

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**Автоматизація процесу завантаження заготовок на фрезерний
трикоординатний верстат з ЧПК**

Виконав: студент 2-го курсу, групи 1ГМ-22м
спеціальності 133 – Галузеве
машинобудування

(шифр і назва напрямку підготовки)

Володимир БРОНЗОВ
(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., професор, зав. каф. ГМ

Леонід ПОЛІЩУК
(прізвище та ініціали)

«11» грудня 2023 р.

Опонент: к.т.н., доцент кафедри АТМ

Віталій ОГНЄВИЙ
(прізвище та ініціали)

«11» грудня 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ГМ

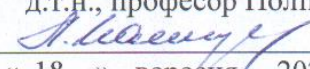
д.т.н., проф. Поліщук Л. К.

(прізвище та ініціали)

«12» грудня 2023 р.

Вінниця ВНТУ - 2023 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра галузевого машинобудування
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 13 Механічна інженерія
Спеціальність – 133 Галузеве машинобудування
Освітньо-професійна програма – Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри ГМ
д.т.н., професор Поліщук Л.К.

« 18 » вересня 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Бронзову Володимиру Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Автоматизація процесу завантаження заготовок на фрезерний трикоординатний верстат з ЧПК», керівник магістерської кваліфікаційної роботи Поліщук Леонід Клавдійович д.т.н., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “18” вересня 2023 р. № 247

2. Строк подання студентом магістерської кваліфікаційної роботи: 12.12.2023.

3. Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: схема трикоординатного верстата з ЧПК; технологія обробки обойми; кількість одночасно оброблювальних деталей, шт – 6; кількість одночасно оброблювальних деталей в групі, шт – 3; розміри обойми: діаметр, мм – 110; висота, мм – 76; 96.

4. Зміст текстової частини: постановка задачі та техніко-економічне обґрунтування теми роботи; аналіз технологічних та завантажувально-розвантажувальних операцій; розробка схеми фрезерного гнучкого виробничого модуля; розрахунково-конструкторський розділ; економічний розділ; розділ охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічної та ілюстративної частини (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

5.1 Аналіз технологічних та завантажувально-розвантажувальних операцій (1 лист ф. А1).

5.2 Обойма підтиска (1 лист ф. А2).

5.3 Схема планування фрезерного гнучкого виробничого модуля (1 лист ф. А1).

5.4 Захоплювальний пристрій для обойми НШ-32 (1 лист ф. А1).

5.5 Промисловий робот (базова модель) (1 листа ф. А1)

5.6 Привідний пневмоциліндр (1 листа ф. А1)

5.7 Механізм повороту руки маніпулятора (аналог) (1 лист ф. – А1).

5.8 Механізм повороту руки маніпулятора (розробка) (1 лист ф. – А1).

5.9 3-D vjltkm vt[fyspve gidjhjne (1 лист ф. – А1).

6. Консультанти розділів магістерської кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завд при
Спеціальна частина	Поліщук Леонід Клавдійович. д.т.н., професор	19.09.2023 <i>Л.К. Поліщук</i>	03.12 <i>Л.К. Поліщук</i>
Економічна частина	Ратушняк Ольга Георгіївна к.т.н., доцент	16.10.2023 <i>О.Г. Ратушняк</i>	04.12 <i>О.Г. Ратушняк</i>
Охорона праці та безпека життєдіяльності	Дембіцька Софія Віталіївна д.п.н., професор, Березюк Олег Володимирович, д.т.н., професор	04.09.2023 <i>С.В. Дембіцька</i> <i>О.В. Березюк</i>	04.12 <i>С.В. Дембіцька</i> <i>О.В. Березюк</i>

7. Дата видачі завдання 15.09.23

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів МКР
1.	Вибір та узгодження теми МКР. Огляд літературних джерел.	04.09.2023- 11.09.2023
2	Аналіз літературних джерел. Попередня розробка основних розділів	12.09.2023-15.09.2023
3.	Затвердження теми. Розробка технічного завдання	18.09.2023-25.09.2023
4.	Техніко-економічне обґрунтування теми роботи. Аналіз вирішення поставленої задачі.	19.09.2023-06.10.2023
5.	Розробка схеми фрезерного гнучкого виробничого модуля;	16.10.2022-06.11.2023
6.	Розрахунково-конструкторський розділ	07.11.2023-08.12.2023
7.	Економічний розділ.	16.10.2023-04.11.2023
8.	Охорона праці і безпека у надзвичайних ситуаціях.	04.09.2023-13.10.2023
9.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини роботи	02.12.2022
10.	Нормоконтроль	11.12.2022
11.	Попередній захист МКР, доопрацювання, рецензування МКР	12.12.2023
12.	Захист МКР ЕК	20.12.2022-21.12.2023

Студент

(підпис)

Бронзов В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Поліщук Л. К.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 62-52

Бронзов В.В. Автоматизація процесу завантаження заготовок на фрезерний трикоординатний верстат з ЧПК. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 133 – галузеве машинобудування, освітня програма - галузеве машинобудування. Вінниця: ВНТУ, 2023. 115 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 32 назв; рис.: 14; табл. 23.

У магістерській кваліфікаційній роботі проаналізовано технологію виготовлення обойми гідравлічного насоса НШ-32 і визначено шляхи підвищення продуктивності обробки на трьохкоординатному фрезерному верстаті з ЧПК шляхом створення ГВМ з ПР для автоматизації процесу завантаження заготовок і розвантаження виробів.

Розроблено схему фрезерного ГВМ для обробки обойми гідравлічного насоса НШ-32 та НШ-50. Запропоновано модернізацію існуючого промисловий робота шляхом розробки нового тримісного захватного пристрою, силового пристрою та механізму повороту кисті руки маніпулятора. Проведено розрахунок та проектування конструкції захоплювального пристрою, який можна використати як змінний робочий орган промислового робота на операціях фрезерної обробки групи деталей з трьох одиниць. Проведено проектування передавального механізму з хвильовою передачею для механізму повороту кисті руки маніпулятора та силового циліндра.

У розділі охорони праці визначені відповідні заходи та з безпеки в надзвичайних ситуаціях для робочого місця дослідника.

Графічна частина складається з 10 плакатів та складальних і робочих креслень із отриманими результатами досліджень та проектування.

Ключові слова: гнучкий виробничий модуль, фрезерний верстат з ЧПК, промисловий робот, захоплювальний пристрій, пневмоциліндр, механізм повороту

ABSTRACT

Bronzov V.V. Automation of the process of loading blanks onto a three-coordinate milling machine with CNC. Master's qualification work on specialty 133 - industrial mechanical engineering, educational program - industrial mechanicalengineering. Vinnytsia: VNTU, 2023. 115 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 32 titles; Fig.: 14; table 23.

In the master's qualification thesis, the manufacturing technology of the NSH-32 hydraulic pump bracket was analyzed and the ways of increasing the productivity of processing on a three-coordinate milling machine with CNC by creating a GVM with PR for automating the process of loading blanks and unloading products were determined.

The scheme of milling machine tool for processing the clamp of hydraulic pump NSh-32 and NSh-50 has been developed. It is proposed to modernize the existing industrial robot by developing a new three-seat gripping device, a power device and a mechanism for turning the hand of the manipulator.

The calculation and design of the design of the gripping device, which can be used as a variable working body of an industrial robot during milling operations of a group of parts from three units, has been carried out. The design of the transmission mechanism with wave transmission for the rotation mechanism of the hand of the manipulator and the power cylinder was carried out.

The section on labor protection defines appropriate measures and safety in emergency situations for the researcher's workplace.

The graphic part consists of 10 posters and assembly and working drawings with the obtained research and design results.

Keywords: flexible production module, CNC milling machine, industrial robot, gripping device, pneumatic cylinder, turning mechanism

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ РОБОТИ	12
1.1 Суть технічної проблеми	12
1.2 Базовий варіант для модернізації	13
1.3 Класифікація захватних пристроїв промислових робіт	13
1.4 Шляхи досягнення поставленої задачі.....	16
1.5 Технічні вимоги, що висуваються до об'єкту проектування	16
1.6 Прогноз величини попиту.....	17
1.7 Цінова політика.....	18
1.8 Визначення конкурентоспроможності.....	19
1.9 Розрахунки, які підтверджують економічну доцільність нової розробки..	20
1.10 Техніко-економічне обґрунтування вибору оптимального варіанта рішення основної задачі роботи – автоматизація виробничого процесу.....	23
2 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ЗАВАНТАЖУВАЛЬНО- РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ	25
2.1 Аналіз технології виготовлення обойми	25
2.2 Висновок до розділу 2.....	28
3 РОЗРОБКА СХЕМИ ФРЕЗЕРНОГО ГВМ ДЛЯ ОБРОБКИ ОБОЙМИ.....	29
3.1 Компонування схеми ГВМ	29
3.2 Висновки до розділу 3.....	31
4 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	32
4.1 Обґрунтування вибору конструктивної схеми захоплювального пристрою.....	32
4.2 Вибір базової конструкції захоплювальних пристроїв	36
4.3 Розрахунок розробленої конструкції захоплювального пристрою	39
4.4 Конструювання пневмоприводного циліндра захватного пристрою.....	44

4.5 Кінематичний розрахунок механізму повороту кисті руки маніпулятора.....	47
4.6 Розрахунок передачі	50
4.7 Розрахунок і конструювання основних складових механізму повороту..	74
4.8 Висновки до розділу 4.....	78
5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	79
5.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки	79
5.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи	85
5.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки	93
5.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності..	94
5.5 Висновки до економічного розділу	97
6 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	98
6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи	98
6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	101
6.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи РЕС ЧПК в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	106
6.4 Висновки до розділу 6.....	109
ВИСНОВКИ.....	110
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	112
Додаток А (обов'язковий). Технічне завдання.....	116
Додаток Б (обов'язковий). Графічна частина.....	121
Додаток В(обов'язковий). Специфікації	128
Додаток Г(обов'язковий). Ілюстративна частина.....	137
Додаток Д(обов'язковий). Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	141

ВСТУП

Машинобудування є провідною галуззю сучасної техніки і народного господарства України в цілому. Як би не називали наш технічний вік - віком космосу, електроніки та віком атому - основою технічного прогресу були і залишаються машини.

Сучасні машини відіграють важливу роль у створенні матеріально-технічної бази, підвищенні економічного і культурного рівня України.

Щоб вийти на більш вищий рівень економічного розвитку необхідно підвищувати ефективність виробництва, тобто впроваджувати в промисловість автоматичні лінії, гнучкі виробничі системи та комплекси машин, які використовуються в них, зокрема машини автоматичної дії, такі як промислові роботи (ПР) та маніпулятори.

В середині ХХ ст. виник і сформувався новий науково-технічний напрям – робототехніка. Предметом робототехніки є дослідження і конструювання роботів та створення на їх основі автоматизованих виробництв. Промислові роботи – це універсальний засіб комплексної автоматизації виробничих процесів, за допомогою яких забезпечується швидке переналагодження послідовності, швидкості та видів маніпуляційних дій [1]. Тому застосування промислових роботів є найбільш ефективним в умовах частотої заміни об'єктів виробництва, а також для автоматизації ручної низько кваліфікованої і монотонної праці.

Важливим елементом робота є захватний пристрій (ЗП), який значною мірою визначає функціональні можливості промислового робота. До нього висуваються ряд вимог, які необхідно враховувати під час проектування. Такими є надійне утримання об'єкту маніпулювання під час початку та завершення його переміщення, забезпечення непошкодженості його поверхні, врахування умов перебігу технологічного процесу, особливості технологічного оснащення. Зазвичай робочі органи, якими є ЗП, виконуються швидкоз'ємними з метою швидкого переналагодження робота на виконання

інших технологічних операцій. Крім того, для розширення функціональних можливостей робота необхідно, щоб робочі органи могли виконувати різні технологічні операції, що дозволить робот із засобу автоматизації перетворити в основну технологічну одиницю.

ТОВ «Вінницький агрегатний завод» спеціалізується на виробництві шестеренних насосів (НШ), гідроциліндрів і рукавів високого тиску (РВД). В технологічному циклі виготовлення обойми для шестеренних насосів НШ-32 та НШ-50 використовуються фрезерні верстати з ЧПК. Але всі допоміжні операції виконуються вручну. Для створення на базі фрезерного верстата з ЧПК гнучкого виробничого модуля необхідно автоматизувати всі допоміжні операції виготовлення обойми. Тому автоматизація процесу завантаження заготовок на фрезерний трикоординатний верстат з ЧПК є актуальною задачею

Мета роботи – підвищення економічності та ефективності обробки комплектуючої деталі шестеренного насоса за рахунок автоматизації процесу завантаження та розвантаження заготовок і оброблених виробів на фрезерному трикоординатному верстаті з ЧПК.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- виконати техніко-економічне обґрунтування доцільності виконання МКР згідно із заданою темою;
- провести аналіз існуючої технології обробки обойми для шестеренних насосів НШ-32 та НШ-50 і запропонувати розроблений ГВМ для автоматизації процесу завантаження та розвантаження заготовок і оброблених виробів на фрезерному трикоординатному верстаті з ЧПК;
- запропонувати обґрунтовані рішення щодо удосконалення конструкції промислового робота для виконання допоміжних технологічних операцій на трикоординатному верстаті з ЧПК;

- виконати проектні розрахунки елементів маніпуляційної системи промислового робота захоплювального пристрою, силового гідроциліндра, поворотного механізму;
- виконати розрахунки економічних витрат на розробку та термін окупності нового обладнання;
- виконати необхідні розрахунки з охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Об'єкт дослідження – технологічні процеси обробки обойми для шестеренних насосів.

Предмет дослідження – елементи маніпуляційної системи промислового робота.

Методи дослідження:

- технологічний аналіз процесу обробки заготовки, порівняльний аналіз економічних, конструктивних та технологічних показників існуючих конструкцій складових маніпуляційної системи;

Новизна отриманих результатів та їх значення:

- розроблено ГВМ фрезерної обробки обойми для шестеренних насосів НШ-32 та НШ-50;
- запропоновано удосконалення маніпуляційної системи промислового робота за рахунок розроблених захоплювального пристрою, силового гідроциліндра та поворотного пристрою з компактним передавальним механізмом;

Особистий внесок автора – розробив схему ГВМ фрезерної обробки обойми для шестеренних насосів НШ-32 та НШ-50; виконав проектні та перевіірочні розрахунки захоплювального пристрою, силового гідроциліндра та поворотного пристрою з компактним передавальним механізмом.

Публікації – тези доповіді «Визначення механічних властивостей у біотехнічних системах на основі оптичних сенсорів» в збірнику тез Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів,

аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (2021 р.) та «Автоматизація процесу завантаження заготовок на фрезерний трикоординатний верстат з ЧПК» опубліковано в збірнику тез Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (2023 р.)

1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ РОБОТИ

Техніко-економічне обґрунтування теми роботи виконуємо за рекомендаціями [1].

1.1 Суть технічної проблеми

Роботизація виробничих процесів засобами автоматизації виробництва заснована на застосуванні промислових роботів (ПР). Роботизація є подальшим розвитком процесу автоматизації, оскільки застосування її дозволяє автоматизувати ті виробничі процеси або їхні частини, автоматизація яких найпростішими засобами недоцільна. Метою роботизації виробничих процесів є підвищення техніко-економічних показників роботи підприємства і поліпшення умов праці.

При створенні роботизованих технологічних комплексів і виборі номенклатур використовуваних захоплювальних пристроїв необхідні технологічний аналіз конструкцій виробів та їх групування за конструктивно-технологічними ознаками. Різноманітність форм і розмірів, об'єктів захоплювання, вимог до їх захоплювання та подальшого утримання призводить до необхідності використання великої кількості захоплювальних пристроїв. При серійному виробництві промислових роботів практично неможливо врахувати всі вимоги, поставлені до захоплювачів. Часто виникає ситуація, коли на виробництві для одного промислового робота використовують різноманітні типи захоплювальних пристроїв.

Застосування промислових роботів для виконання різних типів робіт буде ефективним у тому випадку, якщо він буде задіяним впродовж всіх робочих змін впродовж заданного терміну випуску продукції на підприємстві. Використання промислового робота необхідно, щоб він був наділений можливістю швидкого переналадження на випуск нової продукції.

Розроблено захватний пристрій та кисть руки робота, що дало змогу використати його в гнучкому виробничому модулі на операції механічної обробки фрезерного верстата з ЧПК.

1.2 Базовий варіант для модернізації

На «Вінницькому агрегатному заводі» «ТОВ ВАЗ» для завантаження і розвантаження заготовок використовуються ручні операції оператором верстата. Так як попит на продукцію являється високим а швидкість і ефективність операції завантаження і розвантаження є низькою, то кількість даної продукції є меншою ніж цього потрібно. Для збільшення продуктивності праці процес заміни деталей пропонуємо модернізувати за рахунок ГВМ.

1.3 Класифікація захватних пристроїв промислових роботів

Класифікація захватних пристроїв промислових роботів проводиться за багатьма ознаками. Зупинимось на деяких з них. За принципом дії поділяють захватні пристрої на:

- механічні
- магнітні
- вакуумні
- з еластичними камерами

Захватні пристрої всіх чотирьох груп можуть бути одно- , двома і багатозахопленими. За характером кріплення розрізняє захватні пристрої незмінні, змінний, швидкозмінний, з автоматичною зміною. .

По виду управління захватних пристроїв ділить на некерований , командний, жорстко програмований , адаптивний До некерованого відноситься, наприклад, захватні пристрої з постійними магнітами:.

Щоб звільнити заготовку з захватного пристрою, потрібно прикласти

силу, більшу ніж сила утримання Командні захватні пристрої отримують команди тільки на захоплення або відпускання об'єкта. Жорстко програмовані захватні пристрої управляється пристроєм ПУ, що визначає залежно від програми величини переміщення губок, сила затиску, взаємне розташування робочих елементів і т. д. Адаптивні захватні пристрої також керуються пристроєм ПУ і оснащуються датчиками, що дають інформацію про об'єкт на зовнішньому середовищі, наприклад, про форму поверхні об'єкта маніпулювання або про зусилля, що виникає в місці захоплення, і т. д. Елементи адаптації передбачені, наприклад, в захватном пристрої робота УМ160Ф281.01 застосовують «антропоморфні» захватні пристрої, що імітують кисть руки людини. наприклад, трипалним пристрій такого типу завдяки згинанню «фаланг пальців» може забезпечити 11 ступенів рухливості. Кожна ланка управляється окремо і приводиться в рух електродвигунами постійного струму. Такі пристрої можуть захоплювати і базувати деталі різних розмірів і форми.

Каркасний захватний пристрій із змінним механізмом захоплення

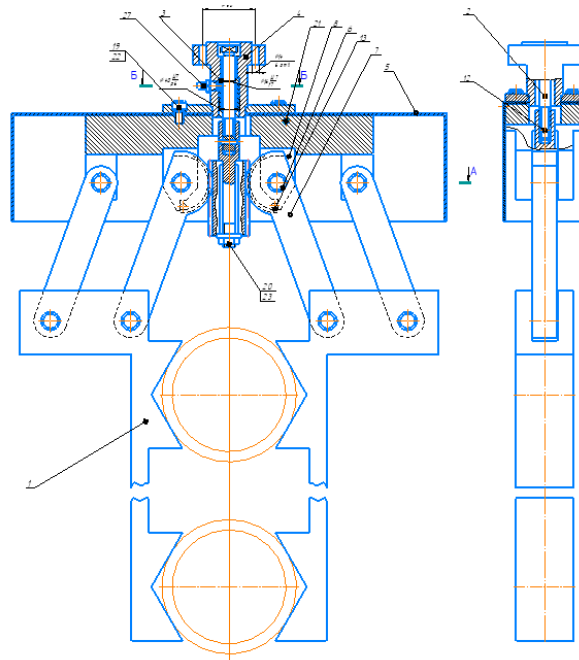


Рисунок 1.1– Жорсткий захватний пристрій для захоплення циліндричних елементів

Каркасний захватний пристрій із змінним механізмом захоплення Вбудований шаблон отворів МАХ дозволяє використовувати різні варіанти монтажу, а широкий діапазон допоможе вам підібрати великі предмети. Вигнуті трубки і плоскі поверхні забезпечують більш універсальну поверхню захоплення, яка може легко розмістити як круглі предмети, так і плоскі об'єкти (рис.1). Знімні напрямні рейки збільшують міцність і універсальність.

За допомогою закріплюючих елементів можна додати жорсткості ЗП, використовуючи болтовий гвинт і гайку. Знімальні щелепи відкриті до 63 мм для збору предметів. Поставляється з необхідним обладнанням і гвинтами. Потрібен монтаж і стандартний сервопривод, продаються окремо Перевагою конструкції є те, що захоплюючий пристрій виконаний з пластику, який суттєво полегшує ЗП, а також знижує вартість. Даний ЗП використовується більш жорстких об'єктів, прямої або округлої форми.

Так як на верстаті можна обробляти заготовки 3+3, тобто перша партія з 3 заготовок на яких обробляється одна сторона, далі цих 3 заготовки перевертаються на 180 градусів і обробляється інша протилежна сторона. А на місце першої партії завантажуються нові заготовки для подальшого їх опрацювання.

Таким чином за допомогою такого ЗП ми можемо одночасно завантажувати 3 заготовки відповідно до можливостей обробки на верстаті.

Таблиця 1.1 - Технічні показники аналогу і нового виробу

Показники (параметри)	Одиниці вимірювання	Нова розробка	Аналог	Відношення параметрів нової розробки до параметрів аналога	Питома вага
Вантажопідйомність	кг	1,8	1,8	1	0.1
Час завантаження	хв	1	4	4	1
Час розвантаження	хв	1	3	3	1

продовження таблиці 1.1

Кількість допоміжного обладнання	шт	2	5	2.5	0.4
Привод	-	2	0	2	0,4

1.4 Шляхи досягнення поставленої задачі

Основна задача, яка вирішується при розробці ГВМ, є розширення функціональних можливостей виробничого процесу шляхом заміни працівника роботом та створення гнучких допоміжних і транспортних підсистем, виконання підіймально-транспортних і завантажувально-розвантажувальних операцій.

Поставлена задача розширення функціональних можливостей робота досягається за рахунок використання змінних робочих органів агрегатно-модульного виконання, оснащених поворотною кистю, що можуть затискати деталі різної форми і за допомогою маніпулятора завантажувати і розвантажувати їх із робочої зони металорізального верстата.

1.5 Технічні вимоги, що висуваються до об'єкту проектування

- Захватні пристрої повинні відповідати вимогам згідно ГОСТ 12.2.072-82 ССБТ.
- Встановлене безвідмовне напрацювання на добу - 16 годин;
- Встановлене безвідмовне напрацювання - 20000 годин;
- Встановлений строк служби до першого капітального ремонту -12 років;
- Коефіцієнт технічного використання – не менше 0,85;
- Механізми робота повинні бути захищені від потрапляння до них оператора та робітників під час роботи;

- Органи керування та пульт керування робота повинні бути зручно розташовані і легко вмикатися, та інформувати про стан робота.

1.6 Прогноз величини попиту

Впровадження нової розробки надасть можливість підвищення ефективності виробничого процесу шляхом розширення його функціональних можливостей за рахунок використання промислового робота.

Прийmemo за основу, що середня кількість таких споживачів близько 10000.

Потреба складає приблизно 50%. Зробимо прогноз програми випуску виробів:

$$(10000) \cdot 50 = 5000 \text{ (шт.)}$$

Середній термін строку служби складає в середньому 6-8 років. Отже, щорічна потреба може становити:

$$5000 / (6-8) = 833 \dots 625 \text{ (шт.)}$$

Цю величину прийmemo за оптимістичний прогноз ємності ринку у країні.

Для визначення песимістичного прогнозу необхідно врахувати, що не всі споживачі мають необхідність в придбанні нових приладів, з чого випливає, що кількість виробів, що можуть бути придбані, складе 40% від загальної кількості.

