданням, яке потребує значних капіталовкладень та витрат часу і зазвичай такий спосіб є актуальним при створенні нових виробничих ланок чи підприємств. Модернізація та удосконалення вже існуючих об'єктів виробництва є більш розповсюдженою задачею.

Актуальність теми.

Покращення продуктивності роботи, які виконується на виробництві досить поширена задача і є однією з основним проблем, яка вирішується на виробництві є покращення ефективності організації та виконання допоміжних операцій.

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

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

Впровадження даних засобів для ланок виробництва з погіршеними параметрами стосовно витрат допоміжного часу є актуальною задачею, оскільки дозволяє зменшити непродуктивні витрати часу та забезпечити стабільність

продуктивності завдяки застосування автоматизованих роботизованих компонентів та комплексів.

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 розробка автоматизованого робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Шестерня".

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати такі завдання:

- виконати огляд відомих методів та засобів автоматизації технологічного виробництва;
- запропонувати принципову схему автоматизованого робочого місця;
- розробити 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 "Шестерня".

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

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 за рахунок врахування емпіричних формульних залежностей виконання основних рухів промислового робота від його конструктивних параметрів.

Практичне значення одержаних результатів:

1. Розроблено автоматизоване верстатне оснащення для свердлильної операції з ЧПК..

2. Розроблено компоновку автоматизованого робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Шестерня".

3. Розраховано часові витрати та побудовано циклограму функціонування автоматизованого робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Шестерня".

4. Сформульовано практичні рекомендації щодо вибору конструктивних параметрів промислового робота для покращення 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 [19].

1 ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВ

1.1 Огляд існуючих методів та засобів автоматизації виробництва

Постійний розвиток та вдосконалення виробництва стимулює залучення нових технологій та покращення рівня вже існуючих.

Високі темпи виробництва, наявність багатоповторювальних операцій, операцій які мають небезпечні фактори вплив, саме ці суттєво стимулюють застосування механізованих, автоматизованих та роботизованих елементів на виробництві [1, 2].

Наразі автоматизація виробництва – один з головних напрямів науково-технічного прогресу на виробництві і саме завдяки впровадженню автоматизації можна досягти значних позитивних досягнень в продуктивності на виробництві [3].

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



Рисунок 1.1 – Застосування автоматизації на виробництві

В багатьох випадках елементи автоматизації можуть виконувати технологічні задачі, як наприклад зварювальні роботи на виробництві (рис. 1.2).

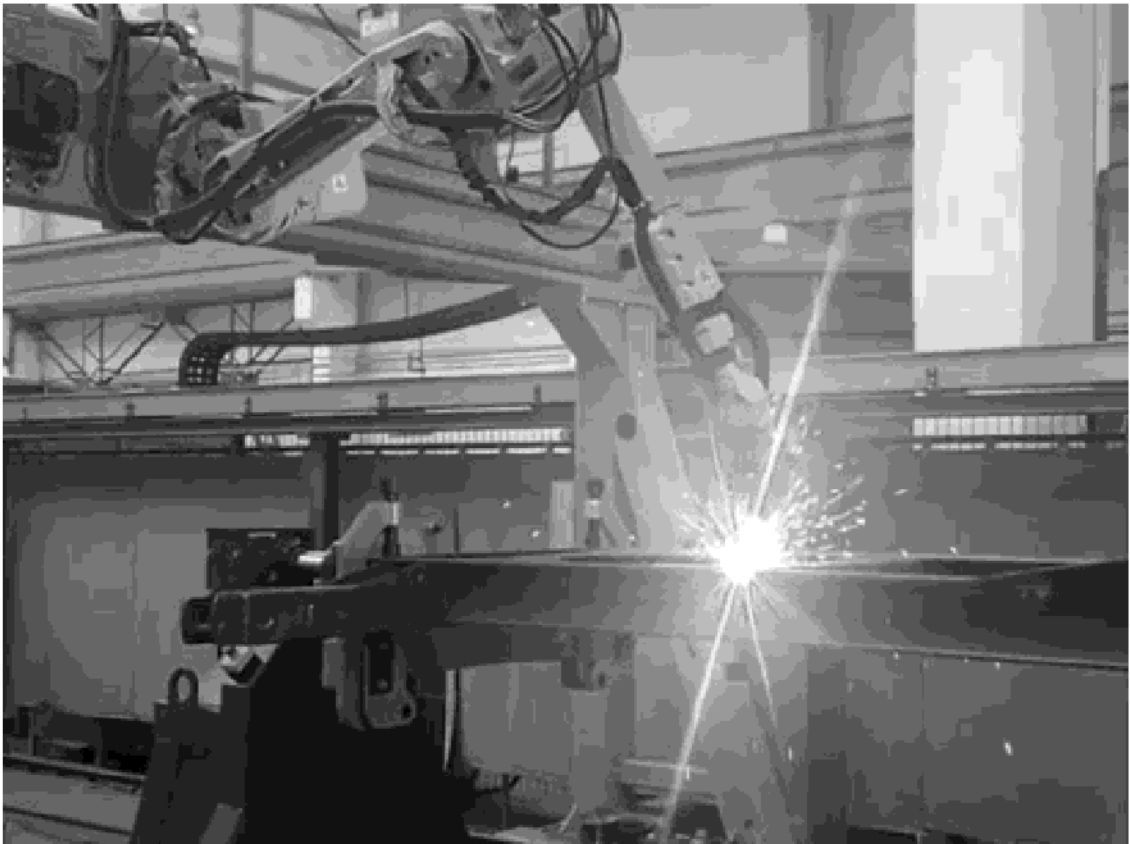


Рисунок 1.2 – Автоматизований комплекс для виконання зварювальних операцій

Авторами робіт [3, 4] проведені дослідження перспектив впровадження роботизованих елементів для виконання задач виробництва.

В роботі [3] наведено приклад роботизованого технологічного комплексу для токарної обробки деталей, які є тілами обертання (рис. 1.3).

Комплекс сформовано на базі токарного верстата з числовим програмним керуванням моделі 16K20Ф3 та промислового робота моделі "Електроніка НЦ-ТМ". Особливістю даного комплексу є наявність двох захватних елементів у робота та його розміщення на передній бабці верстата.

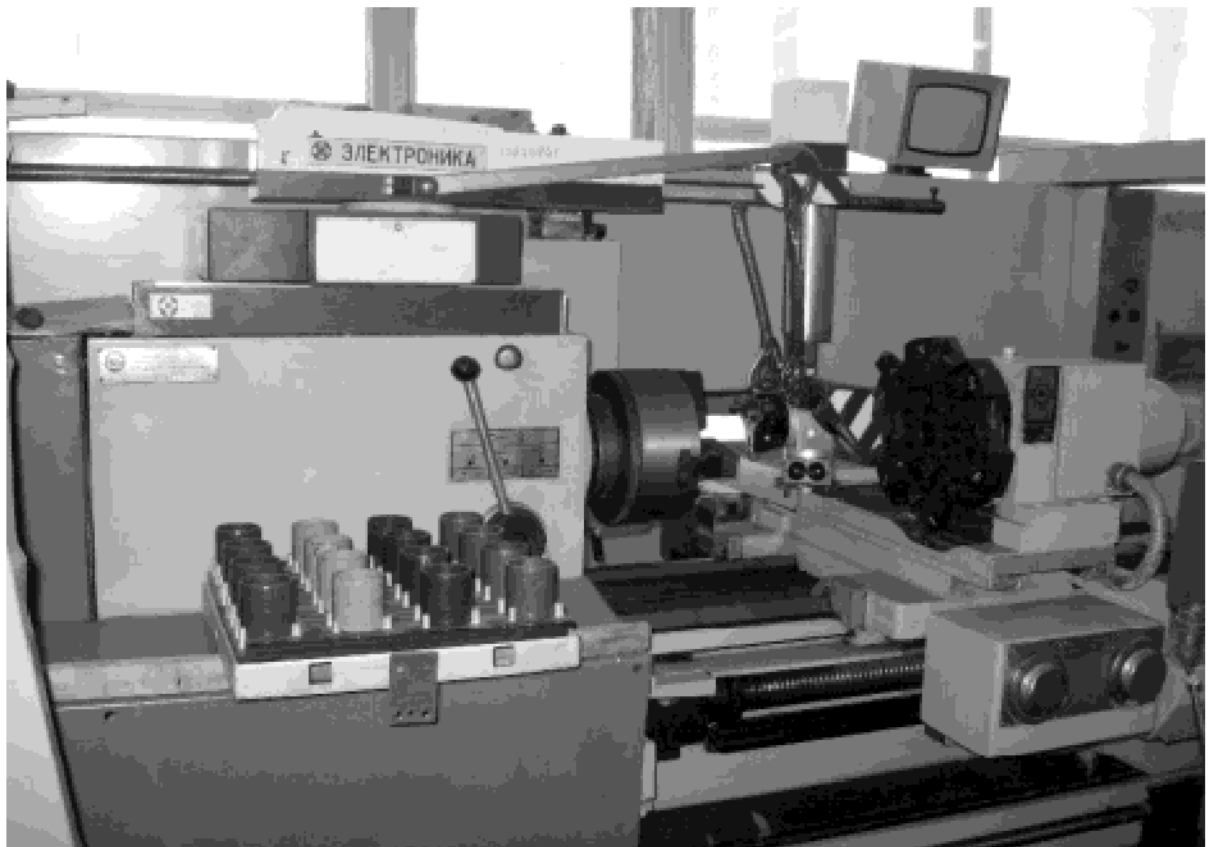


Рисунок 1.3- Роботизований комплекс для виконання токарної обробки

Наявність двозахватного захватного пристрою дозволяє змінювати утримувані елементи, що дає можливість працювати з декількома заготовками та змінювати їх в процесі роботи АРМ. Застосування промислового робота дає забезпечує автоматизацію завантаження та розвантаження заготовок та деталей в тому числі і для виконання операцій перестановки.

В певних компоновках в роботизованих технологічних комплексах може бути застосовано декілька одиниць технологічного обладнання. Приклад такого комплексу представленого в роботі [3, 4] наведено на рис. 1.4.

Роботизований комплекс призначений для токарної обробки деталей типу зубчастих коліс. Основними складовими частинами комплексу є два токарних верстати з числовим програмним керуванням моделі SE062.10 та промисловий робот моделі “Fanuk-1”.

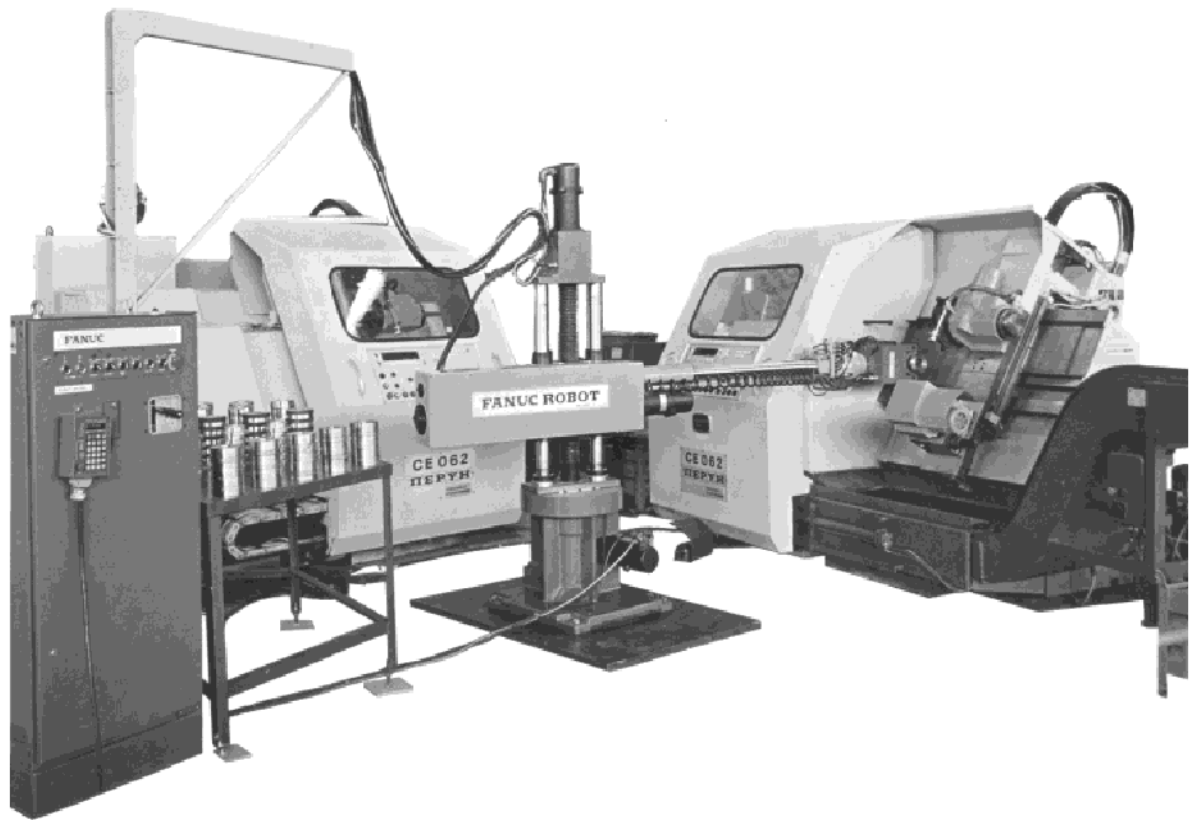


Рисунок 1.4- Роботизований комплекс для виконання на базі двох одиниць технологічного обладнання

Особливістю даного комплексу є те, що промисловий робот обслуговує одночасно два верстати, що суттєво підвищує його продуктивність, а також зменшує вартість самого комплексу. Оснащення робота двозахватним пристроєм дозволяє маніпулювати декількома виробами одночасно, що покращує його функціональні можливості.

Роботизований комплекс для виконання фрезерно-свердлильних операцій [3] представлений на рис. 1.5. До складу комплексу входить свердлильний верстат з числовим програмним керуванням моделі 2Н135Ф2 та промисловий робот типу ПР-10. Особливістю даного комплексу є застосування робота, що має дві руки. Це забезпечує збільшення функціональних особливостей щодо виконання допоміжних операцій роботом та дозволяє зменшувати кількість маніпуляцій, які

необхідні для обслуговування комплексу за рахунок застосування одночасної роботи двох маніпуляторів.

Для подачі заготовок та приймання оброблених виробів застосовані конвеєри.

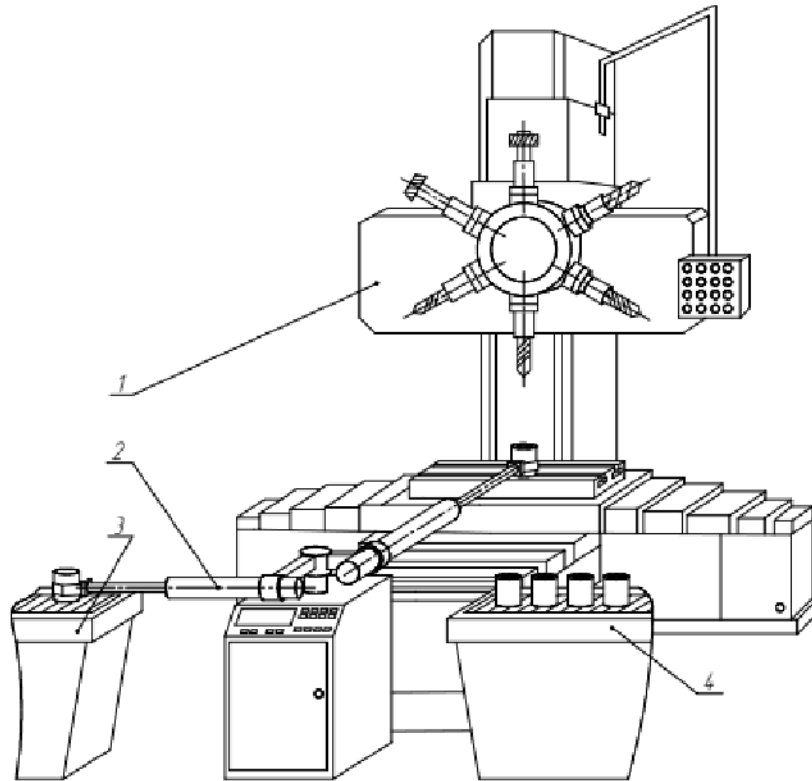


Рисунок 1.5 - Роботизований комплекс для свердильно-фрезерної обробки

1.2 Висновки до розділу

На основі огляду типових засобів автоматизації можна виділити основні методики за засоби для автоматизації виробництва.

До основних можна виділити засоби первинної автоматизації, такі як автоматизація оснащення, автоматизація розвантажувальних та завантажувальних операцій.

2 РОЗРОБКА СХЕМИ АВТОМАТИВАНОВОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ШЕСТЕРНЯ НА СВЕРДЛИЛЬНІЙ ОПЕРАЦІЇ З ЧПК ТА АЛГОРИТМУ ЙОГО РОБОТИ

2.1 Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі та конструктивних особливостей виробу

Технологічний процес механічної обробки складається з 5 технологічних операцій. Впровадження автоматизації повинно забезпечити покращення певних характеристик технологічної обробки, тому найбільш доцільним для впровадження елементів автоматизації є операції чи процеси зі значними непродуктивними витратами. До непродуктивних витрат можна віднести значні витрати на установку та зняття заготовок, переустановка заготовок, непродуктивні варіанти технологічної обробки.

Проаналізувавши маршрут обробки можна визначити, що операція 015 має невелику кількість переходів і при цьому тривалість обробки порівняно не велика. Проте дана операція потребує витрат часу на установку та закріплення

Саме тому в технологічному процесі операція 015 взята за основу для впровадження автоматизації.

Робоче місце планується оснастити промисловим роботом, який виконуватиме допоміжні дії та обслуговуватиме технологічне обладнання.

2.2 Принципова схема автоматизованого робочого місця

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

В маршруті для виконання операції 015 буде використовуватись одне технологічне обладнання, тому на основі аналізу проведеного в розділі 1 доцільним є застосування кільцевої компоновки роботизованого комплексу (рис.

2.1). Це дозволить виконати компоновку елементів застосовуючи менше спеціалізованого обладнання. Для обслуговування усіх складових комплексу можна застосувати один промисловий робот з циліндричною чи ангулярною системою координат.

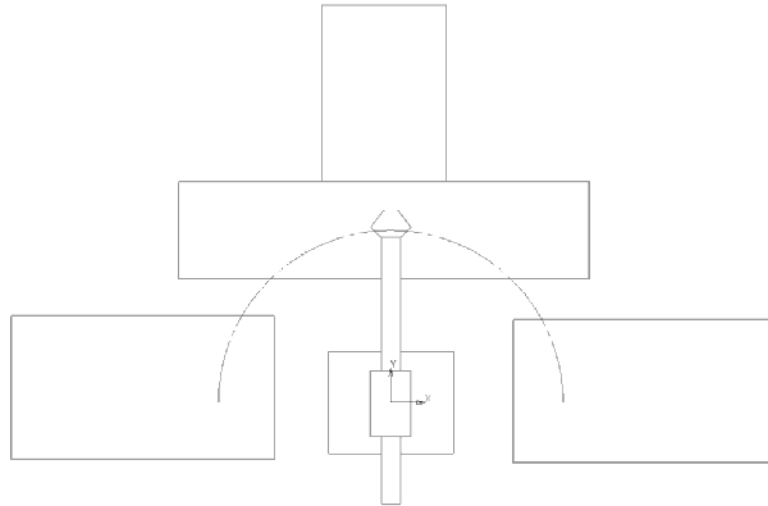


Рисунок 2.1 – Схема автоматизованого робочого місця

2.3 Алгоритм роботи автоматизованого робочого місця механічної обробки деталі Шестерня на свердлильній операції з ЧПК

Таблиця 2.1 - Алгоритм роботи автоматизованого робочого місця

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

Робота автоматизованого робочого місця має бути циклічною протягом певного часу (зазвичай зміна або декілька робочих змін), тому відповідно до таблиці 2.1 кроки, які будуть виконуватись будуть наступні:

$$1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 1;$$

2.4 Висновки до розділу

1. Виконано аналіз маршруту механічної обробки та визначено, що операція 015 може бути автоматизована.
2. Як схему організації компоновки обрано кільцеву, що дозволить використовувати один промисловий робот для обслуговування усіх компонентів комплексу.
3. Розроблено загальний алгоритм роботи автоматизованого робочого місця

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВИРОБНИЦТВА

3.1 Вибір основного обладнання

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

Відповідно до маршруту обробки для обробки деталі «Шестерня» на 015 операції використовується вертикально-свердлильний верстат з ЧПК моделі 2P135Ф2. Технологічні характеристики верстату є такими, які повністю відповідають вимогам до показників якості та точності тих поверхонь, які обробляються на даній операції. Верстат оснащений шестишпindelною револьверною голівкою з 6 інструментами.

