

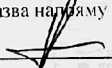
Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

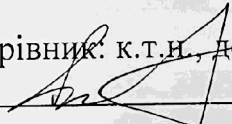
Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

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 "ВАЛ"**
МКР.08-64.004.00.000.ПЗ

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


Гончарук К.І.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

Лозінський Д.О.
(прізвище та ініціали)


« 8 » 12 2023 р.

Опонент: к.т.н., ст. викл. каф. АТМ

Митко М.В.
(прізвище та ініціали)

« 15 » 12 2023 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ТАМ


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

« 16 » 12 2023 р.

Вінниця ВНТУ - 2023 рік

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Козлов Л.Г.

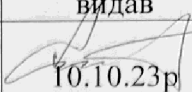
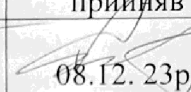
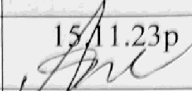
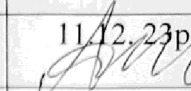
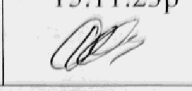
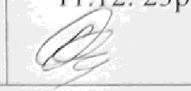
10 жовтня 2023 року

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

Гончаруку Костянтину Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. Автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Вал"
керівник роботи Лозінський Дмитро Олександрович, к.т.н., доцент
затвержені 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 «Вал», маршрут механічної обробки заготовки деталі «Вал», тип виробництва серійний
4. Зміст текстової частини: 1 Огляд методів та засобів автоматизації виробництв. 2 Розробка схеми автоматизованого робочого місця механічної обробки деталі вал на фрезерній операції з ЧПК. 3 Алгоритм роботи автоматизованого робочого місця механічної обробки деталі вал на фрезерній операції з ЧПК. 4 Автоматизація елементів виробництва. 5 Економічна частина. 6 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях
5. Перелік ілюстративного матеріалу
Мета та задачі роботи; креслення деталі, маршрут механічної обробки деталі Вал, огляд існуючих автоматизованих робочих місць для механічної обробки; схема автоматизованого робочого місця та алгоритм роботи; карта налагодження; верстатне оснащення, розрахункова схема визначення сил закріплення; дослідження характеристик роботи промислового робота; компоновка автоматизованого робочого місця; алгоритм функціонування та циклограма роботи автоматизованого робочого місця;
ВИСНОВКИ

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	К.т.н., доц. Лозінський Д.О.,	 10.10.23р	 08.12. 23р.
Економічна частина	К.т.н., проф. Лесько О.І.	 15.11.23р	 11.12. 23р.
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Д.пед.н., проф. Дембіцька С.В.	 15.11.23р	 11.12. 23р.

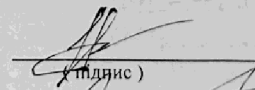
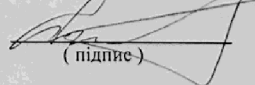
7. Дата видачі завдання 10 жовтня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

Керівник роботи


(підпис)

(підпис)

Гончарук К.І.

Лозінський Д.О.

АНОТАЦІЯ

Гончарук К.І. Автоматизація робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Вал". Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – прикладна механіка. Вінниця ВНТУ, 2023, 89с.

На укр. мові. Бібліограф.: 32 назв; рис. 27; табл. 19.

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

В роботі проведено огляд методів та засобів автоматизації технологічного виробництва, основні тенденції їх розвитку. На основі проведеного аналізу запропоновано принципову схему автоматизованого робочого місця та розроблено алгоритм роботи.

Розроблено конструкцію автоматизованого верстатного оснащення та визначено його силові та точності характеристики. Досліджено вплив конструктивних параметрів промислового робота на час виконання допоміжних операцій.

В роботі встановлено комерційний потенціал дослідження та розраховано кошторис капітальних витрат на модернізацію ділянки механічної обробки, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення. Також розглянуті питання охорони праці, безпеки життєдіяльності та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

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

ABSTRACT

Honcharuk K.I. Automation of the workplace for the technological process of mechanical machining of the "Shaft" workpiece. Master's qualification thesis on specialty 131 - applied mechanics. Vinnytsia VNTU, 2023, 89 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 32 titles; Fig. 27; table 19.

The master's qualification thesis presents materials dedicated to the automation of the workplace for the technological process of mechanical machining of the " Shaft" workpiece. The thesis provides an overview of methods and means of automation in technological production, highlighting the main trends in their development. Based on the conducted analysis, a conceptual scheme of the automated workplace is proposed, and an algorithm of operation is developed. The design of automated machine equipment is developed, and its power and precision characteristics are determined. The impact of industrial robot design parameters on the execution time of auxiliary operations is investigated. The thesis establishes the commercial potential of the research, calculates the estimate of capital expenditures for the modernization of the mechanical processing area, and evaluates the economic efficiency of the innovative solution. Additionally, issues of labor protection, life safety, and emergency situations are considered. Keywords: industrial robot, automation, technological process, Shaft, working time.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВ.....	9
1.1 Огляд існуючих методів та засобів автоматизації виробництва	9
1.2 Висновки до розділу	13
2 РОЗРОБКА СХЕМИ АВТОМАТИВАНОВОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ВАЛ НА ФРЕЗЕРНІЙ ОПЕРАЦІЇ З ЧПК...	14
2.1 Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі та конструктивних особливостей виробу	14
2.2 Принципова схема автоматизованого робочого місця.....	14
2.2 Висновки до розділу	15
3 АЛГОРИТМ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ВАЛ НА ФРЕЗЕРНІЙ ОПЕРАЦІЇ З ЧПК...	16
3.1 Алгоритм роботи автоматизованого робочого місця механічної обробки деталі вал на фрезерній операції з ЧПК.....	16
3.2 Висновки до розділу	17
4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВИРОБНИЦТВА	18
4.1 Вибір основного обладнання.....	18
4.2 Розробка компонування верстатного пристосування.....	23
4.3 Вибір промислового робота (ПР) для АРМ.....	33
4.4 Проектування (вибір) захватного пристрою	34
4.5 Аналіз точності позиціювання деталі.....	37
4.6 Побудова та розрахунок траєкторії руху елементів ПР	39
4.7 Вибір допоміжного устаткування для АРМ.....	41
4.8 Аналіз можливих варіантів компоновок АРМ.....	42
4.9 Розрахунок швидкостей переміщення заготовки.....	42
4.10 Розробка циклограми функціонування АРМ.....	45
4.11 Визначення основних показників АРМ.....	47

	5
4.12 Висновки до розділу.....	48
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	50
5.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи.....	50
5.2 Оцінювання комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки.....	52
5.3 Прогноз попиту на інноваційне рішення.....	55
5.4 Вибір каналів збуту та післяпродажного обслуговування.....	55
5.5 Виявлення основних конкурентів.....	55
5.6 Обрання методу ціноутворення.....	56
5.7 Оцінка рівня якості інноваційного рішення.....	57
5.8 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення.....	59
5.9 Прогнозування витрат на виконання роботи.....	60
5.10 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	66
5.11 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	68
5.12 Висновки до розділу.....	71
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	72
6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.....	72
6.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	75
6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи РЕС засобів автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Вал" в умовах дії загрозливих факторів НС.....	80
Висновки.....	83
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	85
ДОДАТКИ.....	89
Додаток А. Ілюстративна частина.....	90
Додаток Б Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	103

ВСТУП

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 впливу -це причини, які 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].

Актуальність теми.

Покращення показників виробництва одна із основних задач, яка є актуальною протягом усього циклу його існування. Для серійного виробництва актуальним є забезпечення можливості переналагодження на випуск іншої, типової, продукції, що можна досягти за рахунок покращення якості технологічної підготовки виробництва та покращення темпів його виконання.

Завдяки впровадженню елементів автоматизації можна досягти стабільності якості продукції на відповідному рівні та покращення параметрів продуктивності.

В роботах авторів Павленка І.І., Мажари В.А., Цвіркун Л.І. та ін. окреслені переваги застосування роботизації для вирішення різнотипних задач, в тому числі і технологічного характеру, представлені різновиди компоновок, характеристики тощо [3 -5].

Впровадження даних засобів для ланок виробництва з покращеними параметрами стосовно витрат допоміжного часу є актуальною задачею, оскільки дозволяє зменшити непродуктивні витрати часу та забезпечити стабільність продуктивності завдяки застосування автоматизованих та 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 "Вал".

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 "Вал".

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

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 свердлильно-фрезерної операції з ЧПК..

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

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

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

Розвиток виробництва мотивує виробників постійно покращувати та удосконалювати технічне оснащення виробництва, застосовувати передові технології. Одним із перспективних варіантів реалізації цього процесу є впровадження промислових роботів. Робота таких машин відрізняються високою стабільністю та довготривалістю та можливістю швидкого переналагодження (роботизовану техніку можна налаштувати для виконання іншої роботи, змінивши її параметри) [1-3] (рис. 1.1, 1.2).

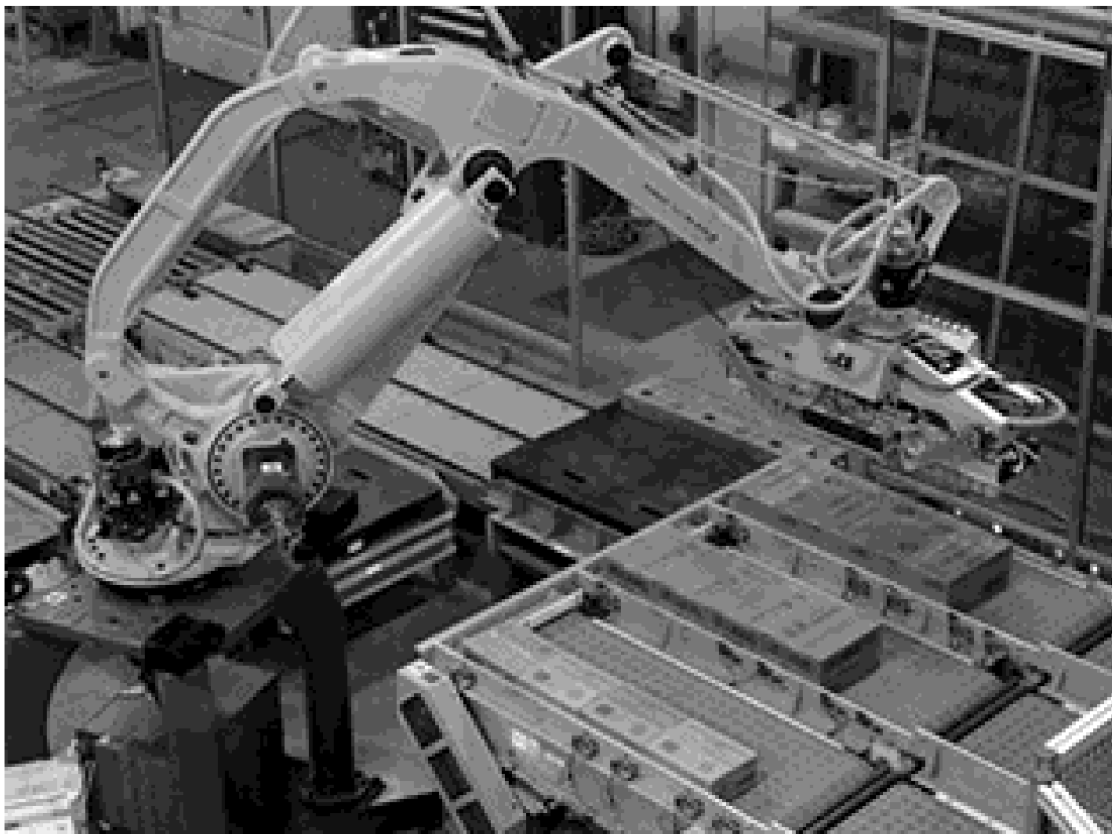


Рисунок 1.1 – Роботизація виробництва

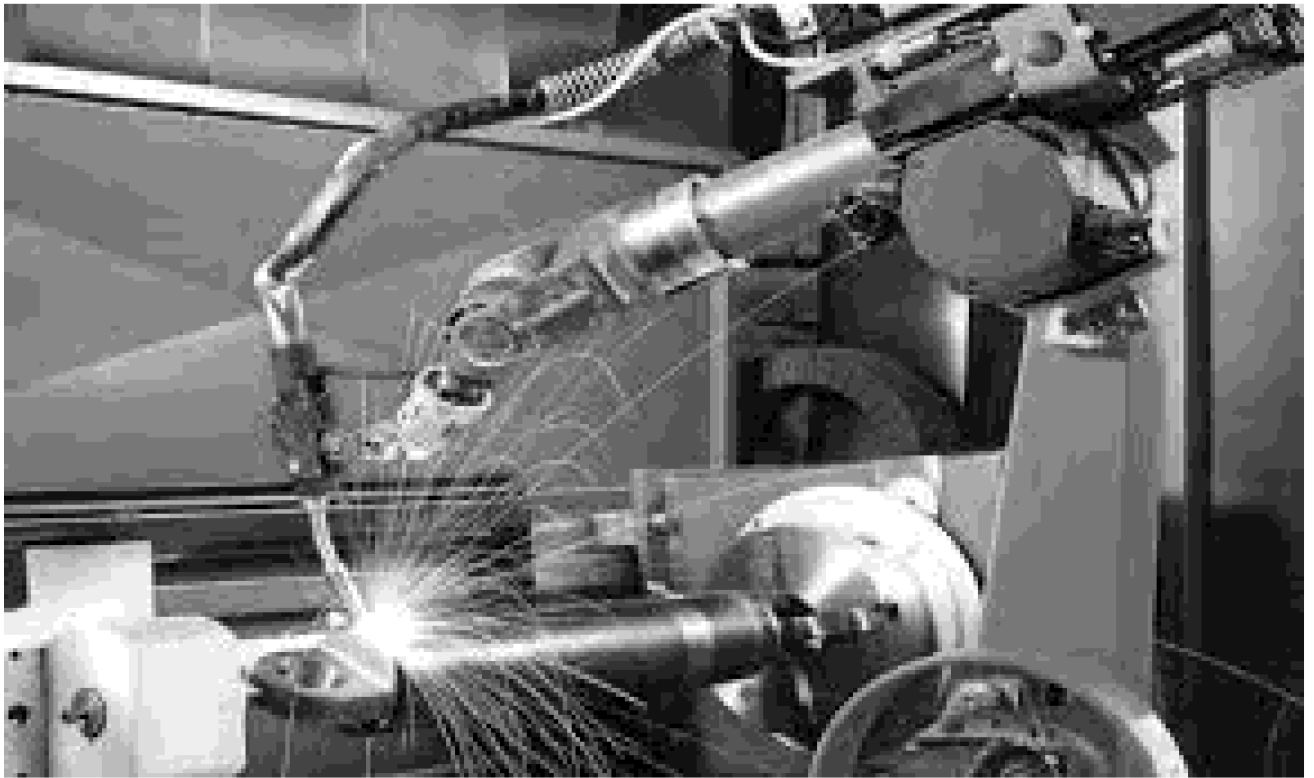


Рисунок 1.2 – Роботизація виробництва

Роботизація усього виробництва надскладна та вкрай вартісна задача, в той час, як роботизація окремих ланок чи операцій є більш простим технічним рішенням.

Розглянемо автоматизовані робочі місця оснащені роботами, які сконструйовані для технологічних операцій.

Автоматизоване робоче місце для виконання фрезерно-свердлильних операцій [4] зображено на рис. 1.3. Даний комплекс містить свердлильний верстат моделі 2Н135Ф2 та промисловий робот типу ПР-10. Оригінальним рішенням в даному робочому місці є застосування двоманіпуляторного промислового робота, для пришвидшення операцій по завантаженню та розвантаженню виробів для технологічного обладнання.

Для подачі заготовок та приймання оброблених виробів застосовані конвеєри.

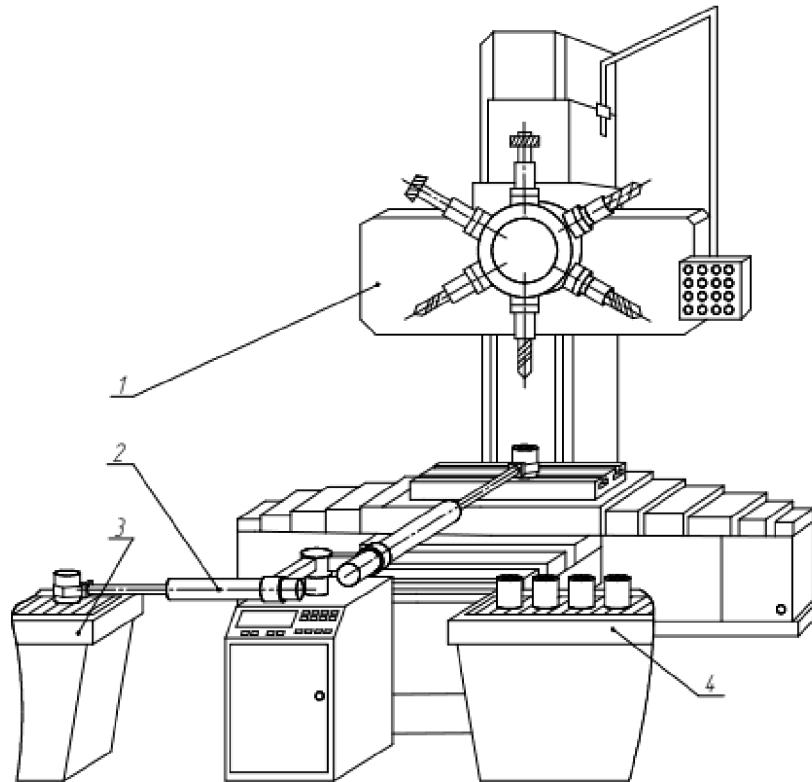


Рисунок 1.3 - Автоматизоване робоче місце для свердильно-фрезерної обробки

Технологічний комплекс [4] може бути оснащений, як декількома елементами технологічного обладнання, так і декількома елементами допоміжного обладнання (рис. 1.4). Особливістю даного роботизованого комплексу є застосування двох свердильних верстатів з числовим програмним керуванням моделі Rapidrill та двох промислових роботів Fanuc.

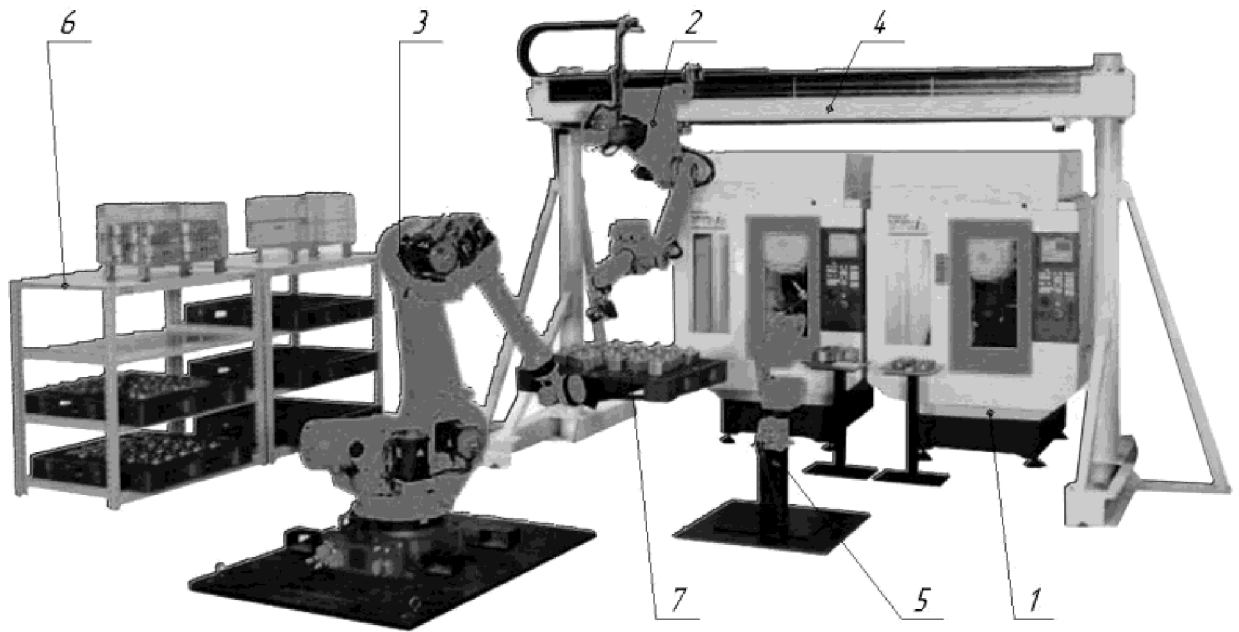


Рисунок 1.4 - Роботизований комплекс для свердильно-фрезерної обробки

Один із роботів (3), встановлено на полу і він призначений для виконання операцій транспортного характеру - переміщує набори заготовок на позицію подавального пристрою - 7, а також переміщує набори вже оброблених виробів на місце їх складування - 6.