Тоді песимістичний прогноз обсягу ринку становить:

$$(833 \dots 625) \cdot 0,4 = 333 \dots 250 \text{ (шт.)}$$

Реалістичний прогноз може бути визначено як середнє арифметичне оптимістичного та песимістичного прогнозів:

$$((833 \dots 625) + (333 \dots 250)) / 2 = 583 \dots 438 \text{ (шт.)}$$

Будемо вважати, що величина цільового ринку складе 25%, тобто :

$$\text{ЦР} = (583 \dots 438) \cdot 0,25 = 146 \dots 110 \text{ (шт.)}$$

Отже, за перший рік просування товару на ринок, планується продати приблизно 125 пристроїв.

1.7 Цінова політика

Ціноутворення — це процес встановлення ціни на конкретний товар.

Ціна на продукцію підприємства значною мірою визначається зовнішніми чинниками, серед яких вплив конкуренції, учасників каналів товаропросування (постачальників, посередників), політики держави. Після врахування зовнішніх чинників підприємство починає формувати вихідну ціну. Вихідну ціну встановлюють у кілька етапів.

Перший етап. Визначення мети ціноутворення.

Підхід до ціноутворення визначається залежно від мети, яку ставить перед собою підприємство:

- намагання вижити змушує підприємство встановлювати низькі ціни, оскільки для нього важливіше вижити, ніж отримати прибуток; підприємство здійснює комерційну діяльність доти, поки зниження ціни покриває виробничі витрати;
- максимізація поточного прибутку; в цьому разі поточні результати важливіші, ніж довготермінові;
- захоплення більшого сегменту ринку; для цього підприємство максимально знижує ціни;
- завоювання лідерства на ринку за показниками якості; для досягнення цієї мети продукція підприємства має бути вищої якості з усіх товарів, що пропонує ринок, і це потребує встановлення високої ціни.

Другий етап. Визначення попиту на товар.

Для більшості товарів зниження ціни сприяє підвищенню попиту. Вихідна ціна орієнтується на попит покупця і підтримується на максимальному рівні.

Третій етап. Оцінка витрат виробництва.

Як відомо, витрати поділяються на постійні й змінні за обсягом виробництва. Орієнтація вихідної ціни на витрати виробництва визначає її мінімальний рівень.

Четвертий етап. Аналіз цін і товарів конкурентів.

Інформацію про ціну конкурента можна отримати шляхом здійснення порівняльного придбання товару, одержання доступу до преїскурантів цін, опитування покупців тощо.

П'ятий етап. Вибір методу ціноутворення.

У конкурентних структурах ринку використовують специфічні методи встановлення ціни, до яких належать ціноутворення на рівні поточних цін, ціноутворення з урахуванням конкурентоспроможності товару, ціноутворення у процесі торгів.

Використовуючи метод устанавлення ціни на рівні поточних цін, підприємство встановлює такі самі ціни, як у конкурентів, нижчі або вищі, ніж у конкурентів. Важливо, щоб ціна відображала відчутні переваги товару підприємства у порівнянні з пропозицією конкурентів.

Ринкова ціна аналогу становить приблизно 2500 грн. Тому, буде доцільно встановити ціну на нову розробку нижчою за ціну аналога.

Але в будь-якому разі, тільки вихід продукції на ринок відкоригує і встановить конкретну ціну на товар.

1.8 Визначення конкурентоспроможності

Конкурентами на ринку є схожий захватний пристрій паралелограмного типу.

Оскільки нова розробка порівняно з аналогами має ряд суттєвих переваг, вона буде конкурентоспроможним товаром на ринку.

Визначимо послуги, які можуть покращити просування товару:

надійність поставок, можливість отримання технічної консультації, гарантійне та післягарантійне обслуговування, гарантія заміни товару, наприклад, у разі якоїсь несправності, можливість розробки товару по індивідуальному зразку, наявність обладнання для випробувань тощо. Також необхідно постійно слідкувати за тим, наскільки рівень власних послуг і послуг конкурентів відповідає бажанням та сподіванням замовників. З цією метою можна регулярно проводити опитування, відкрити контактну телефонну лінію.

Реалізацію продукції планується здійснювати без посередників, оскільки це додаткові витрати. Важливим аспектом у просуванні товару на ринок звісно є якісна та продумана реклама. Проведення маркетингової стратегії повинно бути скоординовано і направлено на забезпечення максимального задоволення споживача.

1.9 Розрахунки, які підтверджують економічну доцільність нової розробки

Розрахуємо капітальні вкладення та експлуатаційні витрати спрощеними способами. Собівартість розробки розрахуємо методом питомої ваги. Цей метод застосовується тоді, коли є можливість розрахувати одну з прямих витрат і встановити питому вагу даної статті в собівартості аналога.

Собівартість одиниці нової продукції можна спрогнозувати за формулою:

$$S = \frac{B_n \cdot K_n \cdot 100\%}{P\%}, \quad (1.1)$$

де B_n – величина певної статті прямих витрат для нової розробки. За основу оберемо витрати на комплектуючі. Для нової розробки витрати на комплектуючі складають $B_2 = 1233,54$ грн.

P – питома вага витрат на комплектуючі в собівартості аналога, яка складає: $P = 80\%$;

K_H – коефіцієнт, який враховує конструктивні та технологічні особливості нової розробки, $K_H=1$.

Розрахуємо собівартість:

$$S_2 = \frac{1233,54 \cdot 1 \cdot 100}{80} = 1541,92 \text{ (грн.)},$$

Розрахуємо величину капітальних вкладень:

$$K = B \cdot A \cdot S, \text{ [грн.]} \quad (1.2)$$

де B – коефіцієнт, який враховує витрати на розробку, придбання транспортування, монтаж, налагодження.

A – коефіцієнт, який враховує прогнозований прибуток та податки, які повинен сплачувати виробник, $A=1,56$.

S – собівартість. Для аналога $S_1 = 0$ грн., для нової розробки $S_2 = 1541,92$ грн.

K_1, K_2 – величини капітальних вкладень для аналога та нової розробки, відповідно.

$$K_1 = 2 \cdot 1,56 \cdot 0 = 0 \text{ (грн.)},$$

$$K_2 = 2 \cdot 1,56 \cdot 1541,92 = 4810,8 \text{ (грн.)}.$$

Величину експлуатаційних витрат для аналога та нової розробки можна розрахувати за формулою:

$$E = k \cdot A \cdot S \cdot \beta, \text{ [грн.]} \quad (1.3)$$

де k – коефіцієнт, який враховує витрати на амортизацію,

електроенергію, обслуговування, ремонт, $k = 0,8$.

A - коефіцієнт, який враховує прогнозований прибуток, податки, які повинен виплачувати виробник тощо; $A \approx 1,56$;

β - доля часу, який витрачає працівник на обслуговування нової технічної розробки в загальному часі своєї роботи.

$$E_1 = 0.7 \cdot 1.56 \cdot 0 \cdot 0.19 = 0 \text{ (грн./рік)},$$

$$E_2 = 0,7 \cdot 1,56 \cdot 1541,92 \cdot 0,19 = 319,9 \text{ (грн./рік)}.$$

Виходячи із вище наведених розрахунків економічної доцільності зробимо порівняльний аналіз. Дані зведені до таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Порівняльний аналіз нового приладу і аналога

Показники	Аналог	Нова розробка
Капітальні вкладення, грн	0	4810,8
Експлуатаційні витрати, грн./ рік	0	319,9

Як видно з розрахунків $K_1 > K_2$, $E_1 > E_2$, тобто спостерігається абсолютний ефект на капітальних вкладеннях і на експлуатаційних витратах:

$$K_{\text{еф}} = 0 - 4810,8 = -4810,8 \text{ (грн.)}$$

$$E_{\text{еф}} = 0 - 319,9 = -319,9 \text{ (грн./рік)}.$$

На підставі викладеного можна стверджувати, що нова розробка не тільки забезпечує кращу якість (точність) і високу надійність з технічної точки зору, а не є економічнішою в порівнянні з аналогом і тому її розробка та впровадження є актуальною та доцільною, так як основна задача стоїть в тому, щоб впровадити систему автоматизованого завантаження і розвантаження верстата.

1.10 Техніко-економічне обґрунтування вибору оптимального варіанта рішення основної задачі роботи – автоматизація виробничого процесу

Задачею даного дипломного проекту є завантаження і розвантаження фрезерного верстату з ЧПК роботом маніпулятором.

Необхідно, щоб розробка була простою в користуванні.

Рішенням даної проблеми є використання захватного пристрою каркасного типу.

Для забезпечення оптимального співвідношення капітальних та експлуатаційних витрат, розрахуємо величину капітальних вкладень. Для цього розрахуємо собівартість спрощеним способом.

Собівартість одиниці нової продукції можна розрахувати за формулою:

$$S = \frac{V_n \cdot K_n \cdot 100\%}{\Pi\%}, \text{ [грн.]} \quad (1.4)$$

де V_n – величина певної статті прямих витрат для нової розробки. За основу оберемо витрати на комплектуючі. $V_{п1}=1233,54$ грн.

Π – питома вага витрат на комплектуючі в собівартості розробки;

K_n – коефіцієнт, який враховує конструктивні та технологічні особливості нової розробки, $K_n=1$.

Розрахуємо собівартість для першого та другого варіанта рішення поставленої задачі:

$$S_1 = \frac{1233,54 \cdot 1 \cdot 100}{80} = 1541,92 \text{ (грн.)}$$

Розрахуємо величину капітальних вкладень:

$$K = B \cdot A \cdot S, \text{ [грн.]} \quad (1.5)$$

де B – коефіцієнт, який враховує витрати на розробку, придбання транспортування, монтаж, налагодження.

A – коефіцієнт, який враховує прогнозований прибуток та податки, які повинен сплачувати виробник, $A = 1,56$

S – собівартість. Для нашого варіанту $S = 1541,92$ грн.

Розрахуємо величину капітальних вкладень для кожного з варіантів.

$$K_1 = 2 \cdot 1,56 \cdot 1541,92 = 4810,8 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 1.3 – Витрати на рішення поставленої задачі

Показники	Наш варіант
Капітальні вкладення, грн..	4810,8
Експлуатаційні витрати, грн./ рік	319,9

Величину експлуатаційних витрат розраховуємо за формулою:

$$E = k \cdot A \cdot S \cdot \beta, \text{ (грн.)} \quad (1.6)$$

де k – коефіцієнт, який враховує витрати на амортизацію, електроенергію, обслуговування, ремонт.

A - коефіцієнт, який враховує прогнозований прибуток, податки, які повинен виплачувати виробник тощо; $A \approx 1,56$;

β - доля часу, який витрачає працівник на обслуговування нової технічної розробки в загальному часі своєї роботи.

$$E_1 = 0,7 \cdot 1,56 \cdot 1541,92 \cdot 0,19 = 319,9 \text{ (грн./рік)},$$

2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ЗАВАНТАЖУВАЛЬНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ

2.1 Аналіз технології виготовлення обойми

ТОВ «Вінницький агрегатний завод» спеціалізується на випуску шестеренних гідравлічних насосів НШ-32 та НШ-50, силових гідроциліндрів та трубопроводів. На рис. 2.1 зображено основні перерізи насоса НШ-32, одним із складових елементів якого є обойма (позиція 2), від точності виготовлення якої залежить якісна робота насоса

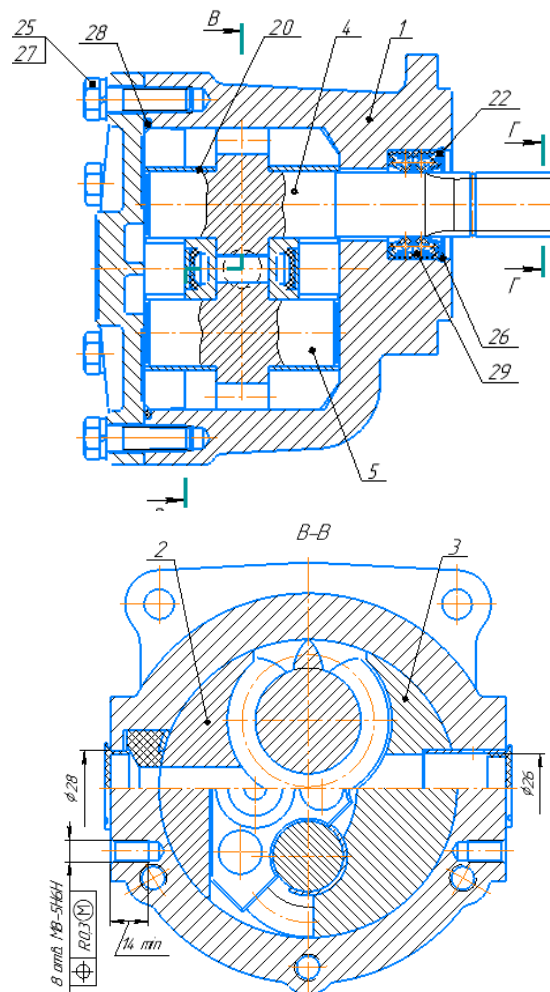


Рисунок 2.1 – Складальне креслення насоса НШ-32

Тому виготовлення цієї обойми здійснюється на верстатах з ЧПК в технологічній послідовності.

На першому етапі відбувається первинна обробка обойми на трикоординатному верстаті з ЧПК, яка пов'язана з фрезеруванням торцевих поверхонь з обох сторін обойми. Наявність великої кількості ручних допоміжних операцій призводить до не ефективного використання верстата з ЧПК.

Так операція по установці і перестановці деталей на спеціалізованому пристосуванні виконуються вручну оператором, що збільшує тривалість циклу в кілька разів по відношенню до самої обробки. Це призводить до значних затрат часу в цілому на цій операції. Послідовність допоміжних операцій полягає в ручному завантаженні першої групи деталей у кількості трьох одиниць. Після цього їх фіксують на спеціальному пристосуванні для подальшої обробки. Після обробки торців трьох заготовок їх знову вивільняють із закріплення, вручну здійснюють поворот на 180 градусів і переміщують в другу позицію обробки на цьому пристосуванні. Після закріплення зазначених заготовок на попередню позицію встановлюють нову групу із трьох заготовок. Їх фіксують (рис 2.2), після чого проводять одночасну обробку шести заготовок на фрезерному верстаті з ЧПК.

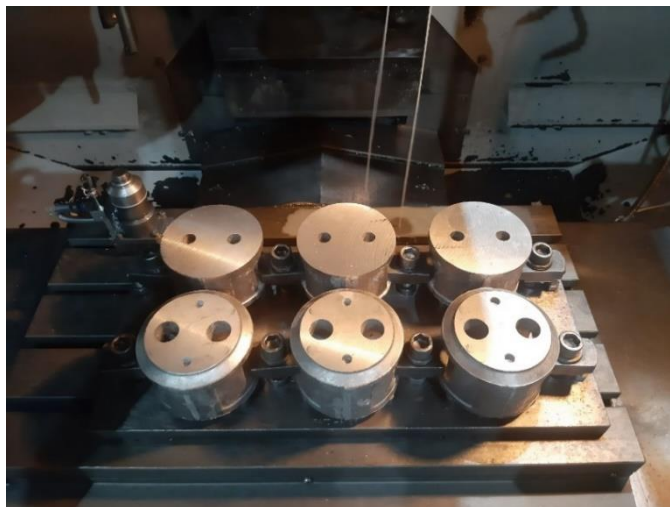


Рисунок 2.2 – Базування та закріплення заготовок для фрезерної обробки

Після торцювання заготовок першої групи здійснюється свердління базових отворів для орієнтації заготовок на пристосуванні в другій позиції для їх закріплення. Крім того, в першій групі заготовок після свердління базових отворів (рис. 2) свердлять отвори для подачі робочої рідини в камери насоса. Наступною операцією є розсвердлення всіх шести отворів, які є опорними поверхнями для валів-шестерен насоса.



Рисунок 2.3 – Виготовлення базових отворів

Друга група заготовок після описаних операцій та повороту їх на 180 градусів, закріплення на пристосуванні, піддається обробці з протилежної торцевої сторони, де вже проводиться чорнова обробка протилежних отворів, а також подальша їх обробка чистовим інструментом (рис. 2.4).

Після завершення описаних операцій на місце деталей першої групи завантажуються нова партія з трьох заготовок для подальшої обробки, яка описана вище. Перша трійка деталей замінює другу і цикл групової обробки по три заготовки повторюється. Деталі другої групи завантажуються в короб і переміщується кран-балкою для виконання наступних технологічних операцій на інших верстатах.

Як слідує з послідовності описаних операцій обробки заготовок під обойму насоса на допоміжні операції витрачається значна частка тривалості циклу обробки. Тому для підвищення ефективності використання



Рисунок 2.4 – Чистова обробка опорних отворів обойми

трикоординатного фрезерного верстата з ЧПК запропоновано автоматизувати операції завантаження заготовок та розвантаження готових виробів за допомогою промислового робота КУКА, який використовується на інших технологічних операціях і є мало завантаженим.

2.2 Висновок до розділу 2

Проаналізовано технологію виготовлення обойми гідравлічного насоса НШ-32 і визначено шляхи підвищення продуктивності обробки на трьохкоординатному фрезерному верстаті з ЧПК шляхом створення ГВМ з ПР для автоматизації процесу завантаження заготовок і розвантаження виробів.

3 РОЗРОБКА СХЕМИ ФРЕЗЕРНОГО ГВМ ДЛЯ ОБРОБКИ ОБОЙМИ

3.1 Компонування схеми ГВМ

Основною складовою гнучкого виробничого модуля (ГВМ) є промисловий робот, який може виконувати як основні технологічні операції так і допоміжні. Як правило ПР в якості основного технологічного обладнання використовується під час зварювання, збирання, фарбування, нанесення покриттів, проведення контрольних операцій, пакування, транспортування та складування. Але для металообробного обладнання, протяжних верстатів, пресів холодного і гарячого штампування, обладнання під литво тощо, використовуються промислові роботи як засіб автоматизації допоміжних операцій.

Промислові роботи (ПР) – це універсальний засіб комплексної автоматизації виробничих процесів, за допомогою якого забезпечується швидке переналагодження послідовності, швидкості та видів маніпуляційних дій [3]. Тому застосування промислових роботів є найбільш ефективним в умовах частої заміни об'єктів виробництва, а також для автоматизації ручної низько кваліфікованої і монотонної праці.

Серед проблем, що виникають під час впровадження роботів у виробництво, очевидно, найбільш актуальною є проблема створення робочого органу (захоплювального пристрою), придатного для розв'язку конкретних технологічних задач. Захоплювальні пристрої (ЗП) є важливими елементами оснащення роботів і мають велику кількість проектних рішень, залежно від робіт, що ним виконуються. Промислові роботи, що випускаються для потреб промисловості, зазвичай комплектуються набором хватних пристроїв. Проте, під час їх виробництва неможливо врахувати всі вимоги, які можуть бути до них висунуті впродовж експлуатації, і особливо, вимоги, що

висуваються до робочих органів роботів, що призначенні для обслуговування спецефічних механічних операцій, та їх послідовного виконання. Тому в конкретних виробничих умовах часто існуючий промисловий робот замінюють на новий, спроектований і виготовлений у відповідності до умов експлуатації. Такий підхід до розв'язку проблеми призводить до значного збільшення терміну переходу на виробництво нової деталі і значно знижує продуктивність. Тому під час розробки схеми фрезерного ГВМ перевага надавалась ПР, який використовується на виробництві. На рис 3.1 зображена схема розробленого фрезерного ГВМ, який запропоновано використати для обробки обойми шестеренного насоса.

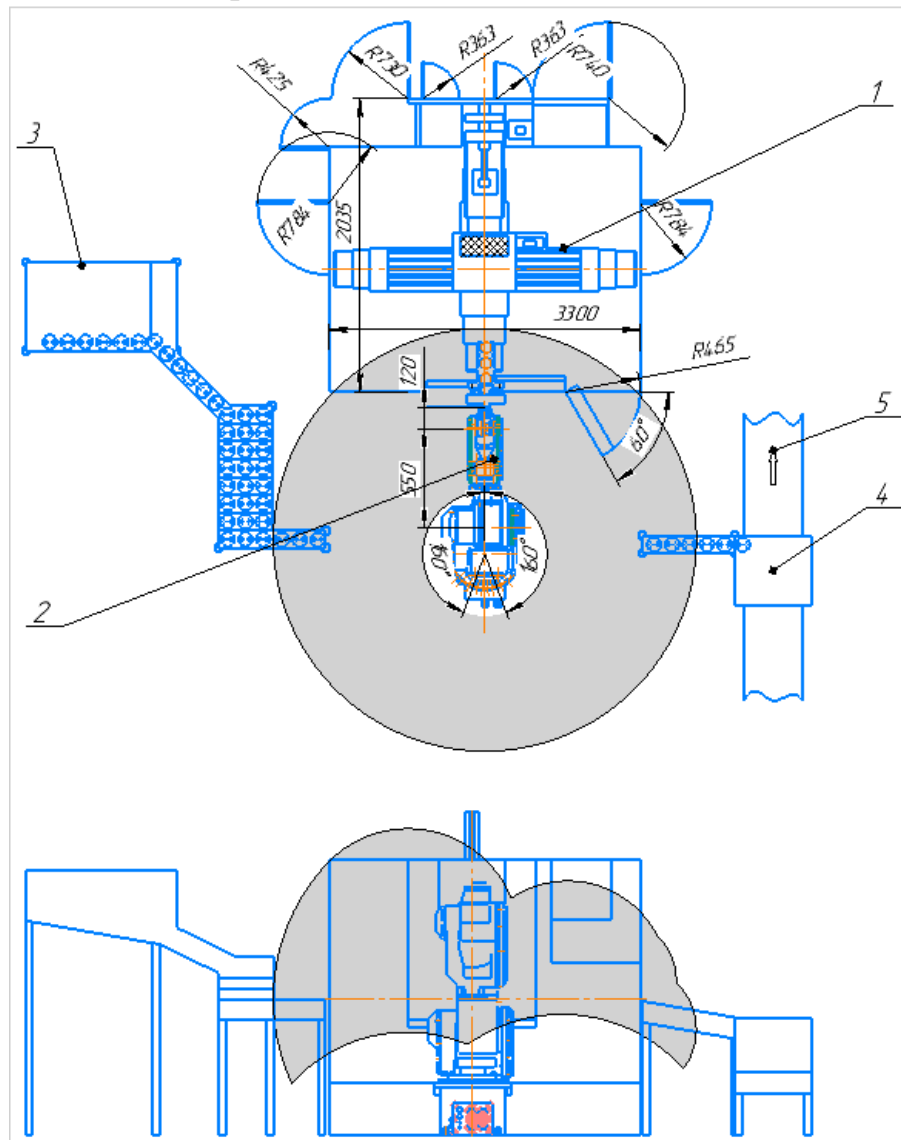


Рисунок 3.1 – Схема фрезерного ГВМ

Схема містить трьохкоординатний фрезерний верстат з ЧПК 1, який обслуговує на завантажувально-розвантажувальних операціях ПР КУКА 2 (сірим кольором позначена його робоча зона). Заготовки поступають на приймальний стіл 3, звідки за допомогою лотка формуються в позицію завантаження для маніпулювання захоплювальним пристроєм. Готові вироби захоплювальним пристроєм робота переміщуються в тару 4, яка встановлена на конвеєрі 5 і переміщується на подальшу обробку згідно технологічного процесу обробки обойми насоса.

Зважаючи на циклічність виконання операцій з групою заготовок в кількості трьох одиниць, необхідності здійснення їх обертання на 180 градусів для установки і фіксації в другу позицію, робот повинен бути оснащеним спеціальним захватним пристроєм, силовим механізмом, та компактним поворотним пристроєм, які повинні бути скомпоновані окремим модулем і бути легко змінним. Ці задачі розв'язані в наступних розділах цієї магістерської кваліфікаційної роботи.

3.2 Висновки до розділу 3

Розроблена схема фрезерного ГВМ для обробки обойми гідравлічного насоса НШ-32 та НШ-50. Запропоновано модернізувати існуючий промисловий робот шляхом розробки нового тримісного захватного пристрою, силового пристрою та механізму повороту кисті руки маніпулятора.

4. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

4.1 Обґрунтування вибору конструктивної схеми захоплювального пристрою

На сьогоднішній день створено і знаходиться в експлуатації велика кількість змінних робочих органів промислових роботів. Різноманітність їх моделей та конструкцій визначається двома основними обставинами:

- великою кількістю типорозмірів об'єктів, заготовок та виробів, якими повинен маніпулювати робот;
- різними фізичними принципами дії.