Основні характеристики обладнання:

- найбільший діаметр свердління 35 мм;
- найбільша відстань від торця шпинделя до поверхні стола 600мм,
- виліт шпинделя 450мм,
 - поздовжнє переміщення столу по вісі X - 630мм,
 - поперечне переміщення столу по вісі Y - 360мм,
 - вертикальне переміщення по вісі Z - 560мм,
 - частоти обертання шпинделя 45..2000 об / хв,
 - швидкість прискореного переміщення шпindelної бабки – 4000 мм/хв,
 - робоча подача 10..500 мм/хв,
 - розміри робочої поверхні стола 400 x 710 мм,
 - габарити верстата 1800 x 2170 x 2700 мм.

3.1.2 Розробка алгоритму виконання операцій

Загальна послідовність виконання переходів відповідає маршруту механічної обробки, більш докладний алгоритм враховує особливості роботи обладнання з числовим програмним керуванням, а також шляхи руху інструментів для виконання основних та допоміжних переходів. Приклад графічного зображення послідовності ходів на для операції центрування представлено рис. 2.1. (решта вноситься на плакати).

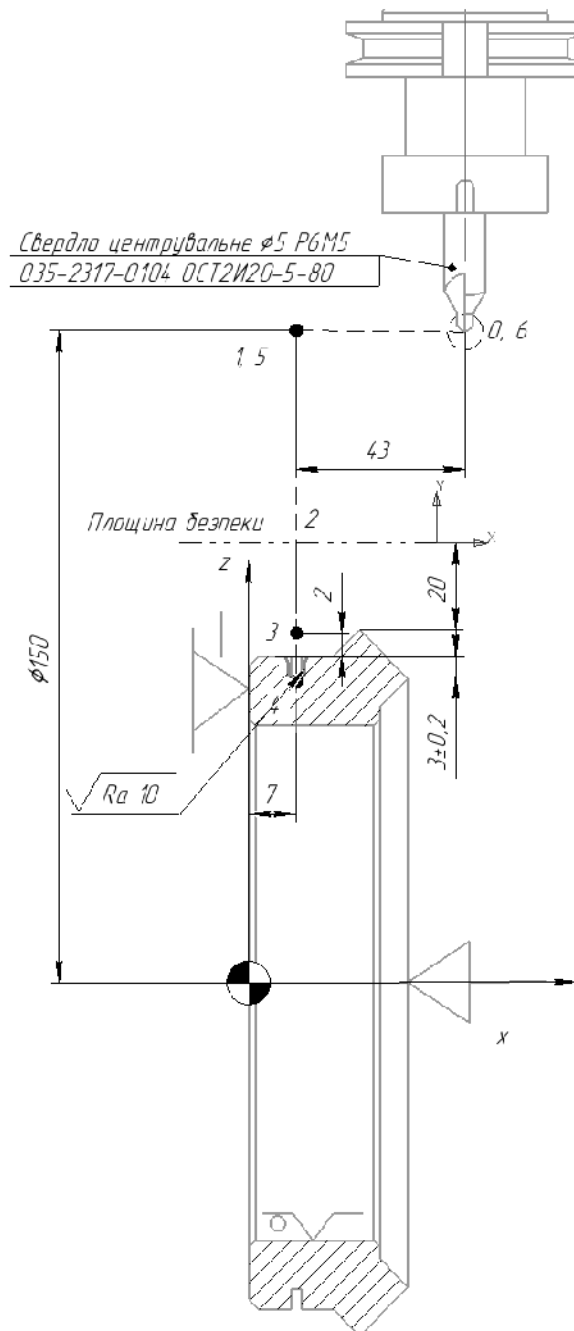


Рисунок 3.1 –Послідовність виконання переходів на операції

Визначимо параметри роботи основного обладнання врахувавши режими обробки (табл. 3.1) [9].

Таблиця 3.1 – Режими різання

Операція 015 Вертикально-свердлильна з ЧПК						
технологічні переходи і робочі ходи	d , мм	t мм	s , м/об	v , м/хв	n , об/хв	L , мм
1 перехід Центрувати отвір 9	5	2,5	0,15	31,4	2000	5
2 перехід Свердлити отвір 9	6,9	3,45	0,15	29,4	1400	15
3 перехід Зенкувати фаску 10	7,5	1	0,5	21,6	810	4
4 перехід Нарізати різь	8	0,55	1,25	12,5	500	15

Розрахуємо час переміщення інструмента по вибраній траєкторії

$$t_{оп} = t_{TP} = \sum_{i=1}^n t_{P.X.} + \sum_{j=1}^m t_{X.X.}, [XB] \quad (3.1)$$

де $t_{p.x.}$ – час виконання робочого ходу траєкторії;

n – кількість робочих ходів;

$t_{x.x.}$ – час виконання холостого ходу траєкторії;

m – кількість холостих ходів;

Основний час визначимо за наступною формулою для усіх переходів:

$$t_{p.x.} = \frac{2 \cdot L_{p.x.}}{S_{x6}} [XB] \quad (3.2)$$

де $L_{p.x.}$ – довжина траєкторії робочого ходу, мм;

$S_{xv.x.}$ – хвилинна подача швидких переміщень, мм/хв.

$$t_{p.x.} = \frac{2 \cdot 5}{240} + \frac{2 \cdot 15}{192} + \frac{2 \cdot 4}{400} + \frac{2 \cdot 15 \cdot 4}{400} = 0,52(\text{хв}).$$

Визначаємо довжину різання

Час холостих ходів визначимо за наступною формулою для усіх переходів:

$$t_{x.x.} = \frac{L_{x.x.}}{S_{м.б.}}, [\text{хв}] \quad (3.3)$$

де $L_{x.x.}$ – довжина траєкторії холостого ходу, мм;

$S_{xv.x.}$ – хвилинна подача швидких переміщень, мм/хв.

$$t_{x.x.1} = t_{x.x.2} = \frac{930}{4000} = 0,23(\text{хв}).$$

Врахувавши час автоматичної зміни інструмента – (9 с) 0,15 хв, визначимо час, який необхідний для зміни усіх інструментів:

$$t_{зМ} = t \cdot i, [\text{хв}] \quad (3.4)$$

де t – час зміни одного інструмента, хв;

i – кількість використаних інструментів на даній операції.

$$t_{зМ} = 0,15 \cdot 4 = 0,6 (\text{хв}).$$

Витрати часу на спрацювання верстатного оснащення – 0,05 хв.

$$t_{\text{с.}} = \sum_{j=1}^m t_{X.X.} = t_{X.X.} + t_{\text{зм}} + t_3 + t_p, \text{ [хв]} \quad (3.5)$$

де $t_{\text{зм}}$ - час зміни інструменту;

t_3 - час затиску заготовки в пристосуванні;

$t_{\text{роз}}$ - час розтиску заготовки в пристосуванні;

$$\sum_{j=1}^m t_{X.X.} = 0,23 + 0,6 + 0,05 + 0,05 = 0,93(\text{хв}),$$

$$t_{\text{OH}} = t_{\text{TP}} = 0,52 + 0,93 = 1,45(\text{хв}).$$

3.1.3 Розробка керуючої програми для виготовлення деталі на верстаті з ЧПК
САМ-системи – це програмне забезпечення для програмування верстатів з
числовим програмним керування.

Порядок створення програми для верстата з ЧПК

В сучасних програмних продуктах першим етапом потрібно є створення
тривимірних моделей виробу, який необхідно отримати (рис. 3.2)

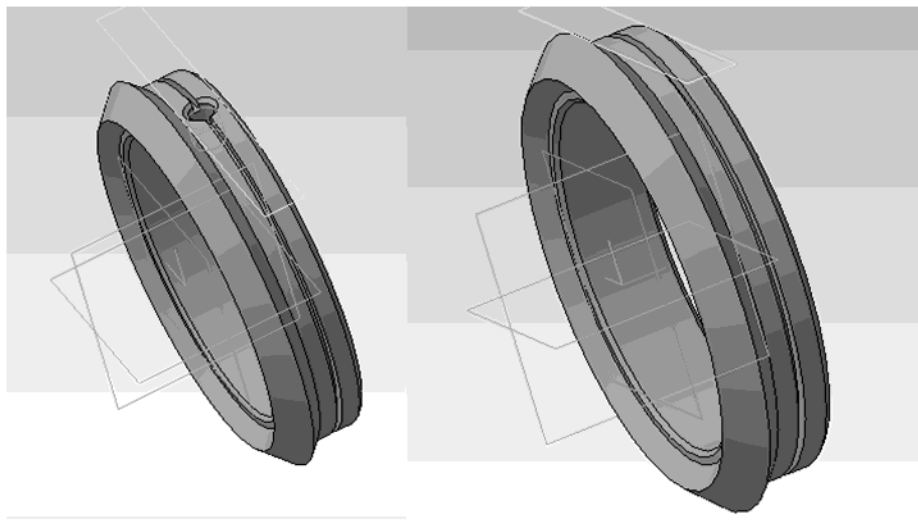


Рисунок 3.2– 3D модель деталь і заготовки

Наступним кроком є задання відповідних «початкових» даних: вказання площини безпеки, вихідних позицій. Далі потрібно обрати відповідне інструментальне забезпечення та вказати технологічні параметри обробки (рис. 3.3)

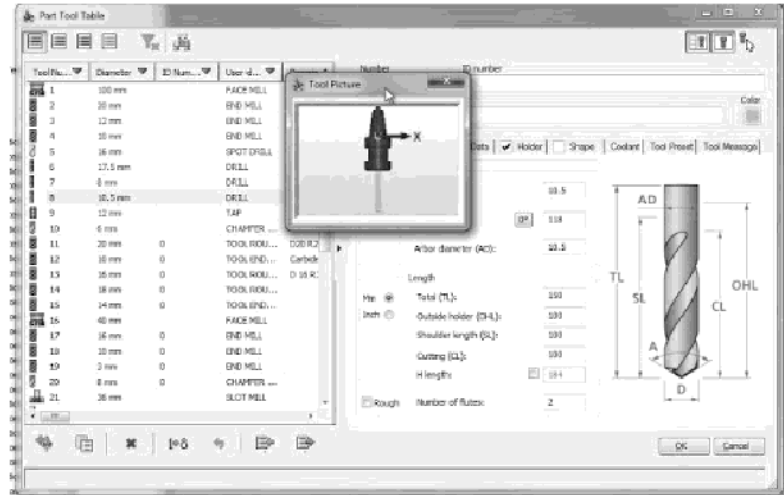


Рисунок 3.3 – Створення інструментальної бази

Після завершення введення усіх необхідних даних потрібно розрахувати траєкторії руху (рис. 3.4).

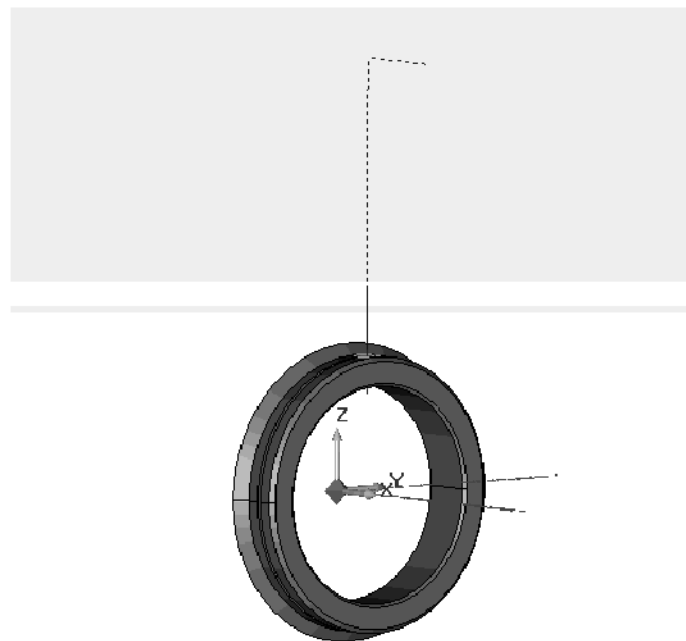


Рисунок 3.4 – Траєкторія руху

В програмі можна також зробити імітацію обробки, це дозволяє визначити недоліки програмування на ранніх етапах та при необхідності їх виправити (рис. 3.5)

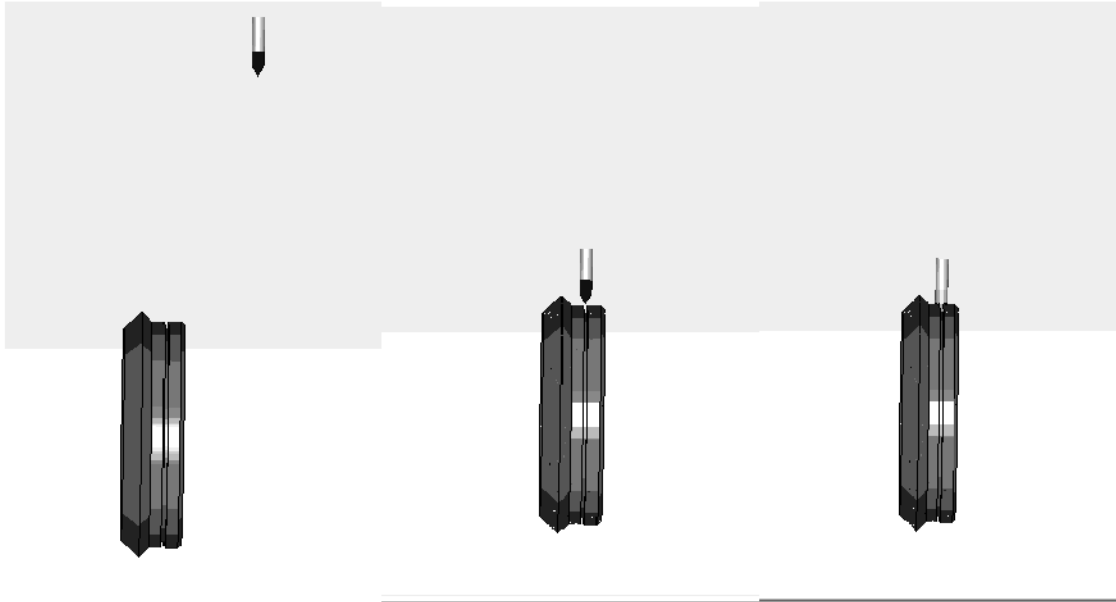


Рисунок 3.5 – Моделювання операції

3.2 Розробка конструювання верстатного пристосування

Верстатне оснащення забезпечує полегшення процесу установки та зняття деталей. Для установки на верстаті в пристосування мають бути наявні установні елементи, які забезпечуватимуть стабільне положення елементів пристосування відносно робочих органів верстату.

Оскільки пристосування має працювати в автоматизованому режимі у комплексі, то для забезпечення процесу затискання та розтискання заготовки мають бути задіяні механізовані приводи. В даному випадку планується застосувати пневматичний привід.

Відповідно до маршруту механічної обробки та схеми установки обробка заготовки здійснюється при установці на оправку з упором в один із торців (рис. 3.6).

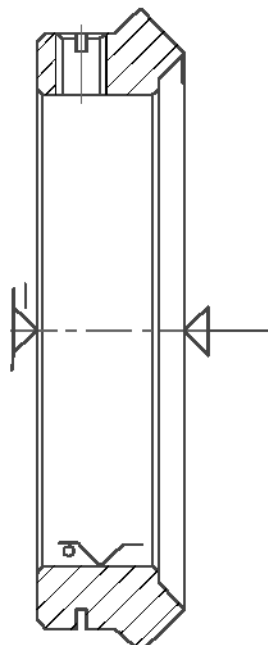


Рисунок 3.6 – Схема установки

Зусилля, яке призначене для закріплення має забезпечувати незмінність положення виробу під час обробки, проте не має деформувати виріб.

Для установки заготовки використано спеціальний установочний палець, У нашому випадку при установці заготовки в пристосуванні, використовуються спеціальна оправка з отвором, що дозволить виконувати операції свердління (рис. 3.7).

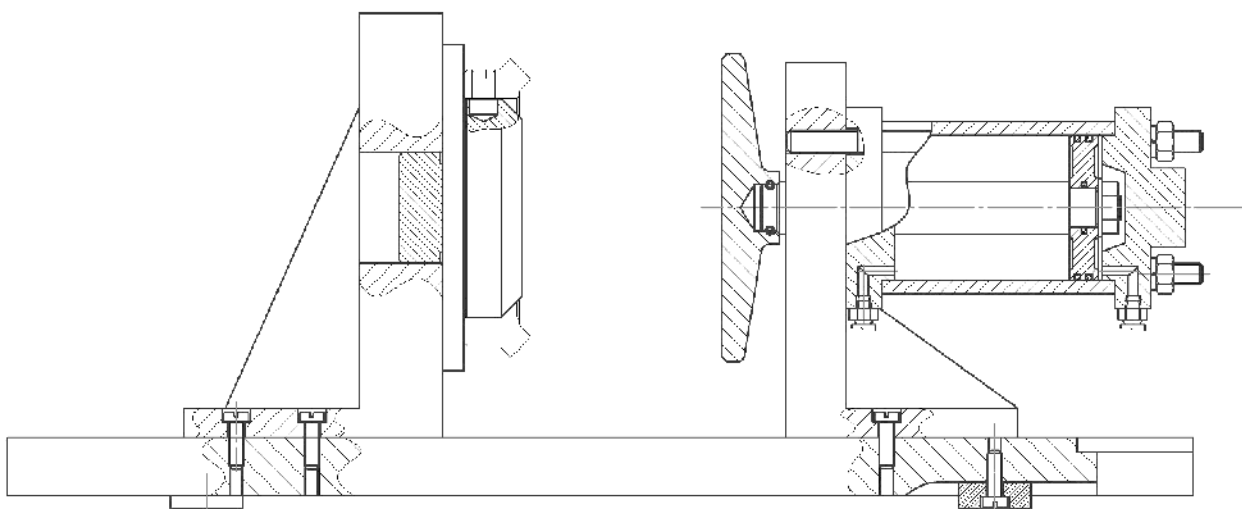


Рисунок 3.7 – Компонування верстатного пристосування

3.2.1 Розрахунок необхідної сили закріплення

Сила затиску необхідна для забезпечення стійкого положення заготовки у вузлі, окрім того бажано, щоб при затисканні положення заготовки не було змінене.

Розглянемо сили, які діють на заготовку при затиску – рис. 3.8.

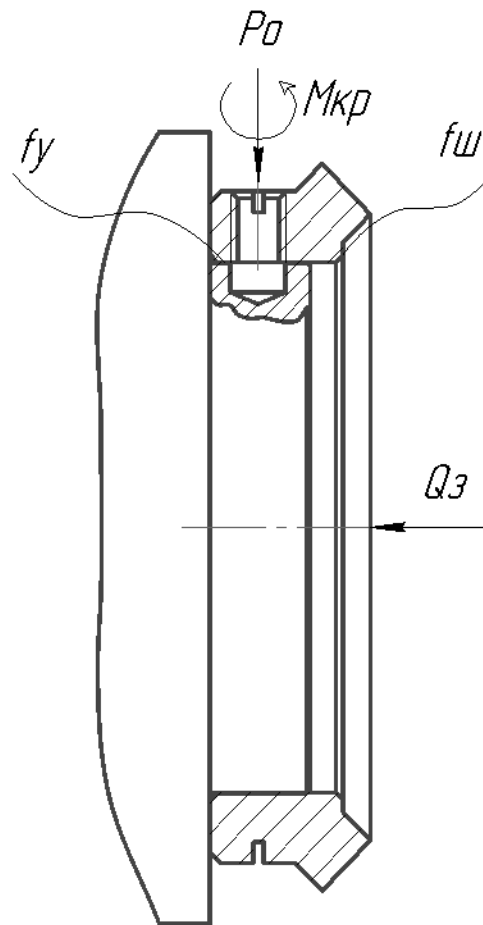


Рисунок 3.88 - Схема дії сил на заготовку при установленні в пристосуванні

При свердлінні виникає наступний крутний момент :

$$M = 10 C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \text{ [Н}\cdot\text{м]} \quad (3.6)$$

де, C_m – коефіцієнт;

D – діаметр отвору; $D=8\text{мм}$;

S – подача при свердлінні; $S=0,18\text{ мм/об}$;

$q_{y,u}$ – показники степені;

K_p – коефіцієнт, який враховує фактичні умови обробки; $K_p=1,1$.

$$M = 10 \cdot 0,345 \cdot 8^2 \cdot 0,18^{0,85} \cdot 1,1 = 14,1 \text{ (Н}\cdot\text{м)}$$

Визначаємо силу затиску за формулою:

$$KM_{кр} - Q_3 \cdot f_y - Q_3 \cdot f_u = 0 \quad (3.7)$$

З формули 3.6 знаходимо силу затиску:

$$Q_3 = \frac{KM_{кр}}{f_y + f_u}, [H]$$

де, f_3 – коефіцієнт тертя; $f_3, f_0=0,16$;

K – коефіцієнт запаса;

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (3.8)$$

$$K = 1,5 \times 1,2 \times 1,3 \times 1 \times 1 \times 1 = 2,34.$$

Приймаємо мінімально допустимий коефіцієнт $K=2,5$.