Робот 2 встановлено на траверсі 4, яка розміщена над верстатами. Даний робот виконує завантажувальні та розвантажувальні операції для обслуговування верстатів 1. Застосування такої компоновки технологічного комплексу має підвищену вартість, проте за рахунок застосування декількох обслуговуючих роботизованих елементів забезпечує ширші можливості компонування елементів та дає можливість застосовувати менш габаритні промислові роботи.

Роботизований комплекс для виконання фрезерних робіт представлено на рис. 1.5 [4]. Комплекс складається з двох верстатів фрезерної групи моделі МА655А3. Обслуговують комплекс промисловий робот М10П.62.01 -3. В даному комплексі один робот виконує допоміжні функції для двох одиниць верстатного обладнання, що зменшує витрати на конструювання комплексу.

Для тимчасового зберігання та подачі деталей використано два спеціалізовані пристрої 6 та 7. Даний промисловий робот має можливість виконувати лінійні горизонтальні та вертикальні переміщення, а також обертові рухи руки та захватного пристрою.

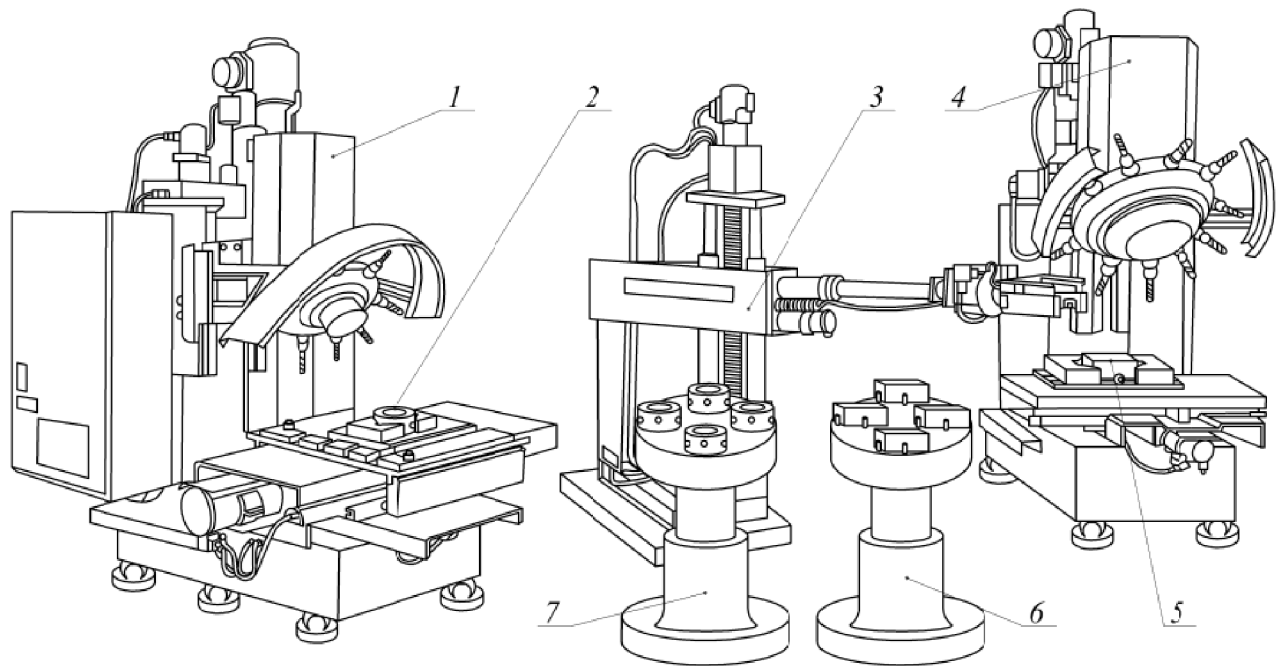


Рисунок 1.5 – Автоматизований комплекс для фрезерної обробки

1.2 Висновки до розділу

На основі огляду типових засобів автоматизації можна зробити висновок, що застосування промислових роботів для обслуговування технологічного обладнання є поширеним рішенням.

Зазвичай для автоматизації робочого місця застосовуються верстати з числовим програмним керуванням.

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

2.1 Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі та конструктивних особливостей виробу

В ході виконання магістерської кваліфікаційної роботи, потрібно розробити економічно та технічно доцільний варіант автоматизації технологічною операції технологічний процес механічної обробки деталі «Вал» .

Будь-яке удосконалення виробництва, в тому числі і автоматизація його елементів, має виконуватись в руслі покращення певних характеристик та з мінімальними вкладенням економічних ресурсів.

Проаналізувавши технологічний процес з точки зору непродуктивних витрат енергії, можна визначити, що фрезерна операція має значний відсоток допоміжного часу. Саме тому дана операція є основним кандидатом для впровадження автоматизації.

2.2 Принципова схема автоматизованого робочого місця

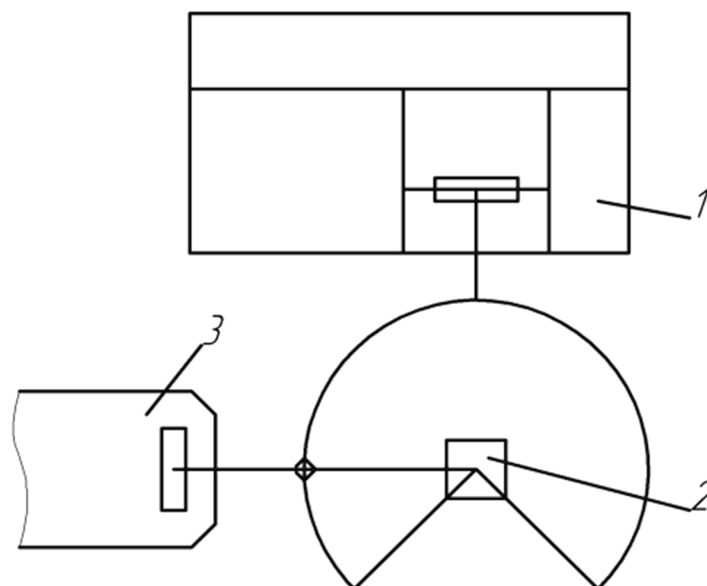


Рисунок 2.1 – Схема автоматизованого робочого місця

2.2 Висновки до розділу

Проаналізовано обладнання та особливості технологічного процесу та раціональність можливості його автоматизації.

В якості технологічної операції для впровадження автоматизації обрано фрезерно-свердлильну операцію технологічного процесу.

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

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

В даному комплексі основним компонентом є технологічне обладнання, а робот виконуватиме допоміжну функцію. Основними задачами робота є захват об'єкту виробництва та подача його до робочої зони верстату, після завершення обробки деталь має бути передана до місця складування або до наступної одиниці технологічного обладнання.

В загальному алгоритм роботи АРМ, яке призначене для технологічної обробки можна зобразити наступною схемою.



Рисунок 3.1 – Загальний алгоритм роботи автоматизованого робочого місця

3.2 Висновки до розділу

Розроблено алгоритм роботи, який в подальшому буде використано для розробки та розрахунку докладних операцій та дій елементів АРМ та його характеристик.

4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВИРОБНИЦТВА

4.1 Вибір основного обладнання

Відповідно до аналізу виконаного в першому розділі даної роботи технологічне обладнання для автоматизованих та роботизованих комплексів має задовольняти багатьом вимогам, основні з яких, це технологічні характеристики, що дають можливість обробити виріб відповідно до заданих умов, а також здатність до автоматичної або автоматизованої роботи.

Верстати з числовим програмним керування задовольняють більшість з вказаних вимог і можуть бути застосовані для даних комплексів.

Для виготовлення елементів деталі "Вал", а саме шпоночних пазів, фрезерний верстат з ЧПК моделі 6P13PФ3 задовольняє вищевказані вимоги.

Проте потребує використання спеціального оснащення, яке здатне працювати в автоматичному режимі та має можливість дистанційного керування.

Основне призначення: фрезерна та багато інструментальна обробка елементів площин, уступів, канавок, складного профілю тощо.

Основні характеристики верстату наведені на нижче:

Найбільший діаметр кінцевої фрези, 40 мм;

Найбільший діаметр торцевої фрези, 125 мм;

Поздовжній хід стола(X), 100 мм;

Поперечний хід стола(Y), 400 мм;

Вертикальне установочне переміщення стола, 420 мм;

Вертикальне переміщення повзуна (Z), 250 мм;

Розміри робочої поверхні стола, 400×1600мм;

Границі робочих подач, 3-4800 мм/хв.;

Швидкість швидкого переміщення стола і повзуна, 4800 мм/хв.;

Відстань від торця шпинделя до стола, 70-490 мм;

Точність позиціонування по осі X, 0,065 мм;

Точність позиціонування по осі Y,Z, 0,04 мм;

Кількість позицій, 6 шт.;

Час зміни інструменту, 0,5 с.;

Точність позиціонування $\pm 4''$;

Повторюваність позиціонування $\pm 1,6''$;

Система ЧПК H331M;

Відповідно до характеристик можна зробити висновок, що робоча зона верстату достатня для виготовлення деталі «Вал», кількість інструментів та точність обробки є достатньою.

4.1.2 Розробка алгоритму виконання операцій

Спроекуємо докладний план дій (переходів та ходів) для фрезерної операції. Приклад послідовності виконання ходів для переходу операції представлено на рис. 4.1.

Основними лініями показана траєкторія руху робочого ходу інструменту, а пунктиром показана траєкторія руху з прискореним переміщенням (холостий хід).

Координати усіх технологічних рухів інструменту наведено в таблиці 4.1.

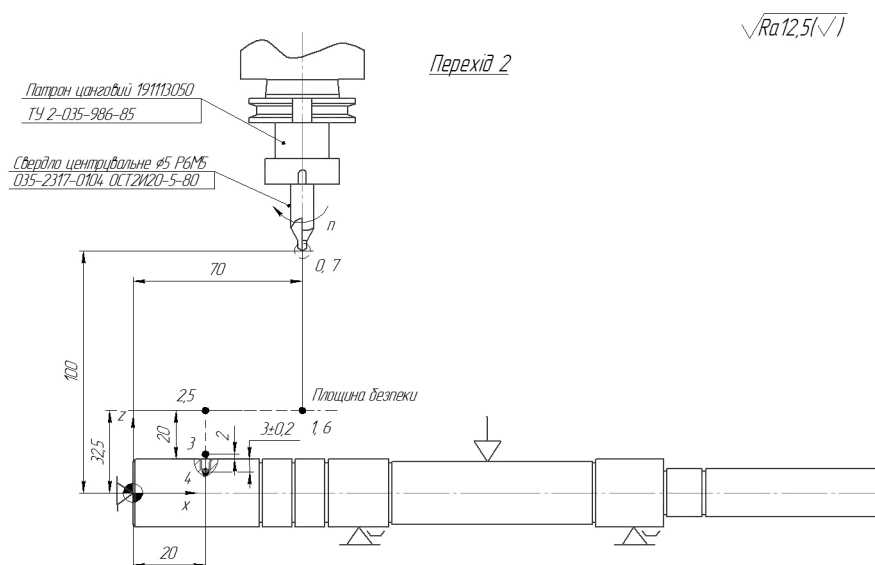


Рисунок 4.1 –Послідовність виконання переходів на операції

Таблиця 4.1– Координати опорних точок

Перехід	Номер опорної точки	Координата опорної точки	
		X	Z
2	0(ВТ)	+70.00	+100.00
	1	+70.00	+32,50
	2	+20.00	+32,50
	3	+20.00	+14,50
	4	+20.00	+9,50
	5	+20.00	+32,50
	6	+70.00	+32,50
	7	+70.00	+100.00

4.1.3 Розробка керуючої програми для виготовлення деталі на верстаті з ЧПК

4.1.3.1 Порядок створення програми для верстата з ЧПК

Першим етапом потрібно створити 3D-модель заготовки (рис. 4.2) та деталі (рис. 4.3), яку ми отримуємо після обробки на попередній операції. Так, як ми розробляємо програму для обробки отвору на вертикально - фрезерному верстаті, то потрібно розмістити моделі так, щоб вісь отвору та шпоночних пазів співпадала з віссю Z.

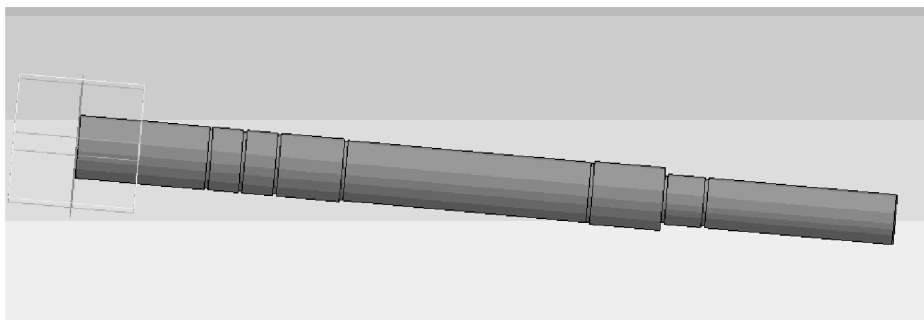


Рисунок 4.2– 3-D модель заготовки

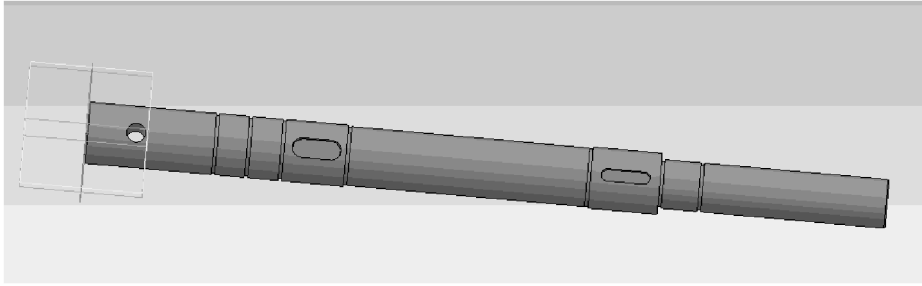


Рисунок 4.3– 3-D модель деталі

Для створення керуючої програми використовуємо САМ програму. Після її запуску, в основному вікні програми послідовно вказуємо файл деталі та заготовки (рис. 4.4).

Наступним кроком є задання початкової точки обробки, вихідних точок рухомих елементів та інших початкових даних для обробки.

Далі потрібно обрати інструменти, які мають застосовуватися для обробки та вказати необхідні параметри обробки.

Передзавершальним кроком є створення порядку обробки заготовки та внесення їх в систему. Кожен технологічний перехід має свої особливості обробки, які можна враховувати на відповідних вкладках меню.

Подібні дії виконуємо для усіх переходів (рис. 4.4) та виконуємо імітацію обробки (рис. 4.5)

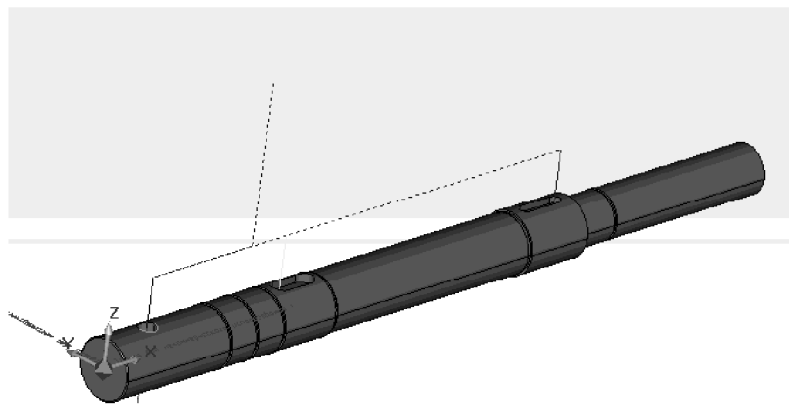


Рисунок 4.4 – Траєкторія руху

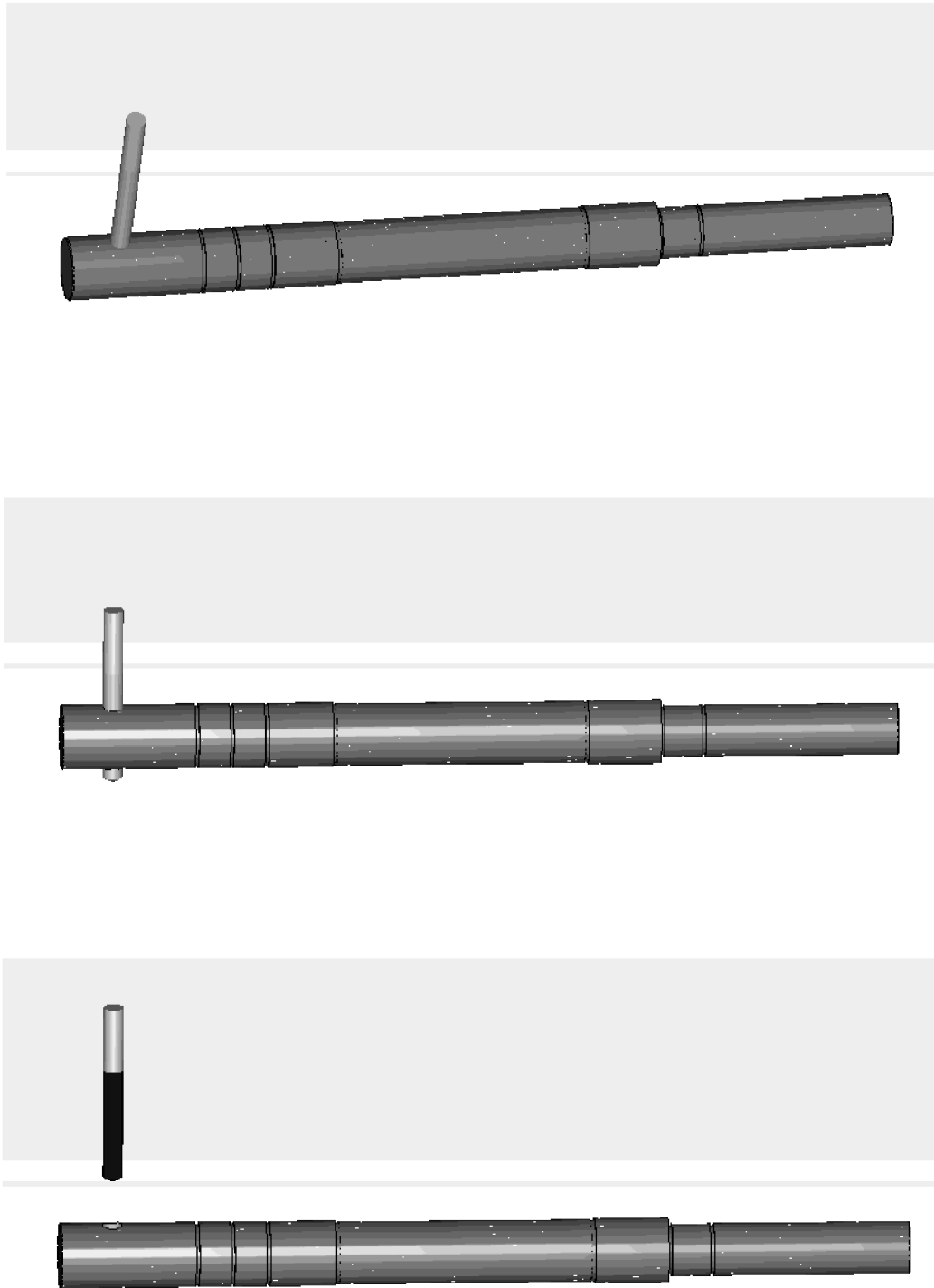


Рисунок 4.5 – Моделювання другого переходу операції 015

4.2 Розробка конструювання верстатного пристосування

Для даного комплексу верстатне пристосування є важливим допоміжним елементом, що забезпечуватиме не тільки надійне закріплення та установку виробу, а й надасть можливість верстату закріплювати деталі в автоматичному режимі, без застосування мускульної сили робітника.