Об'єкти маніпулювання можуть мати різні розміри, форму, масу, матеріал і наділенні різноманітними фізичними властивостями. Як правило, сучасний промисловий робот комплектується надто обмеженим набором типових робочих органів, які не можуть забезпечити всю різноманітність задач, які зустрічаються на виробництві. Тому розробляти робочі органи необхідно для конкретних умов експлуатації безпосередньо на виробництві. Як показав досвід експлуатації промислових роботів на багатьох підприємствах, ця задача виявилась достатньо важкою.

В залежності від характеру дії на об'єкт маніпулювання розрізняють чотири типи захватних пристроїв (ЗП): механічні; вакуумні; магнітні; інші, що використовують фізико-хімічні властивості об'єкту.

До ЗП висуваються такі основні вимоги: надійне утримування деталі під час розгону і гальмування; забезпечення непошкодженості деталі і її поверхні під час захвату; захват деталей в широкому діапазоні мас і розмірів; швидке переналагодження захватів і губок; компенсація неточності позиціонування за рахунок піддатливості елементів ЗП за шістьма можливими координатними переміщеннями.

В приводах механічних ЗП найбільше розповсюдження отримали пневмо-, чи гідроприводні пристрої, менш поширені – електромеханічні.

Це обумовлено існуючими перевагами пневмо- і гідропривода.

До переваг пневмопривода відносять: простоту конструкції; зручність регулювання зусилля затискання; роботу в агресивних середовищах і зонах високих температур.

Основними недоліками є його великі габарити і невеликі зусилля затискання.

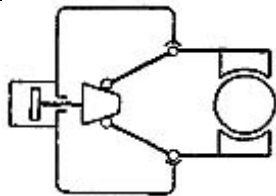
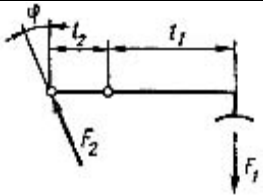
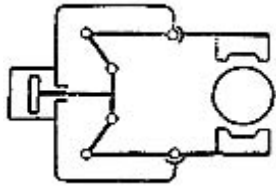
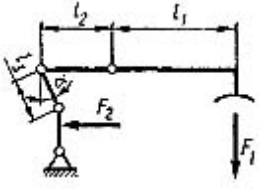
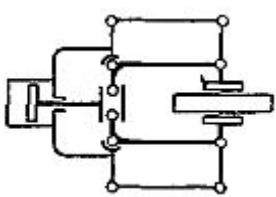
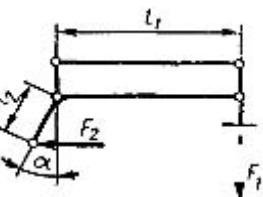
До переваг гідропривода необхідно віднести: забезпечення великих зусиль затискання; невеликі габарити; високу швидкодію.

Основним недоліком є витік робочої рідини з напірних порожнин.

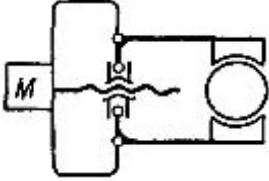
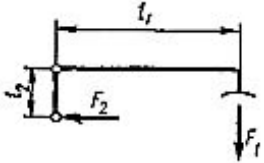
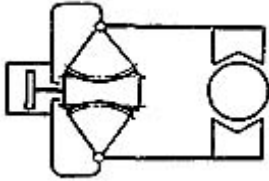
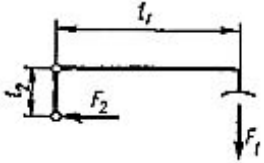
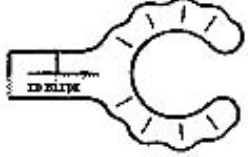
Електромеханічний привод через конструктивну складність використовується у виняткових випадках, коли доцільність його застосування обґрунтована техніко-економічними показниками.

Розглянемо конструктивні і розрахункові схеми найбільш поширених видів ЗП: клинових, важільних, гвинтових, рейкових, еластичних (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Основні типи затискних захватних пристроїв і їх розрахункові схеми

Тип ЗП	Схема ЗП	Розрахункова схема
Клиновий		
Важільний		
Важільний з паралельним переміщенням губок		

продовження таблиці 4.1

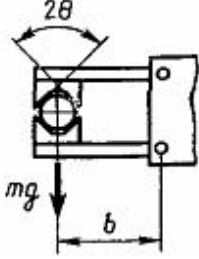
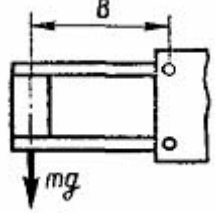
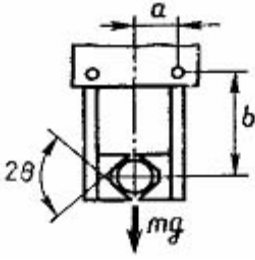
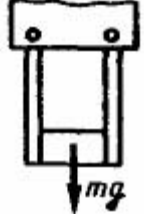
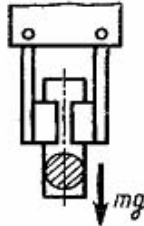
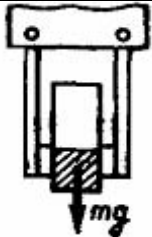
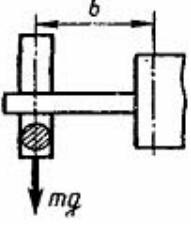
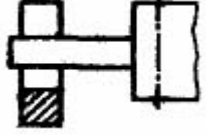
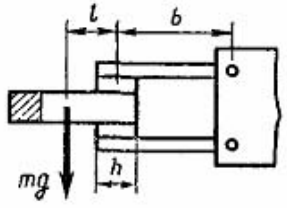
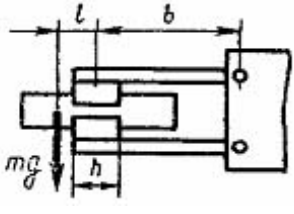
Гвинтовий		
Рейковий		
Еластичний		<p style="text-align: center;">—</p>

Як видно з наведених рисунків, кожній конструктивній схемі відповідає своя розрахункова схема, згідно якій визначається співвідношення між зусиллям затискання F_1 і зусиллям, що розвиває привод F_2 .

Крім зазначених показників та факторів, що впливають на вибір та конструювання ЗП, на його конструкцію впливає тип двигуна, що приводить в рух його ланки і перетворює рух приводу в необхідне переміщення робочих елементів захвату. При цьому можна виділити дві групи виконавчих механізмів: з постійним коефіцієнтом передачі робочого зусилля, яке не залежить від положення ЗП; із змінним коефіцієнтом передачі зусилля залежно від положення ЗП. Перевагою других є можливість досягнення більших зусиль затискання. Проте найбільші зусилля зазвичай досягаються тільки у вузькому діапазоні робочих переміщень.

Слід зазначити, що при розрахунку зусилля затискання необхідно враховувати не лише масові та швидкісні характеристики об'єкту маніпулювання, але і положення його по відношенню до губок ЗП і напрямку дії сили тяжіння. Це враховується коефіцієнтом, який вибирається з табл.4.2.

Таблиця 4.2 – Коефіцієнт K_1 положення деталі в ЗП

Схема утримання вантажу	K_1	Схема утримання вантажу	K_1
	$\frac{1}{2}$		$\frac{1}{2}$
	$\frac{\operatorname{tg} \theta}{2} + \frac{a}{2b}$		$\frac{1}{2\mu}$
	$\frac{\sin \theta}{2\mu}$		$\frac{1}{2\mu}$
	$\frac{\sin \theta}{2\mu}$		$\frac{1}{2\mu}$
	$\frac{3l}{h}$		$\frac{3l}{h}$

Крім того, на вибір типу ЗП для ПР впливає тип і конструкція основного і допоміжного технологічного обладнання (наприклад, верстатів, накопичувальних чи транспортувальних пристроїв, тощо), які обслуговуються цим ПР, характеристики об'єкту маніпулювання, тип і конструкцію самого ПР

і особливості технологічного процесу, який виконується робототехнічним комплексом.

В зв'язку з цим для забезпечення надійного утримання об'єктів маніпулювання у широкому діапазоні їх розмірів необхідно використовувати у ЗП виконавчі механізми з постійним передавальним механізмом (наприклад, зубчасто-рейкові, гвинтові тощо).

Ці рекомендації використано під час розробки конструкцій змінних робочих органів промислового робота.

4.2 Вибір базової конструкції захоплювальних пристроїв

На рис. 4.1 показана уніфікована конструкція, однопозиційного ЗП для виробів типу фланців і дисків, що мають широкий діапазон зміни діаметрів. Розглянуті варіанти конструкції, що відрізняються широким діапазоном розмірів захоплюваних виробів, забезпечують їх центрування незалежно від діаметра. Висока точність установки (0,05...0,07 мм) досягається за рахунок профілювання губок ЗП.

Дві пари важелів 1, виконаних суцільно з затискними губками, вільно встановлені на своїх осях 2. На важелях нарізані зубчасті сектори, що входять попарно в зачеплення з рейками 3, які пов'язані між собою важелями 4, що утворюють шарнірний паралелограм. Шарнірний паралелограм забезпечує незалежну роботу кожної пари затискних важелів 1, що необхідно для захоплення і центрування об'єктів маніпулювання від 40 до 80 мм і довжиною до 300 мм. Місце з'єднання тяги 5 з гніздом, виконаним у втулці 6 приводу затискання і розтискання ЗП, а також байонетне з'єднання хвостовика 7 ЗП із штоком пневмоциліндра 8 кисті руки уніфіковані.

Для забезпечення швидкозмінності захватних пристроїв застосовується байонетне кріплення 9, яке може бути використане і при автоматичній зміні ЗП. При установці хвостовик 7 вводиться в гніздо з одночасним відтисканням

фіксатора, який при повороті захвату на 90° входить під дією пружини в отвір у штоку.

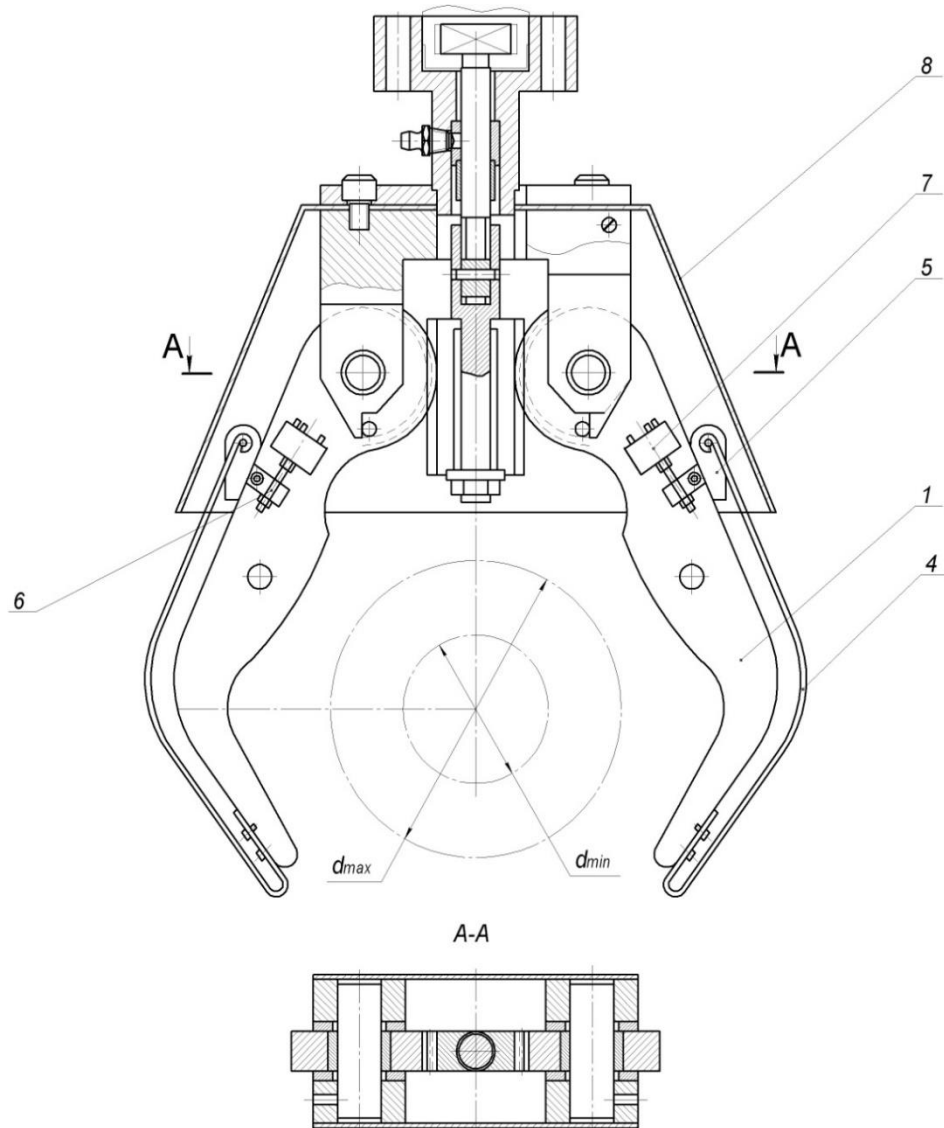


Рисунок 4.1– Захватний пристрій для утримання гладкого валу

Оскільки розглянутий ЗП розроблено для діаметрів 40...80 мм і для одного об'єкту маніпулювання то використати його в промисловому роботі для автоматизації групового завантаження та розвантаження в запропонованому в фрезерному ГВМ не можливо. Губкам ЗП потрібно надати плоско-паралельне переміщення для одночасного затискання трьох оброблювальних втулок. А після цього необхідно здійснювати їх поворот на

180 градусів для наступної обробки торців об'єктів маніпулювання. Тому запропоновано в розробленій конструкції захоплювального пристрою паралелограмний механізм, що забезпечить строге плоско-паралельне переміщення губок хватного пристрою. Крім того, губки виконуються тримісними з базуючими призми.

На рис. 4.2 показано конструкція розробленого захоплювального пристрою в якому використані зазначені конструктивні особливості.

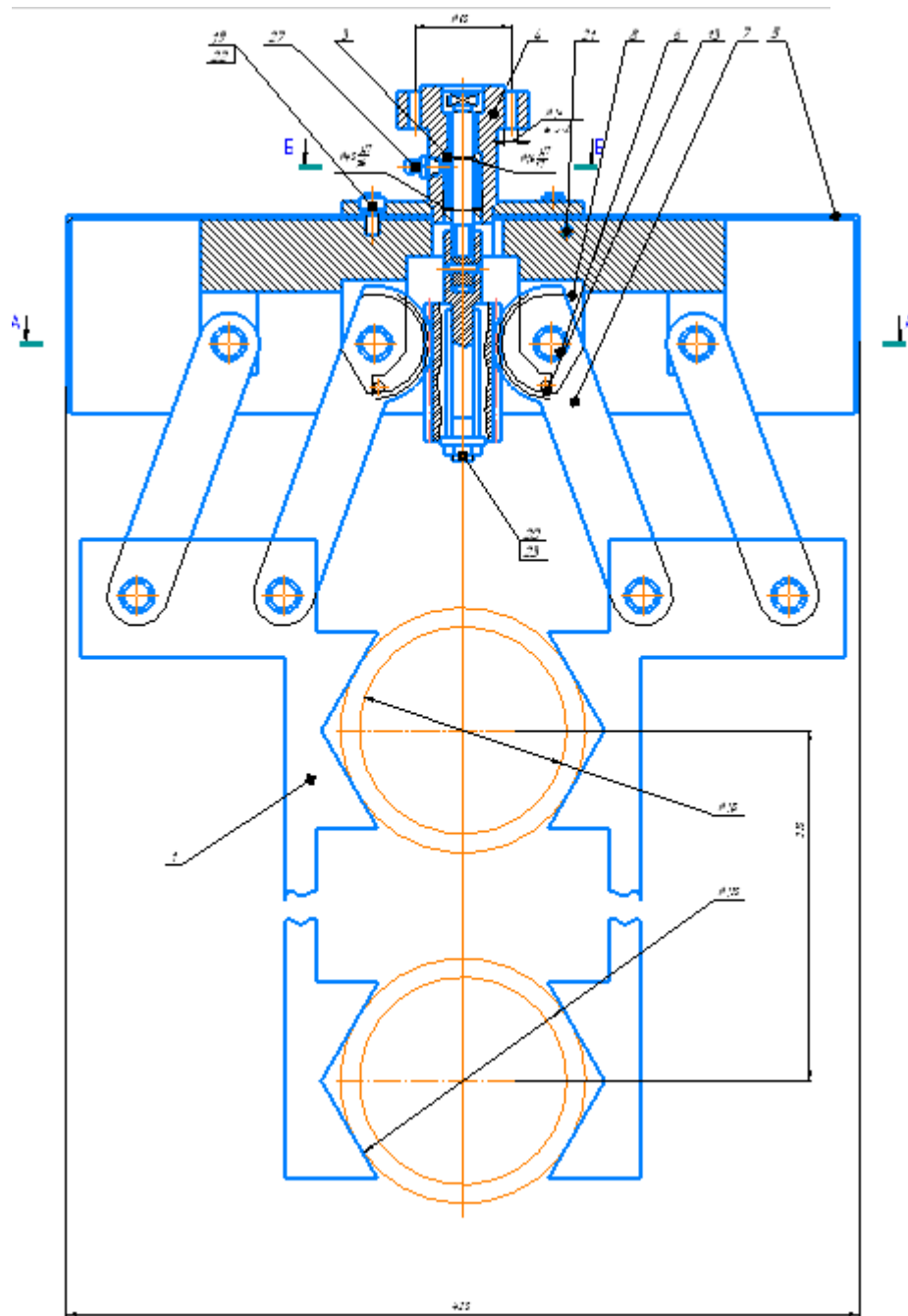


Рисунок 4.2– Розроблений захоплювальний пристрій для утримання об'єкта

На відміну від базового захоплювального пристрою, цей захватний пристрій має пару губок 1, затискання і розтискання яких здійснюється за рахунок осьового руху важелів 7 з жорстко пов'язаних з нею зубчатою рейкою 3. Рейка знаходиться в зачепленні з зубчастими секторами, нарізаними на важелях затискних губок. На траверсі ЗП жорстко прикріплені симетрично попарно важелі плоско-паралельної системи. Затискання розтискання відбувається під дією тиску пневмосистеми, що діє на штокову та поршневу порожнини пневмоциліндра.

4.3 Розрахунок розробленої конструкції захоплювального пристрою

Вихідні дані для розрахунку:

- маса обойми, кг 0,4...0,6;
- діапазон діаметральних розмірів, мм 90...130;
- висота обойми, мм 76...110;
- прискорення при переміщенні, м/с^2 5;

На рис. 4.3 показана розрахункова схема захоплювального пристрою.

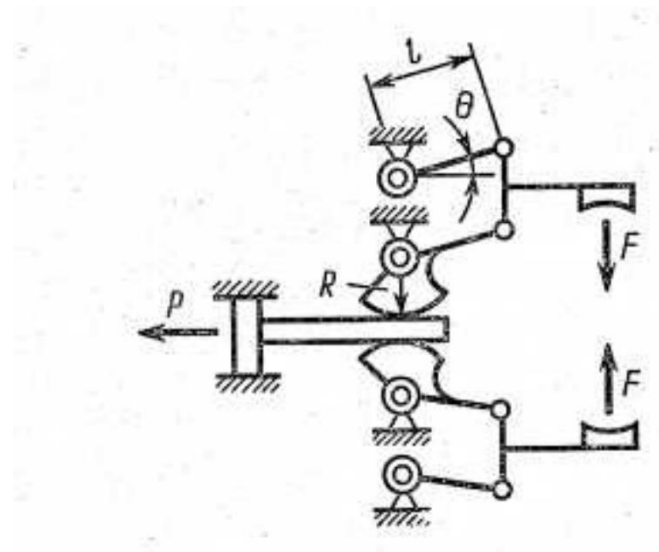


Рисунок 4.3 – Розрахункова схема захоплювального пристрою

Так як ЗП може займати як вертикальне, так і горизонтальне положення, приймаємо спосіб утримання заготовки за рахунок сил тертя з базуванням призми. ЗП повинен забезпечувати заданий діапазон переміщення. Запропонована схема забезпечує високі вимоги до точності установки, базування за різних діаметральних розмірів об'єктів маніпулювання.

Визначимо зусилля втримання заготовки:

$$F = \frac{m(g+a)}{2f} = \frac{1,8(10+5)}{2*0,15} = 90\text{Н} \quad (4.1)$$

m' 0,4 та 0,6 кг—маса однієї заготовки для гідронасоса типу НШ 32(менше значення) НШ50 (більше значення)

Зусилля приводу

$$F_n = Fi, \quad (4.2)$$

де, $i = \frac{2l\cos\theta}{R}$

З конструкторських міркувань приймаємо $l = 142\text{мм}$.

Кут θ визначаємо, виходячи з максимального переміщення

$$S = \frac{D_1-d_2}{2} + \Delta = \frac{110-90}{2} + 10 = 20\text{мм}, \quad (4.3)$$

де $D_1 = 110$ мм – максимальний діаметр заготовки; $d_2 = 90\text{мм}$ – мінімальний діаметр заготовки; $\Delta = 10\text{мм}$ – додатковий хід, необхідний для виходу призми від поверхні заготовки:

$$\theta = \frac{S}{l} = \frac{20}{142} = 0.14; \quad \theta = 8^\circ 02' 14'' \quad (4.4)$$

Радіус зубчастого колеса визначаються з розрахунків зубчато-рейкової передачі на прогин:

$$m = 14 \sqrt[3]{\frac{y_F K_{F\beta} T}{z^2 \Psi_{bd} \sigma_{FP}}}, \quad (4.4)$$

Де $z = 17$ – число зубів; $y = 4,26$ – коефіцієнт форми зуба; $\Psi_{bd} = \frac{b}{d} = 0.6$ – коефіцієнт ширини вінця; $K_{F\beta} = 1,08$ – коефіцієнт, враховуючий розподілення навантаження по ширині вінця; $\sigma_{FP} = 320$ МПа – допустиме навантаження при розрахунку зубів на гнучку міцність (сталь 40ХН, термообробка поверхнева струмами високої частоти, $K_{FL} = 1$), тоді

$$m = 14 \sqrt[3]{\frac{4.26 \cdot 1.08 \cdot 90 \cdot 0.15}{17^2 \cdot 0.6 \cdot 320}} = 1,45 \text{ мм}$$

Приймаємо $m = 2$ мм, тоді

$$R = \frac{mz}{2} = \frac{2 \cdot 17}{2} = 17 \text{ мм}; \quad (4.5)$$

$$F = \frac{2Fl \cos \theta}{R} = \frac{2 \cdot 90 \cdot 142 \cdot 0.99}{17} = 1489 \text{ Н}. \quad (4.6)$$

Площа поршня гідроциліндра (тиску оливи $p = 12.5$ МПа)

$$d = \sqrt{\frac{4F_n}{p\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1489}{12.5\pi}} = 12,31 \text{ мм.} \quad (4.7)$$

Приймаємо $d = 16$ мм.

Ширину губок визначаємо по контактним напруженням:

$$b = \frac{0.418FE^2}{d[\sigma]_H^2}, \quad (4.8)$$

де $E = 2 \cdot 10^5$ МПа — модуль пружності матеріалу; $[\sigma]_H = 650$ МПа (сталь 40Х, термообробка – покращення, $K_{HL} \leq 1$), тоді

$$b = 0.418^2 \cdot 90 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 2 / (16 \cdot 650^2) = 1,89 \text{ мм}$$

Приймаємо величину b рівну 2 мм.

Конструктивно, враховуючи висоту заготовок приймаємо 56 мм.

Небезпечним розрізом (h) губок являється переріз, сполучення з зубчатим сектором, виконуючим прогин:

$$h = \sqrt{12F(l - R) / (b[\sigma]_I)}, \quad (4.9)$$

де $[\sigma]_I = 250$ МПа (сталь 40Х – покращення), тоді

$$h = \sqrt{12 \cdot 90(142 - 17)/(2 \cdot 250)} = 16,43 \text{ мм.} \quad (4.10)$$

Приймаємо товщину важеля при хвату рівною 30 мм.