Необхідну силу затиску визначаємо за формулою 3.6 :

$$Q_3 = 2,5 * 14,1 / (0,16 + 0,16) = 120 \text{ (Н)}.$$

3.2.2 Вибір силового приводу і розрахунок його параметрів

Враховуючи, що оснащення має працювати в автоматичному комплексі, то привод затискного пристрою повинен бути механізованим. Можна застосувати гідравлічний, пневматичний, електричний чи комбінований приводи, проте враховуючи невелике зусилля затиску приймаємо до розгляду пневматичний привід як основний.

Визначаємо умовний діаметр поршня пневмоприводу:

Діаметр штока до діаметру поршня зазвичай співвідносяться у наступні пропорції: $\frac{d}{D} = \frac{1}{4}$;

Зусилля яке розвиватиметься на штокові гідроциліндра можна розрахувати за формулою:

$$Q_s = \pi \left(D^2 - \frac{D^2}{16} \right) \cdot p \cdot \eta, [H] \quad (3.9)$$

Звідси:

$$D = \sqrt{\frac{16 \cdot 4 \cdot Q_s}{15 \cdot \pi \cdot p \cdot \eta}}, [мм] \quad (3.10)$$

де, p - тиск в мережі; $p = 0,4$ Мпа;

η – коефіцієнт корисної дії циліндра; $\eta = 0,75$.

Тоді:

$$D = \sqrt{\frac{16 \cdot 4 \cdot 120}{15 \cdot \pi \cdot 0,4 \cdot 0,75}} = 23,3(мм)$$

З конструктивних міркувань використаємо циліндр діаметром 50мм. Діаметр штока - $d = 18$ мм;

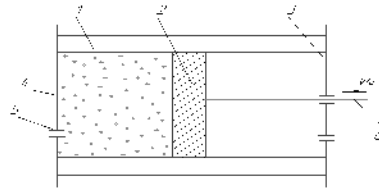


Рисунок 3.9 - Схема пневмоциліндра двосторонньої дії

Фактичне значення сили, яка розвивається циліндром буде рівна:

$$Q_s = \frac{3,14 \cdot (50^2 - 18^2)}{4} \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 615(H)$$

3.2.3 Розрахунок пристосування на точність

Проведемо перевіірочний розрахунок чи досягається необхідна точність (розмір - $7 \pm 0,2$ мм) при установці заготовки в пристосування, сумарна похибка (ε_{Σ}) повинна бути меншою, ніж допуск на відповідний розмір $T_{дет.} \varepsilon_{\Sigma} < T_{дет.}$

Запас точності служить для компенсації зносу опорних елементів, зносу ріжучого інструменту, напрямних елементів і т. ін [11-12].

$$\varepsilon_{\Sigma} = \varepsilon_{обр} + \varepsilon_n + \varepsilon_{пр} + \varepsilon_{ін}, [мкм] \quad (3.12)$$

де ε_{Σ} – сумарна похибка, яка виникає на даній технологічній операції при використанні даного оснащення;

$\varepsilon_{обр}$ – похибка залежна від методу обробки;

ε_n – похибка налаштування системи ВПД;

$\varepsilon_{пр}$ – похибка пристосування;

$\varepsilon_{ін}$ – сумарна похибка базування, вимірювання, робітника тощо.

Похибка обробки $\varepsilon_{обр}$ може виникати внаслідок геометричних неточностей елементів верстата чи інструмента деформацій, верстата - $\varepsilon_{обр} = 100$ мкм.

Похибка налаштування визначаємо, як сумарну похибку положення пристосування в координатній системі верстата та похибки позиціонування самого інструменту верстата:

$$\varepsilon_H = \Delta_{\text{пол}} + \Delta_{\text{поз}}, [\text{мкм}] \quad (3.13)$$

$$\varepsilon_H = 0,05 + 0,03 = 0,08(\text{мкм})$$

Загальна похибка положення заготовки в пристосуванні $\varepsilon_{\text{пр}}$ обчислюється за наступною формулою.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{k_1 \cdot \varepsilon_{\text{нб}}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{зс}}^2} + \varepsilon_{\text{зн}} + \varepsilon_{\text{внг}} + \varepsilon_{\text{ус}} [\text{мкм}] \quad (3.14)$$

де $\varepsilon_{\text{нб}}$ – похибка базування;

ε_3 – похибка закріплення $\varepsilon_3=85\text{мкм}$;

$\varepsilon_{\text{зн}}$ – похибка, обумовлена зносом поверхонь установки;

$$\varepsilon_{\text{зн}} = 2 \cdot U_0 \cdot k_T \cdot k_L \cdot k_Y, [\text{мкм}] \quad (3.15)$$

де U_0 – величина нормального зносу $U_0=11\text{мкм}$;

k_T – коефіцієнт, що враховує час контакту заготовки з опорами (залежить від часу роботи пристосування) $k_T = 0,8 \cdot 0,1 = 0,8\text{мкм}$;

k_L – коефіцієнт враховує довжину шляху ковзання;

k_Y – коефіцієнт враховує умови обробки.

$$\varepsilon_{\text{зн}} = 2 \cdot 11 \cdot 0,8 \cdot 1,25 \cdot 0,95 = 21 (\text{мкм})$$

$\varepsilon_{\text{внг}}$ – похибка неточності виготовлення та складання деталей пристосування;

$$\varepsilon_{\text{вшт}} = \sum T_i + \sum e_i + \sum s_i + \sum \Delta_i, [\text{мкм}] \quad (3.16)$$

де $\sum T_i$ – сума допусків на ланки.

$\sum e_i$ – сумарна величина ексцентриситету деталей пристосування;

$\sum s_i$ – сумарний конструктивний зазор в з'єднаннях деталей пристосування;

$\sum \Delta_i$ – сумарна похибка форми і розташування установних і напрямних елементів пристосування.

ε_{zc} – похибка, викликана зміщенням різального інструмента в процесі обробки;

ε_{yc} – похибка установки;

kI – коефіцієнт зменшення похибки.

$$\varepsilon_{\text{шт}} = \sqrt{0,8 \cdot 0^2 + 70^2 + 0} + 1,91 + 0 + 0 = 72,31 (\text{мкм})$$

Отже :

$$\varepsilon_{\Sigma} = 110 + 85 + 72,31 + 21 = 288 (\text{мкм})$$

Оскільки сумарна похибка менша ніж допуск отриманого розміру, пристосування може бути застосоване для обробки виробу.

3.2.4 Розрахунок деталей на міцність

Для перевірки чи витримають певні елементи пристосування відповідне навантаження потрібно провести перевірочний розрахунок на міцність.

Перевіримо на міцність шток пневмоциліндра:

$$\sigma_{\text{max}}^p = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot d^2} [\text{МПа}] \quad (3.17)$$

Умова міцності

$$\sigma_{\max}^p \leq [\sigma_p] \quad (3.18)$$

де P – сила затиску, $P = 615\text{H}$

d – діаметр штока, $d = 18\text{мм}$

$$\sigma_{\max}^p = 4 \times 615 / (\pi \times 18^2) = 2,9 \leq [\sigma] = 118\text{МПа}$$

3.2.5 Опис роботи спроектованого пристосування

Пристосування призначене для обробки деталі «Шестерня», а саме утворення різьбового отвору М8-7Н. Пристосування монтується на вертикально-свердильному верстаті з ЧПК 2Р135Ф2.

Орієнтація на робочому столі верстату здійснюється за допомогою шпонок 8. На опорній плиті пристосування розміщено кронштейн 3, на якому закріплено оправку 5 та кронштейн 4 для монтажу пневмоциліндру 1.

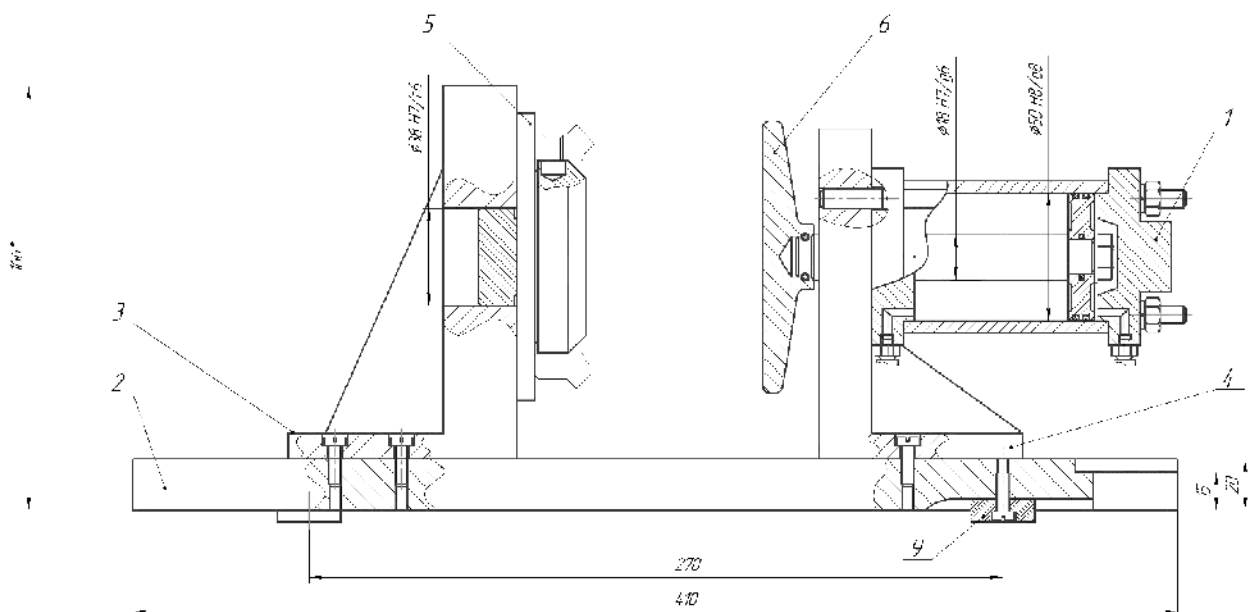


Рисунок 3.10 – Пристосування для обробки отвору

3.3 Вибір промислового робота (ПР) для АРМ

В розробленому роботизованому комплексі промисловий робот має виконувати допоміжні функції:

- виконувати маніпулювання виробом (підняття, опускання та зміна положення у просторі);
- працювати в спільній робочій зоні з іншими елементами комплексу;
- по можливості бути в спільній інформаційній системі з усіма елементами комплексу;

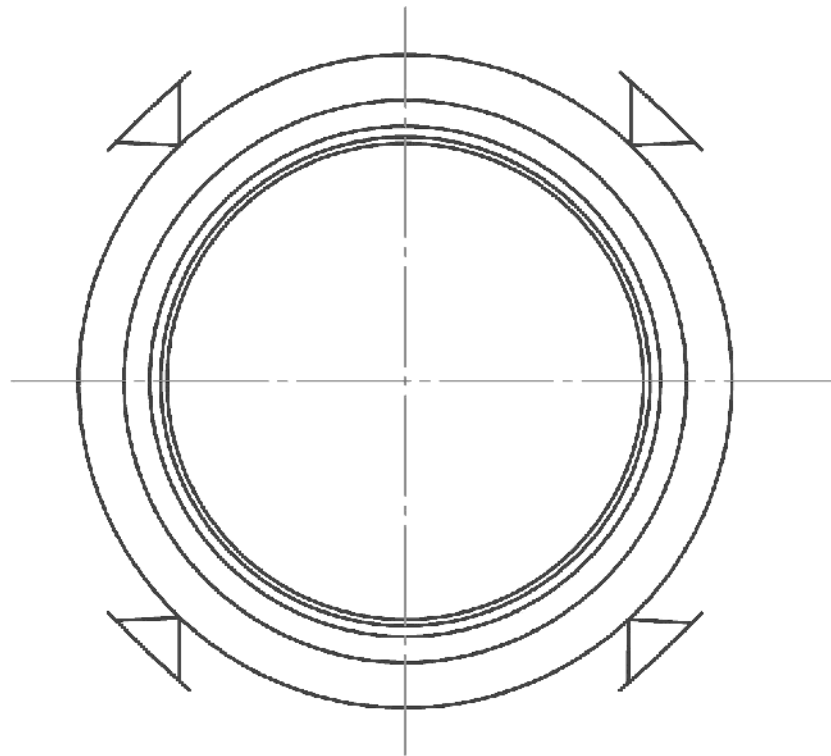
Враховуючи вищевказане, обрано робота, який має достатню вантажепідємність та відповідні кінематичні характеристики промисловий робот моделі “ТР-4”:

- вантажопідємність – 5 кг;
- число ступенів рухливості – 6;
- число рук -1;
- привод основних рухів - пневматичний;
- число програмованих координат- 6;
- ємність пам'яті системи, число кроків-60;
- похибка позиціонування - $\pm 0,1$ мм;
- максимальний виліт руки – 1400 мм;
- лінійні переміщення, мм/ швидкість, м/с:
 $r = 600/1$;
 $z = 150/0,5$.
- кутові переміщення, °/ кутова швидкість, °/с:
 $\varphi = 240/120$;
 $\beta = 15/30$.

3.4 Проектування (вибір) захватного пристрою

Відповідно до маршруту механічної обробки деталь базується в пристосуванні на внутрішню поверхню, тому дану поверхню не можна застосовувати для захвату

маніпулятором робота. Зовнішні поверхні в даному випадку є вільними і сама їх буде доцільно використати для утримування під час маніпуляцій (рис. 3.10).



Рисунку 3.10- Схема закріплення заготовки

3.4.1 Розрахунок зусиль затиску захватного органу промислового робота

Зусилля, яке необхідно мати захватному пристрою визначаємо з точки зору інерційних навантажень та кінематичної схеми самого захватного пристрою. Для утримання за рахунок сил тертя необхідно застосувати силу:

$$F = K_1 K_2 K_3 m \cdot g, \text{ [Н]} \quad (3.19)$$

де m – маса об'єкту маніпулювання (маса заготовки);

g – прискорення вільного падіння;

K_1 – коефіцієнт безпеки, $K_1=1,2 - 2,0$. Приймаємо $K_1=1,5$;

K_2 – коефіцієнт максимального прискорення a , що враховують максимальне прискорення, яке надається заготовці з промисловим роботом. Для пневматичних роботів $a \approx g$, звідки $K_2 = 1 + a/g = 1 + 1 = 2$;

K_3 – передавальний коефіцієнт, визначаємо відповідно до [13-15].

$$K_3 = \frac{\sin \theta}{2\mu}, \quad (3.20)$$

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

μ - коефіцієнт тертя між об'єктом маніпулювання і губками. $\mu = 0,17$.

$$K_3 = \frac{\sin 60^\circ}{2 \cdot 0,17} = 2,54.$$

$$F = 1,5 \cdot 2 \cdot 2,54 \cdot 0,65 \cdot 9,8 = 48,5 \text{ (Н)}.$$

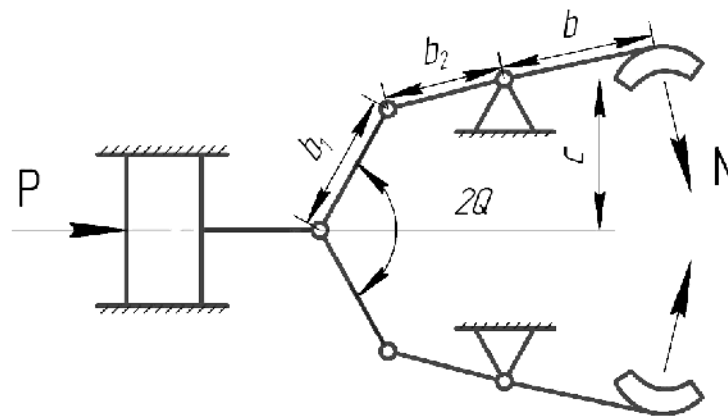


Рисунок 3.11 – Схема захватного пристрою

Відповідно до [15] рівняння рівноваги затискаючих зусиль наступне:

$$M = \left[\operatorname{tg} \Theta \sqrt{1 - \left(\frac{b_1 \sin \Theta - c}{b} \right)^2} - \frac{b_1 \sin \Theta - c}{b} \right] \cdot \frac{P}{2} \cdot b_2, [H], \quad (3.21)$$

звідки

$$P = \frac{2 \cdot b \cdot F}{\left[\operatorname{tg} \Theta \sqrt{1 - \left(\frac{b_1 \sin \Theta - c}{b} \right)^2} - \frac{b_1 \sin \Theta - c}{b} \right] \cdot b_2} \cdot [\text{H}] \quad (3.22)$$

При конструюванні ЗП приймаємо $b=0,035\text{м}$, $b_1=0,035\text{м}$, $b_2=0,025\text{м}$, $c=0,05\text{м}$, кут $\theta=60^\circ$.

$$P = \frac{2 \cdot 0,04 \cdot 48,5}{\left[\operatorname{tg} 60 \sqrt{1 - \left(\frac{0,035 \sin 60 - 0,05}{0,035} \right)^2} - \frac{0,035 \sin 60 - 0,05}{0,035} \right] \cdot 0,025} = 46(\text{H})$$

Визначимо діаметр поршня

Для циліндра односторонньої дії [15]

$$F = p_o \cdot \frac{\pi \cdot D}{4} - F_T - F_{\text{ПР}}, [\text{мм}] \quad (3.23)$$

Приймаємо робочий тиск $p_o=0,4 \text{ МПа}=0,4 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$, D – діаметр поршня; $F_{\text{ТР}}$ – сила тертя в ущільненнях (\approx до 10% від зусилля, що розвивається). Приймаємо $F_{\text{ТР}}=5 \text{ Н}$; $F_{\text{ПР}}$ – зусилля створюване пружиною (в кінці ходу до 10% від зусилля, що розвивається). Приймаємо $F_{\text{ПР}}=5 \text{ Н}$.

Звідки

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot (F + F_T + F_{\text{ПР}})}{\pi \cdot p_o}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (46 + 5 + 5)}{\pi \cdot 0,4 \cdot 10^6}} = 13(\text{мм})$$

Для затискного пристрою приймаємо найближче стандарте значення діаметру пневмоциліндра 20мм.

3.5 Аналіз точності позиціонування деталі

Розглянемо можливі відхилення похибки, як виникаючі при автоматичній установці заготовки на верстат (рисунок 3.12):

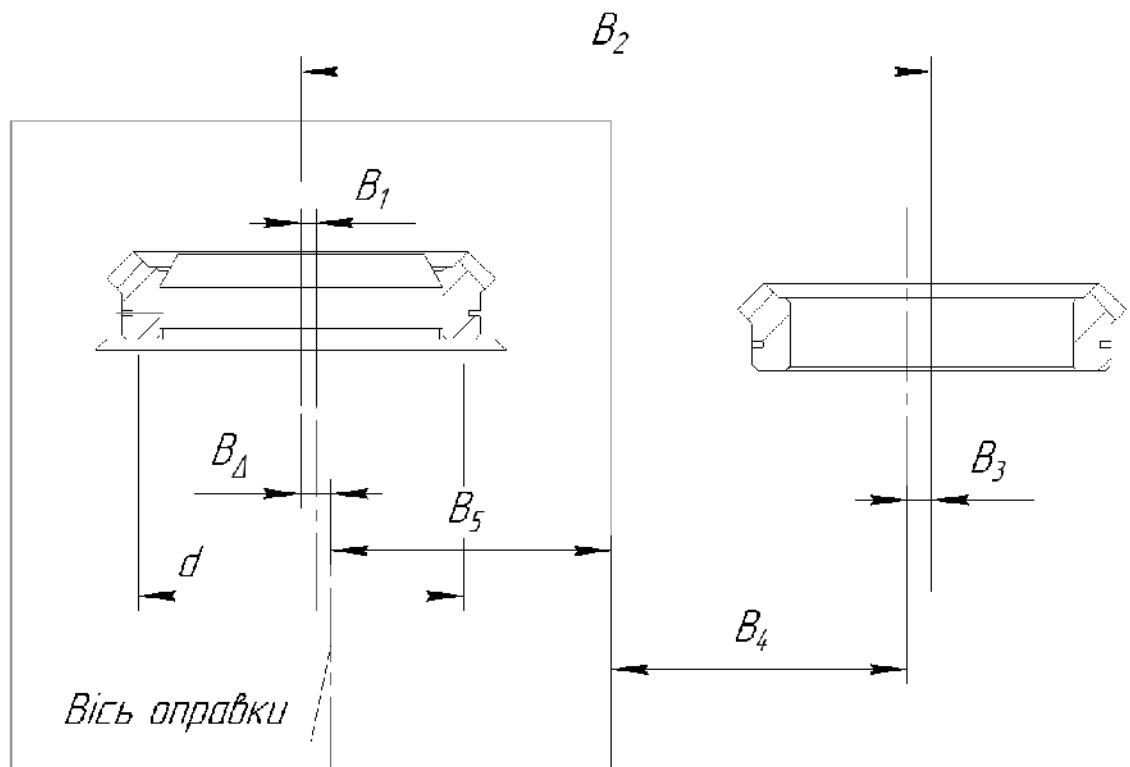


Рисунок 3.12 – Схема розмірних зв'язків

B_{Δ} - відхилення від співвісної установного елемента затискного пристосування верстата і вісі завантажуваної заготовки

B_1 - відхилення від співвісної заготовки при утримування захватним пристроєм робота.