Оскільки робочий стіл верстату оснащено Т-подібними пазами, то пристосування для орієнтації на верстаті та орієнтації деталі відносно столу верстату повинне бути оснащено призматичними шпонками.

Деталь має затискатись за рахунок певного приводу. Попередньо приймає пневматичний привід, як більш простіший у використанні (при необхідності він може бути замінений на гідравлічний).

Конструкція затискного механізму повинна бути надійною і безпечною та забезпечувати автоматизоване керування. Одна із основних вимог до даного оснащення – це пристосування повинно мати можливість обслуговуватись промисловими роботами, тобто має бути можливість для вільного проходу маніпуляторів чи схватів промислового робота та подачі деталі до установочних елементів пристосування (рис. 4.6).

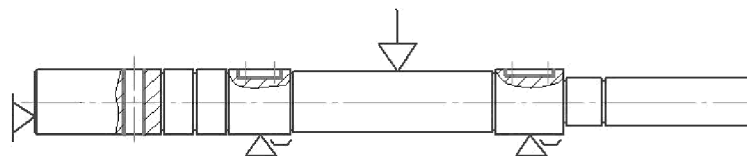


Рисунок 4.6 – Схема установки деталі

На основі обраних схем базування та установки заготовки на фрезерній операції технологічного маршруту механічної обробки деталі раціональним варіантом є установка деталі на дві призми та упором з одного з торців.

В якості затискного пристрою можна застосувати важіль з пневматичним приводом.

Основою пристосування служить прямокутна плита, яка встановлюється на стіл верстата 6P13PФ3 по центральному Т – подібному пазу за допомогою двох

призматичних шпонок. Закріплення пристосування здійснюється за допомогою двох проушин.

На верхній площині плити, як показано на рис. 4.7, кріпляться стандартизовані установні елементи (призми та пальці) та інші елементи пристосування. Рухомий важіль для закріплення заготовки приводиться в дію завдяки руху штока пневмоциліндру. Пневмоциліндр закріплений на кронштейні, який за допомогою гвинтів кріпиться до плити.

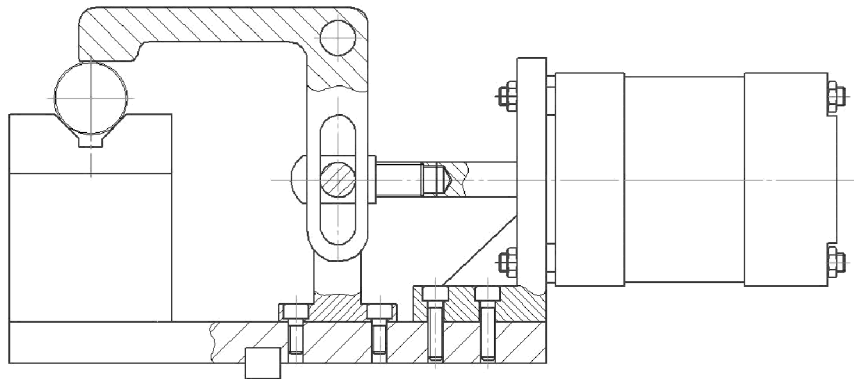


Рисунок 4.7 – Компонування верстатного пристосування

4.2.1 Розрахунок необхідної сили закріплення

Процес обробки лезовим інструментом супроводжується силовим впливом на заготовку, як з боку інструменту так і в результаті взаємодії з іншими елементами, які можуть бути задіяні для закріплення та установки заготовки [14].

Тому сили затиску, які прикладені до заготовки мають забезпечити стійке її положення протягом усього процесу обробки (рис. 4.8).

Для затиску заготовки обрано пневматичний провід, який має ряд наступних переваг:

- відносно простий конструктивно;
- швидкодія достатня;
- надійність у роботі;
- порівняно невисока вартість.

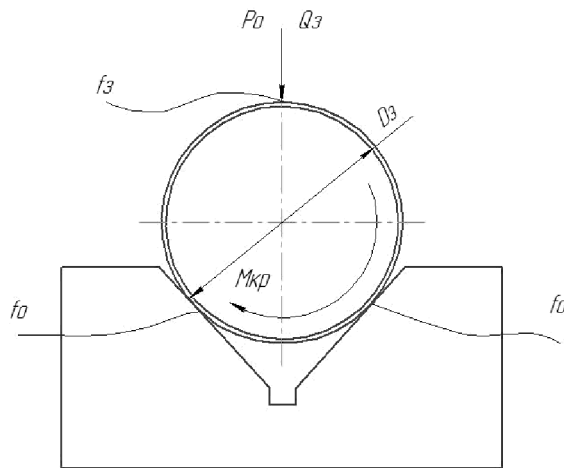


Рисунок 4.8 – Схема дії сил на заготовку при свердлінні

Визначаємо крутний момент:

$$M = 10C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, [\text{Hm}] \quad (4.1)$$

де, C_M – поправочний коефіцієнт;

D – діаметр отвору, що обробляється;

S – подача при свердлінні;

q, y – показники степеню;

K_p – коефіцієнт, який враховує умови обробки;

Отже,

$$M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 7,8^2 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 1 = 5.1 (\text{Hm})$$

Визначаємо величину осьової сили за формулою :

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (4.2)$$

де, C_p – поправочний коефіцієнт;

D – діаметр отвору, що обробляється; $D=7,8\text{мм}$;

S – подача при свердлінні; $S=0,15 \text{ мм/об}$;

q, y – показники степені;

K_p – коефіцієнт, який враховує умови обробки;.

Отже,

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 7,8^1 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 1 = 1278 \text{ (Н)}$$

Визначаємо силу затиску за формулою:

$$Q_3 = \frac{2KM + P_0}{D \left(\frac{f_3 + f_0}{\sin \alpha} \right)} \quad (4.3)$$

де, f_3 – коефіцієнт тертя;

$$f_3 = f_0 = 0,16;$$

$$D = 25 \text{ мм};$$

K – коефіцієнт запаса;

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

K_0 – гарантований коефіцієнт запаса надійності закріплення ($K_0 = 1,5$);

K_1 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання через випадкові нерівності на заготовках (Приймаємо - $K_1 = 1,2$);

K_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання внаслідок затуплення інструмента (для обробки інструментом зі швидкорізальної сталі - $K_2 = 1,2$);

K_3 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання під час різання з перервами ($K_3 = 1$, 1 оскільки різання не буде перериватися);

K_4 – враховує непостійність затискного зусилля ($K_4 = 1$);

K_5 – враховує степінь зручності розташування рукоятки в ручних зажимах ($K_5 = 1,0$, в нашому випадку вмикання та вимикання буде виконуватись за рахунок кнопочкового механізму або ж дистанційно);

K_6 – не враховується

Отже формула 4,4 набуде наступного значення:

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,16$$

Відповідно до рекомендацій приймаємо мінімальний коефіцієнт рівний $K = 2,5$.

Розрахуємо зусилля за формулою 4.3

$$Q_3 = \frac{1278 + (2 \cdot 2,5 \cdot 5,1)}{25 \cdot \left(\frac{0,16 + 0,16}{\sin 90/2} \right)} = 163H$$

4.2.2 Вибір силового приводу і розрахунок його параметрів

Приводи використовуються в пристосуваннях із затискними пристроями першої і третьої груп. У затискних пристроях першої групи застосовуються пневматичні, гідравлічні, пневмогідравлічні, механогідравлічні, відцентрово-інерційні і інші приводи. У третій групі - вакуумні, магнітні, електростатичні і ін.

В даній конструкції пристосування застосований пневматичний привод. Пневматичний привод складається з пневмодвигуна, повітропроводів і пневматичної апаратури різного призначення. Енергоносієм тут є стисле повітря з тиском $P = 0,4 - 0,6$ МПа. Розрахунок на міцність елементів пневмоприводу виконують при тиску $P = 0,6$ МПа, а величину зусилля P_v , що розвивається їм, при тиску $P = 0,4$ МПа.

Визначаємо діаметр поршня пневмоприводу:

$$\text{У пневмоприводі } \frac{d}{D} = \frac{1}{4};$$

$$Q_3 = \pi \left(D^2 - \frac{D^2}{16} \right) \cdot p \cdot \eta \Rightarrow D = \sqrt{\frac{16 \cdot 4 \cdot Q_3}{15 \cdot \pi \cdot p \cdot \eta}} \quad (4.5)$$

де, p - тиск в мережі; $p = 0,4 - 0,6$ МПа;

η – коефіцієнт корисної дії циліндра; $\eta = 0,9$.

Тоді:

$$D = \sqrt{\frac{16 \cdot 4 \cdot 163}{15 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9}} = 25(\text{мм})$$

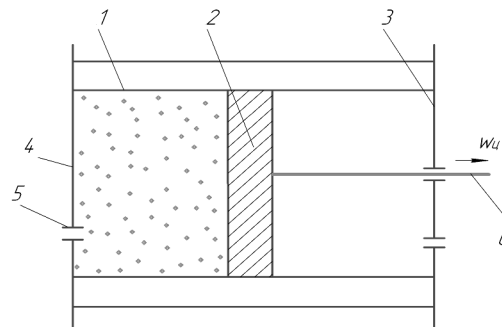


Рисунок 4.9 - Схема будови пневмоциліндра двосторонньої дії

З точки зору конструктивних особливостей приймаємо циліндр діаметром 50мм.

Розрахуємо фактичне зусилля затиску:

$$Q_z = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \cdot p \cdot \eta \quad (4.6)$$

де D – величини діаметрів.

$$Q_z = \frac{3,14 \cdot (50^2 - 208^2)}{4} \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 593(\text{Н})$$

Отже, зусилля затиску є достатнім для забезпечення стійкого положення заготовки під час обробки.

4.2.3 Розрахунок пристосування на точність

Для виконання перевірочних розрахунків на точність [14] використаємо допуск розміру 8N9 (-0,036), який потрібно забезпечити. Пристосування можна використовувати, коли загальна похибка (ε_Σ) буде меншою, ніж допуск $T_{дет.}$ на розмір, точність якого потрібно забезпечити $\varepsilon_\Sigma < T_{дет.}$

Загальна похибка буде рівна сумі усіх похибок:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \varepsilon_{обр} + \varepsilon_n + \varepsilon_{пр} + \varepsilon_{ін} \quad [\text{мкм}] \quad (4.7)$$

де ε_{Σ} – сумарна похибка виконуваного розміру, що виникає на даній технологічній операції;

$\varepsilon_{обр}$ – похибка обробки;

ε_n – похибка налаштування технологічної системи на виконуваний розмір (похибка налаштування);

$\varepsilon_{пр}$ – похибка пристосування;

$\varepsilon_{ін}$ – інші похибки (похибка базування, похибка вимірювання, похибка, пов'язана з робітником, тощо).

Похибка обробки $\varepsilon_{обр}$ виникає під час обробки заготовки на верстаті внаслідок наступних чинників:

- неточність геометрії верстата,
- деформації системи ВПД під впливом сил різання,
- температурні деформації,
- знос різального інструменту та неточності у його виготовленні,
- інші причини.

Визначаємо похибку [14] $\varepsilon_{обр} = 20$ мкм. 25

Для верстатів з числовим програмним керування похибку пов'язану з налаштуванням можна визначити, як похибку установки інструментів у відповідне положення. Значення можна розрахувати як суму похибок положення пристосування в координатній системі верстата під час процесу налаштування та похибки позиціонування робочого органу верстата:

,

$$\varepsilon_H = \Delta_{пол} + \Delta_{поз} \quad (4.8)$$

де $\Delta_{пол}$ – похибка положення інструмента, $\Delta_{пол} = 0,05$ мкм.

$\Delta_{\text{поз}}$ – похибка позиціонування робочого органу верстата, $\Delta_{\text{поз}}=0,04\text{мкм}$.

$$\varepsilon_H = 00.5+0.04 =0.08 \text{ (мкм)}.$$

Похибка положення заготовки при позиціонуванні в пристосуванні $\varepsilon_{\text{пр}}$ є сумою декількох похибок, що обчислюється за наступною формулою.

$$\varepsilon_{\text{ПР}} = \sqrt{k_1 \cdot \varepsilon_{\text{нб}}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{3с}^2} + \varepsilon_{3н} + \varepsilon_{\text{виг}} + \varepsilon_{\text{ус}} \text{ [мкм]} \quad (4.9)$$

де $\varepsilon_{\text{нб}}$ – похибка, що виникає через неспівпадання вимірювальної та технологічної баз;

ε_3 – похибка, що виникає в результаті закріплення $\varepsilon_3=10\text{мкм}$;

$\varepsilon_{3н}$ – похибка, обумовлена зносом установних елементів в пристосуванні;

$$\varepsilon_{3н} = 2 \cdot U_0 \cdot k_T \cdot k_L \cdot k_Y \text{ [мкм]} \quad (4.10)$$

де U_0 – величина зносу по нормалі до поверхні, одержана на основі експериментальних даних, $U_0=4 \text{ мкм}$;

k_T – коефіцієнт, що враховує час контакту заготовки з опорами (орієнтовно даний коефіцієнт може бути визначений таким чином $k_T = 0,8 \cdot t_{\text{маш}}$, де $t_{\text{маш}}$ – машинний час, хв.), $k_T = 0,8 \cdot 0,25=0,2\text{мкм}$;

k_L – коефіцієнт враховує довжину шляху ковзання при установленні заготовки, $k_L = 1,25\text{мкм}$;

k_Y – коефіцієнт враховує умови обробки, $k_Y = 0,94\text{мкм}$.

$$\varepsilon_{3н} = 2 \cdot 4 \cdot 0,2 \cdot 1,25 \cdot 0,94 = 1,9 \text{ (мкм)};$$

$\varepsilon_{\text{виг}}$ – похибка, пов'язана з неточністю виготовлення деталей пристосування і його складання;

$$\varepsilon_{\text{ВИГ}} = \sum T_i + \sum e_i + \sum s_i + \sum \Delta_i \quad [\text{МКМ}] \quad (4.11)$$

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

ε_{yc} – похибка, що виникає при установленні пристосування на стіл верстата, шпиндель або планшайбу;

k_I – коефіцієнт зменшення похибки, приймаємо $k_I = 0,8-0,85$.

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{0,8 \cdot 10^2 + 70^2 + 0 + 1,96 + 0 + 0} = 9(\text{МКМ});$$

Інші похибки:

$$\varepsilon_{in} = 0,05 \cdot T_A = 0,05 \cdot 0,036 = 0,002 (\text{МКМ})$$

Отже :

$$\varepsilon_{\Sigma} = 25 + 0,08 + 9 + 0,02 = 29,1(\text{МКМ})$$

$$\varepsilon_{\Sigma} < T_A = 0,029 < 0,036, \text{ умова виконується.}$$

4.2.4 Розрахунок елементів пристосування на міцність

Розрахунок на міцність дає можливість вирішити декілька важливих задач:

а) перевірити на міцність існуючі елементи конструкції чи її складові шляхом порівняння фактичних напружень з допустимими;

б) встановити мінімально допустимі характеристики елементів конструкції, розміри перетинів, тощо.

Визначимо напруження, які виникають на одному із найбільш навантажених елементів конструкції - тязі пневмоциліндра:

$$\sigma_p^{\max} = \frac{4P}{\pi \cdot d^2} \quad (4.12)$$

де P – розрахункова сила затиску, $P=593$ Н;

d – найменший діаметр тяги, $d=12$ мм.

$$\sigma_p^{max} = 4 \times 593 / (\pi \times 12^2) = 5,25 \leq [\sigma] = 200 \text{ МПа} \quad (4.13)$$

Оскільки максимальне напруження менше допустимого, відповідно, величина перетину є достатньою для робочого режиму пристосування.

4.2.5 Опис роботи спроектованого пристосування

Робота пристосування здійснюється таким чином (рис. 4.10). Заготовка встановлюється на дві призми 17, в осьовому напрямку обмеження руху забезпечується торцем $\varnothing 25h6$ та опорним пальцем 16. В такому режимі шток пневмоциліндра 1 витягнутий, що забезпечує підняття важеля 5 вгору.

Після того, як деталь буде встановлено до лівої частини пневмоциліндра подається тиск, після чого шток, через тягу 8, яка з'єднана із важелем 5 притискає деталь, забезпечуючи чітке положення деталі при обробці.

Пристосування забезпечує вільний доступ затискних елементів та маніпулятора для автоматизованого процесу установки та зняття заготовки.