З конструкційних міркувань приймаємо відстань між шарнірами $C = 93$ мм. Тоді зусилля, діюче на шарніри,

$$F_{\text{ш}} = \frac{Fl}{C} = \frac{90 \cdot 142}{93} = 137,4 \text{ Н.} \quad (4.11)$$

Діаметр шарнірів вибираємо виходячи з розрахунку на зріз ($[\tau]_{\text{зр}} = 120$ МПа —допустима напруга зрізу для сталі 45):

$$d_{\text{ш}} = \sqrt{\frac{4F_{\text{ш}}}{\pi[\tau]_{\text{зр}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 137,4}{\pi \cdot 120}} = 1,2 \text{ мм.} \quad (4.12)$$

Приймаємо $d_{\text{ш}} = 2$ мм.

Перевіряємо шарніри на зминання ($[\sigma]_{\text{зм}} = 80$ МПа – допустиме напруження зминання для сталі 45):

$$[\sigma]_{\text{зм}} = \frac{2F_{\text{ш}}}{\pi d_{\text{ш}} b} = \frac{2 \cdot 137,4}{\pi \cdot 2 \cdot 56} = 0,78 < 80 \text{ МПа.} \quad (4.13)$$

Для заданих параметрів при хвату при проектуванні використовуємо наступні розміри: діаметр шарнірів – 10 мм, розміри важелів – 142 x 30 x 50 мм, діаметр гідроциліндра – 16 мм.

4.4 Конструювання пневмоприводного циліндра захватного пристрою

Силовими модулями маніпуляторів промислових роботів є різні типи приводів. У них використовуються практично всі численні різновиди електричних, гідравлічних і пневматичних двигунів. До всіх типів двигунів у робототехніці ставляться специфічні вимоги. Основні з них – це мінімальні вага і габарити, підвищені енергетичні, а також статичні і динамічні характеристики, легкість регулювання у великому діапазоні швидкостей, реверсивність. І при цьому потрібно забезпечити великий ресурс і плавність рухів. Особливістю є також взаємозалежна групова робота приводів всіх ступенів рухливості робота.

Найбільш зручні в експлуатації електродвигуни, так як пневматичні і гідравлічні мають схильність до витокам робочого тіла і вимагають спеціальних станцій живлення, які створюють шум. Електродвигуни не вимагають проміжного енергоносія (рідини або газу), легко регулюються по швидкості і простіше інших в цеховій експлуатації. Важливо те, що з ними легше створювати замкнені слідкуючі приводи (для контурних систем управління роботів). Проте, до останнього часу були труднощі забезпечення усього комплексу зазначених вище специфічних вимог робототехніки стосовно електроприводів для роботів великої і дуже малої вантажопідймальності.

У зв'язку з цим до останнього часу електропривод в промислових роботах застосовувався головним чином для середньої вантажопідйомності, для малих використовувалися в основному пневматичні приводи, а для великих - гідравлічні (електрогідравлічні). Тепер же ці труднощі стосовно до

електродвигунів багато в чому долаються і загальна тенденція розвитку робототехніки у всьому світі пов'язана із застосуванням електричних приводів для роботів у всьому діапазоні вантажопідіймальності і вимог по швидкодії, точності та надійності.

Крім зазначених типів двигунів до складу привода для кожного ступеня рухомості маніпулятора входять: підсилювачі потужності, передавальні пристрої, а також коригувальні ланцюги, датчики зворотних зв'язків за швидкістю і положенню, а іноді й силомоментні датчики. Проте не в усіх типах приводів обов'язково присутні всі ці елементи. Їх наявність повністю необхідна для замкнених слідкуючих приводів і для контурних і контурно-позиційних систем керування роботів. Більшість пневмоприводів, частина гідроприводів та приводи з кроковими електродвигунами діють за розімкнутого циклу.

Приводи, що побудовані на базі пневматичних силових циліндрів, за конструкцією найбільш прості. З механізмами для поступальних ступенів рухомості вони можуть бути пов'язані безпосередньо, а для обертальних - через прості передачі.

Виконавчі пневмодвигуни – це циліндри з прямолінійним рухом поршня. Для кожного ступеня рухомості робота пневмодвигуни реалізують відповідні переміщення, швидкості та прискорення. Для захватного пристрою також використовується пневмодвигуни. Подача повітря в робочу порожнину циліндра йде через один розподільник, а вихід повітря з неробочої порожнини – через інший. Швидкість руху пневмодвигуном може регулюватися шляхом зміни витрати повітря на вході і виході з допомогою пневматичного дроселя із змінним прохідним перетином.

Пневмодвигун дає більшу швидкість руху вихідної ланки маніпулятора. При циклової управлінні вона рухається від упору до упору з максимальною швидкістю. Для виключення різкого удару в кінці передбачаються засоби гальмування. Це досягається або за рахунок внутрішніх процесів (стисненого

повітря), або установкою зовнішніх демпферів різних конструкцій. Крайні положення вихідної ланки маніпулятора за циклового керування можуть встановлюватися шляхом перестановки упорів на позиції, які необхідні для виконання заданого технологічного процесу.

Отже, конструктивна простота і наявність пневмомережі в будь-якому виробничому приміщенні, дозволяє ефективно використовувати пневмопривод в промислових роботах. На рис. 4.4 показана конструктивна схема розробленого пневмоциліндра для захватного пристрою.

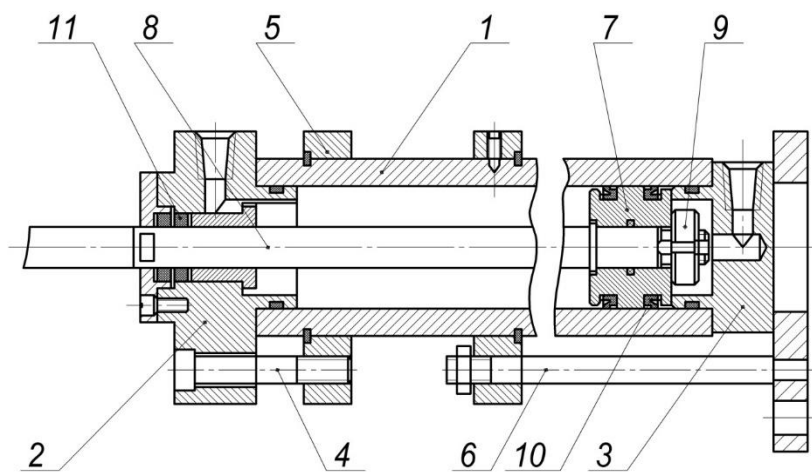


Рисунок 4.4 – Конструктивна схема розробленого пневмоприводного циліндра для захватного пристрою

4.4.1 Розрахунок пневмоприводного циліндра захватного пристрою

Діаметр поршня пневмоприводного циліндра є основним конструктивним параметром, що визначатиме зусилля, яке розвиває пневмоприводний циліндр.

Зусилля приводу ЗП визначено згідно виразу (4.14) і становить $P = 1456,7H$.

Діаметр поршня визначають із співвідношення, мм:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot \Delta p \cdot \eta_3 \cdot \eta_{II}}}, \quad (4.14)$$

де $\Delta p = 0.4 \dots 0.6$ МПа – перепад тиску енергоносія;

$\eta_3 = 0.9 \dots 0.95$ - ККД захватного пристрою;

$\eta_{II} = 0.85 \dots 0.9$ – ККД привода.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1456,7}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 0,95 \cdot 0,9}} = 60,2 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр поршня $d = 63$ мм.

Оскільки діаметр поршня є основним конструктивним параметром, то відносно його величини знаходимо розміри інших конструктивних розмірів складових конструкцій.

4.5 Кінематичний розрахунок механізму повороту кисті руки маніпулятора

4.5.1 Підбір кількості зубців для гнучкого та жорсткого коліс

Приймаємо двохвильову схему з кулачковим генератором і

$$K_z = Z_{жс} - Z_z = 2.$$

Тоді для закріпленого жорсткого колеса:

$$i_{нг}^{жс} = -\frac{Z_z}{(Z_{жс} - Z_z)} = -\frac{Z_z}{K_z} = -\frac{Z_z}{1}. \quad (4.15)$$

Число зубів гнучкого колеса:

$$z_2 = i_{2n} \cdot 2 \quad (4.16)$$

$$z_2 = 100 \cdot 2 = 200.$$

Число зубів жорсткого колеса:

$$z_{жс} = z_2 + 2$$

$$(3.58)$$

$$z_{жс} = 200 + 2 = 202.$$

4.5.2 Визначення вхідної потужності та вибір електродвигуна

Згідно із попередньо завданням крутний момент на вихідному валові становить $T_2=40\text{Нм}$, знайдемо потужність на вихідному валові, якщо частота обертання вихідного валу $n_2=30\text{хв}^{-1}$:

$$P_{n_2} = \frac{T_{n_2} \cdot n_2}{9550} \quad (4.17)$$

$$P_{n_2} = \frac{40 \cdot 30}{9550} = 0,13\text{кВт}.$$

Визначаємо загальний коефіцієнт корисної дії редуктора та і його складових за табл. 1.1 [2]:

$$\eta = \eta_{x.n.} \cdot \eta_{n.n.} \cdot \eta_m \quad (4.18)$$

де $\eta_{n.n.} = 0,99$ - коефіцієнт корисної дії пари підшипників;

$\eta_m = 0,98$ - коефіцієнт корисної дії муфти;

$\eta_{x.n.}$ - коефіцієнт корисної дії хвильової передачі, що розраховується за формулою із таблиці 6.1 [5]:

$$\eta_{x.n.} = \frac{1 - \psi_{жсг}^H}{1 + \psi_{жсг}^H \cdot i_{нг}^{жс}} \quad (4.19)$$

тут $\psi = 0,00137$ - поправочний коефіцієнт;

$$\eta_{x.n.} = \frac{1 - 0,00137}{1 + 0,00137 \cdot 100} = 0,878$$

$$\eta = 0,878 \cdot 0,99 \cdot 0,98 = 0,85.$$

Визначимо попередню потужність на вхідному валу:

$$P_{n1} = \frac{P_{n2}}{\eta} \quad (4.20)$$

$$P_{n1} = \frac{0,13}{0,85} = 0,15 \text{кВт}.$$

Приймаємо електродвигун постійного струму типу ПЯ-250, його характерні параметри:

- номінальна потужність $P_1 = 250 \text{Вт}$;
- номінальна частота обертання ротору $n_1 = 3000 \text{хв}^{-1}$;
- діаметр вихідного кінця ротора $d_p = 10 \text{мм}$;
- діаметр корпусу $D_1 = 180 \text{мм}$;
- довжина електродвигуна $L = 165 \text{мм}$.

Згідно із характеристикою електродвигуна передаточне число буде забезпечувати потрібну частоту обертання вихідного валу:

$$n_2 = \frac{n_1}{i_{нз}} \quad (4.21)$$

$$n_2 = \frac{3000}{100} = 30 \text{ об}^{-1}.$$

Визначаємо дійсний крутний момент на вихідному кінці валу редуктора:

$$P_2 = P_1 \cdot \eta \quad (4.22)$$

$$P_2 = 0,25 \cdot 0,85 = 0,21 \text{ кВт}.$$

Тоді крутний момент на вихідному валу редуктора буде дорівнювати:

$$T_2 = 9550 \frac{P_2}{n_2} \quad (4.23)$$

$$T_2 = 9550 \frac{0,21}{30} = 66,85 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

4.6 Розрахунок передачі

4.6.1 Вибір матеріалу для гнучкого та жорсткого коліс

Для гнучкого колеса вибираємо матеріал: сталь 30ХГСА з HRC50...54 та границя витривалості поверхні зубів $G_{-1} = 650 \text{ МПа}$ після покращення та азотування, для жорсткого колеса – сталь 40Х з HRC28...32.

4.6.2 Визначимо внутрішній діаметр гнучкого колеса:

$$d = \sqrt[3]{\frac{1,47 \cdot T_2 \cdot i_{\text{НГ}}^{\text{жк}}}{(G_{-1} \cdot i_{\text{НГ}}^{\text{жк}} - 12 \cdot E \cdot \psi_{sd}) \cdot \psi_{sd} \cdot \psi_{bd}}} \quad (4.24)$$

де T_2 – момент навантаження;

$E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності для сталі;

$\psi_{sd} = 0,012$ - коефіцієнт товщини зубчастого вінця;

$\psi_{bd} = 0,14$ - коефіцієнт ширини зубчастого вінця.

$$d = \sqrt[3]{\frac{1,47 \cdot 66850 \cdot 100}{(650 \cdot 100 - 12 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 0,012) \cdot 0,012 \cdot 0,15}} = 53,95 \text{ мм.}$$

Приймаємо $d=62$ мм.

Також визначаємо ширину та товщину зубчастого вінця:

$$b_{\omega} = \psi_{bd} \cdot d \quad (4.25)$$

$$S_1 = \psi_{sd} \cdot d \quad (4.26)$$

Тобто:

$$b_{\omega} = 0,15 \cdot 62 = 9,3 \text{ мм};$$

$$S_1 = 0,012 \cdot 62 = 0,744 \text{ мм.}$$

Приймаємо $b_{\omega} = 10$ мм, а $S_1 = 0,7$ мм.

Враховуючи, що $d \approx d_z$ знайдемо модуль для зубчастих коліс за формулою:

$$m = \frac{d}{z} \quad (4.27)$$

$$m = \frac{62}{200} = 0,31\text{мм.}$$

Приймаємо $m=0,3\text{мм}$ за стандартним рядом.

4.6.3 Геометрія зубців гнучкого колеса

Діаметр кола западин:

$$d_{f\Gamma} = d + 2 \cdot S_1 \quad (4.28)$$

$$d_{fz} = 62 + 2 \cdot 0,7 = 63,4\text{мм.}$$

Підбираємо число зубців Z_z та зміщення вихідного контуру x_z , що забезпечує такий діаметр. При нарізанні зубів довбачем по ГОСТ 10059-80[4] приймаємо $Z_0=132$ та $h^*_{a0}=1,35$. При цьому з урахуванням висоти зуба довбач на $m=0,3\text{мм}$ отримаємо:

$$d_{a0} = d'_{a0} - 2 \cdot m \quad (4.28)$$

де $d'_{a0}=40,59\text{мм}$ – діаметр вершин довбача;

$$d_{a0} = 40,59 - 2 \cdot 0,3 = 39,99\text{мм.}$$

Знайдемо міжосьову відстань та кут зачеплення в статичному зачепленні з довбачем:

$$a_{\omega 0} = \frac{(d_{fz} + d_{a0})}{2} \quad (4.29)$$

$$\alpha_{\omega 0} = \arccos\left(\frac{m(Z_z + Z_0) \cdot \cos \alpha}{2 \cdot a_{\omega 0}}\right) \quad (4.30)$$

Тоді:

$$a_{\omega 0} = \frac{(63,4 + 39,99)}{2} = 51,695 \text{ мм};$$

$$\alpha_{\omega 0} = \arccos\left(\frac{0,3 \cdot (200 + 132) \cdot \cos 20}{2 \cdot 51,695}\right) = 25,14 \text{ град.}$$

Отже, коефіцієнт зміщення довбача:

$$x_0 = \frac{d_{a0}}{2m} - \frac{(Z_0 + 2h_{a0}^*)}{2} \quad (4.31)$$

$$x_0 = \frac{39,99}{2 \cdot 0,3} - \frac{(132 + 2 \cdot 1,35)}{2} = -0,7.$$

Коефіцієнт зміщення гнучкого колеса:

$$x_2 = \frac{Z_2 + Z_0}{2 \operatorname{tg} \alpha} (\operatorname{inv} \alpha_{\omega 0} - \operatorname{inv} \alpha) + x_0 \quad (4.32)$$

$$\operatorname{inv} \alpha_{\omega 0} = 0,03 + \frac{(0,0306 - 0,03) \cdot 8,4}{10} = 0,030504;$$

$$x_2 = \frac{200 + 132}{2 \cdot \operatorname{tg} 20} (0,030504 - 0,0149) - 0,7 = 6,42.$$

Коефіцієнт зміщення більше рекомендованої величини. Зменшене x_2 можна отримати шляхом збільшення Z_2 . Приймаємо $Z_2=208$. Повторюємо розрахунки:

$$\alpha_{\omega 0} = \arccos\left(\frac{0,3 \cdot (208 + 132) \cdot \cos 20}{2 \cdot 51,695}\right) = 22,02 \text{ град};$$

$$\text{inv}\alpha_{\omega 0} = 0,02 + \frac{(0,0205 - 0,02) \cdot 1,2}{10} = 0,02006;$$

$$x_2 = \frac{208 + 132}{2 \cdot \text{tg} 20} (0,02006 - 0,0149) - 0,7 = 1,71.$$

Висота зуба та діаметр кола вершин визначаємо за формулами:

$$h_2 = (h_{a0}^* + c^*) \cdot m \quad (4.33)$$

де $h_{a0}^* = 0,35$ - коефіцієнт висоти зуба;

$c^* = 0,35$ – коефіцієнт западини зуба.

$$d_{a2} = d_{f2} + 2h_2 \quad (4.34)$$

$$h_2 = (0,35 + 0,35) \cdot 0,3 = 0,21 \text{ мм};$$

$$d_{a2} = 63,4 + 2 \cdot 0,21 = 63,82 \text{ мм}.$$

Ширина западин коліс:

$$S_{f_i} = d_{f_i} \left[\frac{\pi}{2Z} + \frac{2x_i \cdot \text{tg} \alpha}{Z_i} + \text{inv} \alpha - \text{inv} \alpha_{f_i} \right] \quad (4.35)$$

де i – індекс, який відповідає гнучкому та жорсткому колесам.

Так як:

$$\cos \alpha_{fz} = \frac{m \cdot Z \cdot \cos \alpha}{d_{fz}} = \frac{0,3 \cdot 208 \cdot \cos 20}{63,4} = 0,925,$$

тоді $\alpha_{fz} = 22,35^{\circ}$.

$$S_{fz} = 63,4 \left[\frac{\pi}{2 \cdot 208} + \frac{2 \cdot 1,71 \cdot \operatorname{tg} 20}{208} + \operatorname{inv} 20 - \operatorname{inv} 22,35 \right] = 0,4675 \text{ мм.}$$

Уточнюємо та визначаємо похибку передаточного числа:

$$i_{nz}^{\text{ж}'} = \frac{Z_z}{2} = \frac{208}{2} = 104;$$

$$\Delta = \frac{i_{nz}^{\text{ж}'} - i_{nz}^{\text{ж}}}{i_{nz}^{\text{ж}'}} \cdot 100\% = \frac{104 - 100}{104} \cdot 100\% = 3,8\% .$$

Відхилення не перевищує 4% для редукторів загального призначення.

4.6.4 Визначаємо початковий розмір деформації

Приймаємо форму деформації по формі кільця, деформованого чотирма силами при $\beta = 25^{\circ}$.

Параметри гнучкого підшипника по таблиці 7.6 [11]:

- $d = 45_{-0,012} \text{ мм}$;
- $D = 62_{-0,013} \text{ мм}$;
- $d_{ui} = 5,953 \text{ мм}$; $z = 21$;
- радіальний зазор $\delta = 0,012 \dots 0,029 \text{ мм}$.

По рекомендаціям для зовнішнього та внутрішнього кільця радіус жолоба:

$$r_{\text{ж}1} = 0,54 \cdot d_{ui}; \quad (4.36)$$

$$r_{ж2} = 0,525 \cdot d_{ш}. \quad (4.37)$$

$$r_{ж1} = 0,54 \cdot 5,953 = 3,21462 \text{ мм};$$

$$r_{ж2} = 0,525 \cdot 5,953 = 3,125325 \text{ мм}.$$

Тоді, радіус кола по западинам жолоба зовнішнього та внутрішнього кілець:

$$R_{k1} = \frac{D}{2} - 0,5 \left[\frac{(D-d)}{2} - d_{ш} \right] \quad (4.38)$$

$$R_{k2} = \frac{d}{2} + 0,5 \left[\frac{(D-d)}{2} - d_{ш} \right] \quad (4.39)$$

$$R_{k1} = \frac{62}{2} - 0,5 \left[\frac{(62-45)}{2} - 5,953 \right] = 29,7265 \text{ мм};$$

$$R_{k2} = \frac{45}{2} + 0,5 \left[\frac{(62-45)}{2} - 5,953 \right] = 23,7735 \text{ мм}.$$

Призначаємо посадку підшипника в гнучке колесо з допуском отвору по Н7 – граничні відхилення від 0 до +0,03 мм.

Максимальний радіальний зазор в гнучкому підшипнику $\delta_1 = 0,029$ мм.

Максимальний радіальний зазор посадки підшипника в гнучкому колесі $\delta_2 = T_D + T_{d_{H7}} = 0,013 + 0,03 = 0,043 \text{ мм}$.

Сумарний максимальний зазор гнучкого підшипника і посадки його на внутрішній діаметр гнучкого колеса:

$$\delta = K' \frac{\delta_1 + \delta_2}{2} \quad (4.40)$$

де $K' \approx 1,1 \dots 1,3$ – коефіцієнт, що враховує збільшення зазору від зносу деталей. Приймаємо $K'=1,2$.

$$\delta = 1,2 \cdot \frac{0,029 + 0,043}{2} = 0,0432 \text{ мм.}$$

Максимальне навантаження, що діє на кульку підшипника:

$$F_{u \max} = \frac{8,3 \cdot K \cdot T_2}{z \cdot d} \quad (4.41)$$

де $K = 1,1 \dots 1,3$ – поправочний коефіцієнт. Приймаємо $K=1,2$.

$$F_{u \max} = \frac{8,3 \cdot 1,2 \cdot 66850}{21 \cdot 62} = 511,39 \text{ Н.}$$

Сумарний зазор між шариком і кільцями підшипника:

$$\delta_{ko} = \delta_{k1} + \delta_{k2} \quad (4.42)$$

де δ_{k1} і δ_{k2} - зближення шарика з зовнішнім і внутрішнім кільцями відповідно:

$$\delta_{k(1,2)} = 17,3 \cdot 10^{-5} \left(\frac{j}{\mu} \right)^3 \sqrt{F_{u \max}^2 \left(\frac{4}{d_{ui}} \mp \frac{1}{R_K} - \frac{1}{r_{\text{жс}}} \right)} \quad (4.43)$$

де $\left(\frac{j}{\mu}\right)$ - коефіцієнт, що визначається в залежності від значення $\cos \tau$:

$$\cos \tau = \frac{\left(\mp \frac{1}{R_K} + \frac{1}{r_{\text{жс}}}\right)}{\left(\frac{4}{d_{\text{ш}}} \mp \frac{1}{R_K} - \frac{1}{r_{\text{жс}}}\right)} \quad (4.44)$$

Тоді:

$$\cos \tau_1 = \frac{\left(-\frac{1}{29,7265} + \frac{1}{3,21462}\right)}{\left(\frac{4}{5,953} - \frac{1}{29,7265} - \frac{1}{3,21462}\right)} = 0,8479 \Rightarrow \left(\frac{j}{\mu}\right) = 1,179;$$

$$\cos \tau_2 = \frac{\left(\frac{1}{23,7735} + \frac{1}{3,125325}\right)}{\left(\frac{4}{5,953} + \frac{1}{23,7735} - \frac{1}{3,125325}\right)} = 0,9188 \Rightarrow \left(\frac{j}{\mu}\right) = 1,0216;$$

$$\delta_{k1} = 17,3 \cdot 10^{-5} \cdot 1,179 \sqrt{511,39^2 \left(\frac{4}{5,953} - \frac{1}{29,7265} - \frac{1}{3,21462}\right)} = 8,99 \cdot 10^{-3} \text{ мм};$$

$$\delta_{k(1,2)} = 17,3 \cdot 10^{-5} \cdot 1,0216 \sqrt{511,39^2 \left(\frac{4}{5,953} + \frac{1}{23,7735} - \frac{1}{3,125325}\right)} = 8,29 \cdot 10^{-3} \text{ мм};$$

$$\delta_{ko} = 8,99 \cdot 10^{-3} + 8,29 \cdot 10^{-3} = 0,01728 \text{ мм}.$$

Початкова форма деформації по формі кільця, що навантажений чотирма силами:

$$\omega_{HO} = \frac{r_{az} + 0,5(\delta + \delta_{KO}) \cdot \left(\frac{i_{HЖ}^2 \cdot r_{az}}{r-1} \right) + \frac{B \cdot i_{HЖ}^2 \cdot r_{az}}{r}}{i_{HЖ}^2 \left\{ 1 - \left[\frac{(r_{az} - r)}{r} \right] \frac{\left(\frac{4}{\pi} - 2 \sin \beta \right)}{A - \frac{4}{\pi}} \right\} - 1} \quad (4.45)$$

де $r_{az} = \frac{d_{az}}{2} = \frac{63,82}{2} = 31,91 \text{ мм}$ – радіус кола вершин гнучкого колеса;

$r = \frac{mZ}{2} = \frac{208 \cdot 0,3}{2} = 31,2 \text{ мм}$ – радіус ділильного кола гнучкого колеса.

$$A = \sin \beta + \left(\frac{\pi}{2} - \beta \right) \cos \beta \quad (4.46)$$

$$B = \frac{0,375T_2}{E \cdot b_{\omega} \cdot S_1} \quad (4.47)$$

Тоді:

$$A = \sin 25 + \left(\frac{\pi}{2} - \frac{25}{180} \pi \right) \cos 25 = 1,450792;$$

$$B = \frac{0,375 \cdot 66850}{2,1 \cdot 10^5 \cdot 10 \cdot 0,7} = 0,0171 \text{ мм};$$

$$\omega_o = \frac{31,91 + 0,5(0,0432 + 0,01728) \cdot \left(\frac{104 \cdot 31,91}{31,2 - 1} \right) + \frac{0,0171 \cdot 104 \cdot 31,91}{31,2}}{104 \left\{ 1 - \left[\frac{(31,91 - 31,2)}{31,2} \right] \frac{\left(\frac{4}{\pi} - 2 \sin 25 \right)}{1,450792 - \frac{4}{\pi}} \right\} - 1} = 0,3808 \text{ мм}.$$

Знайдене значення відповідає рекомендованим.