B_2 - відхилення програмованого переміщення маніпулятора пристроєм промислового робота.

B_3 - відхилення відстані від бази.

V_4 – похибка установки відстаней між поверхнею відліку верстата і промисловим роботом.

V_5 – похибка розташування вісі оснащення верстату та до поверхні відліку верстата.

Установку заготовки в пристосування і знімання деталі здійснює робот. Робот бере заготовку хватним пристроєм, вносить її в робочу зону верстата так, щоб вісь заготовки співпадала з віссю призми, далі установлює заготовку на призму, після чого подається команда на затиск пристосування.

Установка заготовки на призму можлива, якщо V не перевищує ширину опорної площини призми, отже:

$$V_{\max} = 75 - 62 / (2 \cdot 1,3) = 5 \text{ (мм)}.$$

$$V_1 = \pm 0,5 \text{ мм};$$

$$V_2 = \pm 0,1 \text{ мм} - \text{похибка позиціонування промислового робота};$$

$V_3 = 75_{(-0,63)}$ мм – похибка установлення заготовки на пристрої подачі заготовок;

$$V_4 = 2,3;$$

$$V_5 = 0,054;$$

$$T\Delta = 1,0 + 0,2 + 0,63 + 2,3 + 0,054 = 4,18 \text{ мм}.$$

Оскільки $T\Delta \leq V_{\max} = 4,18 \leq 5$, точність позиціонування задовільна.

3.6 Побудова та розрахунок траєкторії руху елементів ПР

Розглянемо більш детальний алгоритм роботи із вказанням осей та величин переміщень – табл. 3.2. На основі цих даних сформовано графічне зображення послідовностей рухів промислового робота під час робочого циклу – рис.3.25.

Таблиця 3.2– Елементи траєкторії переміщення захватного пристрою

Елемент траєкторії	Коментар	Величина переміщення, мм(град)
r0 1	Переміщення руки промислового робота вперед	600
z1 2	Переміщення руки промислового робота вниз	150
	Затиск заготовки	-
z2 3	Переміщення руки промислового робота вгору	150
r3 4	Переміщення руки промислового робота назад	600
	Поворот схвату за год. стрілкою	90°
φ 4 5	Поворот руки промислового робота за год. стрілкою	90°
r5 6	Переміщення руки промислового робота вперед	600
x6 7	Переміщення корпусу промислового робота вліво	200
	Розтиск заготовки схватом	-
r7 8	Переміщення руки промислового робота назад	600
	Вистій руки промислового робота	-
r8 9	Переміщення руки промислового робота вперед	600
	Затиск заготовки схватом промислового робота	-
x9 10	Переміщення корпусу промислового робота вправо	200
r10 11	Переміщення руки промислового робота назад	600
	Поворот руки промислового робота проти год. стрілки	90°
φ 11 12	Поворот руки промислового робота за год. стрілкою	90°
r12 13	Переміщення руки промислового робота вперед	600
z13 14	Переміщення руки промислового робота вниз	150
	Розтиск схвату	-
z14 15	Переміщення руки промислового робота вгору	150

r15 16	Переміщення руки промислового робота назад	600
φ 16 17	Поворот руки промислового робота проти год. стрілки	180°

Представимо на рисунку 3.13 фрагменти траєкторії переміщення ПР.

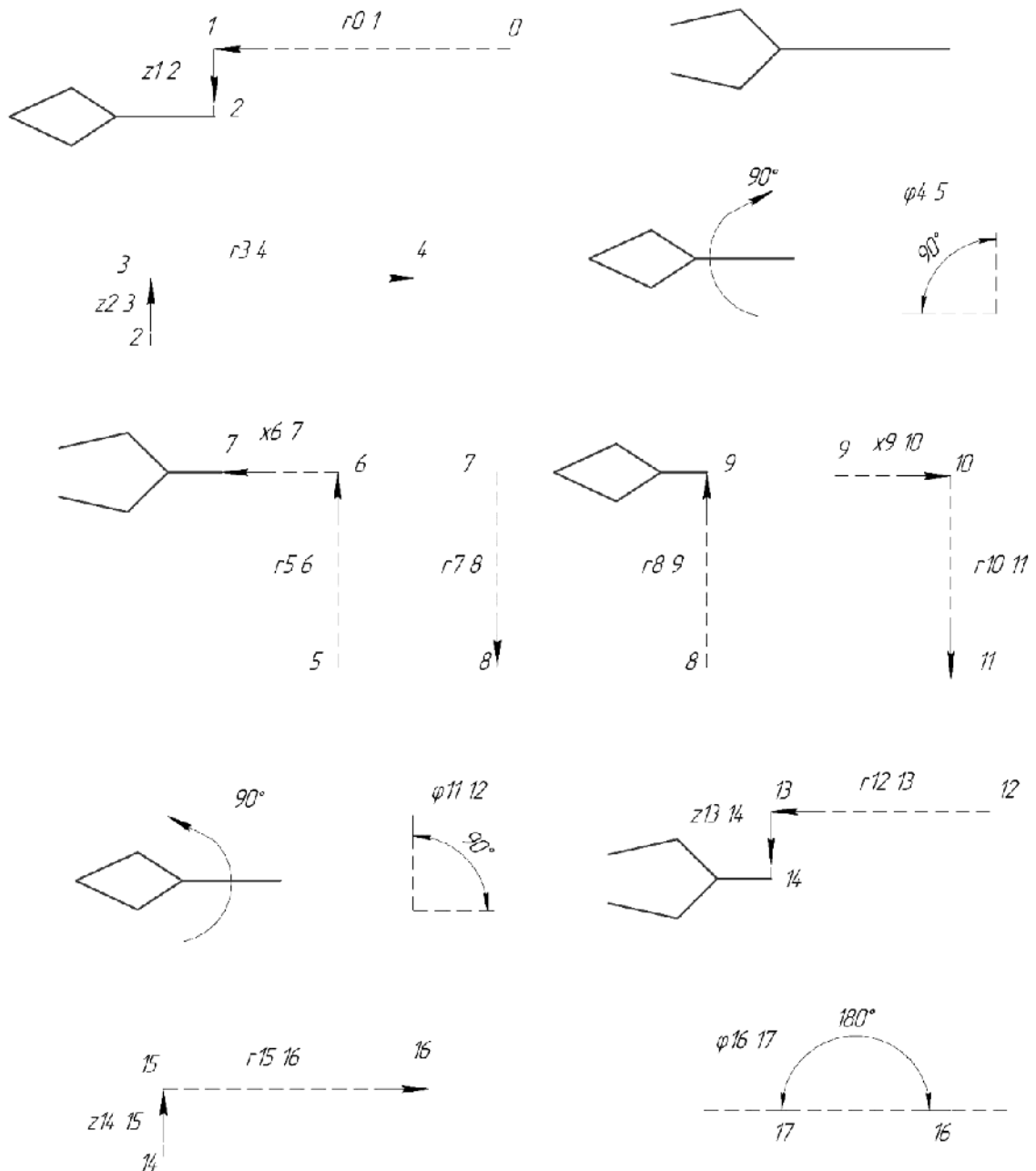


Рисунок 3.13 - Фрагменти траєкторії переміщення ПР

3.7 Вибір допоміжного устаткування для АРМ

Основною вимогою під час вибору чи проектування допоміжного устаткування для комплексу є забезпечення цілісності та узгодженості роботи усіх компонентів як єдиної системи, робоча зона допоміжного устаткування повинна бути суміжною з робочою зоною промислового робота та в деяких випадках і основного обладнання.

Для проєктованого АРМ застосовано наступні елементи: тактовий стіл з відповідними засобами для попередньої установки заготовок (рис. 3.14).

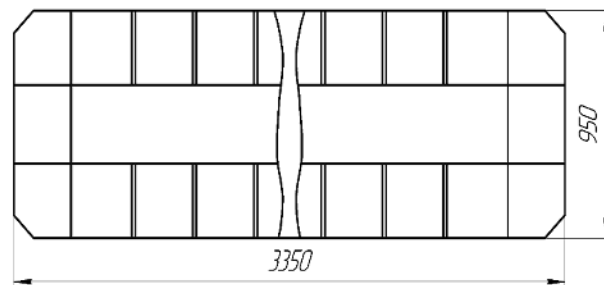


Рисунок 3.14 - Схема тактового столу СТ 350

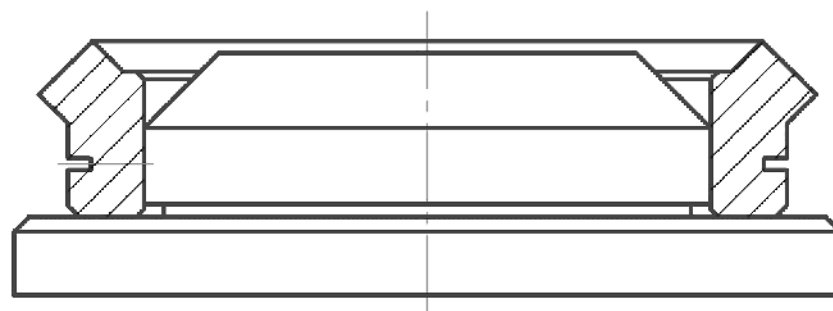


Рисунок 3.15 - Схема позиціонування заготовки на тактовому столі

3.8 Аналіз можливих варіантів компоновок АРМ

Застосування невеликої кількості обладнання дозволяє вибрати кільцеву схему розташування елементів комплексу (рис. 3.16). У кільцевій компоновці усе устаткування (в тому числі основне) розташовується навколо робота. Кільцева

компоновка забезпечує зручність завантаження і розвантаження заготовок, полегшене переміщення захватного пристрою робота та дозволяє скоротити витрати часу на виконання цих операцій.

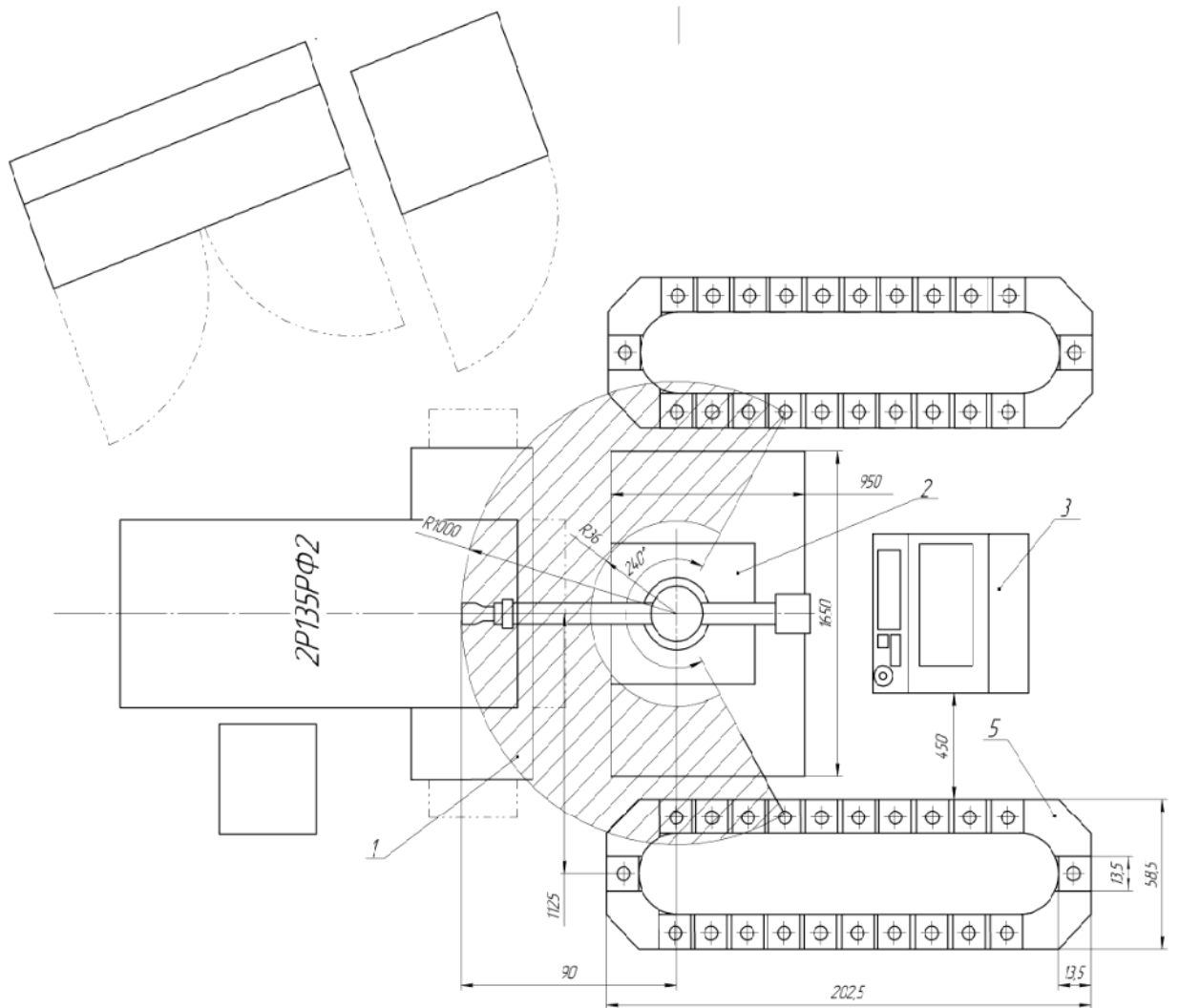


Рисунок 3.16 - Компонувальна схема кільцевого типу

3.9 Розрахунок швидкостей переміщення заготовки

Швидкість лінійного переміщення маніпулятора робота визначаємо за формулою:

$$V_x = \frac{1,6 \cdot L_x \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, [\text{м/с}] \quad (3.24)$$

де L_x - виліт руки ПР;

Δl - погрішність позиціонування;

M - маса об'єкту маніпулювання, $m_{\text{зат.}}=0.65$ кг. Розрахунки виконуємо по найбільшій масі:

$$V_r = \frac{1,6 \cdot 1,4 \cdot \sqrt[4]{0,2}}{\sqrt[3]{0,65}} = 1,7 (\text{м/с}).$$

приймаємо максимально можливу за паспортом верстату $-V_r=1$ м/с.

Швидкість вертикального переміщення промислового робота визначаємо за формулою:

$$V_z = \frac{\alpha_z \cdot \sqrt{L_z} \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, [\text{м/с}] \quad (3.25)$$

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

L_z - довжина шляху при вертикальному переміщенні, м;

M - маса об'єкту маніпулювання;

$$V_z = \frac{4 \cdot \sqrt[2]{0.15} \cdot \sqrt[4]{0.2}}{\sqrt[3]{0.65}} = 1.2 \text{ (м/с)}$$

Приймаємо максимально можливу за паспортом верстату $-V_z=0.5$ м/с.

Кутова швидкість при повороті руки робота відносно вертикальної осі:

$$\omega = \frac{0,5\sqrt{\varphi} \cdot \sqrt[4]{\delta}}{\sqrt[3]{(2L_x)^4}} \text{ [рад/с]} \quad (3.26)$$

де δ – похибка кутового позиціонування, с;

φ – кут повороту руки в радіанах;

$$\omega = \frac{0,5\sqrt{\varphi} \cdot \sqrt[4]{\delta}}{\sqrt[3]{(2L_x)^4}} \text{ [рад/с]} \quad (3.27)$$

де δ – похибка кутового позиціонування, с;

φ – кут повороту руки, рад.;

$$\delta = \frac{\Delta l}{L_x} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot 3600 = \frac{0.0002}{1,4} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot 3600 = 30 \text{ (с)}.$$

$$\omega = \frac{0,5\sqrt{3,14} \cdot \sqrt[4]{30}}{\sqrt[3]{(2 \cdot 1,4)^4}} = 0,52 \text{ (рад/с)}.$$

3.10 Дослідження характеристик роботи промислового робота у складі АРМ

На основі залежностей (отриманих емпіричним шляхом) наведених в попередньому пункті проаналізуємо, як впливають параметри налаштувань маніпулятора на його характеристики роботи (рис. 3.17, 3.18) [16-19].

Оскільки масові характеристики та показники точності є сталими величинами для промислового робота, який працює у складі автоматизованого робочого місця, було розглянуто вплив налаштувань вильоту маніпулятора на характеристики швидкості роботи по координатах r та z . Відповідно до графіків представлених на рис. 3.18 можна побачити чітку пропорційну залежність збільшення швидкості при збільшенні вильоту маніпулятора.

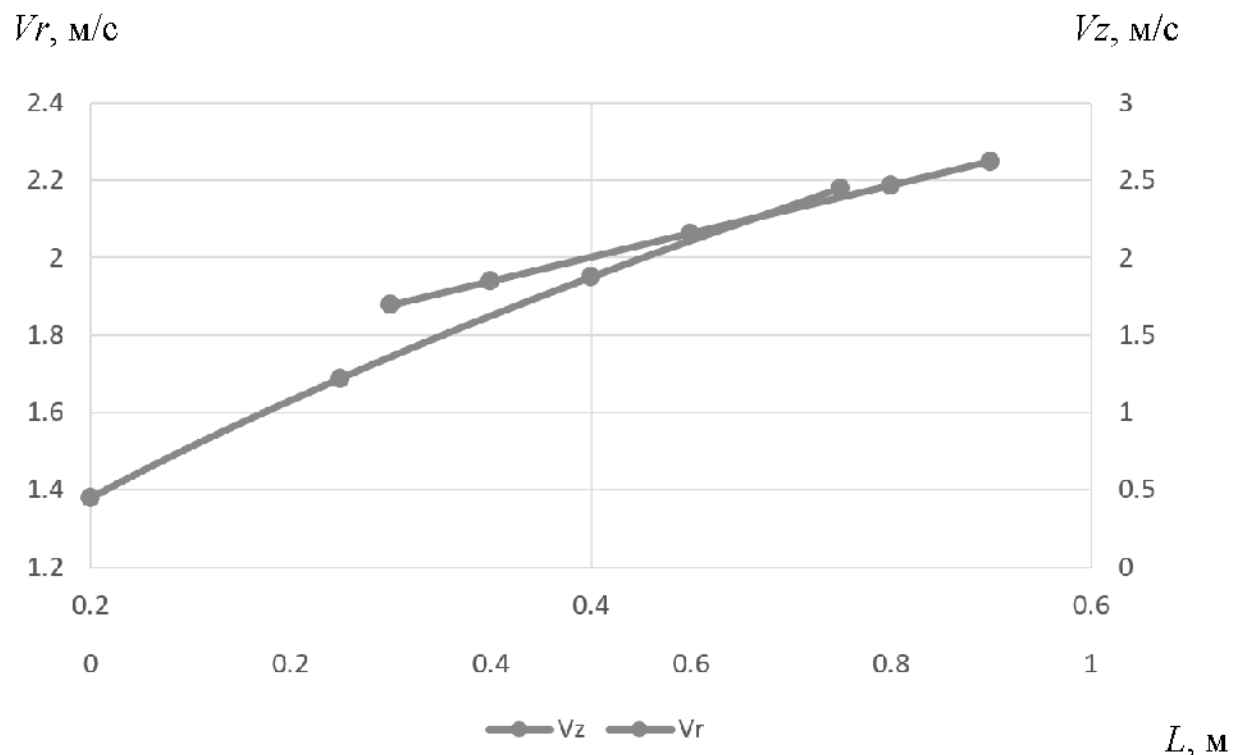


Рисунок 3.17 – Вплив вильоту маніпулятора промислового робота на швидкість виконання операції

Проте при збільшенні вильоту маніпулятора збільшується також і час на виконання відповідних робочих рухів (рис. 3.18).