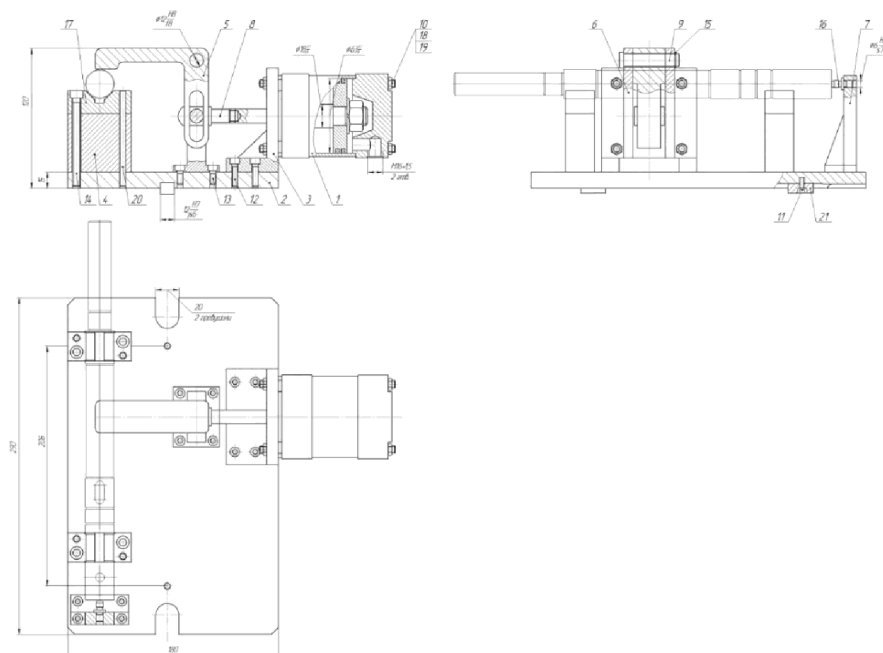


Рисунок 4.10 – Конструкція верстатного пристосування

4.3 Вибір промислового робота (ПР) для АРМ

Для обслуговування технологічного обладнання заплановано застосувати промисловий робот. Робот має задовольняти наступні вимоги:

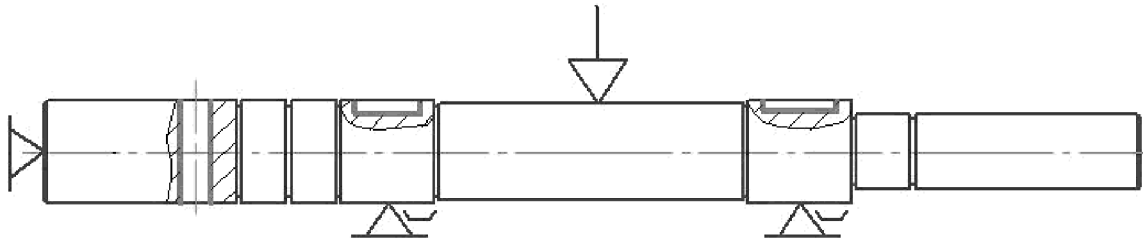
- наявність відповідної вантажопід'ємності;
- наявність відповідної робочої зони з точки зору розмірів та особливостей форми;
- система керування робота має мати можливість зовнішнього керування та відповідну кількість робочих рухів та об'єму пам'яті;
- ПР повинен бути оснащений захватним пристроєм, який відповідає показникам точності.

Відповідно до аналізу ПР, які найбільш часто застосовуються на виробництві [16] пропонується використати промисловий робот моделі “ПР-4” з наступними характеристиками:

- 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;
- найбільший виліт руки – 1400 мм;
- лінійні переміщення, мм/ швидкість, м/с:
 $r = 600/1$;
 $z = 150/0,5$.
- кутові переміщення, °/ кутова швидкість, °/с:
 $\varphi = 240/120$;
 $\beta = 15/30$.

4.4 Проектування (вибір) захватного пристрою

Відповідно до пункту 4.3 даного розділу заготовка встановлюватиметься в призмах на зовнішню циліндричну поверхню розміром $\text{Ø}25\text{h}8$ (рис. 4.11).



Рисунку 4.11- Схема закріплення заготовки

4.4.1 Опис конструкції і принципу роботи захватного органу промислового робота

Обраний промисловий робот моделі "Універсал" оснащується одним маніпулятором і, відповідно, одним захватним пристроєм. Для заготовок, які є тілами обертання доцільно використовувати затискні поверхні типу "призма", які забезпечуватимуть вищу надійність захоплення заготовки та підвищать стабільність її положення у захватному пристрої під час виконання операцій з маніпулювання. В якості приводу бажано застосувати пневматичний привод, оскільки він є основним приводом ПР та оснащення.

4.4.2 Розрахунок зусиль затиску захватного органу промислового робота

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

$$F = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot m \cdot g, \text{ [Н]} \quad (4.14)$$

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

g – прискорення вільного падіння;

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

K_2 – коефіцієнт, залежний від максимального прискорення A , з яким ПР переміщає об'єкт, закріплений в захватному пристрої. Для роботів з пневматичним приводом:

$$A \approx g. K_2=1+A/g=1+1=2;$$

K_3 – коефіцієнт передачі, залежний від конструкції захоплення і розташування в ньому об'єкту маніпулювання, вибираємо по [17].

$$K_3 = \frac{\sin \theta}{2\mu} \quad (4.15)$$

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

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

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

$$F = 1,2 \cdot 2 \cdot 2,9 \cdot 1,05 \cdot 9,8 = 72 \text{ (Н)}.$$

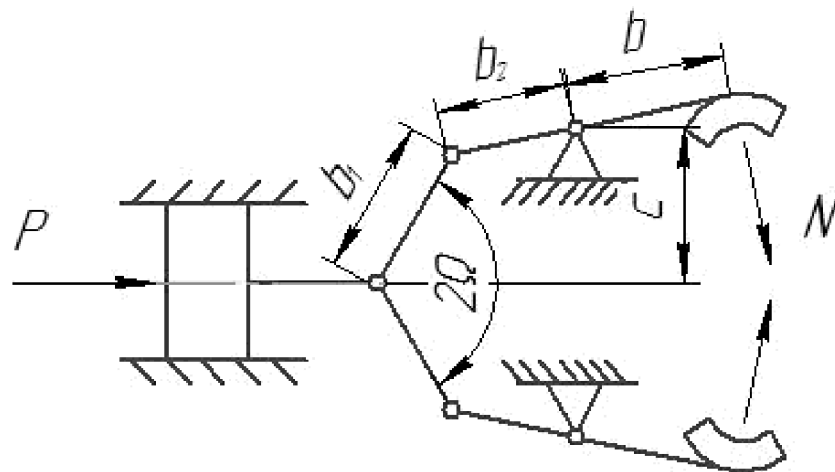


Рисунок 4.12 – Схема захватного пристрою

Відповідно до [17] рівняння рівноваги затискаючих зусиль наступне:

$$M = \left[\operatorname{tg}\Theta \sqrt{1 - \left(\frac{b_1 \sin \Theta - c}{b} \right)^2} - \frac{b_1 \sin \Theta - c}{b} \right] \cdot \frac{P}{2} \cdot b_2, \quad (4.16)$$

звідки

$$P = \frac{2 \cdot b \cdot F}{\left[\operatorname{tg}\Theta \sqrt{1 - \left(\frac{b_1 \sin \Theta - c}{b} \right)^2} - \frac{b_1 \sin \Theta - c}{b} \right] \cdot b_2} \cdot [\text{H}] \quad (4.17)$$

При конструюванні ЗП приймаємо $b=0,035\text{м}$, $b_1=0,04\text{м}$, $b_2=0,03\text{м}$, $c=0,020\text{м}$, кут $\theta=60^\circ$.

$$P = \frac{2 \cdot 0,025 \cdot 72}{\left[\operatorname{tg}60 \sqrt{1 - \left(\frac{0,04 \sin 60 - 0,020}{0,035} \right)^2} - \frac{0,04 \sin 60 - 0,020}{0,035} \right] \cdot 0,03} = 190\text{H}$$

Визначимо діаметр поршня

Для циліндра односторонньої дії [17]

$$F = p_e \cdot \frac{\pi \cdot D}{4} - F_T - F_{\text{ПР}}, [\text{мм}] \quad (4.18)$$

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

Звідки

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F + F_T + F_{\text{ПР}}}{\pi \cdot p_e}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (190 + 5 + 5)}{\pi \cdot 0,6 \cdot 10^6}} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Отже для даного типу затискного пристрою необхідно застосувати пневмоциліндр з робочим діаметром поршня 20мм і більше, приймаємо найближчий діаметр поршня $D=26 \text{ мм}$.

4.5 Аналіз точності позиціонування деталі

Точність позиціонування заготовки при автоматичному виконанні усіх операцій є важливим показником, оскільки невірне позиціонування заготовки у верстатному оснащенні може призвести до унеможливлення отримати якісний, який відповідатиме усім необхідним умовам.

Для цього необхідно вирішити ряд задач

-забезпечити працездатність автоматичної системи протягом необхідного періоду експлуатації в умовах впливу різноманітних факторів, які впливають на стабільність геометричних розмірів і розмірних зв'язків, тощо;

- вибрати методи та засоби автоматизації, в тому числі і для затиску та маніпулювання, які гарантують необхідні геометричні розміри та точність, полегшують позиціонування виробів;

- встановити обмеження та рекомендації, які потрібно дотримуватись при експлуатації комплексу.

В загальному похибки, які можуть виникнути при автоматичному встановленні заготовки на пристосування на верстаті можна зобразити схематично - рис. 4.13:

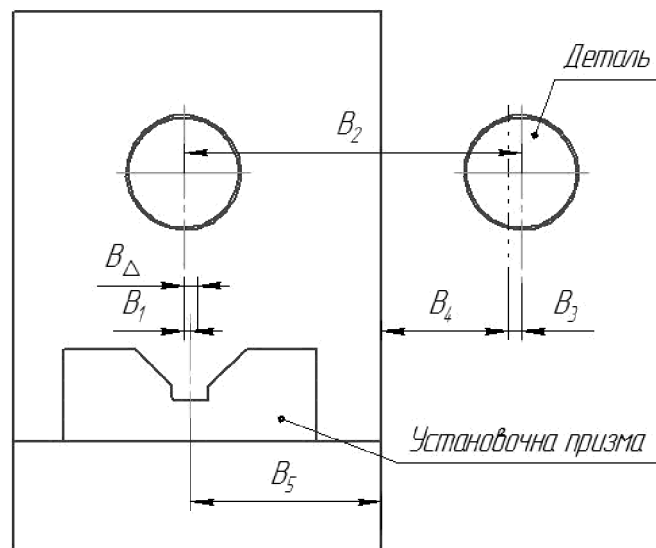


Рисунок 4.13 – Схема похибок

B_{Δ} - похибка співвісної осі призми пристосування і осі заготовки;

V_1 – похибка відхилення співвісної заготовки при позиціонуванні в захватному пристрої.

V_2 – похибки програмних переміщень промислового робота;

V_3 – похибка відстані від бази.

V_4 – похибка розташування верстата та маніпулятора.

V_5 – похибка відхилення осі оснащення верстату та установної бази верстата.

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

$$V_{\max} = 25/2 = 12,5 \text{ мм.}$$

$V_1 = \pm 0,3$ мм – виникає коли ЗП захвачує заготовку, яка при цьому змінює своє положення;

$V_2 = \pm 0,1$ мм – похибка рівна точності позиціонування промислового робота;

$V_3 = 0,5$ мм – похибка при подачі заготовки з допоміжного устаткування;

$V_4 = 1000_{-2,3}$ мм – похибка внаслідок можливого зміщення елементів робота відносно пристосування (прийнято по 14 квалітету);

$V_5 = 18 \pm 0,027$ мм – похибка зміщення пристосування визначаємо, як величину допуску розміру ширини шпоночного пазу в пристосування;

$$T\Delta = 0,6 + 0,2 + 0,5 + 2,3 + 0,054 = 3,65 \text{ мм.}$$

Оскільки $T\Delta \leq V_{\max}$, отже похибка має допустиме значення.

4.6 Побудова та розрахунок траєкторії руху елементів ПР

Побудову траєкторії виконаємо у вигляді графічного зображення шляху переміщення геометричного центру хватного пристрою ПР Початок траєкторії пов'яжемо з нульовою (початковою) крапкою, визначеною відповідно до початкового положення ПР (табл.4.2).

Таблиця 4.2– Елементи траєкторії переміщення хватного пристрою

Елемент траєкторії	Коментар	Величина переміщення, мм(град)
r0 1	Переміщення руки ПР вперед	600
z1 2	Переміщення руки ПР вниз	100
	Затиск заготовки	-
z2 3	Переміщення руки ПР вгору	100
r3 4	Переміщення руки ПР назад	600
φ 4 5	Поворот руки ПР за год. стрілкою	90°
r5 6	Переміщення руки ПР вперед	600
z6 7	Переміщення руки ПР вниз	100
x 7 8	Переміщення корпусу вліво	100
	Розтиск заготовки	
z8 9	Переміщення руки ПР вгору	100
r 9 10	Переміщення руки ПР назад	600
	Вистій руки ПР	-
r10 11	Переміщення руки ПР вперед	600
z11 12	Переміщення руки ПР вниз	100
	Затиск заготовки	
x 12 13	Переміщення корпусу вправо	100
z13 14	Переміщення руки ПР вгору	100
r14 15	Переміщення руки ПР назад	600
φ 15 16	Поворот руки ПР за год. стрілкою	90°
r16 17	Переміщення руки ПР вперед	600

z17 18	Переміщення руки ПР вниз	700
	Розтиск заготовки	-
z18 19	Переміщення руки ПР вгору	100
r19 20	Переміщення руки ПР назад	600
φ 20 21	Поворот руки ПР проти год. стрілки	180°

Представимо на рисунку 4.14 фрагменти траєкторії переміщення ПР.

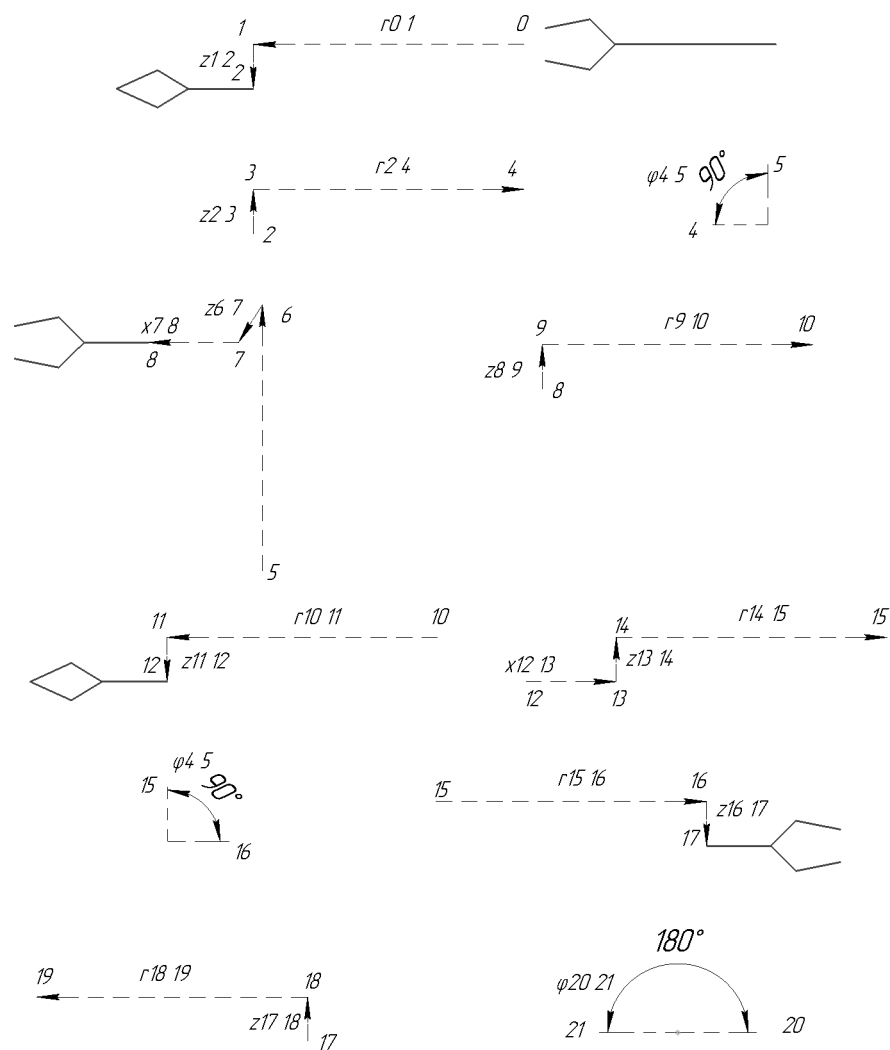


Рисунок 4.14 - Фрагменти траєкторії переміщення ПР

4.7 Вибір допоміжного устаткування для АРМ

Функції допоміжного устаткування можуть бути наступні:

- накопичення деталей та заготовок;
- транспортування деталей та заготовок та сортування і подача виробів у відповідну зону;
- відповідна просторова орієнтації виробів, переустанови.

Однією з основних вимог до допоміжного устаткування для АРМ є забезпечення позиціонування заготовки в спільному робочому просторі із верстатом та промисловим роботом. Це може вирішуватись за рахунок раціональної компоновки та налаштування відповідних елементів та рухів елементів, що входять до складу комплексу.

В проектованому АРМ для організації подачі заготовок буде застосовано тактовий стіл з установниками елементами типу призма, що забезпечить відповідну точність орієнтації заготовок [18] (рис. 4.15, 4.16).

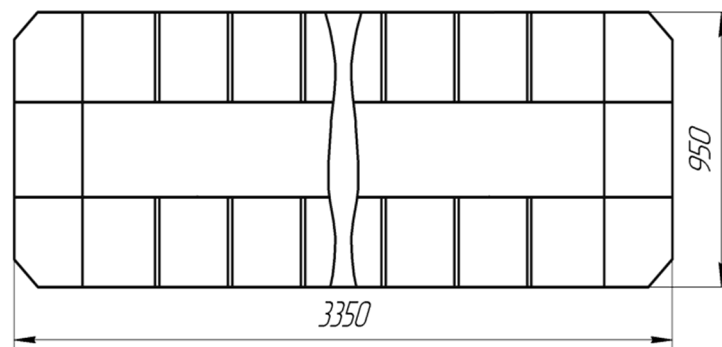


Рисунок 4.15 - Схема тактового столу СТ 350

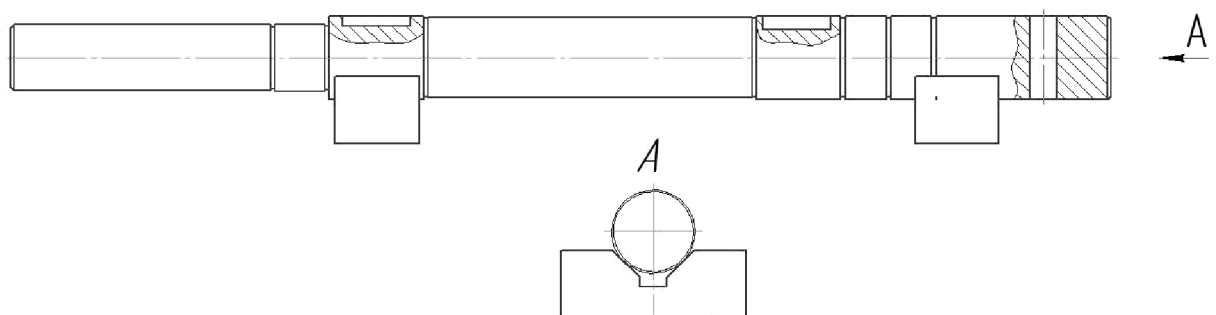


Рисунок 4.16 - Схема укладання заготовки в призму

4.8 Аналіз можливих варіантів компоновок АРМ

Відповідно до розділів 2 та 3 для даного комплексу обрано схему кільцевого типу (рис. 4.17). Центральним елементом у даній компоновці є промисловий робот, навколо якого буде розташовано решту обладнання, це полегшить процес його обслуговування. Даний варіант компоновки є раціональним вибором при застосуванні промислового робота з циліндричною системою координат

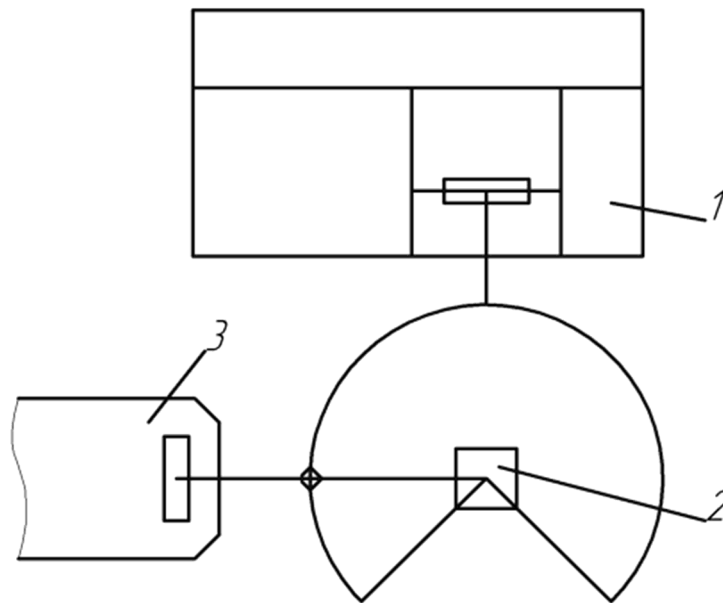


Рисунок 4.17 - Компоновальна схема кільцевого типу

4.9 Розрахунок швидкостей переміщення заготовки

Для визначення швидкості лінійного позиціонування під час вильоту руки промислового робота використовуватимемо формулу:

$$V_x = \frac{2 \cdot L_x \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, \text{ [мм]} \quad (4.19)$$

де L_x - виліт руки ПР;

Δl - похибка позиціонування;

M - маса об'єкту маніпулювання (маса заготовки для розглядуваної операції), $m_{\text{заг.}}=1,2$:

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

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

$$V_z = \frac{\alpha_z \cdot \sqrt{L_z} \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, [\text{м/с}] \quad (4.20)$$

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

L_z - довжина вертикального переміщення робочого органу робота, м;

M - маса об'єкту маніпулювання;

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

Кутова швидкість виконанні поворотів рукою робота ПР відносно вертикальної осі:

$$\omega = \frac{0,5\sqrt{\varphi} \cdot \sqrt[4]{\delta}}{\sqrt[3]{(2L_x)^4}}, [\text{рад/с}] \quad (4.21)$$

де δ - погрішність кутового позиціонування, с;

φ - кут повороту руки, рад.;

$$\delta = \frac{\Delta l}{L_x} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot 3600 = \frac{0,0002}{1,4} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot 3600 = 30(\text{с});$$

$$\omega = \frac{0,5 \cdot \sqrt{3,14} \cdot \sqrt[4]{30}}{\sqrt[3]{(2 \cdot 1,4)^4}} = 1,05(\text{рад/с}).$$

Проаналізуємо залежність швидкості руху та час, який потрібен для виконання відповідних переміщень на основі формул (4.18)-(4.19).