4.6.5 Визначення геометрії зубців жорсткого колеса

Коефіцієнт зміщення жорсткого колеса:

$$x_{жс} = x_2 + \frac{a_0}{m} - 1 \quad (4.48)$$

$$x_{жс} = 1,71 + \frac{0,3808}{0,3} - 1 = 1,9793.$$

При нарізанні зубів довбачем по ГОСТ 10059-80[4] приймаємо $Z_{0ж} = 132$ та $h_{a0}^* = 1,35$. При цьому з урахуванням висоти зуба довбача на $m = 0,3$ мм $d_{a0} = 39,99$ (мм).

Коефіцієнт зміщення довбача по формулі 17 [11] дорівнює $x_0 = -0,7$.

Знайдемо кут зачеплення в статичному зачепленні з довбачем:

$$\text{inv}\alpha_{\omega 0} = 2 \left(\frac{x_{жс} - x_0}{Z_{жс} - Z_0} \right) \text{tg}\alpha + \text{inv}\alpha \quad (4.49)$$

Тоді:

$$\text{inv}\alpha_{\omega 0} = 2 \left(\frac{1,9793 + 0,7}{210 - 132} \right) \text{tg} 20 + \text{inv} 20 = 0,0399$$

$$\alpha_{\omega 0} = 27,35 \text{ град.}$$

Визначаємо міжосьову відстань в статичному зачепленні:

$$\alpha_{\omega 0} = \frac{0,3(210 - 132) \cdot \cos 20^\circ}{2 \cdot \cos 27,35} = 12,38 \text{ мм.}$$

Діаметр впадин жорсткого колеса:

$$d_{fжс} = 2(a_{\omega 0} + 0,5d_{a0}) \quad (4.50)$$

Тоді:

$$d_{fжс} = 2(12,38 + 0,5 \cdot 39,99) = 64,75 \text{ мм.}$$

По рекомендаціям висота зуба жорсткого колеса $h_{жс} = h_2 = 0,15 \text{ мм}$, тоді діаметр вершин жорсткого колеса:

$$d_{ажс} = d_{аз} + 2a_0 - 2h_{жс} \quad (4.51)$$

$$d_{ажс} = 63,82 + 2 \cdot 0,3808 - 2 \cdot 0,21 = 64,16 \text{ мм.}$$

Ширина западин жорсткого колеса (4.38):

Так як:

$$\cos \alpha_{фжс} = \frac{m \cdot Z \cdot \cos \alpha}{d_{фжс}} = \frac{0,3 \cdot 210 \cdot \cos 20}{64,16} = 0,923,$$

Тоді:

$$\alpha_{фжс} = 22,68^{\circ}.$$

$$S_{фжс} = 64,16 \left[\frac{\pi}{2 \cdot 210} + \frac{2 \cdot 1,9793 \cdot \text{tg } 20}{210} + \text{inv } 20 - \text{inv } 22,68 \right] = 0,46 \text{ мм.}$$

4.6.6 Перевірка на відсутність інтерференції на перехідних кривих

Для перевірки визначаємо діаметри кіл граничних точок:

$$\cos \alpha_{a0} = \frac{mZ_0 \cos \alpha}{d_{a0}} \quad (4.52)$$

$$\cos \alpha_{a0} = \frac{0,3 \cdot 132 \cdot \cos 20}{39,99} = 0,93053 \Rightarrow \alpha_{a0} = 21,48^{\circ}.$$

Використаємо формула для визначення α_i при нарізанні зубців
довбачем:

$$tg\alpha_i = tg\alpha_{o0} \mp \frac{Z_0}{Z} (tg\alpha_{a0} - tg\alpha_{o0}) \quad (4.53)$$

Для гнучкого колеса:

$$tg\alpha_{i_2} = tg 22,02 - \frac{132}{208} (tg 21,48 - tg 22,02) = 0,41 \Rightarrow \alpha_{i_2} = 22,36^{\circ}.$$

Для жорсткого колеса:

$$tg\alpha_{i_{жк}} = tg 27,35 + \frac{132}{210} (tg 21,48 - tg 27,35) = 0,44 \Rightarrow \alpha_{i_{жк}} = 23,72^{\circ}.$$

Визначаємо діаметри кіл граничних точок:

$$d_{ii} = \frac{m \cdot Z_i \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha_{ii}} \quad (4.54)$$

Для гнучкого колеса:

$$d_{i_2} = \frac{0,3 \cdot 208 \cdot \cos 20}{\cos 22,36} = 63,4 \text{ мм}$$

Для жорсткого колеса:

$$d_{i_{жк}} = \frac{0,3 \cdot 210 \cdot \cos 20}{\cos 23,72} = 64,67 \text{ мм}.$$

Визначимо з нерівностей:

- для гнучкого колеса:

$$d_{a2} \leq d_{lж} - 2\omega_{HO} \Rightarrow 63,82 < 64,67 - 2 \cdot 0,3808 = 63,91 \text{ мм};$$

- для жорсткого колеса:

$$d_{aж} \geq d_{l2} + 2\omega_O \Rightarrow 63,82 > 63,4 - 2 \cdot 0,3808 = 62,64 \text{ мм}.$$

Умова виконується.

4.6.7 Визначення зазорів при зачепленні

Визначаємо кут φ_a входу в зачеплення під навантаженням по умові рівності координат вершин зубців жорсткого та гнучкого коліс:

$$r_{aж} \cos\left(\frac{2\pi \cdot \psi}{Z_0}\right) - r = (r_{a2} + \omega_H - \delta - \delta_{ko} \cos \varphi) \cos \varphi_{ж} - r \quad (4.55)$$

Враховуючи складну залежність ω_H від кута φ_a , кут φ_a можна визначити тільки методом послідовних наближень. Рівняння можна спростити з достатньою для практики точністю, якщо знехтувати відносно малої величини $\delta_{ko} \cos \varphi$ і на малість кутів $\left(\frac{2\pi}{Z_{ж}}\right)\psi$ і $\varphi_{ж}$ прийняти значення косинусів рівним одиниці. При цьому отримуємо:

$$\omega_H = r_{a2} - r_{aж} + \delta \quad (4.56)$$

$$\omega_H = 63,82 - 64,16 + 0,0432 = -0,2968 \text{ мм};$$

$$\frac{\omega_H}{\omega_O} = \frac{-0,2968}{0,3808} = -0,7794.$$

В таблиці 7.3 [11] значенню $\frac{\omega_H}{\omega_{HO}}$ відповідає $\varphi_a = 69,62^\circ = 1,22 \text{ рад}$.

З тієї ж таблиці вибираємо $V_H = -0,7749 \text{ мм}$ та $\theta_H = 0,214097$.

$$\varphi_b = \frac{\frac{\pi}{2} - \varphi_a}{i_{нж}^2} \quad (4.57)$$

$$\varphi_b = \frac{\left(\frac{\pi}{2} - 0,23\right)}{104} = 0,01289 \text{ рад}.$$

Визначаємо окремі складові колового переміщення:

$$a = \delta \left(\frac{r_{a2}}{r} \varphi_a + \varphi_b \right) \quad (4.58)$$

$$a = 0,0432 \left(\frac{32,105}{31,2} \cdot 0,23 + 0,01289 \right) = 0,01078 \text{ мм};$$

при подвійному перевантаженні:

$$\delta'_{KO} = \delta_{KO} \cdot \sqrt[3]{2^2} \quad (4.59)$$

$$\delta'_{KO} = 0,0123 \cdot \sqrt[3]{2^2} = 0,0195 \text{ мм};$$

$$b = \delta_{KO} (\sin \varphi_a + \varphi_b \cdot \sin \varphi_a)$$

$$b = 0,0195 (\sin 13,19 + 0,01289 \cdot \sin 13,19) = 4,51 \cdot 10^{-3} \text{ мм.}$$

Кругові переміщення V_p від розтягу гнучкого колеса можуть бути виражені приблизною залежністю:

$$V_p = \frac{0,375 T_2}{E \cdot b_\omega \cdot S_1} \left(\varphi_a + 2 \cos \frac{\varphi_a}{2} - 2 \right) \quad (4.60)$$

$$V_p = \frac{0,375 \cdot 40000}{2,15 \cdot 10^5 \cdot 10 \cdot 0,7} \left(0,23 + 2 \cos \frac{13,19}{2} - 2 \right) = 2,16 \cdot 10^{-3} \text{ мм};$$

$$V_{a2} = V_H + (r_{a2} - r) \theta_H - (r_{a2} + \omega_H) \varphi_b + a + b + \frac{r_{a2}}{r} V_p; \quad (4.61)$$

$$V_{a2} = -0,08428 + (32,105 - 31,2) 0,214097 - (32,105 + 0,3432) 0,01289 + \\ + 0,01078 + 0,00451 + \frac{32,105}{31,2} 0,00216 = -0,29127 \text{ мм.}$$

Товщина евольвентних зубців:

$$d_{bi} = m \cdot Z_i \cdot \cos \alpha; \quad (4.62)$$

$$d_{b2} = 0,3 \cdot 208 \cdot \cos 20 = 58,637 \text{ мм};$$

$$d_{b\text{вк}} = 0,3 \cdot 210 \cdot \cos 20 = 59,201 \text{ мм};$$

$$\cos \alpha_{a_2} = \frac{d_{b_2}}{d_{a_2}} = \frac{58,637}{64,21} = 0,913 \Rightarrow \alpha_{a_2} = 24,05^{\circ};$$

$$\cos \alpha_{a_{жс}} = \frac{d_{b_{жс}}}{d_{a_{жс}}} = \frac{59,201}{63,91} = 0,926 \Rightarrow \alpha_{a_2} = 22,13^{\circ};$$

$$S_{ai} = d_{ai} \left(\frac{\pi}{2Z_i} \pm \frac{2x_i \cdot \operatorname{tg} \alpha}{Z_i} \pm \operatorname{inv} \alpha \mp \operatorname{inv} \alpha_{a_2} \right); \quad (4.63)$$

де верхній знак для зовнішніх, а нижній для внутрішніх зубців.

Тоді:

$$S_{a_2} = 64,21 \left(\frac{\pi}{2 \cdot 208} + \frac{2 \cdot 1,7078 \cdot \operatorname{tg} 20}{208} + \operatorname{inv} 20 - \operatorname{inv} 24,05 \right) = 0,1142 \text{ мм};$$

$$S_{a_{жс}} = 63,91 \left(\frac{\pi}{2 \cdot 210} - \frac{2 \cdot 1,9298 \cdot \operatorname{tg} 20}{210} - \operatorname{inv} 20 + \operatorname{inv} 22,13 \right) = 0,4180 \text{ мм}.$$

Зазор у вершини зуба гнучкого колеса:

$$J_{ai} = \left(|V_{ai}| - \frac{S_{ai} + S_{fi}}{2} \right) \cos \alpha_{ai}; \quad (4.64)$$

$$J_{a_2} = \left(|-0,29127| - \frac{0,1142 + 0,4678}{2} \right) \cos 24,05 = 2,47 \cdot 10^{-4} \text{ мм}.$$

По рекомендаціям приймаємо деякі характеристики гнучкого колеса:

$$l = 50 \text{ мм}, \quad a_1 = 2,5 \text{ мм}, \quad b_1 = b_2 = \frac{b_{\omega}}{2} = 5 \text{ мм}, \quad l_1 = l - (a_1 + b_1) = 42,5 \text{ мм}.$$

Сумарне переміщення в контурі АВ:

$$\omega = \omega_H - \delta - \delta_{KO} \cdot \cos \varphi; \quad (4.65)$$

$$V = V_H - \delta \cdot \varphi - \delta_{KO} \cdot \sin \varphi + V_p; \quad (4.66)$$

$$\omega = 0,3432 - 0,0432 - 0,0123 \cdot \cos 13,19 = 0,288 \text{ мм};$$

$$V = -0,08428 - 0,0432 \cdot 0,23 - 0,0123 \cdot \sin 13,19 + 0,00216 = -0,09486 \text{ мм}.$$

Сумарний приріст зазорів по торцям:

$$J_{V\omega n} = -\frac{b_n}{l_1} (V \cdot \cos \alpha_{ae} + \omega \cdot \sin \alpha_{ae}); \quad (4.67)$$

де n – індекс, що визначає передню і задню торцеву поверхню. $n=1; 2$.

$$J_{V\omega 1} = J_{V\omega 2} = -\frac{5}{42,5} (-0,09486 \cdot \cos 24,05 + 0,288 \cdot \sin 24,05) = -3,62 \cdot 10^{-3} \text{ мм}.$$

Приріст зазору по передньому та задньому торцеві зубців:

$$J_{kp n} = \pm \frac{T_2 \cdot b_n}{2\pi \cdot G \cdot r^2 \cdot S_1}; \quad (4.68)$$

Тоді:

$$J_{kp 1} = \frac{40000 \cdot 5}{2\pi \cdot 80000 \cdot 31,2^2 \cdot 0,7} = 5,84 \cdot 10^{-4} \text{ мм};$$

$$J_{kp2} = -\frac{40000 \cdot 5}{2\pi \cdot 80000 \cdot 31,2^2 \cdot 0,7} = -5,84 \cdot 10^{-4} \text{ мм.}$$

Сумарний зазор по передньому торцю зубців:

$$J_{a21} = J_{a2} + J_{V\omega1} + J_{kp1}; \quad (4.69)$$

$$J_{a21} = 2,47 \cdot 10^{-4} - 3,62 \cdot 10^{-3} + 5,84 \cdot 10^{-4} = -2,789 \cdot 10^{-3} \text{ мм.}$$

Сумарний зазор по задньому торцю зубців:

$$J_{a22} = J_{a2} + J_{V\omega2} + J_{kp2}; \quad (4.70)$$

$$J_{a22} = 2,47 \cdot 10^{-4} - 3,62 \cdot 10^{-3} - 5,84 \cdot 10^{-4} = 3,957 \cdot 10^{-3} \text{ мм.}$$

4.6.8 Розрахунок міцності гнучкого колеса

Розрахунок міцності проводимо за методикою наведеною в [6].

Визначаємо амплітудні напруження згину в гнучкому колесі:

$$\sigma_{ta} = \frac{5Y_z \cdot E \cdot S_1 \cdot \omega_0}{d^2}; \quad (4.71)$$

де Y_z - коефіцієнт впливу зубів;

$$Y_z = \frac{1}{1 - K_s \left[1 - \left(\frac{S_1}{S_1 + h_p} \right)^3 \right]} \quad (4.72)$$

тут $K_s = \frac{S_{fz}}{p} = \frac{S_{fz}}{\pi \cdot m}$ - поправочний коефіцієнт;

$h_p = 0,35m = 0,35 \cdot 0,3 = 0,105$ мм – висота еквівалентного зуба;

$$K_s = \frac{0,4675}{\pi \cdot 0,3} = 0,496;$$

Визначимо коефіцієнт впливу зубів:

$$Y_z = \frac{1}{1 - 0,496 \left[1 - \left(\frac{0,7}{0,7 + 0,105} \right)^3 \right]} = 1,205;$$

$$\sigma_{ia} = \frac{5 \cdot 1,205 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 0,7 \cdot 0,3808}{62^2} = 87,73 \text{ МПа}$$

Знайдемо середнє напруження згину:

$$\sigma_m = 0,1\sigma_{ia}$$

(4.73)

$$\sigma_m = 0,1 \cdot 87,73 = 8,77 \text{ МПа.}$$

Розраховуємо напруження розтягу:

$$\sigma_p = \frac{0,9T_2}{d \cdot b_\omega \cdot S_1}; \quad (4.74)$$

$$\sigma_p = \frac{0,9 \cdot 66850}{62 \cdot 10 \cdot 0,7} = 138,62 \text{ МПа.}$$

Амплітудні і середні нормальні напруження:

$$\sigma_{pa} = \sigma_{pm} = \frac{\sigma_p}{2}; \quad (4.75)$$

$$\sigma_{pa} = \sigma_{pm} = \frac{138,62}{2} = 69,31 \text{ МПа.}$$

Визначаємо дотичні напруження:

$$\tau = \frac{C_\tau \cdot E \cdot S_1^{0,5} \cdot \omega_0}{d^{1,5}} + \frac{T_2}{d^2 \cdot S_1}; \quad (4.76)$$

де C_τ - коефіцієнт вибирається з таблиці 14.1 [6]:

$$\frac{S_1}{d} = \frac{0,7}{62} = 0,011 \Rightarrow C_\tau = 0,517;$$

$$\tau = \frac{0,517 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 0,7^{0,5} \cdot 0,3808}{62^{1,5}} + \frac{66850}{62^2 \cdot 0,7} = 95,7 \text{ МПа.}$$

Розраховуємо коефіцієнт що впливає на напруження через конструктивні параметри зачеплення:

$$K_{KP} = 1 + \left[0,03 \left(\frac{T_H}{T_2} \right)^{0,2} - \frac{0,001}{\psi_{bd}^2} + \frac{0,05}{\psi_L^{0,23}} \right] K_{KT}. \quad (4.77)$$

Приймаємо $\psi_L = 1$ та $K_{KT} = 1$, а номінальний крутний момент:

$$T_H = 2,28 \cdot 10^{-4} \cdot D^3 \cdot \left(\frac{i_{H2}^{ж} - 10}{80} \right)^{0,45} = 2,28 \cdot 10^{-4} \cdot 62^3 \cdot \left(\frac{100 - 10}{80} \right)^{0,45} = 57,23 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$K_{KП} = 1 + \left[0,03 \left(\frac{57,23}{66,85} \right)^{0,2} - \frac{0,001}{0,15^2} + \frac{0,05}{1^{0,23}} \right] \cdot 1 = 1,035.$$

Визначаємо максимальні нормальні напруження з урахуванням $K_{KП}$:

$$\sigma_{\max} = K_{KП} (1,1\sigma_{ta} + \sigma_p); \quad (4.78)$$

$$\sigma_{\max} = 1,035(1,1 \cdot 87,73 + 138,62) = 243,35 \text{ МПа}.$$

Знайдемо сумарні амплітудні і середні напруження з урахуванням $K_{KП}$:

$$\sigma_a = K_{KП} (\sigma_{ta} + \sigma_{pa}); \quad (4.79)$$

$$\sigma_m = K_{KП} (\sigma_m + \sigma_{pm}); \quad (4.80)$$

$$\sigma_a = 1,035(87,73 + 69,31) = 162,53 \text{ МПа};$$

$$\sigma_m = 1,035(8,77 + 69,31) = 80,81 \text{ МПа}.$$

Визначаємо максимальні дотичні напруження:

$$\tau_{\max} = K_{KП} \cdot \tau; \quad (4.81)$$

$$\tau_{\max} = 1,035 \cdot 95,7 = 99,05 \text{ МПа}.$$

Розраховуємо амплітудні і середні дотичні напруження:

$$\tau_a = 0,45 \cdot \tau_{max}; \quad (4.82)$$

$$\tau_m = 0,55 \cdot \tau_{max}; \quad (4.83)$$

$$\tau_a = 0,45 \cdot 99,05 = 44,57 \text{ МПа};$$

$$\tau_m = 0,55 \cdot 99,05 = 54,48 \text{ МПа}.$$

Встановлюємо ефективний коефіцієнт концентрації напружень:

$$K_\sigma = 1 + 0,4K_R \cdot \sqrt{h_3}; \quad (4.84)$$

$$K_\tau = 1 + 0,6(K_\sigma - 1); \quad (4.85)$$

де $h_3 = h_2$ - висота зуба гнучкого колеса;

K_R - коефіцієнт впливу радіуса спряження контуру зуба з лінією його западини:

$$K_R = \frac{1}{R^{0,5}} (R + 0,1) / (R + 0,2); \quad (4.86)$$

$$R = m \cdot \left[\frac{(h_a^* + c^* - x_2 - \rho_{a0}^*)^2}{h_a^* + c^* - x_2 - \rho_{a0}^* + 0,5 \cdot Z_2} \right] + \rho_{a0}^* \cdot m; \quad (4.87)$$

де $\rho_{a0}^* = \frac{\rho_{a0}}{m} = \frac{0,21}{0,3} = 0,7$ - коефіцієнт радіуса округлення зубців

інструменту;

$$R = 0,3 \cdot \left[\frac{(0,35 + 0,35 - 1,71 - 0,7)^2}{0,35 + 0,35 - 1,71 - 0,7 + 0,5 \cdot 208} \right] + 0,7 \cdot 0,3 = 0,22 ;$$

$$K_R = \frac{1}{0,22^{0,5}} (0,22 + 0,1) / (0,22 + 0,2) = 1,62$$

$$K_\sigma = 1 + 0,4 \cdot 1,62 \cdot \sqrt{0,21} = 1,3$$

$$K_\tau = 1 + 0,6(1,3 - 1) = 1,18 .$$

Знайдемо коефіцієнт запасу втомленої міцності гнучкого колеса:

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} ; \quad (4.88)$$

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{K_\sigma \cdot \sigma_a + \psi_\sigma \cdot \sigma_m} ; \quad (4.89)$$

$$S_\tau = \frac{\tau_{-1}}{K_\tau \cdot \tau_a + \psi_\tau \cdot \tau_m} . \quad (4.90)$$

Границя витривалості матеріалу гнучкого колеса становить:

$$\sigma_{-1} \approx (0,55 - 0,0001\sigma_B) \cdot \sigma_B = (0,55 - 0,0001 \cdot 1100) \cdot 1100 = 484 \text{ МПа};$$

$$\tau_{-1} = (0,5 \dots 0,6) \sigma_{-1} = 0,55 \cdot 484 = 266,2 \text{ МПа}.$$

Значення коефіцієнтів ψ_σ та ψ_τ для сталі 30ХГСА приймаємо $\psi_\sigma = 0,2$;
 $\psi_\tau = 0,1$.

Тоді:

$$S_\sigma = \frac{484}{1,3 \cdot 162,53 + 0,2 \cdot 80,81} = 2,13;$$

$$S_\tau = \frac{266,2}{1,18 \cdot 44,57 + 0,1 \cdot 54,48} = 4,59;$$

$$S = \frac{2,13 \cdot 4,59}{\sqrt{2,13^2 + 4,59^2}} = 1,93.$$

Умова виконується.