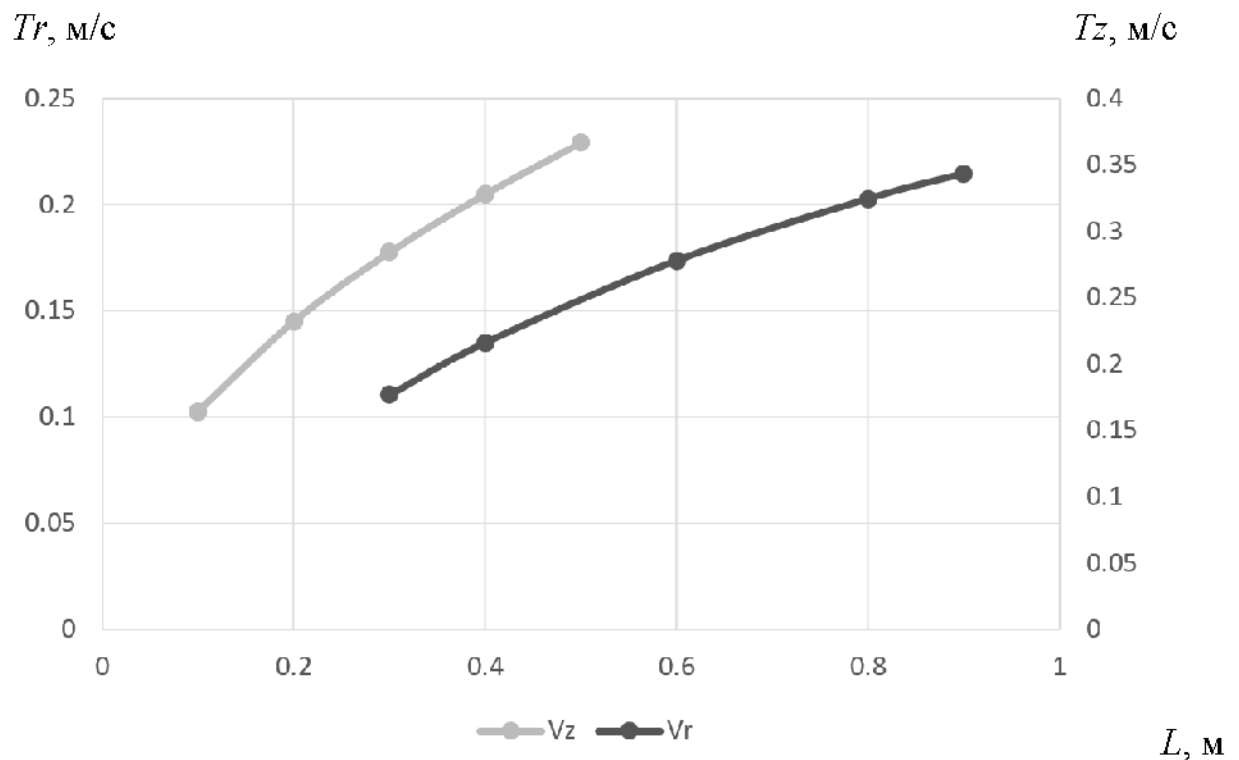


Рисунок 3.18 – Вплив вильоту маніпулятора промислового робота на час виконання операції

3.11 Розробка циклограми функціонування АРМ

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

Побудова циклограми функціонування АРМ забезпечує швидкість визначення робочого циклу T_p , значення циклової продуктивності $Q_{ц}$. побудова циклограми також дає істотне уявлення про те як можливо виробити скорочення T_p за рахунок поєднання часу виконання окремих переходів і скороченні тривалості несуміщених переходів.

Після того, як ми визнач всі рухи ПР і встановили послідовність їх виконання, нам необхідно визначити час виконання кожного руху по наступних формулах:

$$t_l = \frac{\varphi_l}{\omega_l}; [\text{с}] \quad (3.28)$$

$$t_l = \frac{l_l}{V_l}; [\text{с}] \quad (3.29)$$

де φ_l - кути поворотів механізмів;

l_l - лінійні переміщення механізмів;

ω_l, V_l - швидкості кутового і лінійного переміщення механізмів по відповідній координаті.

Значення відповідних величин швидкостей та переміщень представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Алгоритм роботи комплексу та кількісні показники переміщень

	Коментар	Величина переміщення, мм(град)	Швидкість переміщення, м/с, °/с	Час, с
Захват заготовки	Переміщення руки ПР вперед	600	1,0	0,6
	Переміщення руки ПР вниз	200	0,5	0,4
	Затиск заготовки	-		0,1
	Переміщення руки ПР вгору	200	0,5	0,4
	Переміщення руки ПР назад	600	1,0	0,6
	Поворот ЗП за год. стрілкою	90°	30	3
Сума				5,1

Продовження таблиці 3.3

	Поворот руки ПР за год. стрілкою	90°	30	3
	Переміщення руки ПР вперед	600	1,0	0,6
	Переміщення корпусу вліво	200	1,0	0,2
	Розтиск заготовки			0,1
	Переміщення руки ПР назад	600	1,0	0,6
Сума				4,5
Верстат	Затиск заготовки в спеціальному пристосуванні	-	-	3
	Обробка заготовки	-	-	81
	Розтискання заготовки на верстатному пристосуванні	-	-	3
Сума				87
Зняття заготовки з верстата	Переміщення руки ПР вперед	600	1,0	0,6
	Затиск заготовки			0,1
	Переміщення корпусу вправо	0,2	0,5	0,4
	Переміщення руки ПР назад	600	1,0	0,6
	Поворот ЗП проти год.стрілкою	90°	30	3
Сума				4,7
Переміщення заготовки до місця складання готових деталей	Поворот руки ПР за год. стрілкою	90°	30	3
	Переміщення руки ПР вперед	600	1,0	0,6
	Переміщення руки ПР вниз	200	0,5	0,4
	Розтиск заготовки	-		0,1
	Переміщення руки ПР вгору	200	0,5	0,4
Переміщення заготовки до місця складання готових деталей	Переміщення руки ПР назад	600	1,0	0,6
	Поворот руки ПР проти год. стрілки	180°	30	6
Сума				10,85
Тактовій стіл	Переміщення на одну позицію			2,5

Циклограма є графічним зображенням послідовності роботи окремих елементів і підсистем (рис. 3.19).

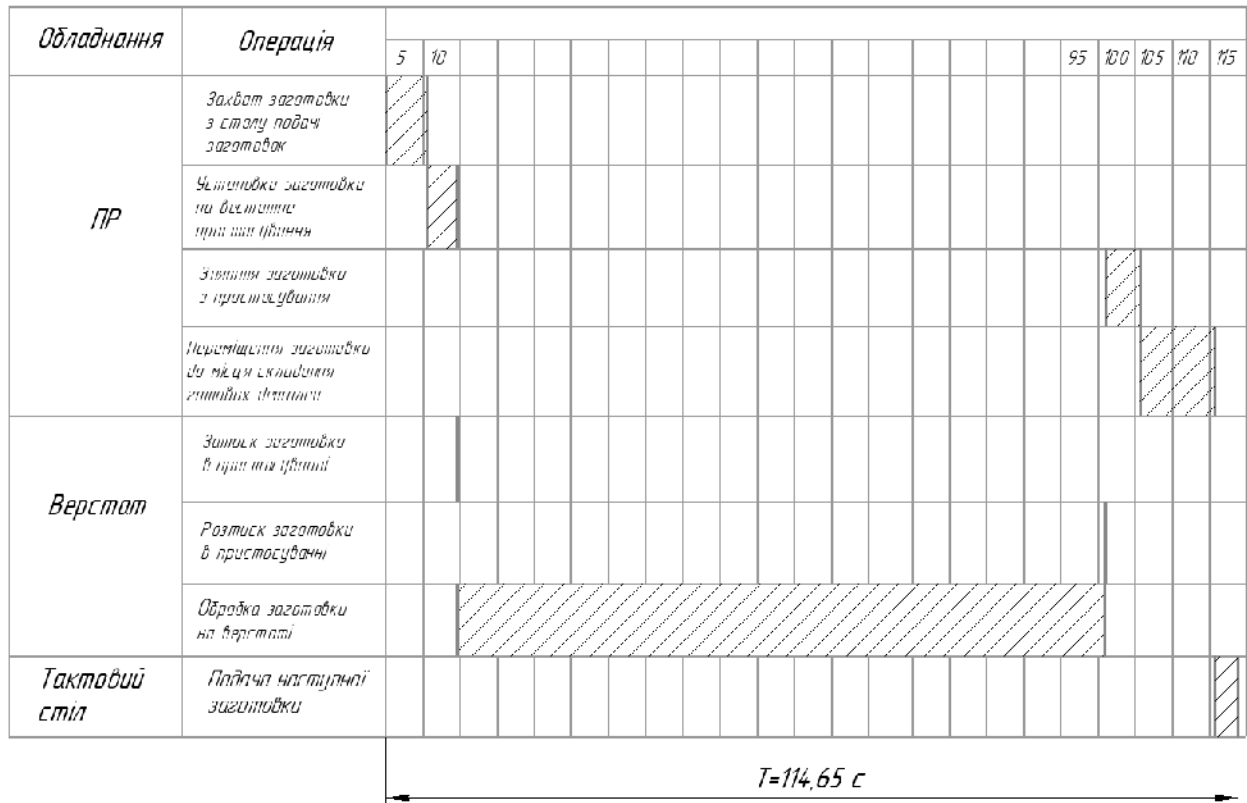


Рисунок 3.19 – Циклограма роботи АРМ

3.12 Визначення основних показників АРМ

Циклова продуктивність визначається по наступній формулі:

$$Q_{ц} = \frac{1}{T_p}, [c] \quad (3.30)$$

де T_p - тривалість робочого циклу, $T_p = 114,65$ с;

$$Q_{ц} = 1 / 114,65 = 0,009.$$

Коефіцієнт відносної завантаженості $K_{зр}$

$$K_{ГР} = \frac{P_{CP}}{P}; \quad (3.31)$$

де P_{CP} - середнє значення робочого навантаження, $P_{CP} = 0,65$ кг;

P - вантажопідйомність робота, $P = 5$ кг;

$$K_{ep} = 0,65/5 = 0,13.$$

Коефіцієнт використання K_{ep}

$$K_{ep} = \frac{T_{ПР}}{T_P}; \quad (3.32)$$

де $T_{ПР}$ - час роботи ПР за робочий цикл, $T_{ПР} = 25,15$ с;

$$K_{ep} = 25,15 / 114,65 = 0,22.$$

Коефіцієнт використання технологічного обладнання K_{BO}

$$K_{BO} = \frac{T_O}{T_P}; \quad (3.33)$$

де T_O - час роботи основного устаткування під час одного робочого циклу,

$T_O = 87$ с;

$$K_{BO} = 87 / 114,65 = 0,76$$

Відповідно до встановлених значень коефіцієнтів визначаємо, що режим роботи промислового робота "легкий", а коефіцієнт завантаженості $K_{np} = 1,1$.

3.13 Висновки до розділу

1. Розроблено автоматизоване технологічне оснащення для установки деталі на верстаті.
2. Вибрано промисловий робот для виконання допоміжних – завантажувально-розвантажувальних операцій;
3. Запропоновано принципову схему захватного пристрою для промислового робота.
4. Визначено вплив параметрів виробу на характеристики часових витрат для виконання допоміжних операцій.
5. Визначено показники точності роботи автоматизованого робочого місця та встановлено, що сумарна похибка знаходиться в межах допустимих параметрів.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 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. 4.1 та 4.2.

Таблиця 4.1 – 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 4.1

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 4.2 – 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:

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot k_{\text{нов}} + 0,4 \cdot k_{\text{теор}}, \quad (4.5)$$

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 «Шестерня» $k_{\text{нов}} = 20$. 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:

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

4.2 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 "Шестерня". В результаті оцінювання робиться висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого її впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ю критеріями, наведеними в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Рекомендовані критерії оцінювання науково-технічного рівня

і комерційного потенціалу розробки та бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено робоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни Аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	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 4.3

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 4.4.

Таблиця 4.4 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Дерібо О.В.	Петров О.В.	Сухоруков С.І.
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	2
2	1	2	2
3	2	2	3
4	2	2	2
5	3	2	3
6	2	3	2
7	2	2	2
8	3	3	3
9	1	3	2
10	2	3	4
11	3	3	3
12	3	4	3
Сума балів	СБ ₁ =25	СБ ₂ =32	СБ ₃ =31
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$(25 + 32 + 31)/3 = 29$		

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

4.3 Прогноз попиту на інноваційне рішення

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

Ринками збуту продукції можуть бути усі регіони України.

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

4.4 Вибір каналів збуту та післяпродажного обслуговування

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

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

4.5 Виявлення основних конкурентів

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

Таблиця 4.5 – Співвідношення параметрів аналогу і нової розробки

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

Аналізуючи таблицю 4.5 можна зробити висновок, що нова розробка є кращою ніж аналог, вона має кращі експлуатаційні характеристики.

4.6 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.

4.7 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 4.6 – Основні техніко-економічні показники нової розробки

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

Визначимо абсолютний рівень інноваційного рішення за формулою:

$$K_{ap} = \sum_{i=1}^n P_{Ili} \cdot \alpha_i, \quad (4.1)$$

де P_{Ili} - числове значення і-го параметру інноваційного рішення;

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

α_i - коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

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

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

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру та занесемо їх у таблицю 4.6, для цього скористаємося формулами:

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

або

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

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

Таблиця 4.7 – Основні технічні та економічні параметри інноваційного рішення та товару - конкурента

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

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

$$K_{ЯВ} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (4.2)$$

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

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

4.8 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:

$$K = I_{mn} / I_{en}, \quad (4.3)$$

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

I_{en} - індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{en} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{nei}}{\sum_{i=1}^n P_{bei}}, \quad (4.4)$$

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

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

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

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

4.9 Прогнозування витрат на виконання роботи

Розрахунок основної заробітної плати розробників.

Основна заробітна плата розробників, яка розраховується за формулою [20-21]:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ [грн.],} \quad (4.5)$$

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

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

t – число днів роботи розробника.

Для керівника проекту основна заробітна плата складатиме:

$$Z_o = \frac{20000}{22} \cdot 20 = 18182 \text{ (грн.).}$$

Аналогічно розраховуємо заробітну плату інших розробників. При цьому необхідно врахувати, що найбільшу частину роботи виконує інженер-технолог. Результати розрахунків зведено до таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – 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	18182	636,36	20	18182
2.	Інженер-налагоджувальник	20000	909	22	20000
4.	Верстатник	15000	909	22	15000
Всього					53182

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

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c \text{ [грн.],} \quad (4.6)$$

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

n – число робіт по видах та розрядах;

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

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

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{zm}} \left[\frac{\text{грн.}}{\text{год}} \right], \quad (4.7)$$

де: M_m – мінімальна місячна оплата праці, грн. З 1 січня 2022 року – $M_m = 6700$ грн.;

K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду та професії;

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

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

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

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

Таблиця 4.9 – Витрати на основну заробітну плату

Обладнання	Трудомісткість годин	Розряд роботи	Погодина тарифна ставка	Велечина оплати, грн
Роботи по компоновці елементів	110	4	78,23	8606
Роботи верстатника	90	4	78,23	7041
Роботи налагоджувальника	86	4	78,23	6730
Всього				22337

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

$$З_д = (53182+22337) \cdot 12\% = 9067 \text{ (грн.)}$$

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

$$(53182+22337+ 9067) \cdot 0,22 = 18609 \text{ (грн.)}$$

Амортизація обладнання, які використовуються під час виготовлення пристосування.

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

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

де Ц – балансова вартість обладнання, грн;

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

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

Таблиця 4.10 – Результати розрахунків амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Термін нормативного використання, р.	Термін корисного використання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
Комп'ютерне обладнання	20000	4	12	5000
Промисловий робот	250000	10	12	25000
Слюсарне обладнання	150000	5	1	2500
Обладнання для компоновки і налаштування	250000	5	1	4166

Відповідно:

$$A = 5000 + 25000 + 2500 + 4166 = 36670(\text{грн.}).$$

Витрати на матеріали розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot C_b \quad [\text{грн.}], \quad (4.8)$$

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

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

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

B_i – маса відходів i -го найменування, 0,956 кг,

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

n – кількість видів матеріалів.

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

Витрати на силову електроенергію на розробку розраховуються за формулою:

$$B_e = W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{emi} / \eta_i \quad [\text{грн.}], \quad (4.9)$$

де: C – вартість 1 кВт-години електроенергії. На грудень 2023 року для промисловості (2 категорія споживачів) ціна електроенергії становить $C_{\text{опт}} = 4,107$ грн./кВт згідно тарифів оператора ринку, $C_{\text{розп}} = 1,769$ грн./кВт за розподіл електричної енергії згідно тарифів ТОВ "Енера Вінниця" та $C_{\text{юст}} = 0,131$ 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 4.11 – Результати розрахунків витрат електроенергії

Найменування обладнання	Час роботи, год.	Потужність, кВт.	Коефіцієнт використання
Комп'ютерне обладнання	20 днів = 15·8 = = 120 годин	0,4	1
Приміщення (освітлення)	120	0,9	1
Промисловий робот	100	12	1
Допоміжне обладнання	100	15	0,8

$$C_{e1} = 7,208 \cdot 0,4 \cdot 120 \cdot 1 = 346 \text{ (грн.)},$$

$$C_{e2} = 7,208 \cdot 0,9 \cdot 120 \cdot 1 = 778 \text{ (грн.)},$$

$$C_{e3} = 7,208 \cdot 12 \cdot 100 \cdot 0,9 = 7785 \text{ (грн.)},$$

$$C_{e4} = 7,208 \cdot 20 \cdot 100 \cdot 0,8 = 11533 \text{ (грн.)},$$

$$C_e = 346 + 778 + 7785 + 11533 = 20442 \text{ (грн.)}.$$

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

$$I_B = (1 \dots 3) (Z_o + Z_p), \quad (4.10)$$

$$I_B = 3 \cdot (53182 + 22337) = 226803 \text{ (грн.)}$$

Усі витрати складають:

$$B = 53182 + 22337 + 18609 + 36670 + \\ + 20442 + 226803 = 378949 \text{ (грн.)}$$

Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями.

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

$$B_{\text{заг}} = \frac{B}{\alpha}, \quad (4.11)$$

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

Тоді

$$B_{\text{заг}} = 378949 / 0,95 = 398893 \text{ (грн.)}$$

Прогнозування загальних витрат здійснюється за формулою:

$$3B = B_{\text{заг}} / \beta, \quad (4.12)$$

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 $\beta \approx 0,5$.

Тоді:

$$3B = 361154 / 0,5 = 797786 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку способу суміщеної обробки та впровадження результатів даної роботи становлять приблизно 797786 грн.

4.10 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

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

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

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

За нашими розрахунками, результати нашої розробки можуть бути впроваджені з 1 травня 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 2000 шт.;
- 2-й рік після впровадження (2025 р.) – приблизно 1800 шт.;
- 3-й рік після впровадження (2026 р.) – приблизно 1000 шт.;
- 4-й рік після впровадження (2027 р.) – приблизно 500 шт.

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

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

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta\Pi_o \cdot N + \Pi_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - \mathcal{G}/100), \quad (4.13)$$

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

N – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році до впровадження результатів розробки; було встановлено, що $N = 2000$ шт.;

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

Π_o – основний оціночний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році після впровадження результатів розробки, грн.; $\Pi_o = 8500$ 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 $\rho = 0,25$;

\mathcal{G} – ставка податку на прибуток. У 2023 році $\mathcal{G} = 18\%$.

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

$$\Delta\Pi_1 = (2000 \cdot 3600) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1229920 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_2 = (1800 \cdot 3600) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1070928 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_3 = (1000 \cdot 3600) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 614960 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_4 = (500 \cdot 3600) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 307480 \text{ (грн.)}$$

4.11 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

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

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

$$E_{абс} = ПП - PV, \quad (4.14)$$

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

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

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^i}, \quad (4.15)$$

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:

$$ПП = \frac{1229920}{(1+0.1)^2} + \frac{1070928}{(1+0.1)^3} + \frac{614960}{(1+0.1)^4} + \frac{307480}{(1+0.1)^5} = 2432014 \text{ (грн.)}$$

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

$$E_{abc} = 2432014 - 797786 = 1634228 \text{ (грн.)}$$

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

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

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

$$E_B = \sqrt[T_{ж}]{1 + E_{abc} / PV} - 1, \quad (4.16)$$

де E_{abc} – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, $E_{abc} = 1634228$ грн.;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 797786$ грн.;

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

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[5]{1 + 1634228 / 797786} - 1 = 0,24 = 24\%.$$

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

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

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

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2023 році в Україні $d = (0,08...0,16)$;

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

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

Оскільки величина $E_B = 24\% > \tau_{\min} = 22\%$, то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

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

$$T_{\text{ок}} = 1/E_B,$$

$$T_{\text{ок}} = 1/0,24 = 4,2.$$

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.

4.12 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 4,2 роки.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Питання охорони праці є одним з найважливіших на сучасному етапі життя нашого суспільства, у період, коли роботодавці ставлять для себе основним завданням якнайшвидше з мінімальним вкладенням засобів отримати найбільший прибуток. Мало уваги приділяється охороні праці, а часом вимоги охорони праці і взагалі ігноруються. При цьому не враховується те, що при комплексній дії на людину шкідливих виробничих чинників значно зменшується продуктивність праці. Зростання непродуктивних витрат часу обумовлюється також поганою організацією робочих місць, зокрема неврахуванням ергономічних вимог, невдалим розташуванням приладів, відсутність умов для тимчасового відпочинку тощо. Керівники підприємств забувають про те, що в результаті поліпшення умов праці нормалізується психологічний клімат, підвищується налагодженість у роботі, а, отже, зростає продуктивність праці.