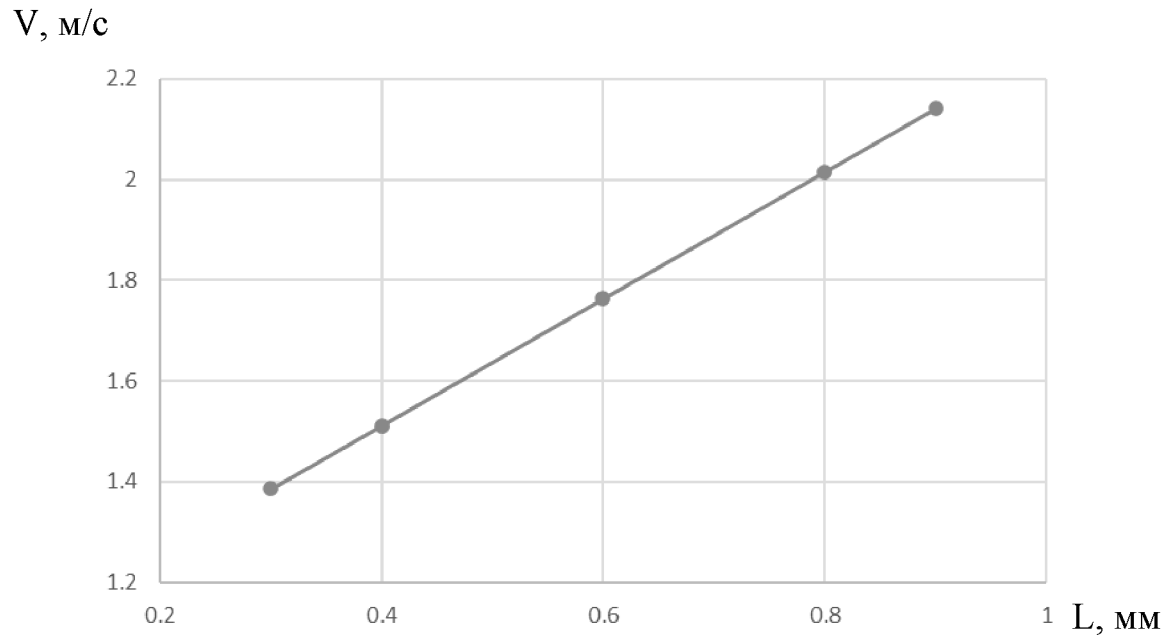


Рисунок 4.18 – Залежність швидкості переміщення по осі X від максимального вильоту

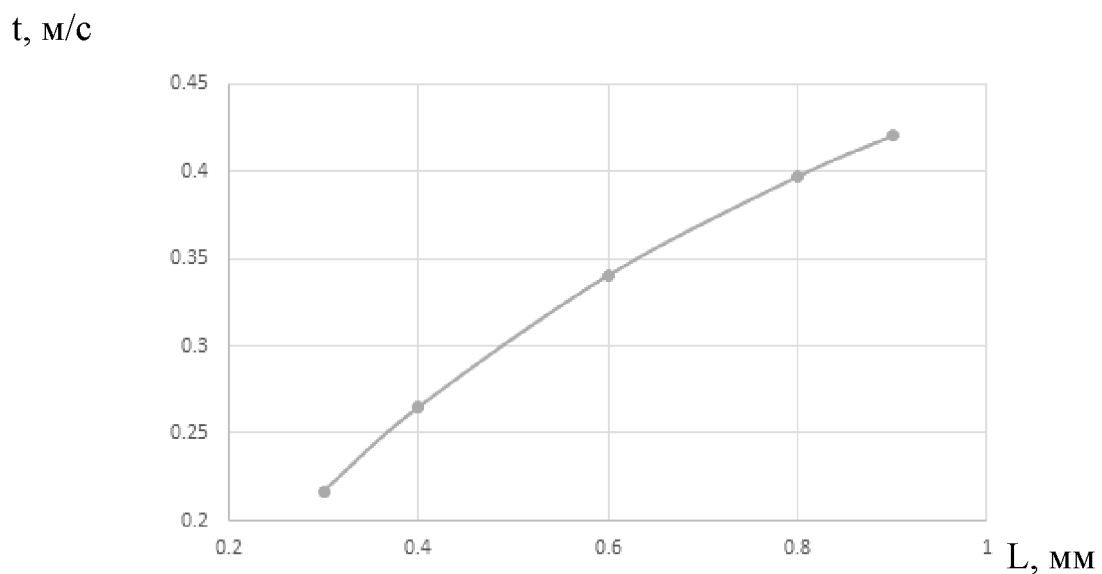


Рисунок 4.19 – Залежність швидкості переміщення по осі X від максимального вильоту

Проаналізувавши графіки на рис. 4.18-4.19 можна зробити висновок, що максимальні швидкості досягаються при більших значення вильоту руки маніпулятора, проте зростає і час на виконання переміщення. Тому раціональним є виконання рухів на менших вильотах, які дозволяє компонування комплексу.

Врахувавши паспортні дані промислового робота та максимально допустимі швидкості, які може розвинути робот приймаємо наступне:

$$V_X = V_{Xmax} = 1 \text{ м/с.}$$

$$V_Z = V_{Zmax} = 0,5 \text{ м/с.}$$

$$\omega_{роз} = 1,05 \text{ рад.}$$

4.10 Розробка циклограми функціонування АРМ

Циклограма функціонування АРМ зображує послідовність виконання дій у роботизованому комплексі зі вказанням часу виконання.

Визначимо часові витрати на виконання кожного руху промислового робота на основі алгоритму розробленого в попередніх розділах використавши наступні формули:

$$t_I = \frac{\varphi_I}{\omega_I}; [\text{с}] \quad (4.22)$$

$$t_I = \frac{l_I}{V_I}, [\text{с}] \quad (4.23)$$

де φ_I - кути поворотів механізмів;

l_I - лінійні переміщення механізмів;

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

$$t_{01} = \frac{0,6}{1} = 0,6(\text{с}); \quad t_{89} = \frac{0,1}{0,5} = 0,2(\text{с});$$

$$t_{12} = \frac{0,1}{0,5} = 0,2(c); \quad t_{910} = \frac{0,6}{1} = 0,6(c);$$

$$t_{023} = \frac{0,6}{1} = 0,6(c); \quad t_{1011} = \frac{0,6}{1} = 0,6(c);$$

$$t_{45} = \frac{90}{60} = 1,5(c); \quad t_{1213} = \frac{0,1}{1} = 0,1(c);$$

$$t_{56} = \frac{0,6}{1} = 0,6(c); \quad t_{1312} = \frac{0,1}{0,5} = 0,2(c);$$

$$t_{67} = \frac{0,1}{0,5} = 0,2(c); \quad t_{1415} = \frac{0,6}{1} = 0,6(c);$$

$$t_{78} = \frac{0,1}{1} = 0,1(c); \quad t_{1516} = \frac{90}{60} = 1,5(c);$$

$$t_{1718} = \frac{0,1}{0,5} = 0,2(c); \quad t_{1920} = \frac{0,6}{1} = 0,6(c);$$

$$t_{1819} = \frac{0,1}{0,5} = 0,2(c); \quad t_{2021} = \frac{180}{60} = 3(c);$$

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

Обладнання	Операція	Час, с																
		5	10	15	20 ... 125							130	135	140				
ПР	Захват заготовки	█																
	Установка заготовки на верстаті	█																
	Зняття заготовки з верстата																	█
	Переміщення заготовки до місця складання готових деталей																	█
Верстат	Затиск заготовки в пристосуванні		█															
	Розтиск заготовки в пристосуванні																	█
	Обробка заготовки		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Тактовий стіл	Підварт на одну позицію																	█

Рисунок 4.20 – Циклограма роботи АРМ

4.11 Визначення основних показників АРМ

Визначимо показники, які характеризують роботу автоматизованого робочого місця, а саме: циклову продуктивність $Q_{ц}$; коефіцієнт відносної завантаженості ПР $K_{зр}$; коефіцієнт використання промислового робота $K_{вр}$; коефіцієнт використання основного обладнання (верстату) $K_{во}$; коефіцієнт завантаженості ПР $K_{зв}$; режиму роботи робота.

Циклова продуктивність:

$$Q_{ц} = \frac{1}{T_p}; \quad (4.24)$$

де T_p - тривалість робочого циклу, $T_p = 140$ с;

$$Q_{ц} = \frac{1}{140} = 0,007(с).$$

Коефіцієнт відносної завантаженості $K_{зр}$:

$$K_{зр} = \frac{P_{ср}}{P}; \quad (4.25)$$

де $P_{ср}$ - середнє значення робочого навантаження, $P_{ср} = 1,2$ кг;

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

$$K_{зр} = \frac{1,2}{5} = 0,24.$$

Коефіцієнт використання $K_{вр}$:

$$K_{вр} = \frac{T_{вр}}{T_p}; \quad (4.12)$$

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

$$K_{\text{ep}} = \frac{16}{140} = 0,11;$$

Коефіцієнт використання основного устаткування K_{BO} :

$$K_{\text{BO}} = \frac{T_{\text{O}}}{T_{\text{P}}}; \quad (4.26)$$

де T_{O} - час роботи основного устаткування за робочий цикл, $T_{\text{O}} = 124$ с;

$$K_{\text{BO}} = \frac{124}{140} = 0,88.$$

Врахувавши отримані значення та відповідні рекомендації, встановлюємо, що режим роботи ПР "легкий", коефіцієнт завантаженості $K_{\text{нр}} = 1,1$.

4.11 Висновки до розділу

1. Спроектованого технологічне оснащення для верстату, яке здатне працювати в автоматизованому режимі.
2. На основі конструктивних особливостей обладнання та деталі вибрано промисловий робот для обслуговування технологічного обладнання;
3. Запропоновано принципову схему захватного пристрою та встановлено, що для утримування заготовки під час маніпуляцій потрібно застосувати пневматичний привід та циліндр з мінімальним діаметром поршня 20мм.
4. Визначено, що для зменшення часових витрат на виконання операцій маніпулювання більш раціональним є робота з мінімальними вильотами рук маніпулятора.

5. Визначено показники точності роботи автоматизованого робочого місця та встановлено, що сумарна похибка знаходиться в межах допустимих параметрів.

6. Розраховано основні параметри робочого місця, як автоматизованої одиниці на виробництві.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи

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

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

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

Таблиця 5.1 – Показники ступеня новизни науково-дослідної роботи

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

Продовження таблиці 5.1

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

Таблиця 5.2 – Показники рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи

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

Показник, який характеризує науковий ефект, визначається за формулою:

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

де $k_{\text{нов}}, k_{\text{теор}}$ – показники ступенів новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи, бали;

0,6 та 0,4 – питома вага (значимість) показників ступеня новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи.

В роботі запропоновано схему автоматизованого робочого місця для обробки заготовки деталі «Вал» $k_{\text{нов}} = 20$. 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:

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

5.2 Оцінювання комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

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

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

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

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

Продовження таблиці 5.3

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

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

Таблиця 5.4 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Сухоруков С.І.	Петров О.В.	Савуляк В.В.
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	2
2	2	2	2
3	2	2	3
4	2	2	2
5	2	2	3
6	3	3	2
7	2	2	2
8	3	3	2
9	3	3	2
10	3	3	4
11	3	3	2
12	3	4	2
Сума балів	СБ ₁ =21	СБ ₂ =32	СБ ₃ =28
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$(21 + 32 + 28)/3 = 27$		

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

5.3 Прогноз попиту на інноваційне рішення

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

Ринками збуту продукції можуть бути усі регіони України.

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

5.4 Вибір каналів збуту та післяпродажного обслуговування

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

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

5.5 Виявлення основних конкурентів

На сьогоднішній день в Україні випуск автоматизованих робочих елементів не є розповсюдженим. Проте існують комплекси зарубіжного виробництва. В таблиці 5.5 наведені основні техніко-економічні показники аналога і розробки.

Основним недоліком аналога (автоматизація за рахунок застосування окремих компонентів або ж застосування людської сили) є велика собівартість обробки в одному випадку, або ж зменшення продуктивності.

Таблиця 5.5 – Співвідношення параметрів аналогу і нової розробки

Показник	Одиниці виміру	<i>Аналог</i>	розробка	Відношення параметрів нової обробки та параметрів аналога
Кількість верстатів	шт.	1	1	1
Кількість виробів	шт.	4000	6500	1,6
Час обробки на один виріб	хв.	3,2	2,3	1,4

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

5.6 Обрання методу ціноутворення

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

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

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

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

5.7 Оцінка рівня якості інноваційного рішення

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

Таблиця 5.6 – Основні техніко-економічні показники нової розробки

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

Визначимо абсолютний рівень інноваційного рішення за формулою:

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

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

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

α_i - коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

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

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

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру та занесемо їх у таблицю 5.6, для цього скористаємося формулами:

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

або

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

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

Таблиця 5.7 – Основні технічні та економічні параметри інноваційного рішення та товару - конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	Новий		
Технічні показники				
Кількість верстатів	1	1	1	0,3
Кількість виробів	4000	6500	1,6	0,4
Час обробки на один виріб	3,2	2,3	1,4	0,4
Економічні показники				
Собівартість комплексу	90000	80000	0,88	0,7
Капітальні вкладення	750000	800000	0,94	0,3

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

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

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

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

5.8 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення

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

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

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

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

I_{en} - індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

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

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

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

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

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

5.9 Прогнозування витрат на виконання роботи

Розрахунок основної заробітної плати розробників.

Основна заробітна плата розробників, яка розраховується за формулою [1]:

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

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

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

t – число днів роботи розробника.

Для керівника проекту основна заробітна плата складатиме:

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

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

Таблиця 5.8 – Результати розрахунків основної заробітної плати

№ п/п	Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату
1.	Керівник проекту	27272	1363,36	20	27272
2.	Інженер-налагоджувальник	20000	909	22	20000
4.	Верстатник/слюсар	20000	909	22	20000
Всього					67272

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

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

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

n – число робіт по видах та розрядах;

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

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

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

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

K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду та професії;

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

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

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

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

Таблиця 5.9 – Витрати на основну заробітну плату

Обладнання	Трудомісткість годин	Розряд роботи	Погодина тарифна ставка	Велечина оплати, грн
Роботи по компоновці елементів	120	4	78,23	9388
Роботи верстатника/ слюсар	105	4	78,23	8214
Роботи налагоджувальника	90	4	78,23	7040
Всього				24642

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

$$З_{д} = (67272 + 24642) \cdot 12\% = 11030 \text{ (грн.)}$$

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

$$(67272 + 24642 + 11030) \cdot 0,22 = 22648 \text{ (грн.)}$$

Амортизація обладнання, які використовуються під час виготовлення пристосування.

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

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

де Ц – балансова вартість обладнання, грн;

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

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

Таблиця 5.10 – Результати розрахунків амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Термін нормативного використання, р.	Термін корисного використання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
Комп'ютерне обладнання	20000	4	12	5000
Промисловий робот	350000	10	12	35000
Слюсарне обладнання	150000	5	1	2500
Обладнання для компоновки і налаштування	250000	5	1	4166

Відповідно:

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

Витрати на матеріали розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

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

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

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

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

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

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

n – кількість видів матеріалів.

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

Витрати на силову електроенергію на розробку розраховуються за формулою:

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

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

W – установлена потужність обладнання;

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

K – коефіцієнт використання потужності.

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

Таблиця 5.11 – Результати розрахунків витрат електроенергії

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

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

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

$$Ц_{e3} = 7,208 \cdot 10 \cdot 100 \cdot 0,9 = 6487 \text{ (грн.)},$$

$$Ц_{e4} = 7,208 \cdot 15 \cdot 90 \cdot 0,8 = 7785 \text{ (грн.)},$$

$$Ц_e = 346 + 778 + 6487 + 7785 = 15396 \text{ (грн.)}.$$

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

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

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

Усі витрати складають:

$$B = 67272 + 24642 + 22648 + 11030 + 46670 + \\ + 15396 + 275742 = 463400 \text{ (грн.)}$$

Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями.

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

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

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

Тоді

$$B_{\text{заг}} = 463400 / 0,95 = 487790 \text{ (грн.)}$$

Прогнозування загальних витрат здійснюється за формулою:

$$3B = B_{\text{заг}} / \beta, \quad (5.12)$$

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

Для нашого випадку $\beta \approx 0,5$.

Тоді:

$$3B = 487790 / 0,5 = 975580 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку способу суміщеної обробки та впровадження результатів даної роботи становлять приблизно 975580 грн.