Перевіряємо статичну міцність гнучкого колеса по еквівалентним напруженням при перевантаженні:

$$\sigma_{екв.} = \sqrt{\sigma_{\max}^2 + 4 \cdot \tau_{\max}^2} \leq [\sigma]; \quad (4.91)$$

де $[\sigma] = \frac{\sigma_T}{(1,3 \dots 1,8)} = \frac{850}{1,5} = 566,67 \text{ МПа}$ – границя міцності;

$$\sigma_{екв.} = \sqrt{243,35^2 + 4 \cdot 95,7^2} = 309,6 < 566,67 \text{ МПа}.$$

Умова виконується.

4.7 Розрахунок і конструювання основних складових механізму повороту

4.7.1 Розрахунок тихохідного валу

Попередній розрахунок валу при відсутності даних про згинаючі моменти виконуємо за формулою:

$$d_m = K_m \cdot \sqrt[3]{T_m} \quad (4.92)$$

де $K_m = \sqrt[3]{(0,2 \cdot [\tau_{кр}])^{-1}}$ - інтегрований коефіцієнт, який враховує момент опору перерізу вала при крученні та знижені значення допустимої напруги на кручення ($[\tau_{кр}] = 12 \dots 35 \text{ МПа}$) для всіх марок сталей; T_m – обертальний (крутний) момент на валу. При попередньому визначенні діаметрів окремих ділянок валів приймаємо значення K_m за рекомендаціями.

Визначаємо діаметральні розміри ділянок швидкохідного вала за формулами, згідно конструктивної схеми вала (Рис. 4.7).

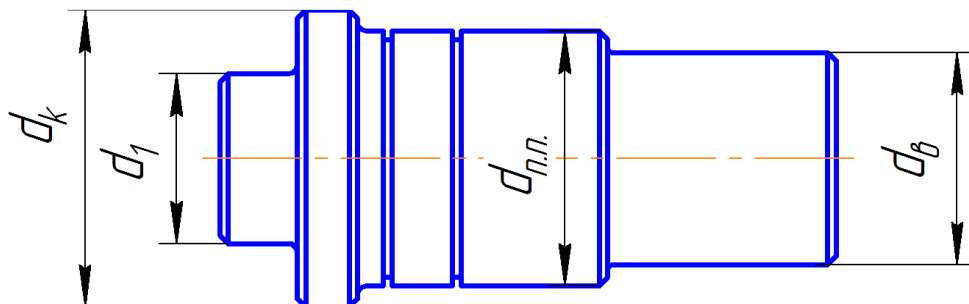


Рисунок 4.7 – Конструктивна схема вала

Діаметр вихідного кінця вала розраховуємо наближено з розрахунку на міцність при крученні за зниженими допустимими напруженнями:

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{66,85 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 25}} = 23,73 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо вихідний кінець вала $d_0 = 25 \text{ мм}$.

Діаметр вала $d_{n.n.}$ під манжету:

$$d_{n.n.} = d_{\text{в}} + 5 = 25 + 5 = 30 \text{ мм.}$$

Діаметр d_K упорної поверхні під гнучке колесо:

$$d_K = d_{n.n.} + 5 = 30 + 5 = 35 \text{ мм.}$$

Діаметр d_I під гнучке колесо визначається далі.

4.7.2 Конструктивні розміри елементів корпусу і кришки механізму повороту

Товщина стінок корпусу:

$$\delta = 1,8 \sqrt[4]{T_2} \quad (4.93)$$

$$\delta = 1,8 \sqrt[4]{66,85} = 5,15 \text{ мм.}$$

Приймаємо $\delta = 6 \text{ мм.}$

Товщина фланців корпусу:

$$b = 1,5 \cdot \delta \quad (4.94)$$

$$b = 1,5 \cdot 6 = 9 \text{ мм.}$$

Діаметри болтів, які кріплять корпус до електродвигуна, було прийнято М8 з конструктивних особливостей електродвигуна, виконаємо перевірку:

$$d = 1,25 \sqrt[3]{T_2}; \quad (4.95)$$

$$d = 1,25 \sqrt[3]{66,85} = 5,07 \text{ мм.}$$

Умову виконано.

4.7.3 Розрахунок профілю кулачка генератора

Приймаємо:

$$\omega_{OK} = \omega_o = 0,3808 \text{ мм};$$

$$\Delta\omega_{\max} = -0,02 \cdot \omega_{HO} = -0,02 \cdot 0,3808 = -7,616 \cdot 10^{-3} \text{ мм}.$$

За допомогою таблиці 7.3 [1] розраховуємо ω_φ . При $\omega_0 = \omega_{OK}$ розраховуємо ω_φ в межах $\varphi = 0 \dots 90^\circ$ через кожні 5° , дані розрахунку занесемо до таблиці 4.3.

Радіус кулачка генератора:

$$\rho_z = 0,5d + \omega_\varphi \quad (4.96)$$

Таблиця 4.3 – Профіль кулачка генератора

φ , град	$\omega_\varphi / \omega_{OK}$	ω_φ , мм	ρ_z , мм
0	1	0,3808	22,8808
5	0,98967	0,376866	22,87687
10	0,94802	0,361006	22,86101
15	0,88289	0,336205	22,8362
20	0,79137	0,301354	22,80135
25	0,67338	0,256423	22,75642
30	0,5297	0,20171	22,70171
35	0,36623	0,13946	22,63946
40	0,18992	0,072322	22,57232
45	0,00756	0,002879	22,50288
50	-0,17461	-0,06649	22,43351
55	-0,35049	-0,13347	22,36653

60	-0,51466	-0,19598	22,30402
65	-0,66228	-0,2522	22,2478
70	-0,78909	-0,30049	22,19951
75	-0,89144	-0,33946	22,16054
80	-0,96662	-0,36809	22,13191
85	-1,0126	-0,3856	22,1144
90	-1,02801	-0,39147	22,10853
75	-0,89144	-0,33946	22,16054

За отриманими результатами розрахунків виконуємо проектування передавального механізму з хвильовою передачею, які наведені на складальному кресленні та 3-D моделі (рис.4.8).

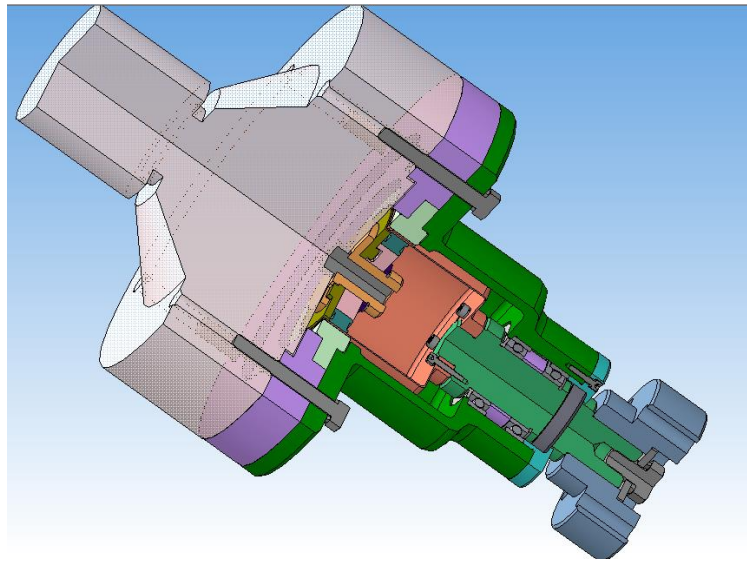


Рисунок 4.8 – 3-D модель передавального механізму з хвильовою передачею

4.8 Висновки до розділу 4

Обґрунтовано вибір конструктивної схеми захоплювального пристрою для заданих типів деталей. Проведено розрахунок конструкції захоплювального пристрою, який можна використати як змінний робочий орган робота на операціях фрезерної обробки групи деталей з трьох одиниць.

Проведені розрахунки на міцність елементів захоплювального пристрою. Визначено основні конструктивні параметри та виконано його проектування. Розраховано основні конструктивні параметри силового пневмоциліндра. Проведено проектування передавального механізму з хвильовою передачею для механізму повороту кисті руки маніпулятора. Виконано розрахунок та конструювання основних складових механізму повороту.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою проведення комерційного та технологічного аудиту є підвищення продуктивності виготовлення виробів на фрезерному верстаті з ЧПК шляхом автоматизації процесів для транспортно-завантажувальних операцій.

Для проведення технологічного аудиту було залучено 3-х незалежних експертів Вінницького національного технічного університету кафедри галузевого машинобудування: к.т.н., проф. Обертюх Р. Р., к.т.н., доц. Слабкий А. В., к.т.н., доц. Бакалець Д. В.

Для проведення технологічного аудиту було використано таблицю 4.1 [1] в якій за п'ятибальною шкалою використовуючи 12 критеріїв здійснено оцінку комерційного потенціалу.

Таблиця 5.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива 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

продовження табл. 5.1

5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних 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
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 пові-домлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Таблиця 5.2 – Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів СБ, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0-10	Низький
11-20	Нижче середнього
21-30	Середній
31-40	Вище середнього
41-48	Високий

В таблиці 5.3 наведено результати оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки.

Таблиця 5.3 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Слабкий А.В	Обертюх Р.Р	Бакалець Д.В.
	Бали, виставлені експертами		
1	2	2	3
2	2	3	2
3	2	2	2
4	3	3	3
5	3	2	3
6	3	3	3
7	3	3	3
8	3	3	3
9	2	3	3
10	3	3	3
11	3	3	3
12	2	4	3
Сума балів	СБ ₁ =31	СБ ₂ =34	СБ ₃ =34
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{31+34+34}{3} = 33$		

Середньоарифметична оцінка, отримана на основі експертних висновків, становить 33 бали, і згідно з таблицею 4.3, це вказує на вищий рівень комерційного потенціалу результатів проведених досліджень.

Результатом магістерської роботи є робот маніпулятор, який буде використовуватися в зв'язці з ЧПК верстатом для автоматизації завантаження і розвантаження. використовувати його буде оператор верстата з ЧПК.

Проведемо оцінку якості і конкурентоспроможності нової розробки порівняно з аналогом.

В якості аналога для розробки було обрано загрузка і розгрузка деталей працівником. Основними недоліками аналога є не практичність, також до недоліків можна віднести обмеженість у використанні.

У розробці дана проблема вирішується шляхом автоматизації виробництва, також система випереджає аналог за такими параметрами як швидка зміна деталей, автоматизація процесу завантаження і розвантаження.

В таблиці 5.5 наведені основні техніко-економічні показники аналога і нової розробки.

Проведемо оцінку якості продукції, яка є найефективнішим засобом забезпечення вимог споживачів та порівняємо її з аналогом.

Таблиця 5.5 – Основні параметри нової розробки та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий (товар-конкурент)	Новий (інноваційне рішення)		
1	2	3	4	5
Кількість оброблювальних деталей	6	6	1	12
Маса дет., кг	0,48	0,48	1	13
Тривалість процесу обробки, хв	9	8,5	1,06	20
Кількість установок деталей	2	2	1	12
Кількість деталей в групі	3	3	1	13
Механізація операцій	вручну	роботом	-	-
Тривалість циклу обробки, хв	11	9	1,22	25

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру за формулами (5.1) та (5.2) і занесемо їх у відповідну колонку табл. 5.6.

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}} \quad (5.1)$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}} \quad (5.2)$$

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

$$q_1 = \frac{6}{6} = 1;$$

$$q_2 = \frac{0,48}{0,48} = 1;$$

$$q_3 = \frac{9}{8,5} = 1,06;$$

$$q_4 = \frac{2}{2} = 1;$$

$$q_5 = \frac{3}{3} = 1;$$

$$q_6 = \frac{11}{9} = 1,22$$

Відносний рівень якості нової розробки визначаємо за формулою:

$$K_{\text{я.в.}} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (5.3)$$

$$K_{\text{я.в.}} = 1 \cdot 0,12 + 1 \cdot 0,13 + 1,06 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,12 + 1 \cdot 0,13 + 1,22 \cdot 0,25 = 1,02$$

Відносний коефіцієнт показника якості нової розробки більший одиниці, отже нова розробка якісніший базового товару-конкурента.

Наступним кроком є визначення конкурентоспроможності товару. Конкурентоспроможність товару є головною умовою конкурентоспроможності підприємства на ринку і важливою основою прибутковості його діяльності.

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця. Такими характеристиками найчастіше вважають нормативні та технічні параметри, а також ціну придбання та вартість споживання товару.

В табл. 5.6 наведено технічні та економічні показники для розрахунку конкурентоспроможності нової розробки відносно товару-аналога, технічні дані взяті з попередніх розрахунків.

Таблиця 5.6 – Нормативні, технічні та економічні параметри нової розробки і товару-виробника

Показники	Варіанти	
	Базовий (товар- конкурент)	Новий (інноваційне рішення)
1	2	3
1. Нормативно-технічні показники		
Кількість оброблювальних деталей	6	6
Маса дет., кг	0,48	0,48
Тривалість процесу обробки, хв	9	8,5
Кількість установок деталей	2	2
Кількість деталей в групі	3	3
Тривалість циклу обробки, хв	11	9
2. Економічні показники		
Ціна придбання, грн.	478000	470000

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення (К) з урахуванням вищезазначених груп показників можна визначити за формулою:

$$K = \frac{I_{m.n.}}{I_{e.n.}}, \quad (5.4)$$

де $I_{m.n.}$ – індекс технічних параметрів; $I_{e.n.}$ – індекс економічних параметрів.

Індекс технічних параметрів є відносним рівнем якості інноваційного рішення. Індекс економічних параметрів визначається за формулою (5.5)

$$I_{e.n.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Hei}}{\sum_{i=1}^n P_{Bei}}, \quad (5.5)$$

де P_{Hei} , P_{Bei} – економічні параметри (ціна придбання та споживання товару) відповідно нового та базового товарів.

$$I_{e.n.} = \frac{470000}{478000} = 0,98;$$

$$K = \frac{1,02}{0,98} = 1,04.$$

Зважаючи на розрахунки, можна зробити висновок, що нова розробка буде конкурентоспроможніше, ніж конкурентний товар.

5.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи групуються за такими статтями: витрати на оплату праці, витрати на соціальні заходи, матеріали, паливо та енергія для науково-виробничих цілей, витрати на службові відрядження, програмне забезпечення для наукових робіт, інші витрати, накладні витрати.

1. Основна заробітна плата кожного із дослідників Z_0 , якщо вони працюють в наукових установах бюджетної сфери визначається за формулою:

$$Z_0 = \frac{M}{T_p} * t \text{ (грн)} \quad (5.6)$$

де M – місячний посадовий оклад конкретного розробника (інженера, дослідника, науковця тощо), грн.;

T_p – число робочих днів в місяці; приблизно $T_p \approx 21...23$ дні;

t – число робочих днів роботи дослідника.

Для розробки автоматизації процесу завантаження заготовок на фрезерний три координатний верстат з ЧПК, яка інтенсифікує процес перемішування робочого середовища необхідно залучити інженера з посадовим окладом 9000 грн. Кількість робочих днів у місяці складає 21, а кількість робочих днів інженера складає 60. Зведемо сумарні розрахунки до таблиця 5.7.

Таблиця 5.7 – Заробітна плата дослідника в науковій установі бюджетної сфери

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату грн.
Керівник	18000	818,2	5	4091
Інженер	9000	409,1	60	24545
Всього				28636

2. Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) за відповідними найменуваннями робіт розраховують за формулою:

3.

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (5.7)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн/год;

t_i – час роботи робітника на виконання певної роботи, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду C_i можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_C}{T_p \cdot t_{3M}}, \quad (5.8)$$

де M_M – розмір прожиткового мінімуму працездатної особи або мінімальної місячної заробітної плати (залежно від діючого законодавства), грн;

K_i – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду;

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.

T_p – середня кількість робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 21 \dots 23$ дні;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

Таблиця 5.8 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника, грн
1. Підготовчі	2	1	1	38,1	76,1
2. Монтажні	3	3	1,35	51,4	154,2
3. Складальні	2	5	1,7	64,7	129,4
4. Налаштовувальні	6	2	1,1	41,9	251,3
5. Випробувальні	3	4	1,5	57,1	171,3
Всього					782,3

3. Розрахунок додаткової заробітної плати робітників

Додаткова заробітна плата Z_d всіх розробників та робітників, які приймали участь в розробці нового технічного рішення розраховується як 10 - 12 % від основної заробітної плати робітників.

На даному підприємстві додаткова заробітна плата начисляється в розмірі 11% від основної заробітної плати.

$$Z_d = (Z_o + Z_p) * \frac{H_{\text{дод}}}{100\%} \quad (5.9)$$

$$Z_d = 0,11 * (28636 + 782,3) = 3236,05 \text{ (грн)}$$

4. Нарахування на заробітну плату $H_{\text{ЗП}}$ дослідників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи, розраховуються за формулою (4.10):

$$H_{\text{ЗП}} = (Z_o + Z_p + Z_d) * \frac{\beta}{100} \text{ (грн)} \quad (5.10)$$

де Z_o – основна заробітна плата розробників, грн.;

Z_d – додаткова заробітна плата всіх розробників та робітників, грн.;

Z_p – основну заробітну плату робітників, грн.;

β – ставка єдиного внеску на загальнообов’язкове державне соціальне страхування, % .

Дана діяльність відноситься до бюджетної сфери, тому ставка єдиного внеску на загальнообов’язкове державне соціальне страхування буде складати 22%, тоді:

$$H_{\text{ЗП}} = (28636 + 782,3 + 3236,05) * \frac{22}{100} = 7184,04 \text{ (грн)}$$

5. Сировина та матеріали.

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби й предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій та витрачені на проведення досліджень за прямим призначенням згідно з нормами їх витрачання, а також витрачені придбані напівфабрикати, що підлягають монтажу або виготовленню й додатковій обробці в цій організації,

чи дослідні зразки, що виготовляються виробниками за документацією наукової організації.

Витрати на матеріали (М) у вартісному вираженні розраховуються окремо для кожного виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{i=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{i=1}^n V_j \cdot C_{vj}, \quad (5.11)$$

де H_j – норма витрат матеріалу j -го найменування, кг;

n – кількість видів матеріалів;

C_j – вартість матеріалу j -го найменування, грн/кг;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$);

V_j – маса відходів j -го найменування, кг;

C_{vj} – вартість відходів j -го найменування, грн/кг.

Проведені розрахунки зведені в таблицю 4.9.

Таблиця 5.9 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Вартість витраченого матеріалу, грн
Фарба для принтера GT-51 black	500	0,05	25
Гідравлічна олива Fork Oil Expert Medium	422	1	422
УНІВЕРСАЛЬНЕ МАСТИЛО (СОЛІДОЛ) YUKO	200	0,1	20
Всього			467
З врахуванням коефіцієнта транспортування			513,7

6. Витрати комплектуючі K , що були використані під час виконання даного етапу роботи, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$K = \sum_{i=1}^n N_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad (5.12)$$

де N_i – кількість комплектуючих i -го виду, шт.;

C_i – покупна ціна комплектуючих i -го найменування, грн.;

K_i – коефіцієнт транспортних витрат (1,1...1,15).

Таблиця 5.10 – Комплектуючі, щовикористані на розробку

Найменування	Ціна за одиницю, грн.	Витрачено	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Шланг гідравлічний	2	599	1198
Шприц для змащування	1	350	350
З врахуванням коефіцієнта транспортування			1702,80

7. Амортизація обладнання, комп'ютерів та приміщень, які використовувались під час виконання даного етапу роботи

Дані відрахування розраховують по кожному виду обладнання, приміщенням тощо.

$$A = \frac{C \cdot T}{T_{кор} \cdot 12} \quad [грн], \quad (5.13)$$

де C – балансова вартість даного виду обладнання (приміщень), грн.;

$T_{кор}$ – час користування;

T – термін використанн яобладнання (приміщень), цілі місяці.

Згідно пункта 137.3.3 Податкового кодекса амортизація нараховується на основні засоби вартістю понад 2500 грн. В нашому випадку для написання магістерської роботи використовувався персональний комп'ютер вартістю 17000 грн.

$$A = \frac{17000 \cdot 1}{2 \cdot 12} = 708,33$$

Таблиця 5.11 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
1. Ноутбук	17000	2	2	708,33
2. Принтер	4500	2	1	83,33
Всього				791,67

8. До статті «Паливо та енергія для науково-виробничих цілей» відносяться витрати на всі види палива й енергії, що безпосередньо використовуються з технологічною метою на проведення досліджень.

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yt} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{впi}}{\eta_i} \quad (5.14)$$

де W_{yt} – встановлена потужність обладнання на певному етапі розробки, кВт;

t_i – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

C_e – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн;

$K_{впi}$ – коефіцієнт, що враховує використання потужності, $K_{впi} < 1$;

η_i – коефіцієнт корисної дії обладнання, $\eta_i < 1$.

Для написання магістерської роботи використовується персональний комп'ютер для якого розрахуємо витрати на електроенергію.

$$B_e = \frac{0,25 \cdot 150 \cdot 7,5 \cdot 0,5}{0,8} = 175,78$$

9. Службові відрядження.

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуються як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$V_{\text{CB}} = (Z_o + Z_p) * \frac{H_{\text{CB}}}{100\%}, \quad (5.15)$$

де H_{CB} – норма нарахування за статтею «Службові відрядження».

$$V_{\text{CB}} = 0,2 * (28636 + 782,3) = 5883,73$$

10. Накладні (загальновиробничі) витрати $V_{\text{НЗВ}}$ охоплюють: витрати на управління організацією, оплата службових відряджень, витрати на утримання, ремонт та експлуатацію основних засобів, витрати на опалення, освітлення, водопостачання, охорону праці тощо. Накладні (загальновиробничі) витрати $V_{\text{НЗВ}}$ можна прийняти як (100...150)% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які виконували дану МКНР, тобто:

$$V_{\text{НЗВ}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{НЗВ}}}{100\%}, \quad (5.16)$$

де $H_{\text{НЗВ}}$ – норма нарахування за статтею «Інші витрати».

$$V_{\text{НЗВ}} = (28636 + 782,3) \cdot \frac{200}{100\%} = 58837,32 \text{ грн}$$

Сума всіх попередніх статей витрат дає витрати, які безпосередньо стосуються даного розділу МКНР

$$V = 28636 + 782,3 + 3236,05 + 7184,04 + 513,7 + 1702,80 + 791,67 + 175,78 + 5883,73 + 58837,32 = 107743,77 \text{ грн}$$

Прогнозування загальних втрат ЗВ на виконання та впровадження результатів виконаної МКНР здійснюється за формулою:

$$ЗВ = \frac{В}{\eta}, \quad (5.17)$$

де η – коефіцієнт, який характеризує стадію виконання даної НДР.

Оскільки, робота знаходиться на стадії науково-дослідних робіт, то коефіцієнт $\beta = 0,5$.

Звідси:

$$ЗВ = \frac{107743,77}{0,5} = 215487,53 \text{ грн.}$$

5.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки

У даному підрозділі кількісно спрогнозуємо, яку вигоду, зиск можна отримати у майбутньому від впровадження результатів виконаної наукової роботи. Розрахуємо збільшення чистого прибутку підприємства $\Delta\Pi_i$, для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки, за формулою

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta C_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\nu}{100}\right) \quad (5.18)$$

де ΔC_o – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році.

N – основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

ΔN – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки:

Π_0 – основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки;

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

l – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. Ставка податку на додану вартість дорівнює 20%, а коефіцієнт $l = 0,8333$.

p – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. $p = 0,25$;

x – ставка податку на прибуток. У 2023 році – 18%.

Припустимо, що при впровадженні результатів наукової розробки підвищується продуктивність виготовлення виробів на фрезерному верстаті з ЧПК. Припустимо, що ціна від зросте на 5000 грн. Кількість одиниць реалізованої продукції також збільшиться: протягом першого року на 100 шт., протягом другого року – на 60 шт., протягом третього року на 50 шт. Реалізація продукції до впровадження розробки складала 1 шт., а її ціна до 470000 грн. Розрахуємо прибуток, яке отримає підприємство протягом трьох років.

$$\begin{aligned} \Delta\Pi_1 &= [5000 \cdot 1 + (470000 + 5000) \cdot 100] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) \\ &= 8115112,9 \text{ грн.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta\Pi_2 &= [5000 \cdot 1 + (470000 + 5000) \cdot (100 + 60)] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) \\ &= 12987814 \text{ грн.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta\Pi_3 &= [5000 \cdot 1 + (470000 + 5000) \cdot (100 + 60 + 50)] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \\ &\cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) = 17044943 \text{ грн.} \end{aligned}$$

5.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Розрахуємо основні показники, які визначають доцільність фінансування наукової розробки певним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених інвестицій та термін їх окупності.