Розробка автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Шестерня" відбувалася в приміщенні, яке обладнане робочими місцями з ПК. На розробника могли мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні:

- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена чи понижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень електромагнітного випромінювання;
- підвищена чи понижена іонізація повітря;
- недостатня освітленість робочої зони;
- відсутність чи нестача природного освітлення.

2. Психофізіологічні: статичне перевантаження; розумове перевантаження; емоційні перевантаження.

Відповідно до наведених факторів здійснюємо планування щодо безпечного виконання роботи.

5.1. Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

5.1.1. Обладнання робочого місця

Робоче місце – це зона простору, що оснащена необхідним устаткуванням, де відбувається трудова діяльність одного працівника чи групи працівників.

Раціонально організоване робоче місце забезпечує умови праці і правильну побудову робочого процесу. Кожне робоче місце має свої специфічні особливості, пов'язані з особливостями організації виробничого процесу, різноманіттям форм конкретної праці.

Конструкція робочого місця розробника і взаємне розташування всіх його елементів повинне відповідати антропометричним, фізичним і психологічним вимогам. Велике значення має також характер роботи [22-23].

Раціональне планування робочого місця передбачає чіткий порядок і сталість розміщення предметів, засобів праці і документації. Те, що потрібно для виконання робіт частіше, розташоване в зоні легкої досяжності робочого простору.

Вимоги до конструкції меблів (робочий стіл, стілець (крісло), розташованих на робочих місцях користувача ПК, визначаються вимогами [24-26]. Відповідно до вимог екран ПК слід розташовувати на оптимальній відстані від очей працівника, але не ближче 0,4 м залежно від розміру екрана монітора.

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

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

Робочий стіл для ПК, як правило, має бути обладнаним підставкою для ніг шириною не менше 300 мм та глибиною не менше 400 мм, з можливістю

регулювання по висоті в межах 150 мм та кута нахилу опорної поверхні - в межах 20 град. Підставка повинна мати рифлену поверхню та бортик на передньому краї заввишки 10 мм. Застосування підставки для ніг тими, у кого ноги не дістають до підлоги, є обов'язковим.

Основні вимоги щодо роботи на ПК:

- не залишати працюючі ПК і їхні пристрої без нагляду;
- підключати і відключати роз'єми кабелів пристроїв ПК тільки при відключеній напрузі;
- подавати напругу на пристрої і окремі блоки ПК тільки після ретельної перевірки надійності кріплення провідників заземлення, справності кабелів і роз'ємів мережі електроживлення;
- при виявленні запаху горілого в пристроях ПК необхідно вимкнути апаратуру, повторно не включати і звернутися до спеціаліста з технічного обслуговування ПК;
- для профілактики порушень і підтримання працездатності оператора ПК власником повинні бути введені додаткові регламентовані перерви для відпочинку;
- у період роботи за дисплеєм необхідно передбачити через кожні 40 – 45 хв три-п'ятихвилинні перерви для відпочинку. Середня сумарна тривалість роботи за монітором за день не повинна перевищувати 4 год, а за тиждень 20 год [4].

В приміщенні, де проводилася розробка автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Шестерня" використовується чотири провідна трифазна електромережа з заземленим нульовим проводом. Величина напруги цієї мережі становить 380 х 220В (фазна напруга (фаза – «0») – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В). Категорія умов з небезпеки електротравматизму – без підвищеної небезпеки [24-26].

Для запобігання електротравмам у приміщенні здійснюються:

- 1) ізоляція нормально струмоведучих елементів електроустаткування відповідно з вимогами нормативів;
- 2) захисне заземлення із використанням природних заземлювачів;

- 3) систематичне проведення інструктажу з електробезпеки;
- 4) суворе дотримання правил електробезпеки на робочому місці.

Таким чином, рівень організації та обслуговування робочих місць значно впливає на ступінь важкості, стомливості й привабливості праці. Чим раціональніше організоване робоче місце, чим воно зручніше, чим краще забезпечене всім необхідним для безперебійної та ритмічної роботи, тим менш утомливою буде праця, тим більша її привабливість, тим вищі працездатність працівника і рівень продуктивності його праці.

5.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1. Мікроклімат

Виробниче приміщення – замкнутий простір в спеціально призначених будинках та спорудах, в яких постійно (по змінах) або періодично (протягом частини робочого дня) здійснюється трудова діяльність людей.

Мікрокліматичні умови на робочому місці, у виробничих приміщеннях – найважливіший санітарно-гігієнічний фактор, від якого багато в чому залежить стан здоров'я та працездатність людини. Визначається він поєднанням таких показників або параметрів, як температура повітря і поверхонь, відносна вологість, швидкість руху (рухливість) повітря, теплове випромінювання.

У санітарних нормах ДСН 3.3.6.042-99 [27] встановлені величини параметрів мікроклімату, що створюють комфортні умови. Ці норми встановлюються залежно від пори року, характеру трудового процесу і характеру виробничого приміщення (значні або незначні тепловиділення).

Робота з розробки автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Шестерня" за енерговитратами відноситься до категорії I а (енерговитрати до 139Дж/с) [28]. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Параметр мікроклімату	Величина
Холодний	Температура повітря в приміщенні	21 ... 25 °С
	Відносна вологість	40 ... 60%
	Швидкість руху повітря	до 0,1 м / с
Теплий	Температура повітря в приміщенні	22 ... 28 °С
	Відносна вологість	40 ... 60%
	Швидкість руху повітря	0,1 ... 0,2 м / с

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні використовується централізована парова система опалення (для підтримання температури в холодний період року) та система кондиціонування (для підтримання температури в теплий період року), а також систематичне (раз за зміну) вологе прибирання.

5.2.2. Склад повітря робочої зони

Чистота повітря виробничого середовища є важливим фактором підтримання стабільної працездатності працівників, формування у них позитивного ставлення до роботи, підвищення продуктивності праці. Багатьма дослідженнями доведено, що система дихання людини найменш пристосована до забрудненої атмосфери. Слизові оболонки, легеневий апарат піддаються більшому впливу забрудненого повітря, ніж очі та шкіряний покрив. Разом з тим велика кількість виробничих процесів супроводжується утворенням дрібних часточок твердих або рідких речовин, які утримуються в повітрі. Кількість домішок – газів, парів, пилу, які містяться в одному літрі або одному кубічному метрі повітря у грамах, характеризує ступінь забруднення виробничого середовища.

В приміщенні, де виконується розробка автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Шестерня", можливими шкідливими речовинами у повітрі є фенол, пил та озон. Джерелами

цих речовин є офісна техніка. Пил потрапляє у приміщення ззовні, через вікна, двері та заноситься співробітниками.

ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

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

Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл. 5.3).

Таблиця 5.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

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

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

5.2.3. Виробниче освітлення

Освітлення на робочих місцях справляє багатоплановий вплив на працівника, зокрема на його емоційний стан, працездатність, мотивацію,

продуктивність і безпеку праці. Світло є не тільки важливою умовою роботи зорового аналізатора, а й біологічним фактором розвитку організму людини в цілому. Для людини день і ніч, світло і темрява визначають біологічний ритм – неспання та сон. Отже, недостатня освітленість або її надмірна кількість знижують рівень збудженості центральної нервової системи і активність усіх життєвих процесів. Раціональне освітлення є важливим фактором загальної культури виробництва. Неможливо забезпечити чистоту та порядок у приміщенні, в якому напівтемрява, світильники брудні або в занедбаному стані.

Згідно ДБН В.2.5-28-2018 [29] в приміщенні, де здійснюється розробка автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Шестерня" за допомогою ПК необхідно застосувати систему комбінованого освітлення. Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні для роботи зазначені у таблиці 5.4:

Таблиця 5.4 - Норми освітленості в приміщенні

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

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

- 1) Максимальне використання бічного природного освітлення.
- 2) Систематичне очищення скла від бруду – не рідше двох разів на рік.
- 3) Систематична заміна перегорілих ламп.

5.2.4. Виробничий шум

Шкідливий та небезпечний вплив шуму на організм людини встановлено з повною достовірністю. Ступінь такого впливу, переважно, залежить від рівня та характеру шуму, форми та тривалості впливу, а також індивідуальних особливостей людини. Численні дослідження підтвердили той факт, що шум належить до загальнофізіологічних подразників, які за певних обставин можуть впливати на більшість органів та систем організму людини. Так, дія шуму може спричинити нервові, серцево-судинні захворювання, виразкову хворобу, порушення обмінних процесів та функціонування органів слуху тощо.

Джерелом шуму під час розробки підсистеми контролю знань користувачів дистанційних курсів технічних дисциплін з використанням сучасних технологій програмування є працююча офісна техніка, а також – рух автотранспорту біля будинку. У табл. 6.5 вказані граничні рівні звуку залежно від категорії тяжкості і напруженості праці, що є безпечними відносно збереження здоров'я і працездатності згідно ДСН 3.3.6.037-99 [30].

Таблиця 5.5 – Граничні рівні звуку, дБ, на робочих місцях.

Категорія напруженості праці	Категорія важкості праці			
	I. Легка	II. Середня	III. Важка	IV. Дуже важка
I. Мало напружений	80	80	75	75
II. Помірно напружений	70	70	65	65
III. Напружений	60	60	-	-
IV. Дуже напружений	50	50	-	-

Для зниження рівня шуму стіни і стеля приміщень, де встановлені комп'ютери, можуть бути облицьовані звукопоглинальними матеріалами.

Для забезпечення допустимих параметрів шуму доцільно використовувати комп'ютери з пасивним охолодженням та встановити пластикові вікна, які мають достатню звукоізоляцію.

5.2.5. Виробничі випромінювання

Розробка підсистеми контролю знань користувачів дистанційних курсів технічних дисциплін з використанням сучасних технологій програмування відбувалася за допомогою ПК, відповідно існує ймовірність впливу ЕМП на працівника.

Ступінь впливу електромагнітних випромінювань на організм людини взагалі залежить від діапазону частот, тривалості опромінення, характеру опромінення, режиму опромінення, розмірів поверхні тіла, яке опромінюється, та індивідуальних особливостей організму. У результаті дії ЕМП на людину можливі гострі та хронічні форми порушення фізіологічних функцій організму.

Ці порушення виникають в результаті дії електричної складової ЕМП на нервову систему, в також на структуру кори головного та спинного мозку, серцево-судинної системи. У більшості випадків такі зміни в діяльності нервової та серцево-судинної системи мають зворотній характер, але в результаті тривалої дії вони накопичуються, підсилюються з плином часу, але, як правило, зменшуються та зникають при виключенні впливу та поліпшенні умов праці. Тривалий та інтенсивний вплив ЕМП призводить до стійких порушень та захворювань.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від монітору комп'ютера представлені в табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Найменування параметра	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні відеомонітору	10 В/м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні відеомонітору	0,3 А/м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати:	для дорослих користувачів 20кВ/м для дітей 15кВ/м

Заходи щодо зменшення впливу на працівника електромагнітного випромінювання: оптимальна організація робочого місця, доцільне розміщення технологічного устаткування, дотримання гігієнічно-обґрунтованих режимів праці та відпочинку, зменшення часу перебування у зоні опромінення.

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження області працездатності РЕС засобів автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Шестерня" в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

5.3.1 Дія радіації на стійкість роботи об'єктів господарської діяльності

Одним із основних об'єктів ядерних досліджень є структура атома. Ядра всіх атомів складаються з дрібних частинок – протонів і нейтронів, які міцно з'єднані одна з одною. Число протонів суворо визначено, а кількість нейтронів у ядрі може бути різною у атомів одного хімічного елемента. Тому можуть існувати різновиди

атомів одного й того ж елемента, які відрізняються один від одного масою. Такі атоми називаються ізотопами елемента. Для більшості ізотопів характерна радіоактивність, яка може бути природною і штучною. Природна радіоактивність - це довільний розпад ядер елементів у природному стані. Штучна радіоактивність викликається людиною в лабораторіях, на реакторах АЕС, тощо.

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

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

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

Якщо при цьому з'ясується, що люди можуть отримати дозу опромінення більше допустимої (встановленої), об'єкт вважається нестійким до радіації [31].

Для зниження рівня забруднення радіоактивними речовинами використовують дезактивацію.

5.3.2 Визначення області працездатності РЕС засобів автоматизації в умовах дії іонізуючих випромінювань

Вихідні дані: $K_{нос} = 2,5$, $t_n = 1$ год.

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

Визначаємо максимально допустимі рівні радіації, при яких в елементах можуть виникнути незворотні зміни [31].

Дані заносимо в таблицю 6.7.

Прийmemo час закінчення опромінення рівним терміну служби приладу

$$t_k = 5 \text{ (років)} = 43800 \text{ (год)}.$$

Проаналізувавши дані, визначаємо межу стійкості P_{zp} роботи РЕС, враховуючи коефіцієнт послаблення радіації

$$P_{zp} = \frac{D_{zp} K_{носл}}{2(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})} \text{ [Р/год]}; \quad (5.1)$$

$$P_{zp} = \frac{10^4 \cdot 2,5}{2(\sqrt{43800} - \sqrt{1})} = 60,01 \text{ (Р/год)}.$$

Таблиця 5.7 – Максимально допустимі рівні радіації елементів РЕС

№	Елементи РЕС	$D_{zp}, \text{ Р}$	$D_{zp}, \text{ Р}$
1	Діоди	10^5	10^4
2	Резистори	10^6	
3	Конденсатори	10^6	
4	Напівпровідники	–	
5	Мікросхеми	10^4	
6	Інтегральні схеми	10^5	
7	Діелектрики	10^4	

Таким чином, область працездатності РЕС засобів автоматизації в умовах дії іонізуючих випромінювань обмежена рівнем радіації від 0 до 60,01 Р/год.

Висновки

Досліджено небезпечні фактори виробництва та виробничу гігієну.

Досліджено область працездатності РЕС засобів автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Шестерня" в умовах дії загрозливих факторів НС. З дослідження впливу іонізуючих випромінювань на область працездатності РЕС засобів автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Шестерня" можна зробити висновок, що область працездатності РЕС приладу в умовах дії іонізуючих випромінювань обмежена рівнем радіації від 0 до 60,01 Р/год.

ВИСНОВКИ

1. На основі огляду типових засобів автоматизації можна виділити основні методики за засоби для автоматизації виробництва.
2. До основних можна виділити засоби первинної автоматизації, такі як автоматизація оснащення, автоматизація розвантажувальних та завантажувальних операцій.
3. Виконано аналіз маршруту механічної обробки та визначено, що операція 015 може бути автоматизована.
4. Як схему організації компоновки обрано кільцеву, що дозволить використовувати один промисловий робот для обслуговування усіх компонентів комплексу.
5. Розроблено загальний алгоритм роботи автоматизованого робочого місця
6. Розроблено автоматизоване технологічне оснащення для установки деталі на верстаті.
7. Вибрано промисловий робот для виконання допоміжних – завантажувально-розвантажувальних операцій;
8. Запропоновано принципову схему захватного пристрою для промислового робота.
9. Визначено вплив параметрів виробу на характеристики часових витрат для виконання допоміжних операцій.
10. Визначено показники точності роботи автоматизованого робочого місця та встановлено, що сумарна похибка знаходиться в межах допустимих параметрів.
11. 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.
12. Комерційний потенціал дослідження за результатами опитування експертів було визначено як вище середнього. Розраховані показники абсолютної та відносної ефективності свідчать, що даний інвестиційний проект може

зацікавити інвестора, оскільки рівень доходності даного проекту перевищує депозитні доходи і є менш ризикованим. Термін окупності розробленого проекту складає 4,2 роки.

13. Досліджено небезпечні фактори виробництва та виробничу гігієну.

14. Досліджено область працездатності РЕС засобів автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "шестерня" в умовах дії загрозливих факторів нс. з дослідження впливу іонізуючих випромінювань на область працездатності РЕС засобів автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "шестерня" можна зробити висновок, що область працездатності РЕС приладу в умовах дії іонізуючих випромінювань обмежена рівнем радіації від 0 до 60,01 р/год.

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. О.С.Піменов, М.М. Компанець Застосування роботизованих комплексів техно логічного 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. M. Miscevic and Dj. Dihovieni. APPLICATION OF ROBOTICS AND CNC MACHINES IN PRODUCTION / Applied Engineering Letters Vol.5, No.4, 2020. p.135-141.
17. 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.
18. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Роботизовані технологічні комплекси» / Уклад. Д. О. Лозінський. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 43 с.
19. Лозінський Д.О. Застосування промислових роботів для вирішення задач технологічного виробництва / Д. О. Лозінський, К.І. Гончарук, М.К. Гончарук, О.Д. Метельний, Гаврилюк В.В. // Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024) м. Вінниці (вересень 2023 р.).

Режим

доступу:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/view/19685>.

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

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

22. ДСТУ ISO 45001:2019 Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 45001:2018, IDT). URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88004.

23. 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

24. 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_praop_0_00-7_15-18_01_ua.php

25 Про мінімальні вимоги безпеки при роботі з дисплейним обладнанням: 90/270/ЕЭС. Брюссель : Рада Європейських співтовариств, 1990. URL: <http://docs.pravo.ru/document/view/32704903/>

26. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>

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

28. 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>

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

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

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

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

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

Мета та задачі роботи

Метою роботи є розробка автоматизованого робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Шестерня".

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати такі завдання:

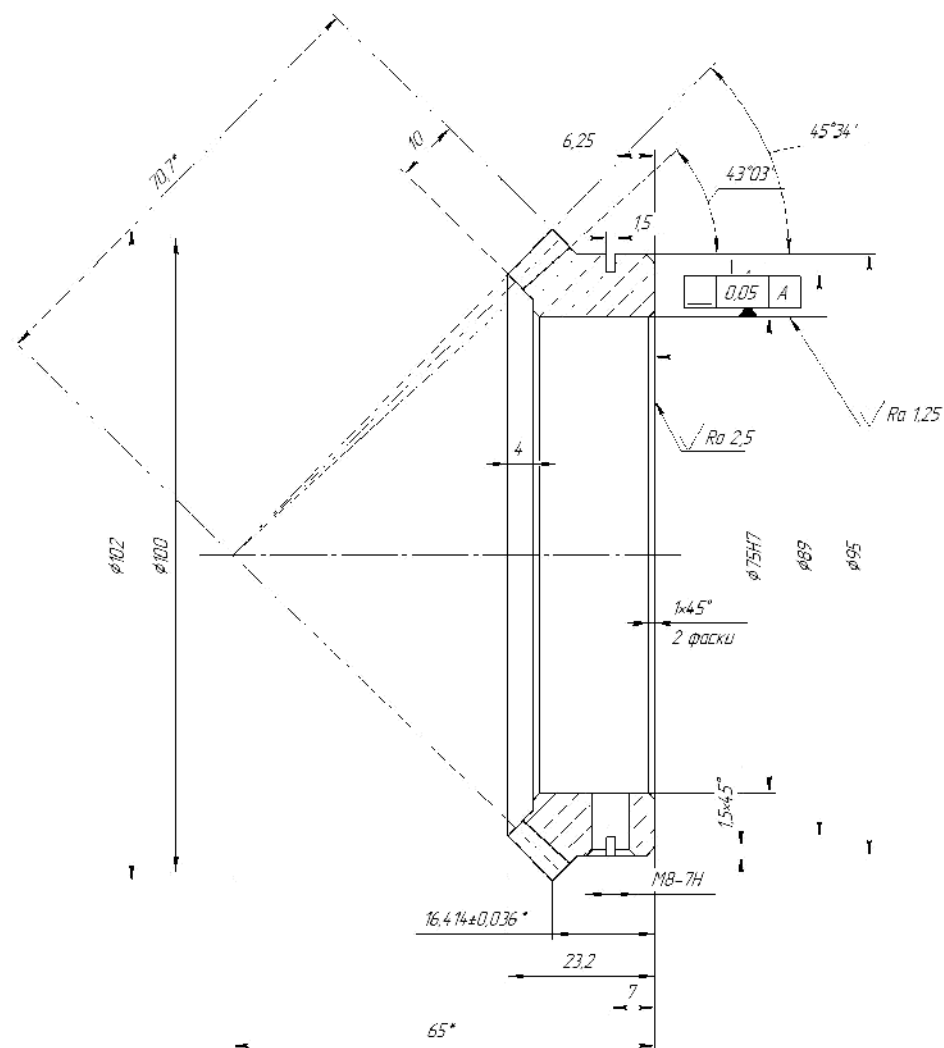
- виконати огляд відомих методів та засобів автоматизації технологічного виробництва;
- запропонувати принципову схему автоматизованого робочого місця;
- розробити алгоритм роботи автоматизованого робочого місця;
- вибрати технологічне обладнання та спроектувати автоматизоване оснащення для нього;
- 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 "Шестерня".