5.10 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

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

Аналіз місткості ринку даної продукції показує, що в даний час в Україні кількість потенційних користувачів нашої розробки складає щороку приблизно 2000-2500 шт. Середня ціна виготовлених виробів 80-90 тис. грн. Оскільки собівартість виготовлення валів за рахунок автоматизації скоротилась в нас є можливість реалізувати 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 2200 шт.;

2-й рік після впровадження (2025 р.) – приблизно 2000 шт.;

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

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

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

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

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

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

N – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році до впровадження результатів розробки; було встановлено, що $N = 2200$ шт.;

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

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

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

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

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

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

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

$$\Delta \Pi_1 = (2200 \cdot 3500) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1315364(\text{грн.})$$

$$\Delta \Pi_2 = (2000 \cdot 3500) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1195786(\text{грн.})$$

$$\Delta \Pi_3 = (1300 \cdot 3500) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 777261(\text{грн.})$$

$$\Delta \Pi_4 = (600 \cdot 3500) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 358736(\text{грн.})$$

5.11 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 975580$ грн.;

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

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[5]{1 + 1763536 / 975580} - 1 = 0,23 = 23\%.$$

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

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

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

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

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

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

$$T_{ок} = 1/E\beta,$$

$$T_{ок} = 1/0,23 = 4,3.$$

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

5.12 Висновки до розділу

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

Комерційний потенціал дослідження за результатами опитування експертів було визначено як вище середнього. Розраховані показники абсолютної та відносної ефективності свідчать, що даний інвестиційний проект може зацікавити інвестора, оскільки рівень доходності даного проекту перевищує депозитні доходи і є менш ризикованим. Термін окупності розробленого проекту складає 4,3 роки.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Розробка автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Вал" відбувалася в приміщенні, яке обладнане робочими місцями з ПК. На розробника, згідно [22], 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.

6.1 Технічні рішення з безпечного виконання робіт

Головними елементами робочого місця розробника автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Вал" є письмовий стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи організується відповідно до [23].

Згідно із [24] площу приміщень, в яких розташовують ПК, визначають згідно з чинними нормативними документами з розрахунку на одне робоче місце, обладнане ПК: площа - не менше 6,0 кв. м, обсяг – не менше 20,0 куб. м, з урахуванням максимальної кількості осіб, які одночасно працюють у зміні.

Під час безпосередньої роботи з монітором, необхідно дотримуватися таких рекомендацій:

1. Верхній край екрану монітора повинен знаходитися на одному рівні з очима користувача.
2. Під час роботи потрібно звертати особливу увагу на положення шиї, хребта, ліктів, кистей, стегон і ступень.
3. Клавіатура повинна знаходитися під тим же кутом, що і передпліччя.
4. Слід систематично робити перерви. Фахівці рекомендують кожен годину робити перерву на п'ять-десять хвилин.
5. Кожні десять-п'ятнадцять хвилин роботи за комп'ютером необхідно дати відпочинок очам, закриваючи їх на якусь мить.
6. Слід встановити монітор так, щоб від нього не відбивалося світло.
7. Читання паперових документів вимагає сильнішого освітлення, ніж читання з екрану монітора. Якщо працівник одночасно працює за комп'ютером і з паперовими документами, слід скористатися настільною лампою.
8. Екран монітора й інші поверхні комп'ютера необхідно регулярно протирати.

Приміщення із робочими місцями користувачів комп'ютерів для забезпечення електробезпеки обладнання, а також для захисту від ураження електричним струмом самих користувачів ПК повинні мати достатні технічні засоби захисту відповідно до [25].

Категорія приміщення з електробезпеки – без підвищеної небезпеки, згідно [26].

ПК, периферійні пристрої ПК та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ПК, інше устаткування (апарати управління, контрольно-вимірювальні прилади, світильники тощо), електропроводи та кабелі за виконанням та ступенем захисту мають відповідати класу зони за ПУЕ, мати апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів.

Під час монтажу та експлуатації ліній електромережі необхідно повністю унеможливити виникнення електричного джерела загоряння внаслідок короткого замикання та перевантаження проводів, обмежувати застосування проводів з легкозаймистою ізоляцією і, за можливості, перейти на негорючу ізоляцію.

Вимоги безпеки перед початком роботи:

- увімкнути систему кондиціонування в приміщенні;
- перевірити надійність встановлення апаратури на робочому столі.

Повернути монітор так, щоб було зручно дивитися на екран - під прямим кутом (а не збоку) і трохи зверху вниз, при цьому екран має бути трохи нахиленим, нижній його край ближче до оператора;

- перевірити загальний стан апаратури, перевірити справність електропроводки, з'єднувальних шнурів, штепсельних вилок, розеток, заземлення захисного екрана;

- відрегулювати освітленість робочого місця;

- відрегулювати та зафіксувати висоту крісла, зручний для користувача нахил його спинки;

- приєднати до системного блоку необхідну апаратуру. Усі кабелі, що з'єднують системний блок з іншими пристроями, слід вставляти та виймати при вимкненому комп'ютері;

- ввімкнути апаратуру комп'ютера вимикачами на корпусах в послідовності: монітор, системний блок, принтер (якщо передбачається друкування);

- відрегулювати яскравість свічення монітора, мінімальний розмір світної точки, фокусування, контрастність. Не слід робити зображення надто яскравим, щоб не втомлювати очей.

Вимоги безпеки під час виконання роботи:

- необхідно стійко розташовувати клавіатуру на робочому столі, не опускати її хитання. Під час роботи на клавіатурі сидіти прямо, не напружуватися;

- для уникнення несприятливого впливу на користувача пристроїв типу «миша» належить забезпечувати вільну велику поверхню столу для переміщення миші і зручного упору ліктьового суглоба;

- не дозволяються сторонні розмови, подразнюючі шуми;

- періодично при вимкненому комп'ютері прибирати ледь змоченою мильним розчином бавовняною ганчіркою порох з поверхонь апаратури.

6.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1. Мікроклімат

Підвищення швидкості руху повітря погіршує самопочуття, оскільки сприяє підсиленню конвективного теплообміну та процесу тепловіддачі при випаровуванні поту.

При підвищенні температури повітря мають місце зворотні явища. Встановлено, що при температурі повітря понад 30°C працездатність людини починає падати. За такої високої температури та вологості практично все тепло, що виділяється, віддається у навколишнє середовище при випаровуванні поту. При підвищенні вологості піт не випаровується, а стікає краплинами з поверхні шкіри.

Недостатня вологість призводить до інтенсивного випаровування вологи зі слизових оболонок, їх пересихання та розтріскування, забруднення хвороботворними мікробами.

Робота, яка виконується розробником автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Вал", згідно за енерговитратами відноситься до категорії I а (енерговитрати до 139Дж/с) [27]. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл.6.1 (відповідно до [18]).

Таблиця 6.1 – Параметри мікроклімату

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

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні передбачено система опалення, система кондиціонування та систематичне вологе прибирання.

6.2.2. Склад повітря робочої зони

В приміщенні, де здійснюється робота можливими шкідливими речовинами у повітрі є пил та озон. Джерелами цих речовин є офісна техніка. Пил потрапляє у приміщення ззовні. ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
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.6.3).

Таблиця 6.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

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

Для забезпечення комфортних умов використовуються як організаційні методи (раціональна організація проведення робіт залежно від пори року і доби,

чергування праці і відпочинку), так і технічні засоби (вентиляція, кондиціонування повітря, опалювальна система).

6.2.3. Виробниче освітлення

Освітлення на робочих місцях справляє багатоплановий вплив на працівника, зокрема на його емоційний стан, працездатність, мотивацію, продуктивність і безпеку праці.

Рівень освітлення на робочих місцях впливає на гостроту зору, тривалість ясного бачення, контрастну чутливість і здатність бачити на далекій і близькій відстані. Нормальна гострота зору, тобто здатність розрізняти дрібні предмети, у працівників, що не страждають на дефекти зору, досягається лише при освітленні 50-70 лк. Для максимальної здатності ока розрізняти такі предмети необхідна освітленість 600-1000 лк.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні, які необхідно забезпечити під час виконання роботи зазначені у таблиці 6.4 (відповідно [29]):

Таблиця 6.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд 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
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	г	великий	світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

- 1) Систематичне очищення скла від бруду – не рідше двох разів на рік.
- 2) Система природного освітлення доповнюється загальним штучним освітленням, що створюється за допомогою люмінесцентних ламп.

6.2.4. Виробничий шум

Шумом прийнято вважати звуки, які негативно впливають на організм людини і заважають його роботі та відпочинку. 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.

Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку відображені в [30-31]. Для умов виконання роботи допустимі рівні звукового тиску повинні наведені в таблиці 6.5.

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

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

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

6.2.5. Виробничі випромінювання

Під час виконання роботи із використанням ПК на працівника діє підвищений рівень електромагнітного поля. Випромінювання ПК можуть бути небезпечними для здоров'я. Низькочастотні поля при тривалому опроміненні сидять біля ПК людей можуть привести до порушень фізіологічних процесів.

Електромагнітні поля чинять термічний і морфологічний вплив на організм людини, викликаючи в ньому функціональні зміни.

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

Таблиця 6.6 - Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Найменування параметра	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	10В / м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	0,3 А / м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати:	20кВ / м
для дорослих користувачів	
для дітей дошкільних установ і що вчаться середніх спеціальних і вищих навчальних закладів	15кВ / м

Для зниження дії цих видів випромінювання рекомендується застосовувати монітори із зниженим рівнем випромінювання (MPR-II, TCO-92, TCO-99, TCO-03), а також дотримувати регламентовані режими праці і відпочинку.

6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи РЕС засобів автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Вал" в умовах дії загрозливих факторів НС

6.3.1 Дія іонізуючих випромінювань на радіоелектронні системи

В залежності від виду випромінювання, дози радіації, природи опромінюваної речовини та умов навколишнього середовища в значній мірі залежить дія радіації на матеріали та деталі апаратури [32].

До матеріалів, з яких виготовляють елементи радіоелектронних систем (РЕС) відносять: метали, неорганічні матеріали, напівпровідники та різні органічні сполуки (діелектрики, смоли тощо). При цьому метали найбільш чутливі до радіації, оскільки їм властива висока концентрація вільних носіїв.

Робота РЕС в умовах дії радіоактивних випромінювань має такі особливості: РЕС може раптово втратити працездатність при певних рівнях радіації (критичних); в елементах схем РЕС можуть початись зворотні і незворотні процеси.

Для запобігання цього проводяться розрахунки з безпеки роботи в умовах дії радіації та приймаються рішення щодо захисту елементів РЕС.

Для зниження рівня забруднення радіоактивними речовинами використовують дезактивацію.

5.3.2 Оцінка стійкості роботи РЕС засобів автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Вал" в умовах дії іонізуючих випромінювань

Вихідні дані: $p_5 = 42$ Р/год; $K_{носл} = 7$; $t_n = 2$ год.

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

Визначаємо максимально допустимі експозиційні дози, при яких в елементах можуть виникнути незворотні зміни. Дані заносимо в таблицю 6.7.

Таблиця 6.7 – Максимально допустимі експозиційні дози елементів РЕС

№	Елементи РЕС	$D_{гр}, P$
1	Діоди	10^5
2	Резистори	10^6
3	Конденсатори	10^6
4	Напівпровідники	10^5
5	Мікросхеми	10^5
6	Інтегральні схеми	$5 \cdot 10^5$
7	Діелектрики	10^4

Проаналізувавши дані визначаємо межу стійкості $D_{гр}$, роботи РЕС:

$$D_{гр} = 10^4 (P).$$

Визначаємо рівень радіації через 1 год після аварії

$$p_1 = p_t \sqrt[4]{t} [P]; \quad (6.1)$$

$$p_1 = 42 \sqrt[4]{5} = 62,8 (P).$$

Визначаємо час стійкої роботи РЕС у заданих умовах

$$t_D = \left(\frac{D_{ГР} K_{носл} + 2 p_{1max} \sqrt{t_{П}}}{2 p_{1max}} \right)^2 [\text{год}]; \quad (6.2)$$

$$t_D = \left(\frac{10^4 \cdot 7 + 2 \cdot 62,8 \sqrt{2}}{2 \cdot 62,8} \right)^2 = 312189 (\text{го д}) \approx 36 (\text{р}).$$

Оскільки допустимий час роботи РЕС в умовах дії на них іонізуючих випромінювань більший за можливий час роботи засобів автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Вал", то стійкість її забезпечується.

Висновки

Визначено основні параметри безпечної роботи на розробленому робочому місці.

Досліджено стійкість роботи РЕС засобів автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Вал" в умовах впливу загрозливих факторів надзвичайних ситуацій. З дослідження впливу іонізуючих випромінювань на стійкість роботи РЕС засобів автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Вал" можна сказати, що РЕС виявилася стійкою в роботі.

ВИСНОВКИ

1. На основі огляду типових засобів автоматизації можна зробити висновок, що застосування промислових роботів для обслуговування технологічного обладнання є поширеним рішенням.
2. Зазвичай для автоматизації робочого місця застосовуються верстати з числовим програмним керуванням.
3. Проаналізовано обладнання та особливості технологічного процесу та раціональність можливості його автоматизації.
4. В якості технологічної операції для впровадження автоматизації обрано фрезерно-свердлильну операцію технологічного процесу.
5. Розроблено алгоритм роботи, який в подальшому буде використано для розробки та розрахунку докладних операцій та дій елементів АРМ та його характеристик.
6. Спроектованого технологічне оснащення для верстату, яке здатне працювати в автоматизованому режимі.
7. На основі конструктивних особливостей обладнання та деталі вибрано промисловий робот для обслуговування технологічного обладнання;
8. Запропоновано принципову схему захватного пристрою та встановлено, що для утримування заготовки під час маніпуляцій потрібно застосувати пневматичний привід та циліндр з мінімальним діаметром поршня.
9. Визначено, що для зменшення часових витрат на виконання операцій маніпулювання більш раціональним є робота з мінімальними вильотами рук маніпулятора.
10. Визначено показники точності роботи автоматизованого робочого місця та встановлено, що сумарна похибка знаходиться в межах допустимих параметрів.
11. Розраховано основні параметри робочого місця, як автоматизованої одиниці на виробництві.

12. 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.

13. 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 4,3 роки.

14. Визначено основні параметри безпечної роботи на розробленому робочому місці.

15. Досліджено стійкість роботи PEC засобів автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Вал" в умовах впливу загрозливих факторів надзвичайних ситуацій. З дослідження впливу іонізуючих випромінювань на стійкість роботи PEC засобів автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Вал" можна сказати, що PEC виявилася стійкою в роботі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автоматизація виробництва в машинобудуванні [Текст] : практикум / Ю. І. Муляр, В. П. Пурдик, С. В. Репінський [та ін.]. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 133с.
2. Автоматизація в промисловості Практикум. Частина І: навчальний посібник/ Є.В. Пашков, В.П. Полівцев, М.П. Карпов, Ю.О. Осинський, М.М. Майстришин. – Севастополь 2010. – 140 с.
3. Роботизовані технологічні комплекси / Г.І. Костюк, О.О. Баранов, І.Г. Левченко, В.А. Фадєєв - Учеб. Посібник. - Харків. Нац. аерокосмічний університет "ХАІ", 2013. - 214с
4. Павленко І.І., Мажара В.А. Роботизовані технологічні комплекси: Навчальний посібник. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – 392 с.
5. О.С.Піменов, М.М. Компанець Застосування роботизованих комплексів 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. Dihovicni. APLICATION 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 І. 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-Н Б А 3.2-1:2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->

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

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

27. 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>

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

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. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.

32. 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 "ВАЛ"**

Мета та задачі роботи

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

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;

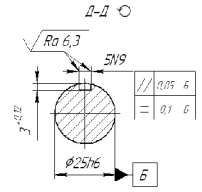
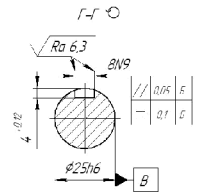
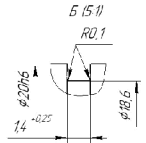
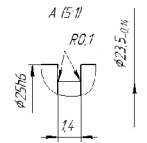
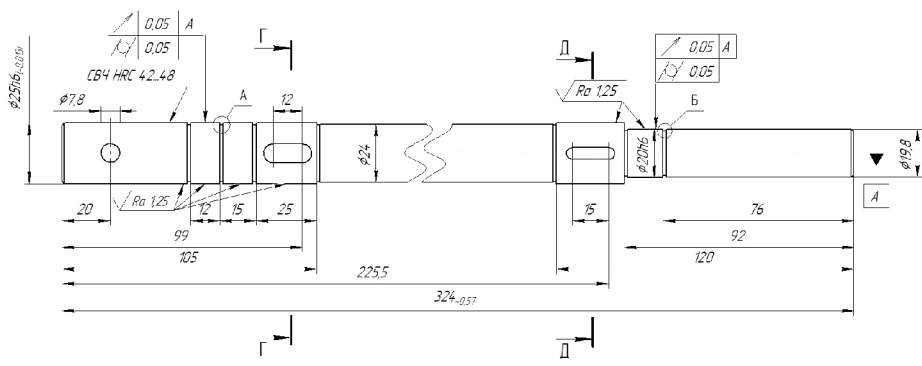
- провести аналіз умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

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

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

√ Ra 12,5 (✓)

МКР.08-64.004.00.001



- Неказані фаски 0,5 × 45°.
- Неказані граничні відхилення розмірів отворів Н14.
- Палії h14, інших $\frac{H14}{2}$.

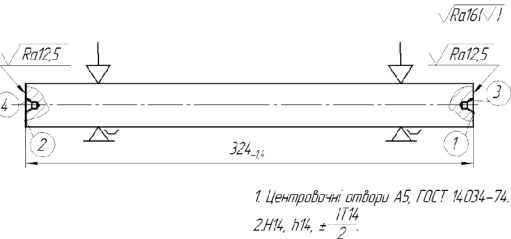
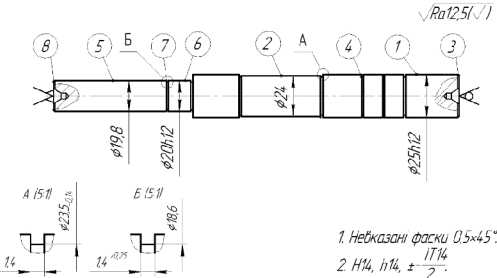
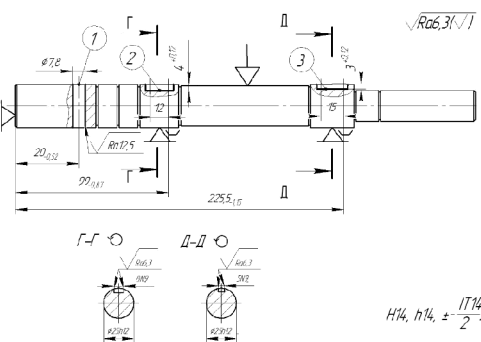
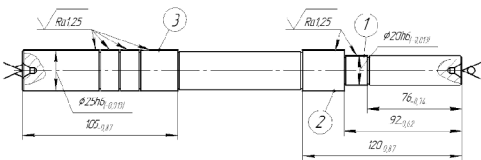
Лист №	1
Всього листів	1
Сторінка №	1
Лист №	1
Всього листів	1

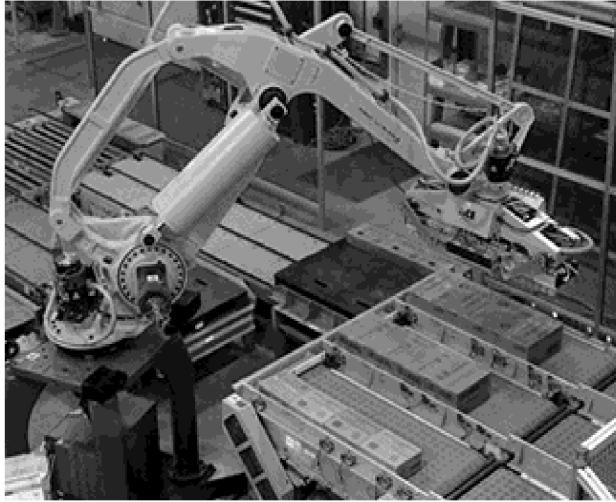
				МКР.08-64.004.00.001		
Тип документа	№ документа	Дата	Стор.	Лист	Маса	Масштаб
Чернетка	Головний №	08.02.20	01	01	1,1	1:1
Копія	Відомості №	08.02.20	01	01		
				Лист	Листів	і
				01	01	1
				ВАН		
				Сталь 45		
				ГОСТ 1050-89		
				Стр. зр. 1714-2214		