Розрахуємо величину початкових інвестицій PV , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки.

$$PV = k_{\text{інв}} \cdot 3B, \quad (5.19)$$

$k_{\text{інв}}$ – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію. Це можуть бути витрати на підготовку приміщень, розробку технологій, навчання персоналу, маркетингові заходи тощо ($k_{\text{інв}} = 2 \dots 5$).

$$PV = 3 \cdot 215487,53 = 646462,59$$

Розрахуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій $E_{\text{абс}}$ згідно наступної формули:

$$E_{\text{абс}} = (ПП - PV) \quad (5.20)$$

де $ПП$ – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство від реалізації результатів наукової розробки, грн.;

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (5.21)$$

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

T – період часу, протягом якою виявляються результати впровадженої НДДКР, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,2;

t – період часу (в роках).

$$ПП = \frac{8115112,9}{(1 + 0,2)^1} + \frac{12987814}{(1 + 0,2)^2} + \frac{17044943}{(1 + 0,2)^3} = 25045297,55 \text{ грн.}$$

$$E_{abc} = (25045297,55 - 646462,59) = 25045297,55 \text{ грн.}$$

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

Розрахуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій E_e . Для цього користуються формулою:

$$E_e = \sqrt[T_{ж}] \left(1 + \frac{E_{abc}}{PV} \right) - 1, \quad (5.22)$$

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

$$E_e = \sqrt[3] \left(1 + \frac{25045297,55}{646462,59} \right) - 1 = 3,89 = 389\%$$

Визначимо мінімальну ставку дисконтування, яка у загальному вигляді визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (5.23)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2022 році в Україні $d = (0,14 \dots 0,2)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05 \dots 0,1)$.

$$\tau_{\min} = 0,18 + 0,05 = 0,23$$

Так як $E_g > \tau_{\min}$ то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки.

Розрахуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_g} \quad (5.24)$$

$$T_{ок} = \frac{1}{3,89} = 0,3 \text{ роки}$$

Так як $T_{ок} \leq 3...5$ -ти років, то фінансування даної наукової розробки в принципі є доцільним.

5.5 Висновки до економічного розділу

Результати здійсненого технологічного аудиту вказують на високий рівень комерційного потенціалу автоматизації процесу завантаження заготовок на фрезерний трикоординатний верстат із числовим програмним керуванням (ЧПК), який перевищує середній рівень. У порівнянні з аналогічним виробом виявлено, що нова розробка вищої якості і більш конкурентоспроможна, як з технічних, так і економічних позначень.

Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи по кожній з статей витрат складе 107743,77 грн. Загальна ж величина витрат на виконання та впровадження результатів даної НДР буде складати 215487,53 грн.

Вкладені інвестиції в даний проект окупляться через 3 місяці при прогнозованому прибутку 25045297,55 грн. за три роки.

6. ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

На працівника під час розробки автоматизації процесу завантаження заготовок на фрезерний трикоординатний верстат з ЧПК 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;
- пряма і відбита блискість;
- підвищення яскравість;
- недостатня освітленість робочої зони;

.2. Психофізіологічні:

- статичне перевантаження;
- розумове перевантаження;
- емоційні перевантаження.

Відповідно до наведених факторів здійснюємо планування щодо безпечного виконання роботи.

6.1. Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

Розглянемо деякі вимоги безпеки при роботі на фрезерному верстаті.

Перед початком роботи необхідно:

- Одягнути спецодяг, застібнути його на всі гудзики. Заховати волосся під головний убір

- Перевірити наявність і надійність захисних засобів, заземлення, занулення з корпусом верстата.

- Надійно закріпити фрезу і деталь, яка оброблюється.

- Перед самим початком роботи необхідно надіти захисні окуляри.

Під час роботи необхідно плавно підводити фрезу до деталі, яка обробляється та користуватись ключами, що відповідають гайкам і головкам гвинтів.

Під час роботи забороняється:

- нахилити голову близько до фрези;

- передавати і приймати предмети через обертові частини верстата;

- допускати вихід з-під фрези великої стружки,

- зупиняти верстат, гальмуючи вал рукою;

- відходити від верстата, не вимкнувши його.

Перед вимиканням верстата необхідно відвести деталь від фрези. У випадку вимкнення струму в мережі потрібно негайно вимкнути станок. Після закінчення роботи треба відвести деталь і вимкнути електродвигун. Прибрати стружку з верстата за допомогою щітки, а з пазів гачком. Не здувати стружку ротом і не змійте рукою. Протерти і змастити верстат. Привести у порядок інструмент та індивідуальні засоби захисту.

При організації робочого місця проектувальника за ПК були дотримані наступні основні умови:

– оптимальне розміщення обладнання, що входить до складу робочого місця;

– достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи і переміщення;

– необхідно природне і штучне освітлення для виконання поставлених завдань;

– рівень акустичного шуму не повинен перевищувати допустимого значення.

Площа приміщення на одне робоче місце користувача повинна становити 6 м^2 , а об'єм не менше ніж 20 м^3 .

Головними елементами робочого місця проектувальника за ПК є письмовий стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи. Раціональне планування робочого місця передбачає чіткий порядок і сталість розміщення предметів, засобів праці і документації. Те, що потрібно для виконання робіт частіше, розташовано в зоні легкої досяжності робочого простору.

Максимальна зона досяжності рук – це частина моторного поля робочого місця, обмеженого дугами, що описуються максимально витягнутими руками при русі їх у плечовому суглобі.

Оптимальна зона – частина моторного поля робочого місця, обмеженого дугами, описуваними передпліччя при русі в ліктьових суглобах з опорою в точці ліктя і з відносно нерухомим плечем.

При роботі в положенні сидячи рекомендуються такі параметри робочого простору:

- ширина не менше 700 мм;
- глибина не менше 400 мм;
- висота робочої поверхні столу над статтю 700-750 мм.

Оптимальними розмірами столу є:

- висота 710 мм;
- довжина столу 1300 мм;
- ширина столу 650 мм.

Під робочою поверхнею повинно бути передбачено простір для ніг:

- висота не менше 600 мм;
- ширина не менше 500 мм;
- глибина не менше 400 мм.

Робочі місця з ПК повинні бути розташовані від стіни з вікнами на відстані не менш ніж 1,5 м, від інших стін - на відстані не менше ніж 1 м. При

розміщенні робочого місця поряд з вікном кут між екраном монітора і площиною вікна повинен складати не менше 90° (для виключення відблисків), частину вікна, що прилягає, бажано зашторити. Недопустиме розташування ПК, при якому працюючий повернений обличчям або спиною до вікон кімнати або до задньої частини ПК, в яку монтуються вентилятори. При розміщенні робочих столів з ПК слід дотримуватись таких відстаней: між бічними поверхнями ПК – 1,2 м, від тильної поверхні одного ПК до екрана іншого ПК – 2,5 м.

Приміщення, де здійснювалося проектування за небезпекою ураження електричним струмом можна віднести до 1 класу, тобто це приміщення без підвищеної небезпеки [30].

Електротехнічне устаткування: апаратури, кабелі й керівництва, розподільні пристрої всіх видів і напруг по своїх номінальних параметрах задовольняє умовам роботи як при нормальних режимах, так і при коротких замиканнях, перенапругах, перевантаженнях.

Для забезпечення безпеки встановлюються наступні технічні рішення:

- Забезпечено недоступність струмопровідних частин (застосована схована проводка, кабель прокладений у спеціальних ринвах).
- Забезпечено ізолювання струмопровідних частин з використанням ізоляції, опір якої не нижче 1кОм/В , передбачені постійний контроль і профілактика ізоляції.
- Розподільні шафи, пускові пристрої й клемні коробки закритого типу (розміщуються в спеціальних кожухах) - для забезпечення недоступності неізольованих струмопровідних частин.
- Напруга освітлювальної мережі приймається 220 В із заземленою нейтраллю.

6.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1. Мікроклімат

Робота розробника за енерговитратами відноситься до категорії I а (енерговитрати до 139Дж/с) [31]. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл.6.1.

Таблиця 6.1 – Параметри мікроклімату

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

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні передбачено:

1. У холодний період року для обігріву будівлі використовується централізована парова система опалення.
2. Забезпечення допустимих метеорологічних умов праці в приміщенні здійснюється за допомогою системи кондиціонування.
3. Систематичне (раз за зміну) вологе прибирання.

6.2.2. Склад повітря робочої зони

У сучасній техніці застосовується безліч речовин, які можуть потрапляти в повітря і становити небезпеку здоров'ю людей. Залежно від ступеня токсичності, фізико-хімічних властивостей, шляхів проникнення в організм, санітарні норми встановлюють гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони виробничих приміщень, перевищення яких неприпустиме.

В приміщенні, де здійснюється проектування 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

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

Стан освітлення виробничих приміщень відіграє важливу роль і для попередження виробничого травматизму. Багато невгасних випадків на виробництві стається через погане освітлення. Втрати від цього становлять досить значні суми, а, головне, людина може загинути або стати інвалідом. Раціональне освітлення повинно відповідати таким умовам: бути достатнім (відповідним нормі); рівномірним; не утворювати тіней на робочій поверхні; не засліплювати працюючого; напрямок світлового потоку повинен відповідати зручному виконанню роботи. Це сприяє підтримці високого рівня працездатності, зберігає здоров'я людини та зменшує травматизм.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [6]) при природному та сумісному освітленні зазначені у таблиці 6.3:

Таблиця 6.3 - 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 і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Дуже високої точності	В0,15 - до 0,3	II	г	великий	світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

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

6.2.4. Виробничий шум

Постійна дія сильного шуму може не лише негативно вплинути на слух, але й викликати інші шкідливі наслідки – дзвін у вухах, запаморочення, головний біль, підвищення втоми, зниження працездатності.

Шум має акумулятивний ефект, тобто акустичні подразнення, накопичуючись в організмі людини, все сильніше пригнічують нервову систему. Тому перед втратою слуху від впливу шумів виникає функціональний розлад центральної нервової системи. Особливо шкідливий вплив шуму позначається на нервово-психічній діяльності людини.

Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку відображені в ДСН 3.3.6.037-99 [31]. Для умов виконання роботи допустимі рівні звукового тиску повинні наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 6.4 – 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

Працюючи за комп'ютером, користувач підпадає під вплив високочастотного електромагнітного поля (ЕМП). Як показують результати вимірювання електромагнітного випромінювання, інтенсивність опромінення ЕМП від комп'ютера підсилюється, коли одночасно оператор ще й розмовляє по мобільному телефону.

Люди, які працюють в ЕМП, що перевищує допустимі норми, швидко втомлюються, скаржаться на головні болі, загальну слабкість, болі в ділянці серця. Вони стають дратівливими, у них збільшується пітливість та порушується нічний сон. Відтак, захист від ЕМВ не лише покращить самопочуття працівників, але і допоможе створити більш сприятливі умови для праці.

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: для дорослих користувачів	20кВ / м
для дітей дошкільних установ і що вчать середніх спеціальних і вищих навчальних закладів	15кВ / м

Для зниження дії цих видів випромінювання рекомендується застосовувати монітори із зниженим рівнем випромінювання, встановлювати захисні екрани, а також дотримуватися регламентованих режимів праці та відпочинку.

6.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи РЕС ЧПК в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

6.3.1 Дія електромагнітних випромінювань на радіоелектронні системи

У елементній базі радіоелектронної системи (РЕС) під впливом іонізуючих випромінювань можлива зміна майже усіх експлуатаційних і електричних характеристик, що залежить від проходження процесів іонізації і порушення будови матеріалів.

Під час електромагнітного імпульсу можуть спостерігатись високі імпульси напруг і струмів у провідниках і кабелях зв'язку, електропередач, автоматичних систем управління і систем обчислювальних машин, антенах радіостанцій та ін [1].

6.3.2 Дослідження стійкості роботи РЕС ЧПК в умовах дії електромагнітного імпульсу

Початкові дані: $E_B = 12$ кВ/м; $U_{жс} = 380 \pm 5\%$ В; $l_\Gamma = 1,2$ м; $l_B = 0,2$ м.

Як критерій стійкості роботи РЕА в цих умовах приймаємо коефіцієнт безпеки:

$$K_\epsilon = 20 \lg \frac{U_\delta}{U_{\epsilon(z)}} \geq 40 \text{ [дБ]}, \quad (6.1)$$

де U_δ – допустимі коливання $U_{жс}$, В;

$U_{\epsilon(z)}$ – напруга наведення в вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах, В.

Визначаємо горизонтальну складову напруженості електромагнітного поля за формулою

$$E_z = 10^{-3} E_\epsilon \text{ [кВ/м]}, \quad (6.2)$$

де E_B – вертикальна складова напруженості електромагнітного поля, кВ/м.

Розраховуємо вертикальну та горизонтальну напруги наведення на струмопровідних частинах РЕА за формулами:

$$U_\epsilon = E_\epsilon l_\epsilon \text{ [В]}; \quad (6.3)$$

$$U_z = E_z l_z \text{ [В]}, \quad (6.4)$$

де l_ϵ, l_z – довжини вертикальної та горизонтальної струмопровідних частин РЕА, відповідно, м.

Розраховуємо допустиме коливання напруги живлення:

$$U_{\partial} = U_{жс} + \frac{U_{жс}}{100} N \text{ [В]}, \quad (6.5)$$

де $U_{жс}$ – робоча напруга живлення, В;

N – допустимі коливання напруги, %.

Підставляючи відомі значення у формули (6.2, ..., 6.5, 6.1) одержимо

$$E_2 = 10^{-3} \cdot 12 = 0,012 \text{ (кВ/м)};$$

$$U_6 = 0,012 \cdot 1000 \cdot 0,2 = 2,4 \text{ (В)};$$

$$U_2 = 12 \cdot 1000 \cdot 1,2 = 14400 \text{ (В)};$$

$$U_{\partial} = 380 + \frac{380}{100} \cdot 5 = 399 \text{ (В)};$$

$$K_{\partial 6} = 20 \lg \frac{399}{2,4} = 175,1 \text{ (дБ)}$$

$$K_{\partial 2} = 20 \lg \frac{399}{14400} = -40,1 \text{ (дБ)}.$$

Так як ($K_{\partial 6} = 175,1$ дБ) > ($K_{\text{ном}} = 40$ дБ) і ($K_{\partial 2} = -40,1$ дБ) < ($K_{\text{ном}} = 40$ дБ), то РЕС є нестійкою до дії електромагнітного імпульсу.

6.3.3 Розробка превентивних заходів з підвищення стійкості роботи РЕС ЧПК в умовах дії НС

Найбільш ефективним способом підвищення збільшення стійкості роботи РЕС є екранування системи або її елементів. Для цього проводиться розрахунок екрану. Розраховуємо перехідне затухання енергії електричного поля сталевим екраном:

$$A = K_{\text{ном}} - K_{\text{мін}} \text{ [дБ];} \quad (6.6)$$

$$A = 40 - (-40,1) = 80,1 \text{ (дБ)},$$

де $K_{\text{ном}}$ – номінальний коефіцієнт безпеки ($K_{\text{ном}} = 40$ дБ);

$K_{\text{мін}}$ – мінімальний розрахунковий коефіцієнт безпеки.

Товщину захисного екрану знаходимо за формулою:

$$t = \frac{A}{k\sqrt{f}} \text{ [см]}; \quad (6.7)$$

$$t = \frac{80,1}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,126 \text{ (см)} = 1,26 \text{ (мм)},$$

де k – коефіцієнт, який для сталюого екрану дорівнює 5,2;

f – найбільш характерна частота, Гц ($f = 15000$ Гц).

Зростання стійкості роботи РЕС ЧПК можна досягти через посилення найбільш слабких елементів і ділянок системи, а також завчасним проведенням комплексу технологічних, інженерно-технічних та організаційних заходів, що спрямовані на максимальне зниження дії уражаючих факторів і створення умов для відновлення працездатності пристрою.

6.4 Висновки до розділу 6

Досліджено стійкість роботи РЕС ЧПК в умовах впливу загрозливих факторів підзвичайних ситуацій. З дослідження дії електромагнітного імпульсу на стійкість роботи РЕС ЧПК можна зробити висновок, що РЕС виявилася нестійкою в роботі. Застосування екранування РЕС суттєво збільшує її стійкість в умовах дії електромагнітного імпульсу.

ВИСНОВКИ

1. Обґрунтовано вибір теми магістерської кваліфікаційної роботи на підставі аналізу техніко-економічних показників аналогу та запропонованого технічного рішення.

1. Проаналізовано технологію виготовлення обойми гідравлічного насоса НШ-32 і визначено шляхи підвищення продуктивності обробки на трьохкоординатному фрезерному верстаті з ЧПК шляхом створення ГВМ з ПР для автоматизації процесу завантаження заготовок і розвантаження виробів.

2. Розроблена схема фрезерного ГВМ для обробки обойми гідравлічного насоса НШ-32 та НШ-50. Запропоновано модернізацію існуючого промислової робота шляхом розробки нового тримісного захватного пристрою, силового пристрою та механізму повороту кисті руки маніпулятора.

3. Обґрунтовано вибір конструктивної схеми захоплювального пристрою для заданих типів деталей. Проведено розрахунок конструкції захоплювального пристрою, який можна використати як змінний робочий орган промислової робота на операціях фрезерної обробки групи деталей з трьох одиниць. Визначено основні конструктивні параметри та виконано його проєктування.

4. Розраховано основні конструктивні параметри силового пневмоциліндра. Проведено проєктування передавального механізму з хвильовою передачею для механізму повороту кисті руки маніпулятора. Виконано розрахунок та конструювання основних складових механізму повороту.

5. Результати здійсненого технологічного аудиту вказують на високий рівень комерційного потенціалу автоматизації процесу завантаження заготовок на фрезерний трикоординатний верстат із числовим програмним керуванням (ЧПК), який перевищує середній рівень. У порівнянні з

аналогічним виробом виявлено, що нова розробка вищої якості і більш конкурентоспроможна як з технічних, так і економічних показників.

6. Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи по кожній з статей витрат складе 107743,77 грн. Загальна ж величина витрат на виконання та впровадження результатів цієї НДР буде складати 215487,53 грн. Вкладені інвестиції в цей проєкт окупляться через 3 місяці при прогнозованому прибутку 25045297,55 грн. за три роки.

7. Досліджено стійкість роботи РЕС ЧПК в умовах впливу загрозливих факторів надзвичайних ситуацій. З дослідження дії електромагнітного імпульсу на стійкість роботи РЕС ЧПК можна зробити висновок, що РЕС виявилася нестійкою в роботі. Застосування екранування РЕС суттєво збільшує її стійкість в умовах дії електромагнітного імпульсу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.
2. Фролов Є. А. Технологічне забезпечення оснащенням гнучких виробничих систем механообробного виробництва: навчальний посібник / Є. А. Фролов, О.І. Біловод, С.В. Попов і др. – Полтава: ПП «Аструя», 2022. 130 с.
3. Детали и механизмы роботов. Основы расчета, конструирования и технологии производства: Уч. пособие / В. С. Веселков, Г. Н. Гонтаровская, Я. П. Гонтаровский и др. под ред. Б. Б. Самотокина, - К.: Высшая шк.1980. – 343 с.
4. Спыну Г. А. Промышленные роботы. Конструирование и применение / Под. ред. В. А. Костюка – К.: Выща шк., 1991. – 176 с.
5. ДСТУ 2226-93 Автоматизовані системи. Терміни і визначення.
6. Михайлов, Є. П. Навчальний посібник з дисципліни "Маніпулятори та промислові роботи" : для студентів бакалаврів / Є. П. Михайлов, В. М. Лінгур ; Одес. нац. політехн. ун-т. - Одеса, 2019. - 233 с.
7. Ямпольский Л.С. та ін. Элементы робото технічних пристроїв і модулі ГВС: Підручник / Л.С. Ямпольський, М.М. Поліщук, М.М. Ткач; За заг. ред. Л.С. Ямпольского. – К.: Вища шк., 1992. – 431 с.: іл.
8. Иванов В. О. Технологічні основи гнучких автоматизованих виробництв : навчальний посібник / В. О. Иванов, І. М. Дегтярьов. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 203 с
9. Механика промышленных роботов: учебное пособие для вузов в 3-х томах.: / Под ред. К. В. Фролова, В. И. Воробьева М.: Высшая школа, 1985. – 394 с; 357 с; 383 с.

10. Поліщук Л. К., Верстатні комплекси. Проектування роботів та маніпуляторів. Частина 1: навчальний посібник / Поліщук Л. К. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 132 с.
11. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із дисципліни «Проектування роботів і маніпуляторів» для студентів спеціальності 7.090202.02 – «Технологія машинобудування. Проектування обладнання автоматичних виробництв» / Уклад. Л.К. Поліщук, - Вінниця: ВДТУ, 1998. – 39 с. Укр. мовою./
12. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М. Технологічні основи машинобудування: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 379 с.
13. Пуховський Є.С., Малафєєв Ю.М. Проектування гнучких виробничих систем машинобудування: Навч. посібник. Частина I. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 286 с.
14. Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва. Київ: Кондор, 2008. 726 с.
15. Ніколайчук В. М. Основи робототехніки : навч. посіб. / В. М. Ніколайчук. – Рівне : НУВГП, 2008. - 76 с.
16. Карпусь В.Є., Іванов В.О., Котляр О.В. Інтенсифікація процесів механічної обробки: монографія. Суми: СумДУ, 2012. 436 с.
17. Гнітько С.М., Бучинський М.Я., Попов С.В., Чернявський Ю.А. Технологічні машини: підручник. Київ: Видавництво Ліра-К, 2020. 258 с.
18. Попов С.В., Бучинський М.Я., Гнітько С.М., Чернявський А.М. Теорія механізмів технологічних машин: підручник. Київ: Видавництво Ліра-К, 2020. 268 с.

19. Дудюк Д.Л., Гнучке автоматизоване виробництво і роботизовані комплекси. Навчальний посібник / Д.Л. Дудюк, С.С. Мазепа, М.М. Мисик – Львів: “Магнолія 2006”, 2021. – 278 с.
20. Л.І. Цвіркун, Г. Грулер Робототехніка та мехатроніка: навч. посіб. / 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. Мотор-редукторы и редукторы. Каталог. М.: Изд. НИИ Маш, 1978. 88с.
21. Л.Є.Пелевін Синтез робототехнічних систем в машинобудуванні / [Л.Є.Пелевін, К.І. Почка, О.М. Гаркавенко та ін.]. – К.: Інтерсервіс, 2016. – 258 с.
22. Гуржій А. М. Основи автоматики та робототехніки: Навчальний посібник/ А. М. Гуржій, А. Т. Нельга, В. М. Співак, О. С. Ітякін:– Дніпро: «Гарант СВ», 2021.- 243с.
23. Павлище В. Т. Основи конструювання та розрахунку деталей машин / В. Т. Павлище: Підручник. – 2-е вид. перераб. – Львів: Афіша, 2003. – 560 с.
24. Патент США №2002157388A1 Pump-integrated flexible actuator /SETO TAKESHI, TAKAGI KUNIHICO/ Опубліковано 2002-10-31.
25. Методичні вказівки до опрацювання розділу «Безпека життєдіяльності» в дипломних проектах і роботах студентів машинобудівних спеціальностей / Уклад. О. П. Терещенко, О. В. Кобилянський. – В.: ВНТУ, 2007. – 46 с.
26. ДСТУ 3738-98 Роботи промислові. Роботизовані технологічні комплекси. Вимоги безпеки та методи випробувань.
27. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.
28. Б. Ф. Сакевич. Основи розробки питань ЦО в дипломних проектах. ВДТУ, 2001.