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

МКР.08-64.005.00.001

√ Ra 6.3 (√)



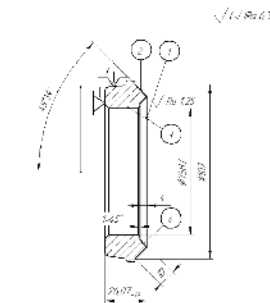
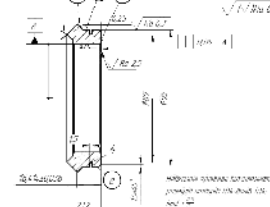
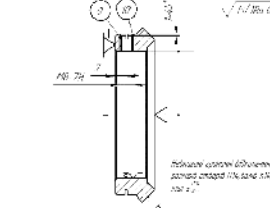
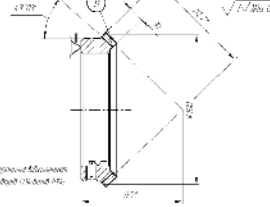
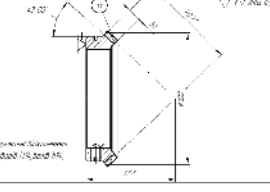
Модуль	<i>m</i>	2
Число зубів	<i>z</i>	50
Тип зуба	-	прямий
Вихідний контур		ГОСТ 13754-68
Кут дігільного кінця		45°
Ступінь точності за ГОСТ 1758-56		Ст 8-х
Повна висота зуба	<i>h</i>	4,4
Товщина зуба по хорді	<i>Sx</i>	3,14 ^{±0,02}
Виміральною висота до хорди	<i>hx</i>	2,02

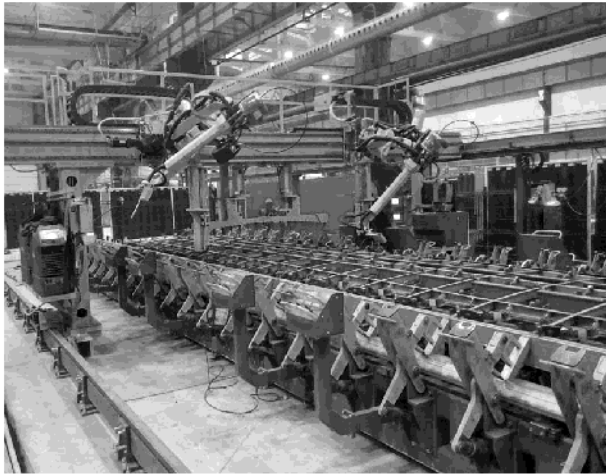
- 1 207.241 НВ
- 2 Невказані граничні відхилення розмірів отворів Н14, валів h14, інші ±IT7.
- 3 *Розміри для дійвок.

Висота загальної частини
 Число зубів
 Висота вільної частини
 Висота загальної частини
 Висота вільної частини
 Висота загальної частини
 Висота вільної частини

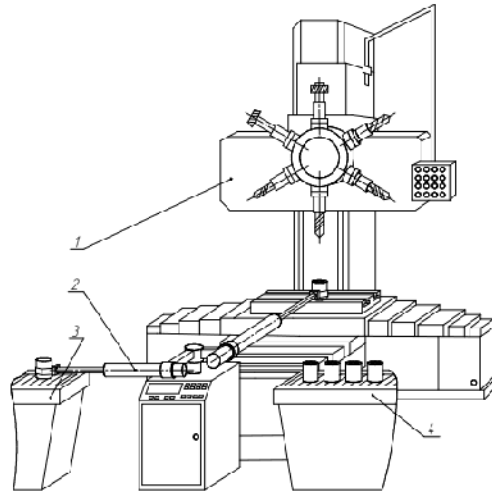
				МКР.08-64.005.00.001		
Мат. група	№ докум.	Вид	Дата	Лист	Мас. ш.	Мас. стор.
Розроб.	Григорук М.К.		01.12.11			
Викон.	Козлов О.В.		08.02.12	Шестерня		
Ізм.				0,51 11		
Матеріал	Сталь 40X ГОСТ 1050-89	ВНТУ				
Технік	Сердюк О.В.	ст. зр. 1ПМ-22м				
Інж.	Козлов О.В.	Формат А?				

Маршрут механічної обробки деталі

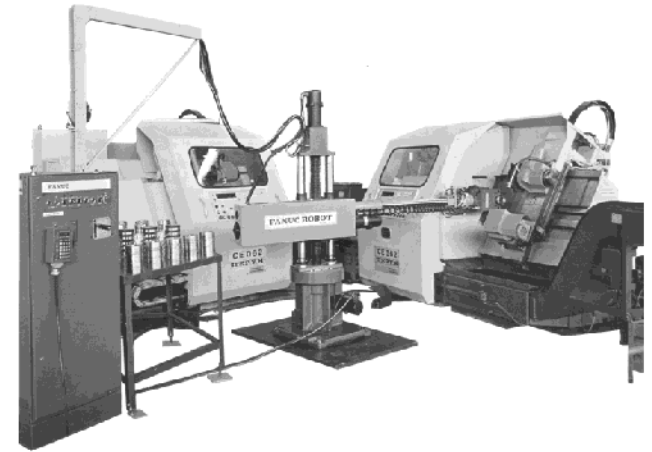
№ Операції	Назва операції та зміст переходів.	Операційний ескіз	Тип та модель обладнання
005	<p>Токарна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити торець 1 у розмір 26,07Н12. 3. Точити поверхню 2 4. Розточити поверхню 3 попередньо у розмір $\phi 74$Н12. 5. Розточити поверхню 4 однократно у розмір $\phi 74,6$Н10. 6. Точити поверхні 3 і фаску по контуру. 7. Тонко розточити поверхню 3 попередньо у розмір $\phi 74,88$Н9. 8. Тонко розточити поверхню 3 остаточн у розмір $\phi 75$Н7. 7. Зняти деталь. 	 <p>1 - Відмітка остаточного відношення розмірів поверхні 124,88 до 124,88, мм 2 - 7</p>	<p>Токарний верстат для твердого точіння 160НТ</p>
010	<p>Токарна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Підготувати торець 5 у розмір 23,8Н12. 3. Точити поверхню 6 попередньо. 4. Точити торець 7 під кутом у розмір. 5. Точити поверхні 5, 6, 7 по контуру і фаску у розмір. 6. Точити канавку 8 у розмір. 6. Зняти деталь. 	 <p>1 - Відмітка остаточного відношення розмірів поверхні 124,88 до 124,88, мм 2 - 7</p>	<p>Токаро-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30</p>
015	<p>Вертикально-свердильна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Центрувати отвір 9 - $\phi 5$ Н12. 3. Свердлити отвір 9 - $\phi 6,9$ Н12. 4. Зенкувати фаску 10 - 1$\times$$\phi$. 5. Нарізати різьбу М8-7Н. 3. Зняти деталь. 	 <p>1 - Відмітка остаточного відношення розмірів поверхні 124,88 до 124,88, мм 2 - 7</p>	<p>Вертикально-свердильний верстат з ЧПК 2Р135Ф2</p>
020	<p>Зубошліфувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Шліфувати зуби 11 на поверхні 2. 3. Зняти деталь. 	 <p>1 - Відмітка остаточного відношення розмірів поверхні 124,88 до 124,88, мм 2 - 7</p>	<p>Зубошліфувальний 5А26</p>
025	<p>Термічна</p>	<p>-</p>	<p>-</p>
030	<p>Зубошліфувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Шліфувати зуби 11. 3. Зняти деталь. 	 <p>1 - Відмітка остаточного відношення розмірів поверхні 124,88 до 124,88, мм 2 - 7</p>	<p>Зубошліфувальний верстат 58П70В</p>



Роботизація
виробництва

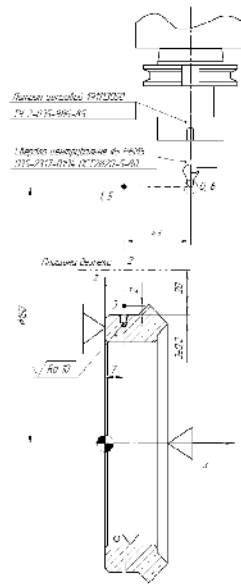


Автоматизоване робоче
місце для свердильно-
фрезерної обробки

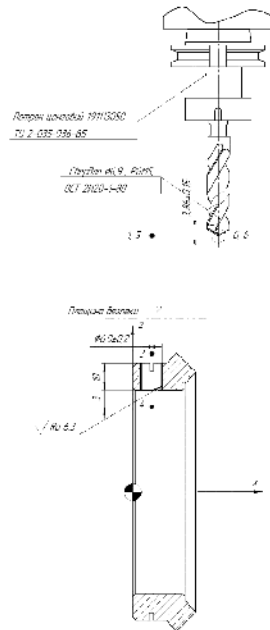


комплекс для токарної
обробки

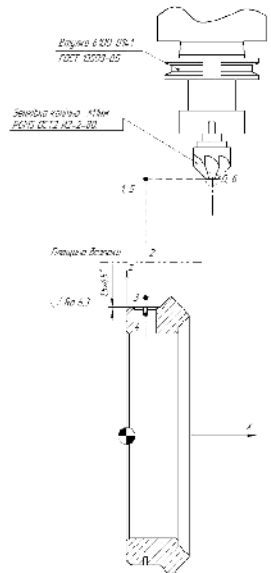
Перехід 2



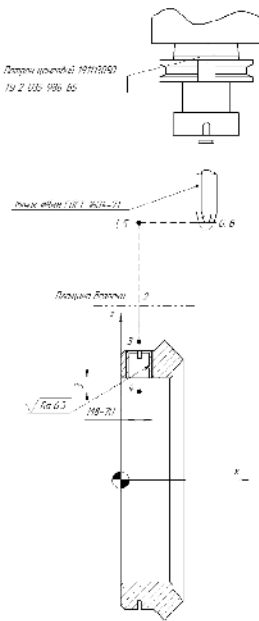
Перехід 3



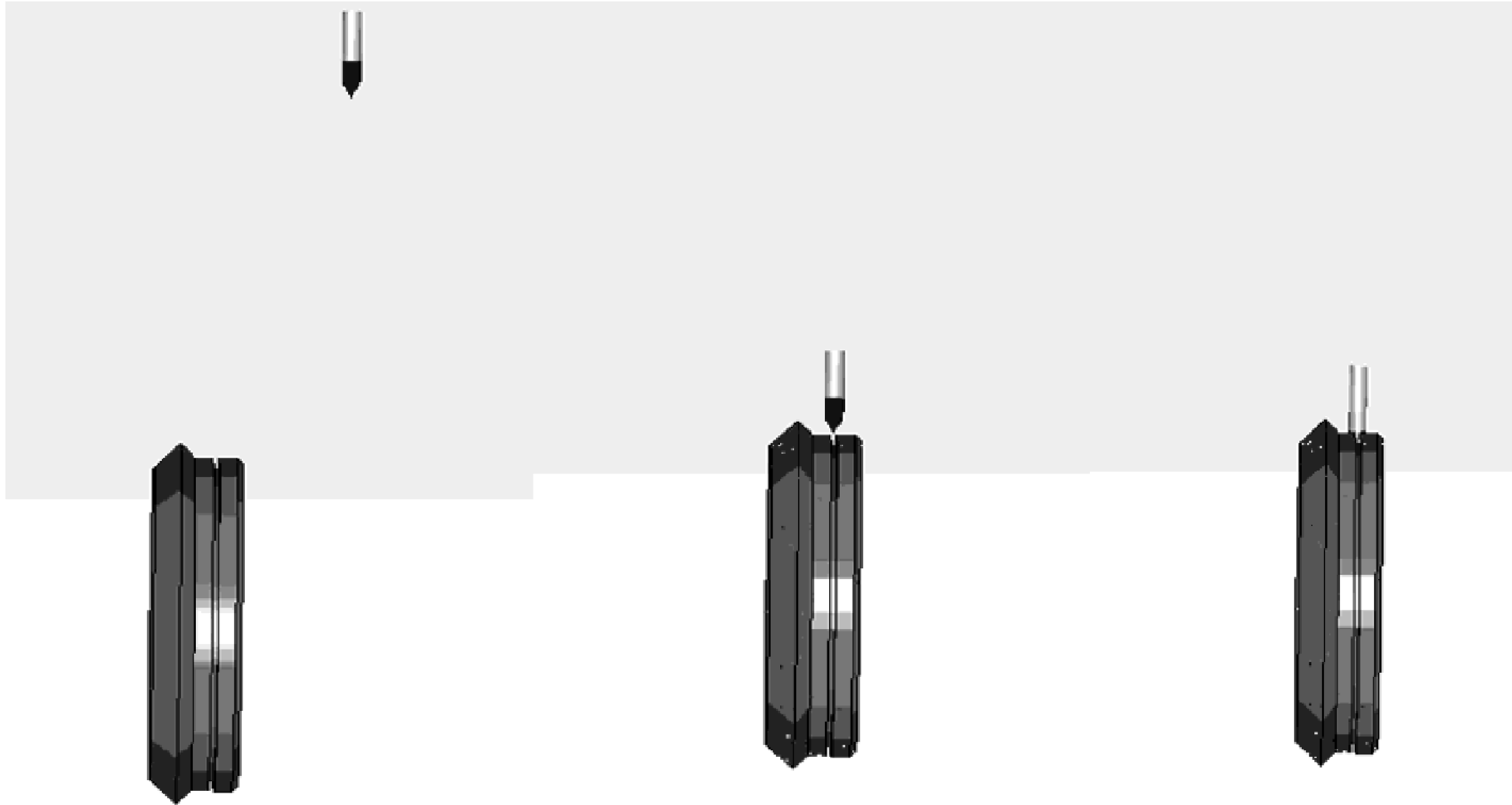
Перехід 4



Перехід 5



5	Шпилька 6 030 030-1	177	030	1.75
6	Шпилька 6 030 030-1	210	7	0.05
3	Шпилька 6 030 030-1	294	24.0	0.15
2	Шпилька 6 030 030-1	314	24	0.15
1	Шпилька 6 030 030-1	-	-	-
IP	IP	Проектант	27.02.2012	1
МР	МР	Затверд.	27.02.2012	1
МР-09-64.005.000.002				
Кітень конструкторів				
на виході 035				
ВН-72				
МР-09-64.005.000.002				



Розробка програми для верстата з ЧПК

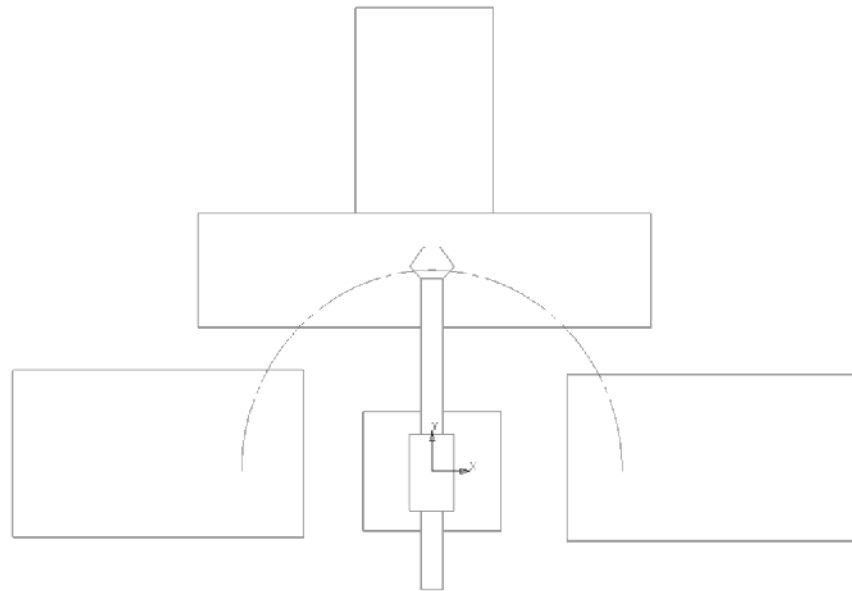
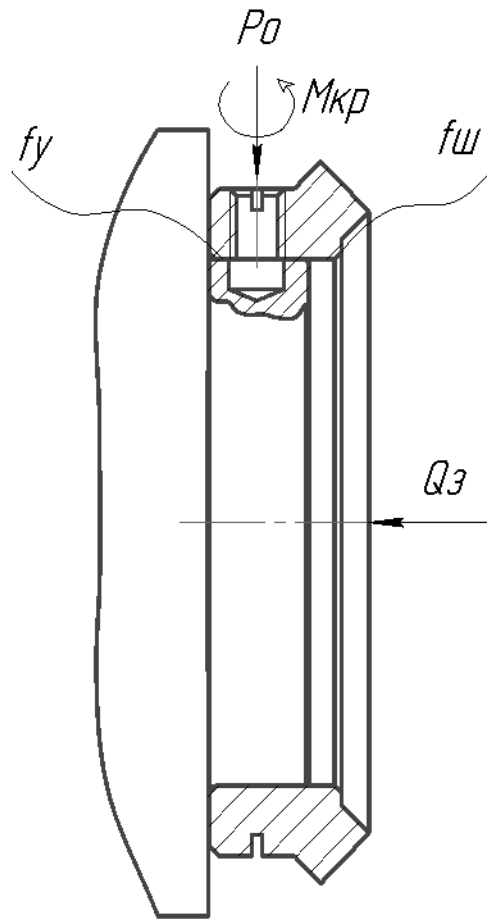


Схема автоматизованого робочого місця

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

Алгоритм роботи автоматизованого робочого місця

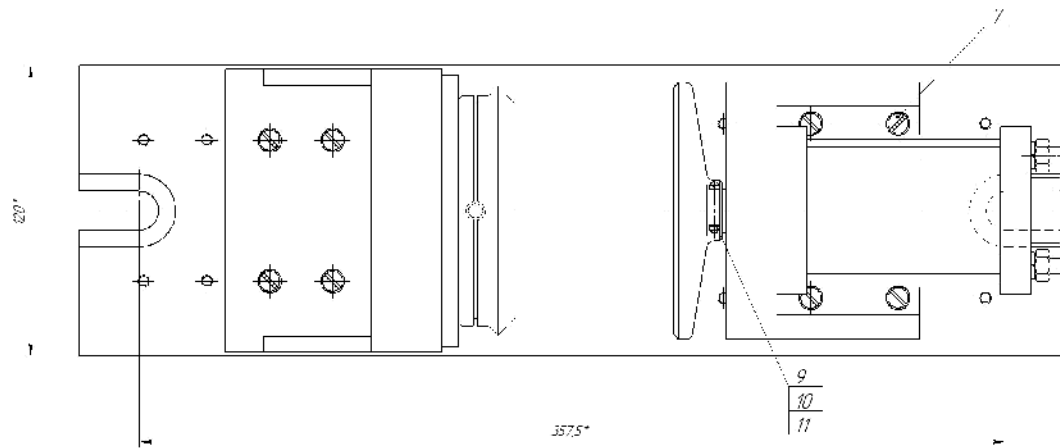
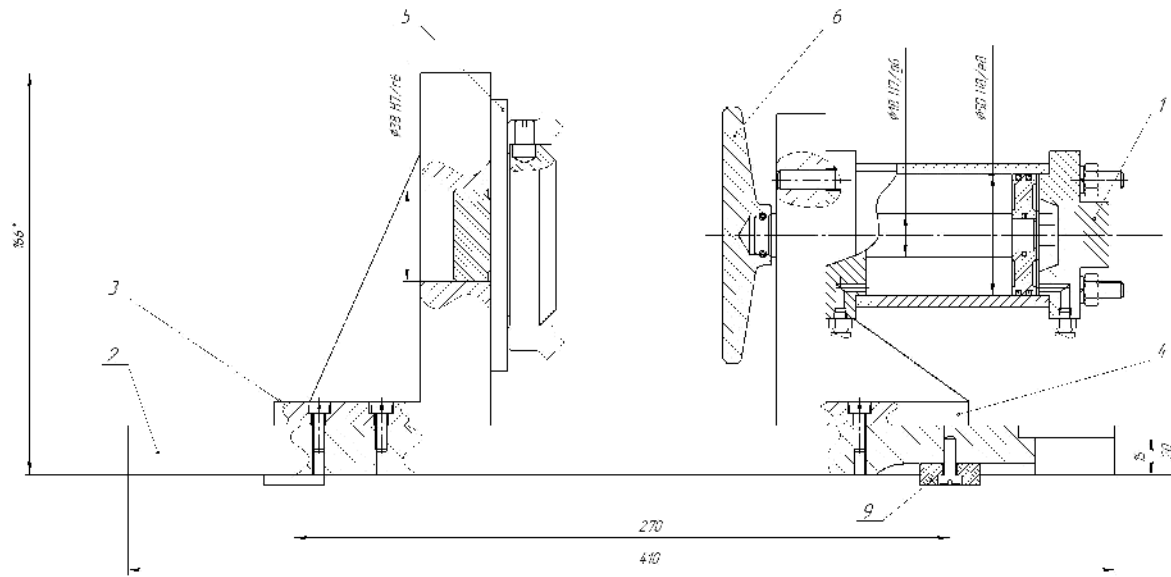


$$KM_{kp} - Q_3 \cdot f_y - Q_3 \cdot f_{\omega} = 0$$

$$Q_3 = \frac{KM_{kp}}{f_y + f_{\omega}}, [H]$$

$$Q_3 = 2.5 * 14.1 / (0.16 + 0.16) = 120 (H).$$

Схема дії сил на заготовку при обробці



- 1 Тиск у пневматичній 0,6 МПа
- 2 Зупинка затичку Ветол 4 Т2 11
- 3 Пам'ять пристосування сталевий 72,31 мм
- 4 Наоброблені підвісні фартухи у квалі Верстета
- 5 Хід штанги пневмоциліндра 60 мм
- 6 Мікролінійні позначення
- 7 Чашка для дощок

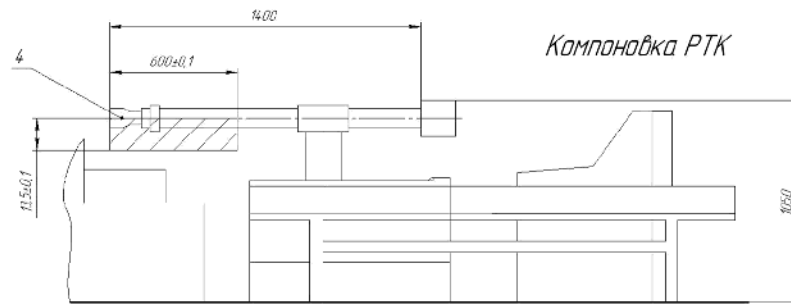
				МКР-08-64.005.01.000 L	
№	Діаметр	Довжина	Матеріал	Висота пристосування	Довжина
1	117	117	Сталь	72,31	117
2	117	117	Сталь	72,31	117
3	117	117	Сталь	72,31	117
4	117	117	Сталь	72,31	117
5	117	117	Сталь	72,31	117
6	117	117	Сталь	72,31	117
7	117	117	Сталь	72,31	117

Складальне креслення

ВСТЗ

ГР. 08. 08. 08.