Копія №1

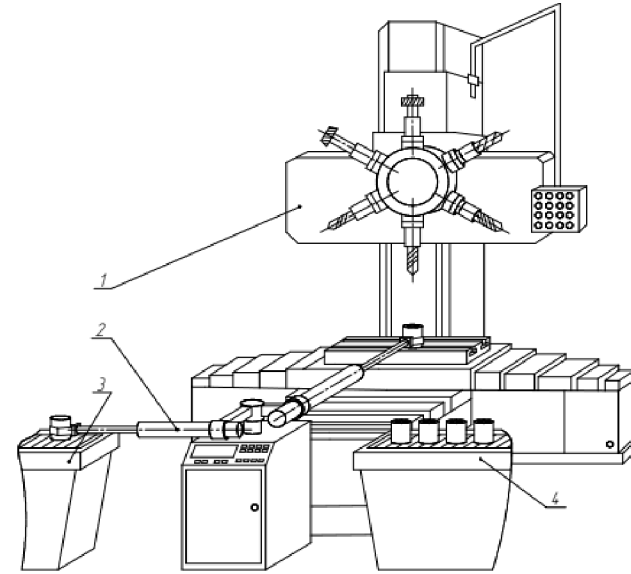
Формат А4

Маршрут механічної обробки деталі

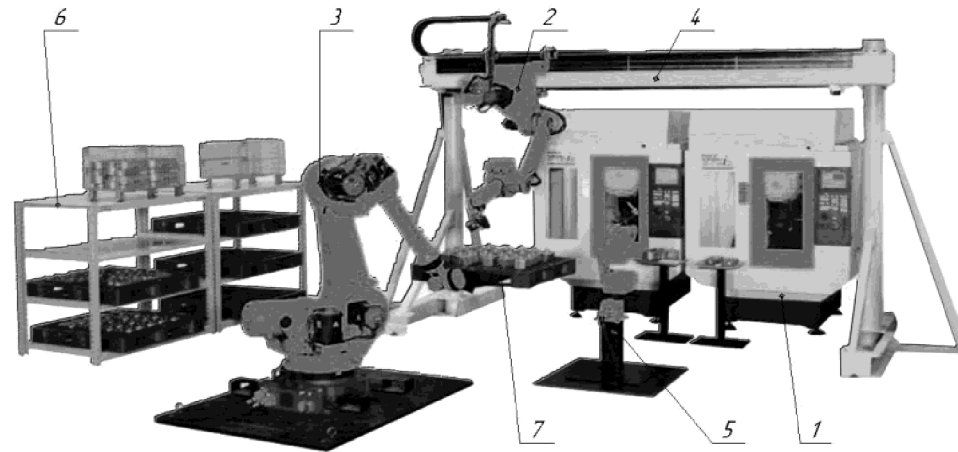
№ Операції	Назва операції та зміст переходів	Операційний ескіз	Тип і модель обладнання
005	<p style="text-align: center;"><u>Фрезерно-центрувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку. 2. Фрезерувати торці в розмір 1 та 2 в розмір 324 мм. 3. Центрувати отвори 2 та 4 одночасно $\phi 5$ мм. 4. Зняти деталь. 		Фрезерно-центрувальний верстат МР-7М1
010	<p style="text-align: center;"><u>Токарна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити деталь. 2. Точити за контуром фаску 3, поверхню 1 $\phi 25$ h12 попередньо та поверхню 2 $\phi 24$ попередньо. 3. Точити за контуром фаску 8, поверхню 5 $\phi 19$ 8 мм остаточно та поверхню 6 $\phi 20$ h12 попередньо. 7. Точити поверхню 6 $\phi 23$ h12 та 1 $\phi 20$ h12 остаточно. 8. Точити п'ять канавок 4 в=14 мм та дві канавки 7 в=14 мм. 9. Зняти деталь. 		Токарний з ЧПК 16К20Ф3
015	<p style="text-align: center;"><u>Фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити деталь. 2. Центрувати отвір 1 $\phi 5$ мм. 3. Свердлити отвір 1 $\phi 7,8$ мм. 4. Фрезерувати шпандочний паз 2 8N9. 5. Фрезерувати шпандочний паз 3 5 N9. 6. Зняти деталь. 		Фрезерний з ЧПК 6Р13РФ3
020	<p style="text-align: center;"><u>Термообробка</u></p>		
025	<p style="text-align: center;"><u>Токарна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити деталь. 2. Точити послідовно поверхню 1 $\phi 25$ h6, 2 $\phi 25$ h6 та 3 $\phi 20$ h6 попередньо. 3. Точити послідовно поверхню 11 $\phi 25$ h6, 2 $\phi 25$ h6 та 3 $\phi 20$ h6 остаточно. 4. Зняти деталь. 		Токарний з ЧПК МК6001Ф3



Роботизація виробництва

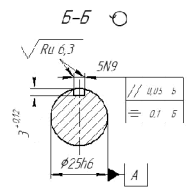
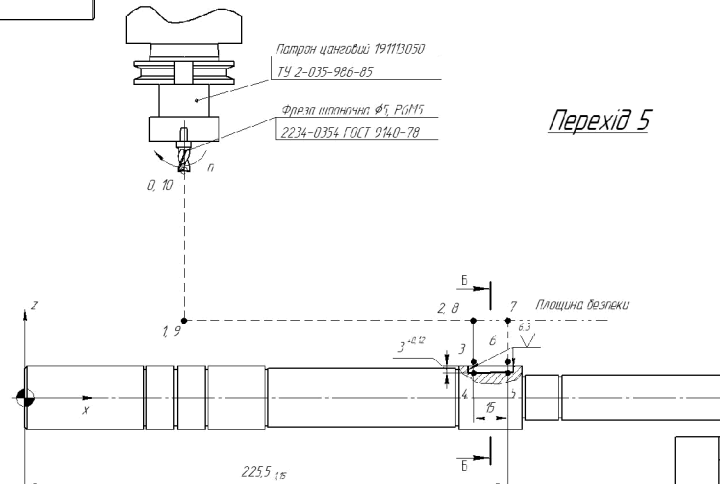
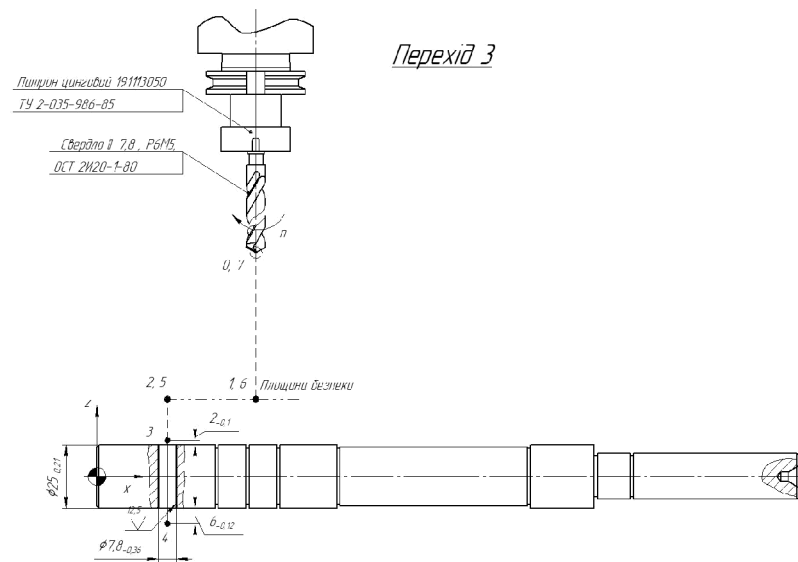
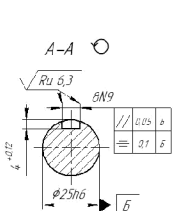
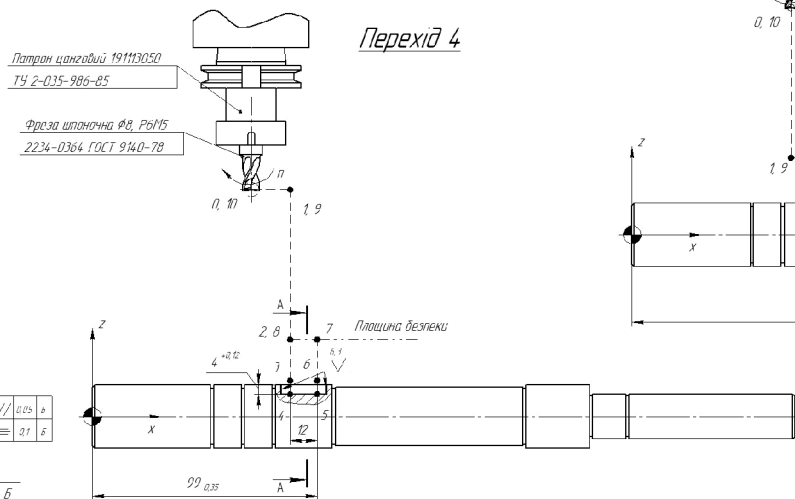
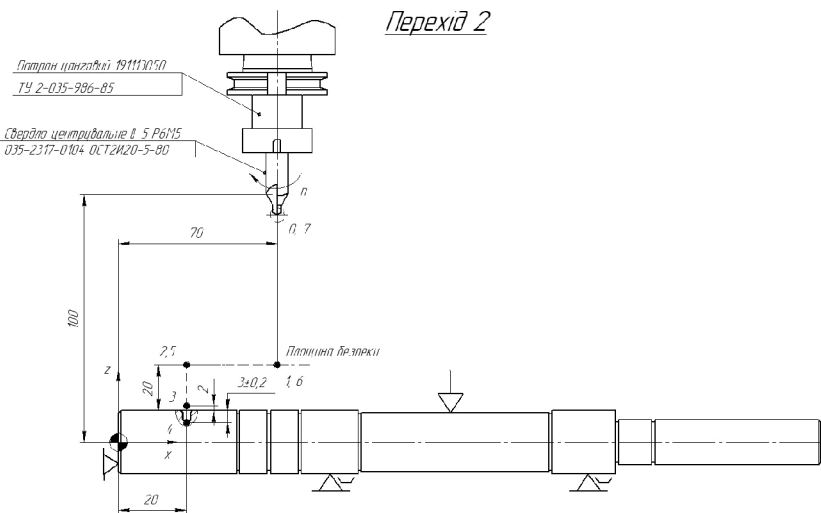


Автоматизоване робоче місце для свердильно-фрезерної обробки



Автоматизоване робоче місце для фрезерної обробки

2003070079-80.dwg



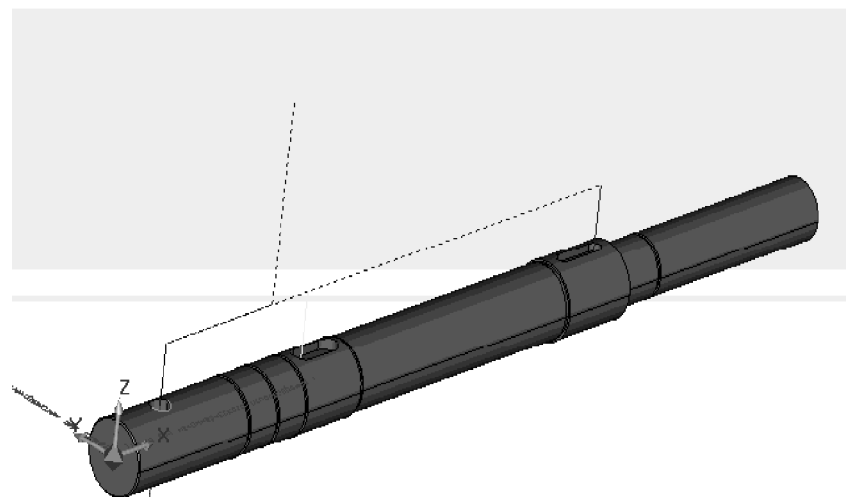
015	5	Фрезерувати шпандовий поз 2	6,9	0,55	272	1
	4	Фрезерувати шпандовий поз 1	39	1	1035	0,14
	3	Свердлити отвір 1	36,5	3,45	1067	0,18
	2	Центрувати отвір 1	32	2,5	1067	0,18
	1	Встановити заготовку	-	-	-	-
№ маш.	№ назв.	Презерва з ЧТК	6Г127Ф3 обладнання		1, м	№ докум.
МКР.06-64.004.00.002						
Розроб	Утверд	Лист	Варт	Лист	Лист	Лист
Розроб	Утверд	Лист	Варт	Лист	Лист	Лист
Розроб	Утверд	Лист	Варт	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист

Карта налагоджень

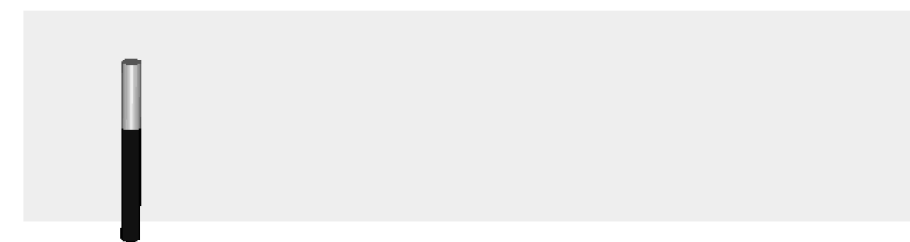
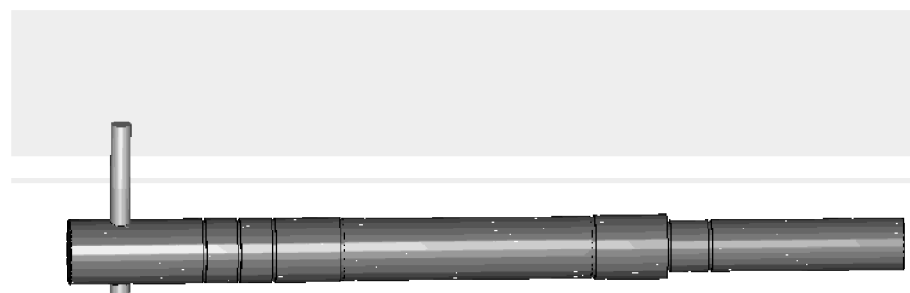
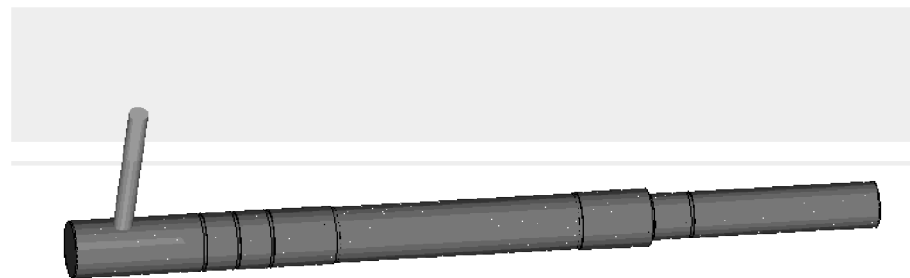
ВНТУ

ст. зр. 101-22н

Виробник А.Т.

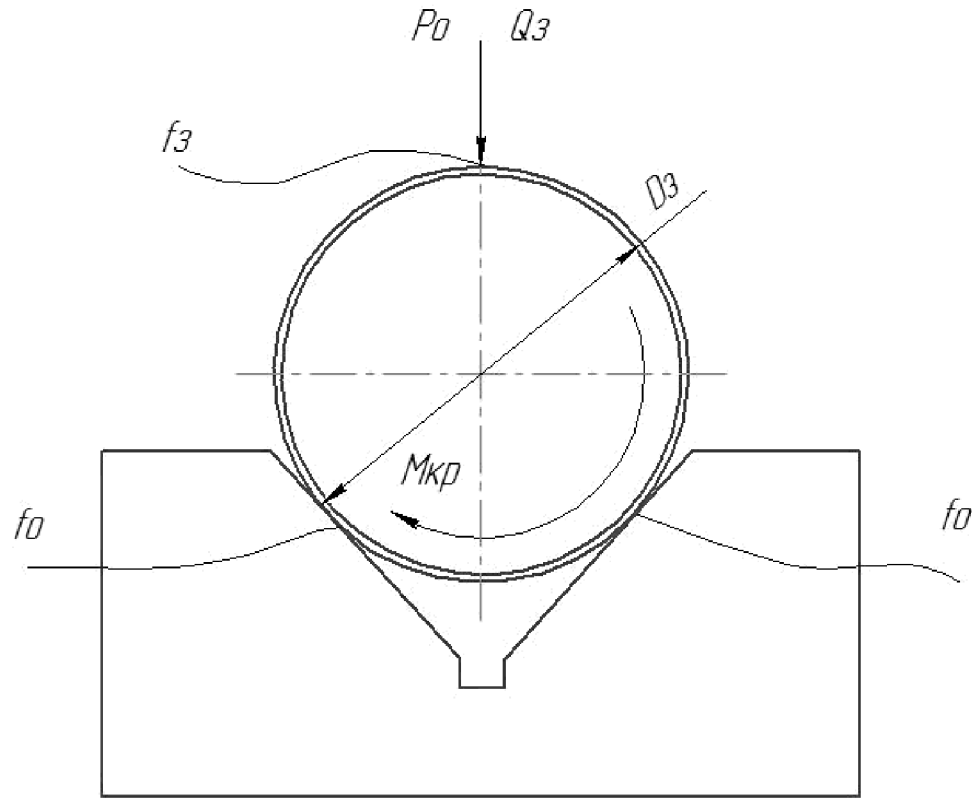


Розробка програми для верстата з ЧПК





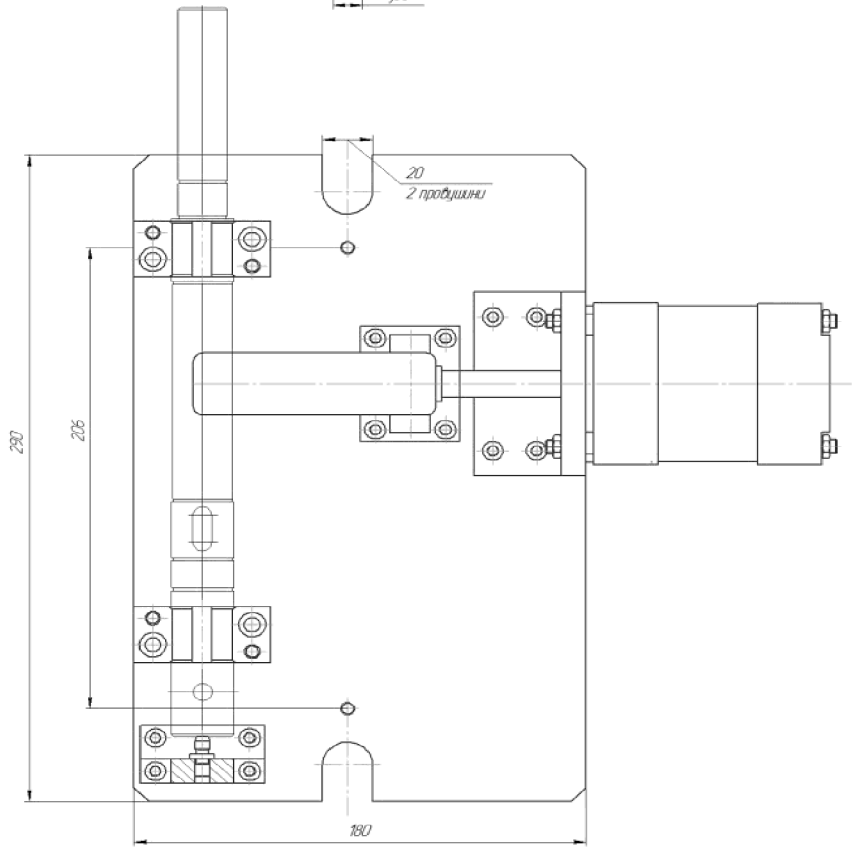
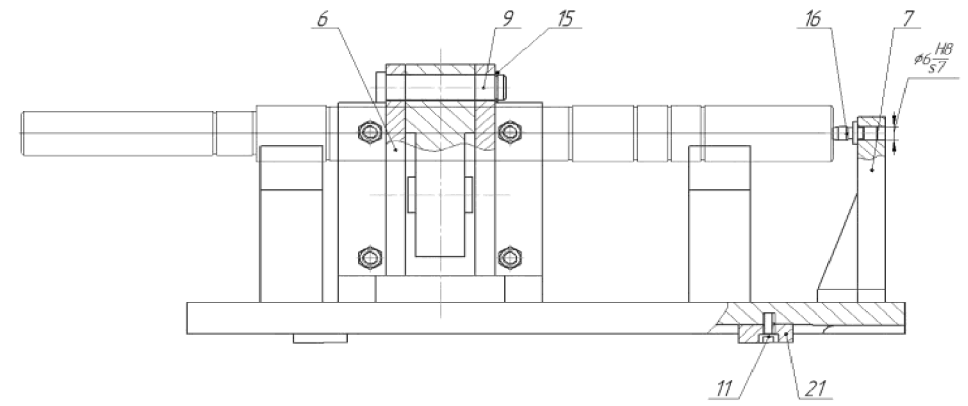
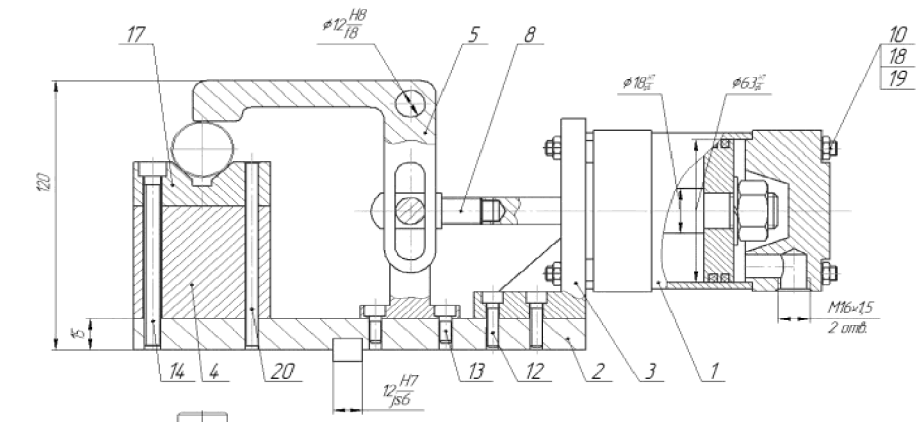
Загальний алгоритм роботи автоматизованого робочого місця



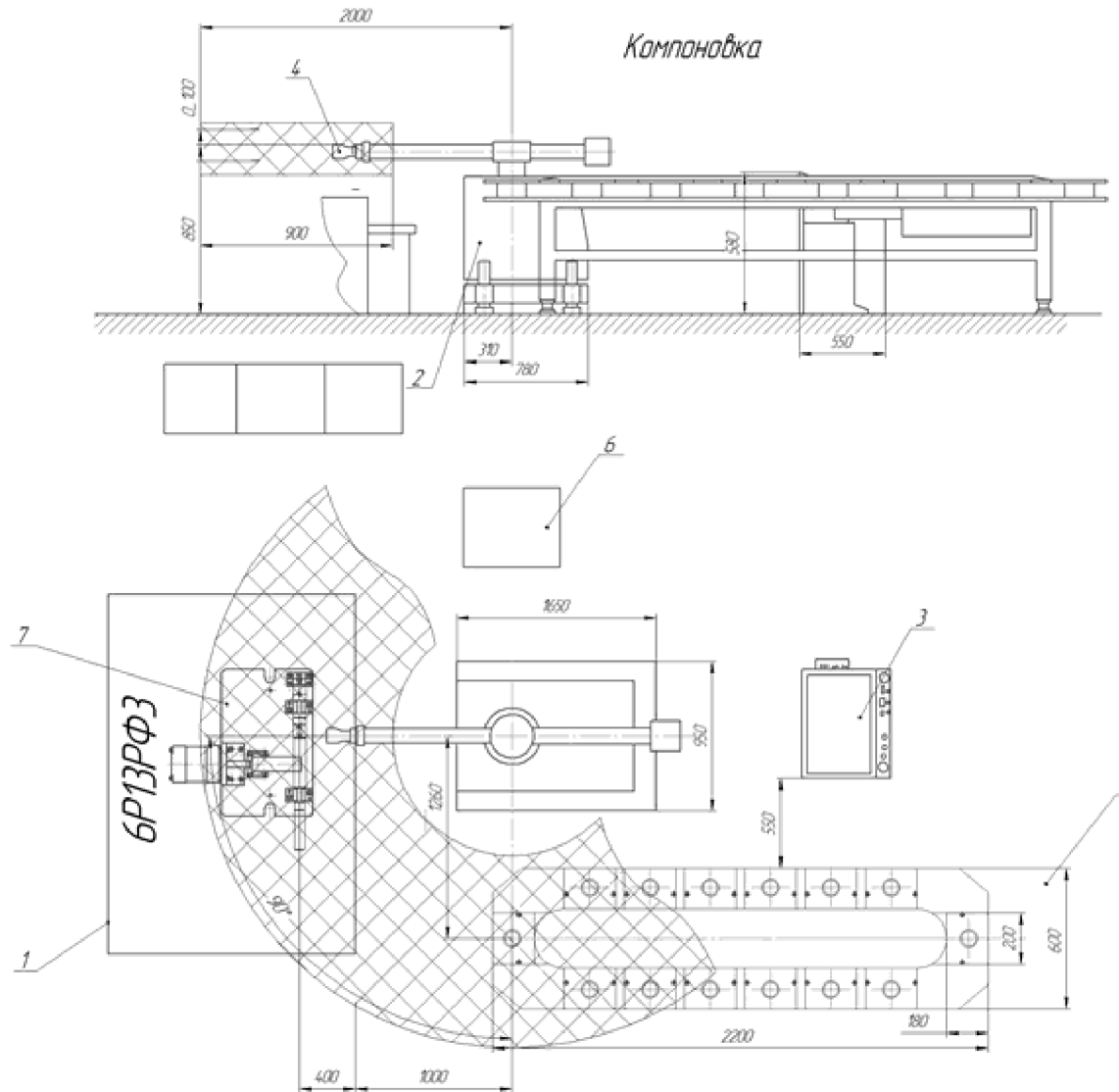
$$Q_3 = \frac{2KM + P_0}{D \left(\frac{f_3 + f_0}{\sin \alpha} \right)}$$

$$Q_3 = \frac{1278 + (2 \cdot 2,5 \cdot 5,1)}{25 \cdot \left(\frac{0,16 + 0,16}{\sin 90/2} \right)} = 163 \text{H}$$

Схема дії сил на заготовку при обробці



Верстатне оснащення (загальний вигляд)



Компоновка

1. Верстат моделі 6Р13РФ3
2. РР моделі РР-4
3. Пристрій керування
4. Захватний пристрій
5. Тактовий стіл СТ 350
6. Місце складання заготовок
7. Верстатне пристосування

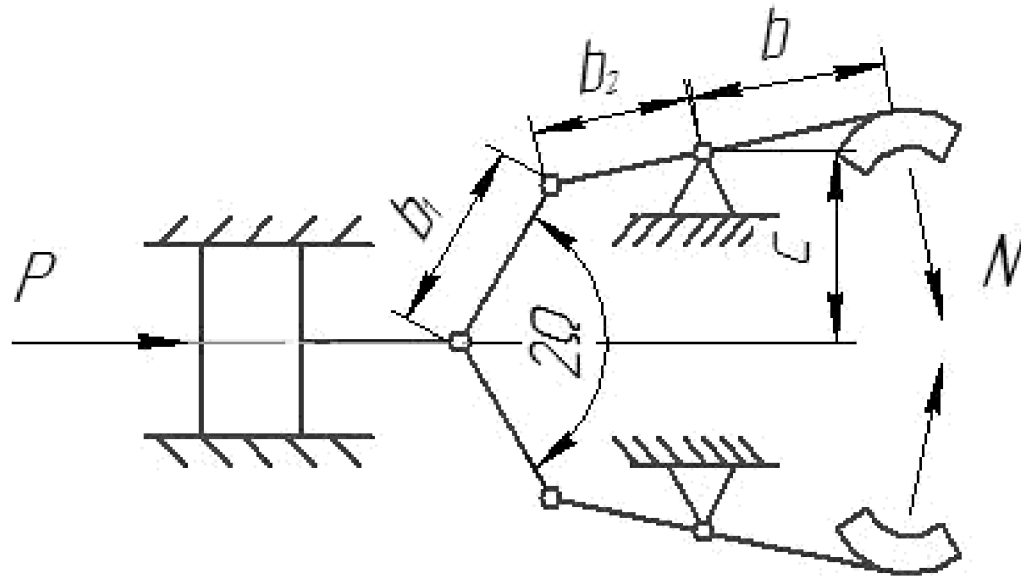
Технічні характеристики РР

- вантажопідйомність - 5 кг,
- число ступенів руховості - 6,
- число рук - 1,
- число захватних пристроїв на одній руці - 1,
- привод основних рухів - пневматичний,
- система керування - іскробезпечна,
- число програмованих координат - 6,
- засіб програмованого переміщення - по удару,
- величина пам'яті системи, число країв - 60,
- точність позиціонування - $\pm 0,1$ мм,
- найбільший діаметр руки - 1400 мм,
- швидкість переміщення, мм/хвилину, м/с:
- $r = 600/1$,
- $z = 100/0,5$,
- кутові переміщення, $^\circ$ /кутова швидкість, $^\circ/с$:
- $\beta = 240/120$,
- $\varphi = 240/30$,
- габаритні розміри, мм - 1050x1650x950,
- вага, кг - 550.

Характеристика робочого місця

- | | |
|---|--------|
| 1 Циклова продуктивність, Q_c | 0,0072 |
| 2 Коефіцієнт відносного завантаження, K_z | 0,4 |
| 3 Режим роботи РР | легкий |

Компоновка АРМ



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

Схема захватного пристрою

швидкість лінійного позиціонування під час вильоту руки промислового робота

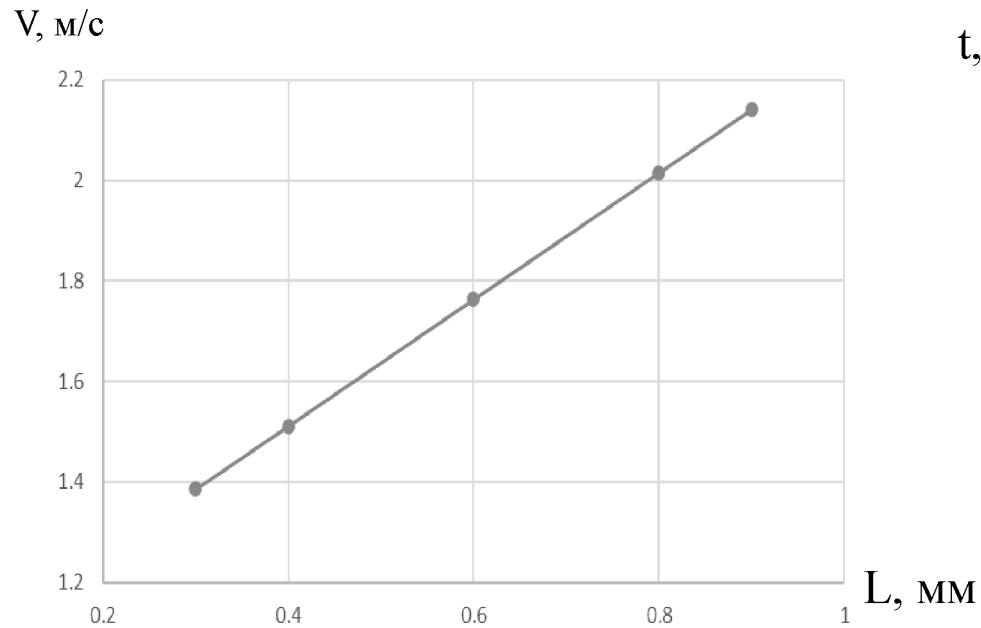
$$V_x = \frac{2 \cdot L_x \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, \quad V_z = \frac{\alpha_z \cdot \sqrt{L_z} \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}},$$

де

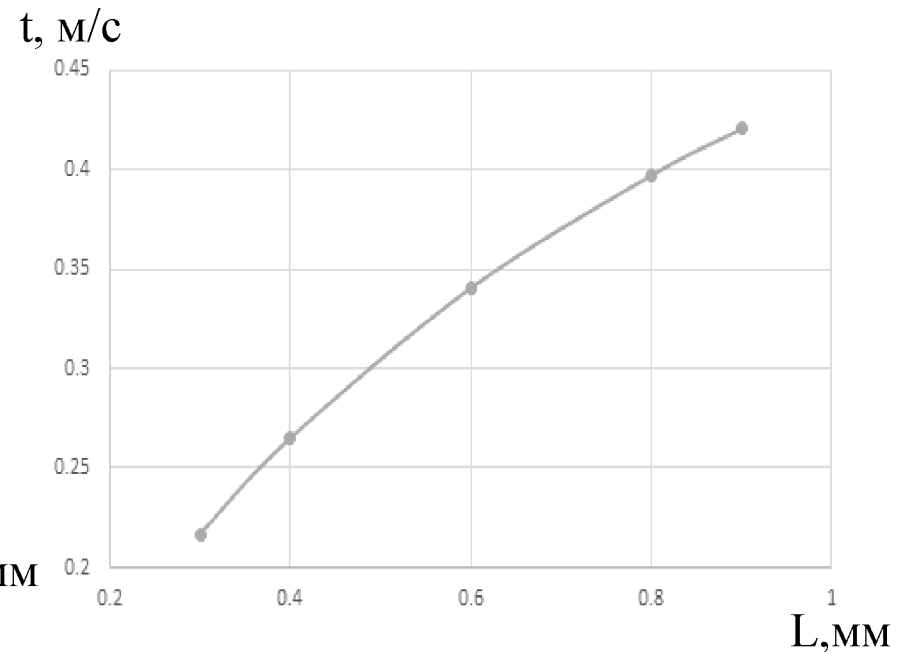
L_x - виліт руки ПР;

Δl - похибка позиціонування;

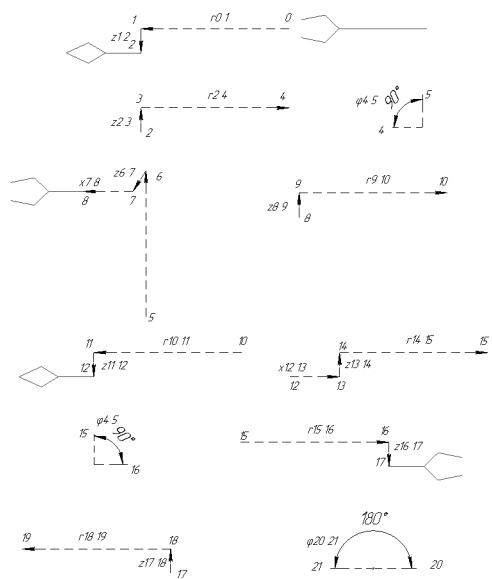
α_z - коефіцієнт залежний від конструкції приводу



Залежність швидкості переміщення по осі X від максимального вильоту



Залежність швидкості переміщення по осі X від максимального вильоту



	Коментар	Величина переміщення, мм(град)	Швидкість переміщення, м/с, °/с	Час, с
Захват заготовки	Переміщення руки ПР вперед	600	1	0,6
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,5	0,2
	Затиск заготовки	-		0,2
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,5	0,2
	Переміщення руки ПР назад	600	1	0,6
Сума				1,8
Установка заготовки на верстат	Поворот руки ПР за год, стрілкою	90°	60°	1,5
	Переміщення руки ПР вперед	600	1	0,6
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,5	0,2
	Переміщення корпусу вліво	100	1	0,1
	Розтиск заготовки			0,2
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,5	0,2
	Переміщення руки ПР назад	600	1	0,6
Сума				3,4
Верстат	Затиск заготовки на верстатному пристосуванні			0,05
	Обробка заготовки			122,28
	Розтискання заготовки на верстатному пристосуванні			0,05
				122,38
Зняття заготовки з верстата	Переміщення руки ПР вперед	600	1	0,6
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,5	0,2
	Затиск заготовки			0,2
	Переміщення корпусу вправо	100	1	0,1
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,5	0,2
	Переміщення руки ПР назад	600	1	0,6
				1,59
Переміщення заготовки до місця складання готових деталей	Поворот руки ПР за год, стрілкою	90°	60°	1,5
	Переміщення руки ПР вперед	600	1	0,6
	Переміщення руки ПР вниз	100	0,5	0,2
	Розтиск заготовки	-		0,2
	Переміщення руки ПР вгору	100	0,5	0,2
	Переміщення руки ПР назад	600	1	0,6
	Поворот руки ПР проти год, стрілки	180°	60°	3
Тактовий стіл	Переміщення на одну позицію			2,5

Алгоритм та циклограма роботи АРМ

ВИСНОВКИ

1. На основі огляду типових засобів автоматизації можна зробити висновок, що застосування промислових роботів для обслуговування технологічного обладнання є поширеним рішенням.
2. Зазвичай для автоматизації робочого місця застосовуються верстати з числовим програмним керуванням.
3. Проаналізовано обладнання та особливості технологічного процесу та раціональність можливості його автоматизації.
4. В якості технологічної операції для впровадження автоматизації обрано фрезерно-свердлильну операцію технологічного процесу.
5. Розроблено алгоритм роботи, який в подальшому буде використано для розробки та розрахунку докладних операцій та дій елементів АРМ та його характеристик.
6. Спроектованого технологічне оснащення для верстату, яке здатне працювати в автоматизованому режимі.
7. На основі конструктивних особливостей обладнання та деталі вибрано промисловий робот для обслуговування технологічного обладнання;
8. Запропоновано принципову схему захватного пристрою та встановлено, що для утримування заготовки під час маніпуляцій потрібно застосувати пневматичний привід та циліндр з мінімальним діаметром поршня.
9. Визначено, що для зменшення часових витрат на виконання операцій маніпулювання більш раціональним є робота з мінімальними вильотами рук маніпулятора.
10. Визначено показники точності роботи автоматизованого робочого місця та встановлено, що сумарна похибка знаходиться в межах допустимих параметрів.
11. Розраховано основні параметри робочого місця, як автоматизованої одиниці на виробництві.
12. 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.
13. 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 4,3 роки.
14. Визначено основні параметри безпечної роботи на розробленому робочому місці.
15. Досліджено стійкість роботи ПЕС засобів автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Вал" в умовах впливу загрозливих факторів надзвичайних ситуацій. З дослідження впливу іонізуючих випромінювань на стійкість роботи ПЕС засобів автоматизації робочого місця технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Вал" можна сказати, що ПЕС виявилася стійкою в роботі.

Додаток Б**ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

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

Тип роботи: МКР
(БДР, МКР)

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

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 89,1% Схожість 10,9%

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 К.І.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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