Креслення



Компоновка РТК

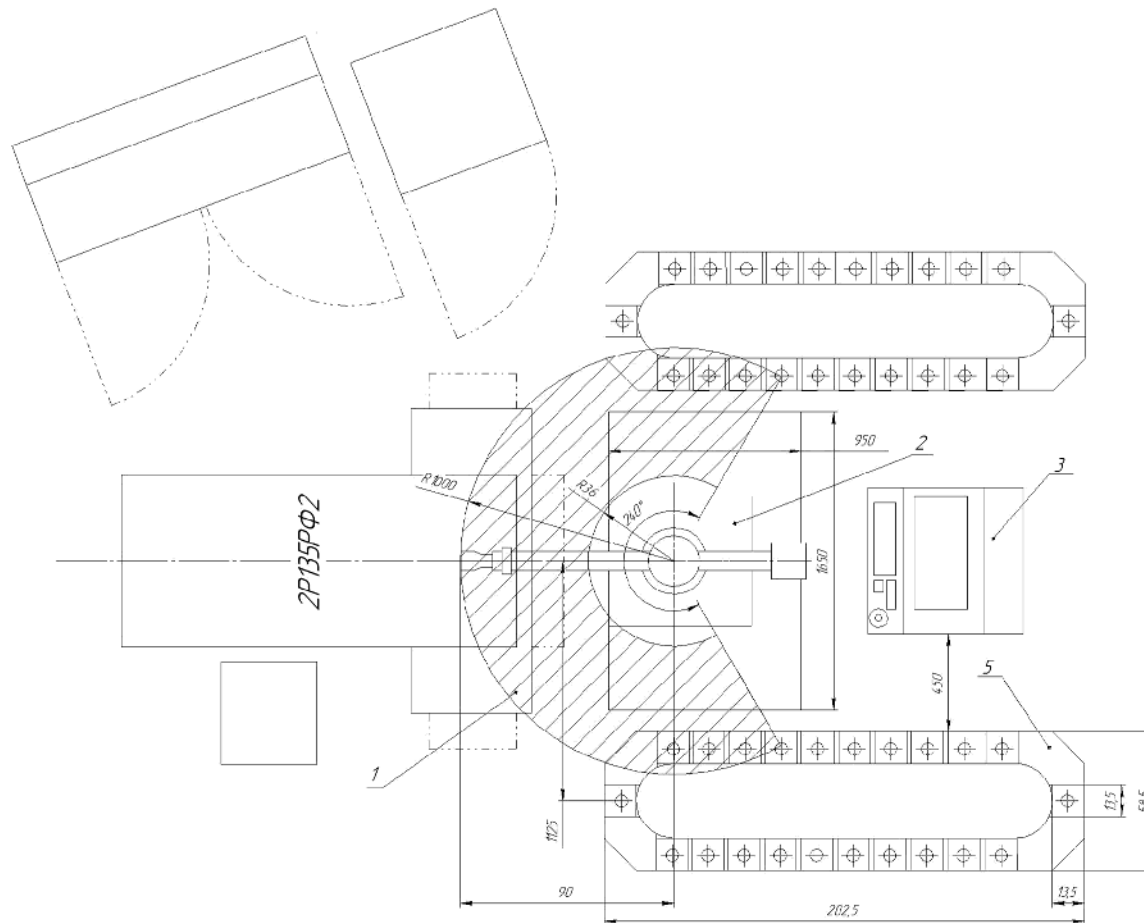
1. Верстат моделі 2Р135РФ2
2. ПР моделі "ПР-4"
3. Пристрій керування
4. Захватний пристрій
5. Тактовий стіл

Технічні характеристики робота "ПР-4"

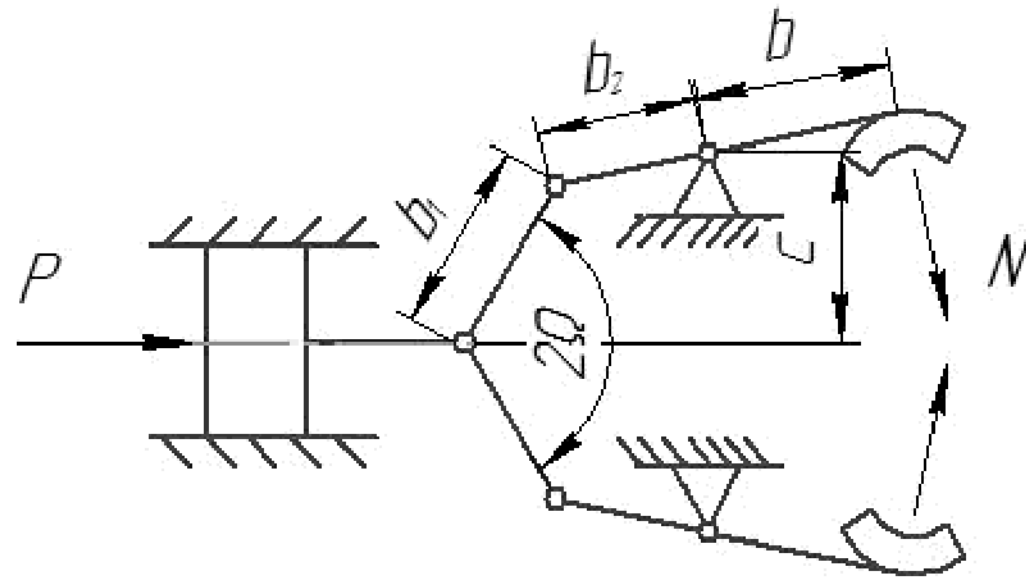
- вантажопід'ємність - 5 кг;
- число ступенів рухливості - 6;
- число рук - 1;
- привод основних рухів - пневматичний;
- система управління - центральна;
- число програмованих координат - 6;
- засіб програмування переміщень - по упорам;
- ємність пам'яті системи, число кроків-60;
- похибка позионування - $\pm 0,1$ мм;
- найбільший виліт руки - 1000мм;
- лінійні переміщення, мм/ швидкість, м/с:
- $r = 600/1$;
- $z = 150/1$;
- $x = 200/1$;
- кутові переміщення, ° / кутова швидкість, °/с:
- $\varphi = 240/120$;
- $\beta = 15/30$;
- $\alpha = 90/30$ (забезпечується конструкцією ЗП)
- габаритні розміри, мм:
- $H=1050$;
- $B=1650$;
- $L=950$.

Характеристики робочого місця:

1. Циклова продуктивність, $Q_c=0,006$ с;
2. Коефіцієнт відносної завантаженості, $K_{взд}=0,15$;
3. Режим роботи ПР - легкий.



Компоновка АРМ



$$P = \frac{2 \cdot b \cdot F}{\left[\operatorname{tg} \Theta \sqrt{1 - \left(\frac{b_1 \sin \Theta - c}{b} \right)^2} - \frac{b_1 \sin \Theta - c}{b} \right] \cdot b_2}$$

$$P = \frac{2 \cdot 0,04 \cdot 48,5}{\left[\operatorname{tg} 60 \sqrt{1 - \left(\frac{0,035 \sin 60 - 0,05}{0,035} \right)^2} - \frac{0,035 \sin 60 - 0,05}{0,035} \right] \cdot 0,025} = 46(\text{H})$$

Схема захватного пристрою

швидкість лінійного позиціонування під час вильоту руки промислового робота

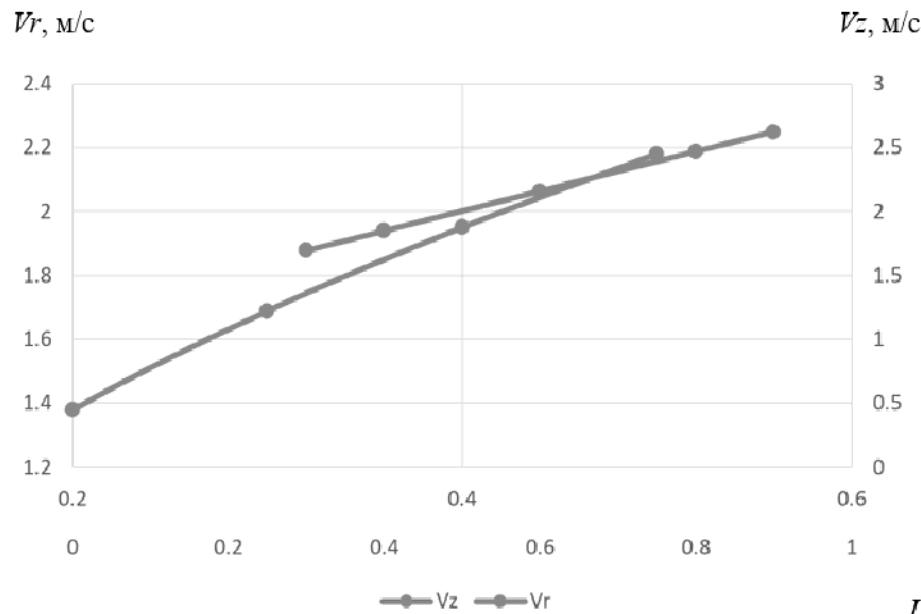
$$V_x = \frac{2 \cdot L_x \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, \quad V_z = \frac{\alpha_z \cdot \sqrt{L_z} \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}},$$

де

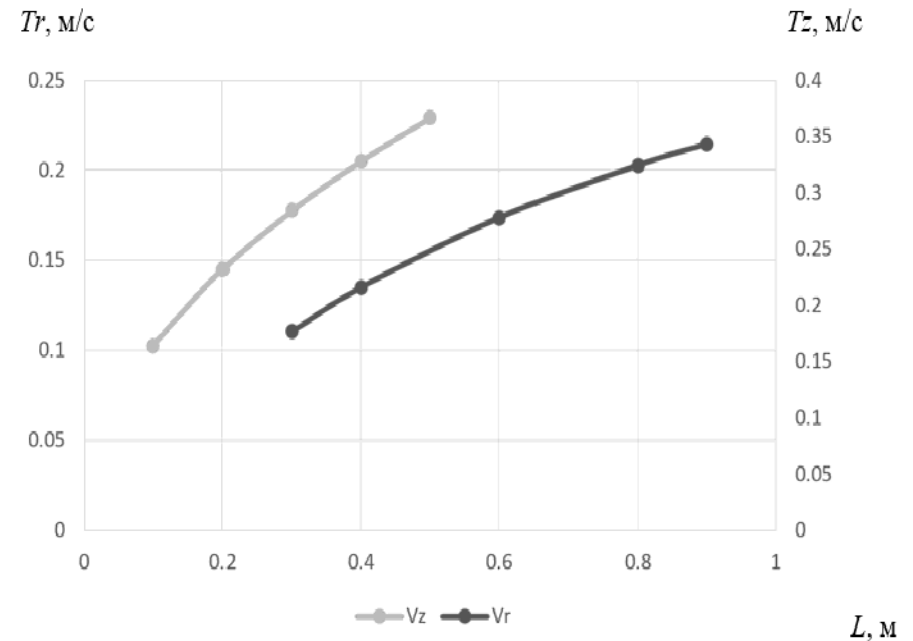
L_x - виліт руки ПР;

Δl - похибка позиціонування;

α_z - коефіцієнт залежний від конструкції приводу

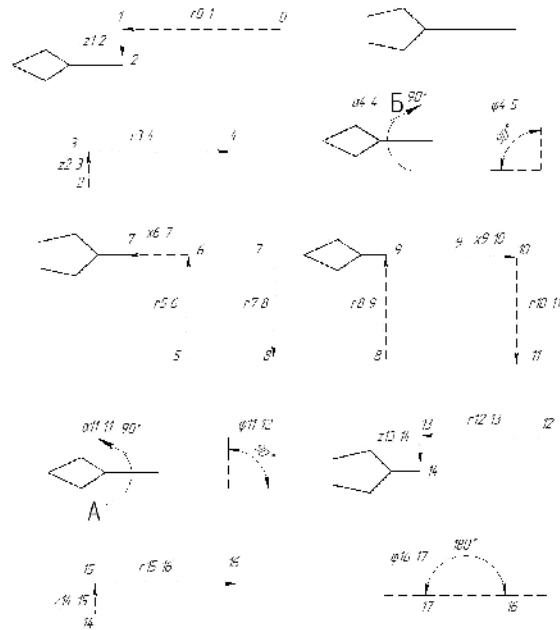
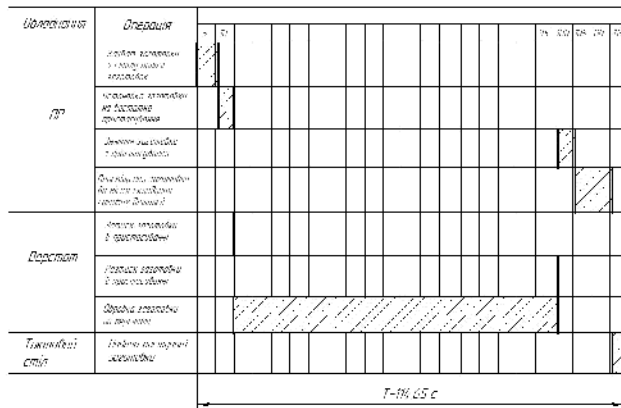


Вплив вильоту маніпулятора промислового робота на швидкість виконання операції



Вплив вильоту маніпулятора промислового робота на час виконання операції

Циклограма функціонування та алгоритм роботи АРМ



Алгоритм роботи АРМ

Комп'ютер	Величина переміщення, мм/град	Швидкість переміщення, м/с / °/с	Час, с
Переміщення руки ПР вперед	600	10	0,6
Переміщення руки ПР вниз	200	0,5	0,4
Позитивна заготовка	-	-	0,1
Переміщення руки ПР назад	200	0,5	0,4
Переміщення руки ПР вгору	600	10	0,6
Поблизь ЗП за год. стрижка	90°	30	3
Сума			5,1
Обробка заготовки			
Підготовка руки ПР до гід. стрижки	90°	30	3
Переміщення руки ПР вперед	600	10	0,6
Переміщення корпусу вгору	200	10	0,2
Позитивна заготовка	-	-	0,1
Переміщення руки ПР назад	600	10	0,6
Сума			4,5
Забір заготовки в вантажопідіймач			
Обробка заготовки	-	-	61
Позитивна заготовка на вантажопідіймачу	-	-	3
Сума			61
Переміщення руки ПР вгору	600	10	0,6
Висадка заготовки	-	-	0,2
Переміщення руки ПР вперед	600	10	0,6
Поблизь ЗП за год. стрижка	90°	30	3
Сума			4,7
Поворот руки ПР за год. стрижка	90°	30	3
Переміщення руки ПР вгору	600	10	0,6
Переміщення руки ПР вниз	200	0,5	0,4
Позитивна заготовка	-	-	0,1
Переміщення руки ПР назад	200	0,5	0,4
Переміщення руки ПР вгору	600	10	0,6
Поворот руки ПР проти год. стрижки	90°	30	3
Сума			12,85
Позитивна заготовка			
Позитивна заготовка	-	-	2,5

ПР – промисловий робот

ЗП – захватний пристрій

Алгоритм та циклограма роботи АРМ

ВИСНОВКИ

1. На основі огляду типових засобів автоматизації можна виділити основні методики за засоби для автоматизації виробництва.
2. До основних можна виділити засоби первинної автоматизації, такі як автоматизація оснащення, автоматизація розвантажувальних та завантажувальних операцій.
3. Виконано аналіз маршруту механічної обробки та визначено, що операція 015 може бути автоматизована.
4. Як схему організації компоновки обрано кільцеву, що дозволить використовувати один промисловий робот для обслуговування усіх компонентів комплексу.
5. Розроблено загальний алгоритм роботи автоматизованого робочого місця
6. Розроблено автоматизоване технологічне оснащення для установки деталі на верстаті.
7. Вибрано промисловий робот для виконання допоміжних – завантажувально-розвантажувальних операцій;
8. Запропоновано принципову схему захватного пристрою для промислового робота.
9. Визначено вплив параметрів виробу на характеристики часових витрат для виконання допоміжних операцій.
10. Визначено показники точності роботи автоматизованого робочого місця та встановлено, що сумарна похибка знаходиться в межах допустимих параметрів.
11. 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.
12. Комерційний потенціал дослідження за результатами опитування експертів було визначено як вище середнього. Розраховані показники абсолютної та відносної ефективності свідчать, що даний інвестиційний проект може зацікавити інвестора, оскільки рівень доходності даного проекту перевищує депозитні доходи і є менш ризикованим. Термін окупності розробленого проекту складає 4,2 роки.
13. Досліджено небезпечні фактори виробництва та виробничу гігієну.
14. Досліджено область працездатності РЕС засобів автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "шестерня" в умовах дії загрозливих факторів нс. з дослідження впливу іонізуючих випромінювань на область працездатності РЕС засобів автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "шестерня" можна зробити висновок, що область працездатності РЕС приладу в умовах дії іонізуючих випромінювань обмежена рівнем радіації від 0 до 60,01 р/год.

ДОДАТОК Б
(обов'язковий)

СПЕЦИФІКАЦІЯ

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документація</u>						
A1			МКР.08-64.005.01.000 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	МКР.08-64.005.02.000 СК	Пневмоциліндр		
				<u>Деталі</u>	1	
		2	МКР.08-64.005.01.002	Корпус	1	
		3	МКР.08-64.005.01.003	Кранштейн	1	
		4	МКР.08-64.005.01.004	Кранштейн	1	
		5	МКР.08-64.005.01.005	Оправка	1	
		6	МКР.08-64.005.01.006	Диск прижимний	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		7		Гвинт М5 ГОСТ 174 75-80	10	
		8		Шпонка 1031-0605 ГОСТ 14 737-69	2	
		9		Гайка М4 ГОСТ 5915-70	2	
		10		Гвинт М4 х 32 ГОСТ 14 91-80	2	
		11		Шайба 4 Н ГОСТ 6402-70	2	
МКР.08-64.005.01.000 СП						
Ізв. Лист	№ докум.	Повп.	Дата	Верстатне пристосування (Складальне креслення)		
Разроб.	Гончарук М.К.		08.12.23			
Пров.	Лозинський Д.О.		08.12.23	Лист.	Лист	Листов
					1	1
Нконтр.	Сердюк О.В.		11.12.23	ВНТУ		
Утв.	Козлов Л.Г.		11.12.23	ст. гр. 1ПМ-22м		
Копіював				Формат А4		

Додаток В

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

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

Тип роботи: МКР
(БДР, МКР)

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

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 91,5% Схожість 8,5%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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

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

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

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

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

Автор роботи _____ Гончарук М.К.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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