- 29.Кавецький. В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні : навчальний посібник / В. В. Кавецький, В. О. Козловський. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 100 с.
30. Методичні вказівки до опрацювання розділу «Безпека життєдіяльності» в дипломних проектах і роботах студентів машинобудівних спеціальностей/ Уклад. О. П. Терещенко, О. В. Кобилянський. – В.: ВНТУ, 2007. – 46 с.
31. Положення про кваліфікаційну роботу у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. О. М. Васілевський, Р. Р. Обертюх, А. В. Слабкий, Т. О. Савчук, Л. П. Громова – Вінниця : ВНТУ, 2019 – 32 с.
32. Положення про кваліфікаційні роботи / Уклад. А.О. Семенов – Вінниця : ВНТУ, 2021 – 80

Додаток А
(Обов'язковий)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЗАВАНТАЖЕННЯ ЗАГОТОВОК НА
ФРЕЗЕРНИЙ ТРИКООРДИНАТНИЙ ВЕРСТАТ З ЧПК

Затверджую
Завідувач кафедри ГМ
д.т.н., проф. Л. К. Поліщук
«16» _____ 10 _____ 2023р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на магістерську кваліфікаційну роботу
АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЗАВАНТАЖЕННЯ ЗАГОТОВОК НА
ФРЕЗЕРНИЙ ТРИКООРДИНАТНИЙ ВЕРСТАТ З ЧПК
08-62.МКР.002.00.000 ПЗ

Керівник роботи:
Завідувач кафедри ГМ
д.т.н., професор
Поліщук Л.К.
Розробив: ст. гр. 1ГМ-22м
Бронзов В. В.

1. Найменування і область застосування

Розробка призначена для використання в фрезерному гнучкому виробничому модулі для виготовлення обойми підтискної гідравлічного насосу НШ-32 та НШ-50.

2. Підстави для розробки

Індивідуальне завдання на магістерську кваліфікаційну роботу, затверджене наказом по ВНТУ № 247 від «18» вересня 2023 р.

3. Мета та призначення розробки

Метою роботи є підвищення економічності та ефективності обробки комплектуючої деталі шестеренного насоса за рахунок автоматизації процесу завантаження та розвантаження заготовок і оброблених виробів на фрезерному трикоординатному верстаті з ЧПК.

4. Джерела розробки

Розробка виконується на основі вивчення науково–технічних матеріалів відомих конструкцій. Відомі конструкції захоплювальних пристроїв, поворотних механізмів, пневмоциліндрів наведені в роботах:

1. Михайлов, Є. П. Навчальний посібник з дисципліни "Маніпулятори та промислові роботи" : для студентів бакалаврів / Є. П. Михайлов, В. М. Лінгур ; Одес. нац. політехн. ун-т. - Одеса, 2019. - 233 с.
2. Ямпольский Л.С. та ін. Елементи роботи технічних пристроїв і модулі ГВС: Підручник / Л.С. Ямпольський, М.М. Поліщук, М.М. Ткач; За заг. ред. Л.С. Ямпольського. – К.: Вища шк., 1992. – 431 с.: іл.
3. Іванов В. О. Технологічні основи гнучких автоматизованих виробництв : навчальний посібник / В. О. Іванов, І. М. Дегтярьов. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 203 с
4. Поліщук Л. К., Верстатні комплекси. Проектування роботів та маніпуляторів. Частина 1: навчальний посібник / Поліщук Л. К. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 132 с.

5. Пуховський Є.С., Малафєєв Ю.М. Проектування гнучких виробничих систем машинобудування: Навч. посібник. Частина I. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 286 с.
6. Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва. Київ: Кондор, 2008. 726 с.
7. Ніколайчук В. М. Основи робототехніки : навч. посіб. / В. М. Ніколайчук. – Рівне : НУВГП, 2008. - 76 с.
8. Карпусь В.Є., Іванов В.О., Котляр О.В. Інтенсифікація процесів механічної обробки: монографія. Суми: СумДУ, 2012. 436 с.

5. Технічні вимоги

5.1 Показники ГВМ:

- схема трикоординатного верстата з ЧПК;
- технологія обробки обойми; кількість одночасно оброблювальних деталей, шт – 6;
- кількість одночасно оброблювальних деталей в групі, шт – 3;

5.2 Вимоги до конструкції обойми:

- розміри обойми:
- діаметр, мм – 110;
- висота, мм – 76; 96.

5.3 Вимоги до надійності.

- довговічність, циклів:
2000000.
- ресурс, циклів:
2000000.

5.4 Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації.

При модернізації конструкції необхідно по можливості максимально використовувати стандартні вироби та уніфіковані деталі для різних вузлів.

6. Економічні показники.

Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи по кожній з статей витрат складе 107743,77 грн. Загальна ж величина витрат на виконання та впровадження результатів даної НДР буде складати 215487,53 грн.

Вкладені інвестиції в даний проект окупляться через 3 місяці при прогнозованому прибутку 25045297,55 грн. за три роки.

7. Стадії і етапи розробки проекту:

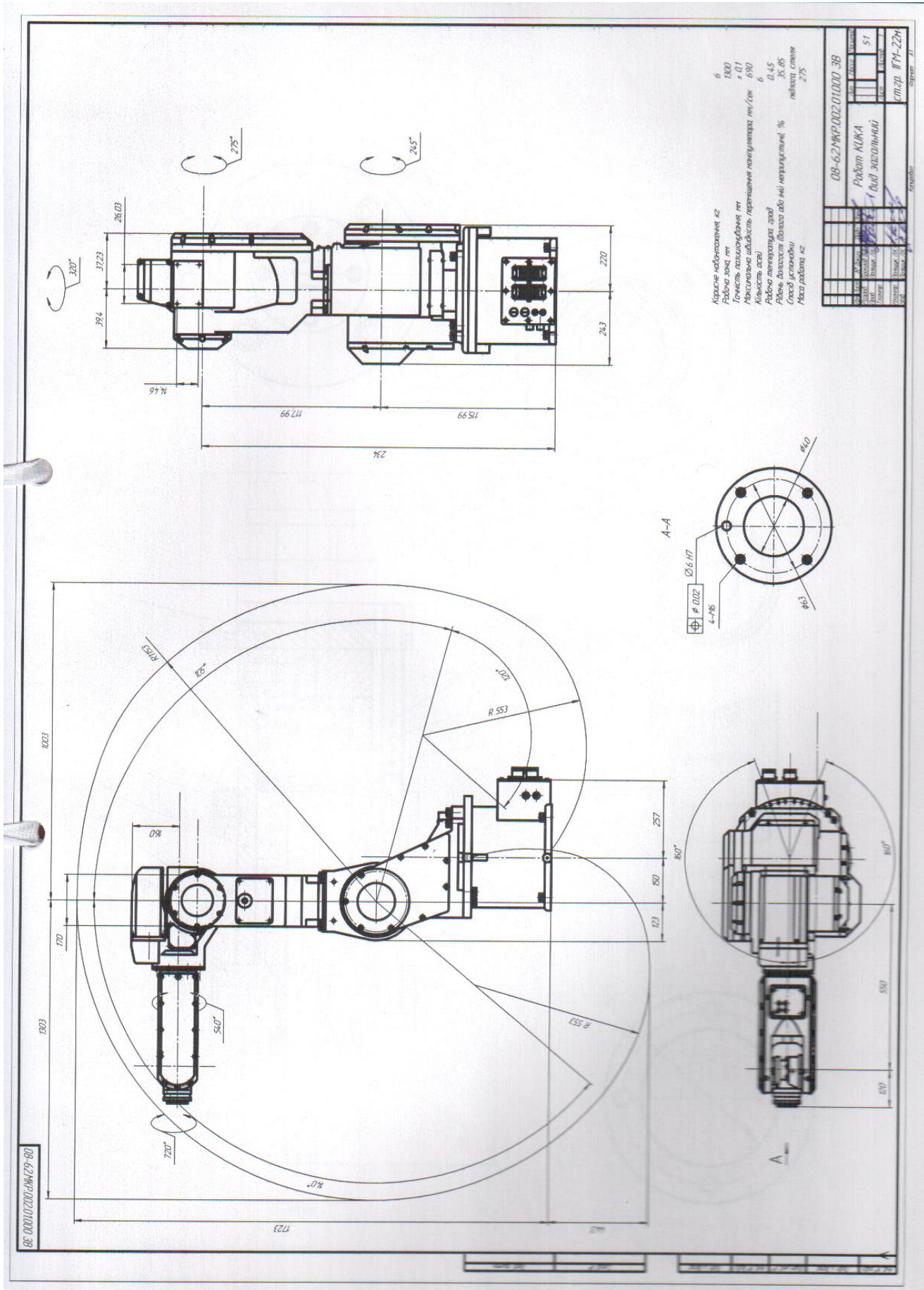
1. Постановка задачі та техніко-економічне обґрунтування теми роботи;
2. Аналіз технологічних та завантажувально-розвантажувальних операцій;
3. Розробка схеми фрезерного гнучкого виробничого модуля;
4. Розрахунково-конструкторський розділ;
5. Економічний розділ;
6. Розділ охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.
9. Порядок контролю та прийому.

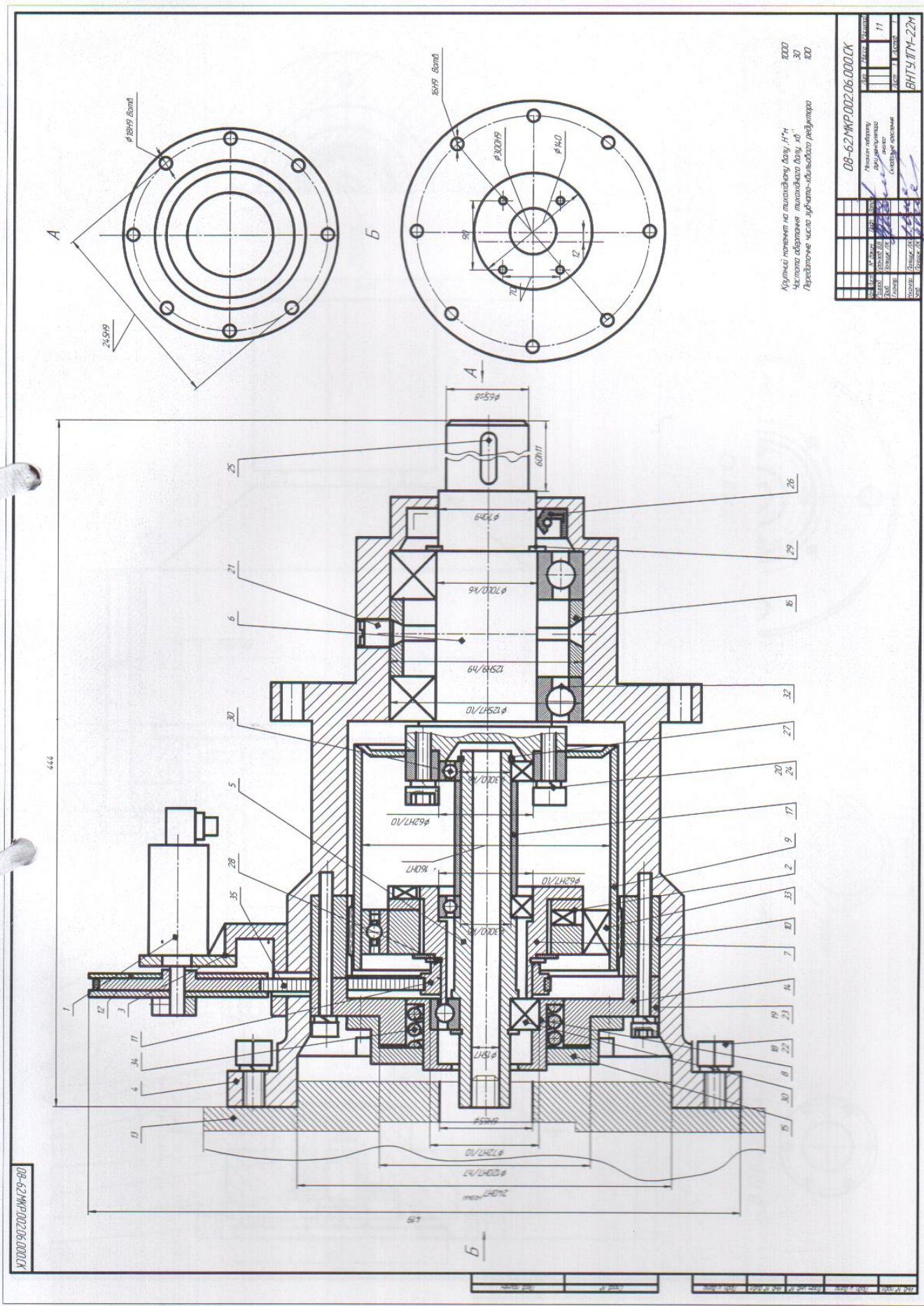
Порядок контролю та прийому магістерської кваліфікаційної роботи визначається графіком консультацій, попереднього захисту роботи, який затверджується кафедрою ГМ та остаточного захисту перед ДЕК. Корегування стадій та етапів виконання проекту може проводитись при узгодженні з керівником проекту.

Додаток Б
(Обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЗАВАНТАЖЕННЯ ЗАГОТОВОК НА
ФРЕЗЕРНИЙ ТРИКООРДИНАТНИЙ ВЕРСТАТ З ЧПК





Курский институт на транспорте Двиг. ИТМ
 Частота обработки планового дня, ч/д
 Перечисление частей зубчатых колес редуктора

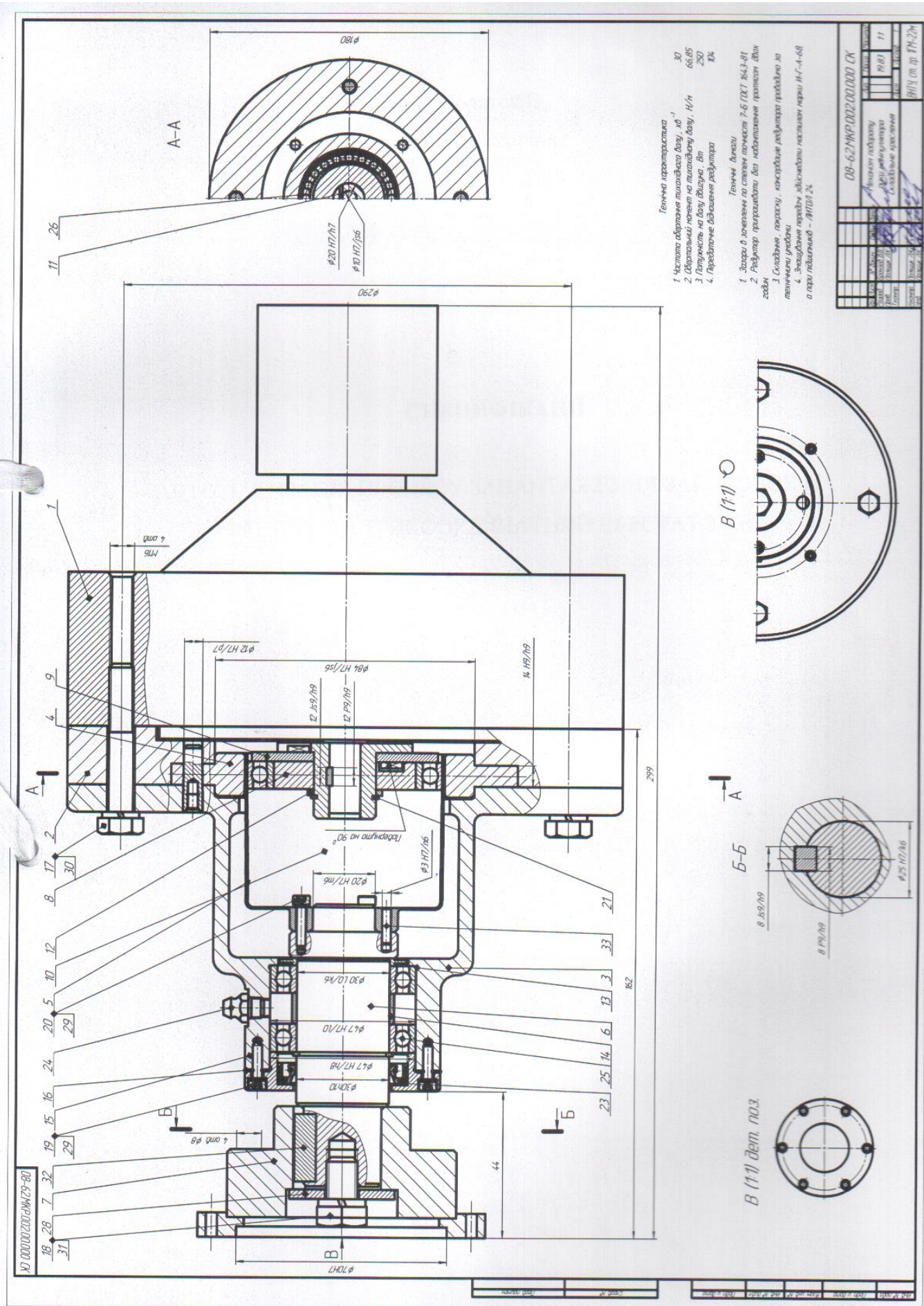
1200
 30
 120

08-62MKP.002.06.000.01

№	Дата	Исполнитель	Проверенный	Содержание
1	11			
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				

ВНТУ ИТМ-22М

08-62MKP.002.06.000.01



Додаток В
(Обов'язковий)

СПЕЦИФІКАЦІЇ

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЗАВАНТАЖЕННЯ ЗАГОТОВОК НА
ФРЕЗЕРНИЙ ТРИКООРДИНАТНИЙ ВЕРСТАТ З ЧПК**

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документація		
		A1			08-62.МКР.002.01.000СК	Складальне креслення		
						Деталі		
Справ. №			1		08-62.МКР.002.01.001	Гудьки	2	
			2		08-62.МКР.002.01.002	Шток	1	
			3		08-62.МКР.002.01.003	Підшипник ковзання	1	
			4		08-62.МКР.002.01.004	Фланець	1	
			5		08-62.МКР.002.01.005	Кожух	1	
			6		08-62.МКР.002.01.006	Вісь	2	
			7		08-62.МКР.002.01.007	Важіль	1	
			8		08-62.МКР.002.01.009	Важіль	1	
			9		08-62.МКР.002.01.011	Рейка	1	
			10		08-62.МКР.002.01.012	Підшипники	2	
			11		08-62.МКР.002.01.013	Кільце	4	
			12		08-62.МКР.002.01.014	Штифт	1	
			13		08-62.МКР.002.01.015	Штифт	2	
Взам. інв. №						Стандартні вироби		
			19			Болт ГОСТ 7798-70 М8 - 8g x 22.58	4	
			20			Гайка ГОСТ 5915-70 М 10 - 7H5	1	
Подп. и дата								
Подп. и дата								
Инв. № подл.		08-62.МКР.002.01.000						
Изм.		Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Бронзов В.В.						
Проб.		Поліщук Л.К.						
Н.контр.								
Утв.								
Захватний пристрій обойми НШ 32-50						Лист	Лист	Листов
							1	2
						ВНТУ, 1ГМ-22М		

Формат	Зона	Поз	Обозначение	Наименование	кол	Примечание
		21		Гвинт ГОСТ 1491-72 М6 x 24.88	6	
		22		Шайба ГОСТ 6402-70 665Г 02 9	2	
		23		Шайба ГОСТ 6402-70 1065Г 02 9	1	
				<u>Інші вироби</u>		
		27		Прес-маслянка	1	

Підп. і дата

Інв. № дубл.

Взам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № подл.

Ізм. Лист № докум. Подл. Дата

08-62.МКР.002.01.000

Лист
2

Копіював

Формат А4

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание					
<i>Документація</i>											
A1			08-62.МКР.002.04.000 СК	Складальне креслення							
<i>Деталі</i>											
		1	08-62.МКР.002.04.001	Гільза	1						
		2	08-62.МКР.002.04.002	Поршень	1						
		3	08-62.МКР.002.04.003	Шток	1						
		4	08-62.МКР.002.04.004	Підшипник ковзання	1						
		5	08-62.МКР.002.04.005	Кришка передня	1						
		6	08-62.МКР.002.04.006	Кришка задня	1						
		7	08-62.МКР.002.04.007	Кришка	1						
		8	08-62.МКР.002.04.008	Фланець	1						
		9	08-62.МКР.002.04.009	Фланець	1						
		10	08-62.МКР.002.04.010	Кришка	1						
<i>Стандартні вироби</i>											
		11		Болт ГОСТ 7798-70 M14-8gx80.58	4						
		12		Шпилька ГОСТ 22034-76 M14-6gx160.58	4						
		13		Гвинт ГОСТ 1492-72 M6x24.88							
08-62.МКР.002.04.000											
Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата					
Разраб.		Бронзов В.В.		<i>[Підпис]</i>							
Проб.		Поліщук Л.К.		<i>[Підпис]</i>							
Н.контр.		Поліщук Л.К.		<i>[Підпис]</i>							
Утв.		Поліщук Л.К.		<i>[Підпис]</i>							
Приводний циліндр				Лит		Лист		Листов			
						1		2			
				ВНТУ, ст. гр. 1ГМ-22М							
				Копировав				Формат А4			

		Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Перв. примен.						Документація			
	A1				08-62.МКР.002.06.00.000	Складальні одиниці			
Справ. №			1		08-62.МКР.002.06.01.000	Допвач кутового переміщення ППК-15	1		
			2		08-62.МКР.002.06.02.000	Кулачок генератора хвиль	1		
	A1		3		08-62.МКР.002.06.03.000	Кронштейн	1		
	A2					Деталі			
			5		08-62.МКР.002.06.00.001	корпус	1		
			6		08-62.МКР.002.06.00.002	вал	1		
			7		08-62.МКР.002.06.00.003	вал	1		
			8		08-62.МКР.002.06.00.004	муфта компенсуюча			
			9		08-62.МКР.002.06.00.005	стакан			
			10		08-62.МКР.002.06.00.006	звучке зубчасте колесо	1		
			11		08-62.МКР.002.06.00.007	жорстке зубчасте колесо	1		
			12		08-62.МКР.002.06.00.008	шків	1		
			13		08-62.МКР.002.06.00.009	шків	1		
			14		08-62.МКР.002.06.00.010	кришка	2		
			15		08-62.МКР.002.06.00.011	кришка			
			16		08-62.МКР.002.06.00.012	втулка			
			17		08-62.МКР.002.06.00.013	втулка	1		
Підп. і дата						Стандартні вироби			
						Болти ГОСТ 7798-70			
Взам. інв. №									
Підп. і дата			18			M12-6dX40.68	8		
			19			M14-6dX100.68	6		
					08-62.МКР.002.06.000				
Інв. № подл.	Ізм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата				
	Разраб.	Бронзов В.В.				Механізм повороту руки маніпулятора аналог	Лист	Лист	Листов
	Проб.	Поліщук ЛК.						1	2
	Нконтр.	Поліщук ЛК.					1ГМ-22М, ВНТУ		
Утв.	Поліщук ЛК.								
Копіював						Формат А4			

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документація</u>						
A1			08-62.МКР.002.00.000	Складальні одиниці		
		1	08-62.МКР.002.01.000	Давач кутового переміщення ППК-15	1	
		2	08-62.МКР.002.02.000	Кулачок генератора хвиль	1	
		3	08-62.МКР.002.03.000	Кранштейн	1	
<u>Деталі</u>						
		5	08-62.МКР.002.00.001	Корпус	1	
		6	08-62.МКР.002.00.002	Вал	1	
		7	08-62.МКР.002.00.003	Вал	1	
		8	08-62.МКР.002.00.004	Муфта компенсуюча		
		9	08-62.МКР.002.00.005	Стакан		
		10	08-62.МКР.002.00.006	Гнучке зубчасте колесо	1	
		11	08-62.МКР.002.00.007	Жорстке зубчасте колесо	1	
		12	08-62.МКР.002.00.008	Шків	1	
		13	08-62.МКР.002.00.009	Шків	1	
		14	08-62.МКР.002.00.010	Кришка	1	
		15	08-62.МКР.002.00.011	Кришка	1	
		16	08-62.МКР.002.00.012	Втулка	1	
		17	08-62.МКР.002.00.013	Втулка	1	
<u>Стандартні вироби</u>						
				Болти ГОСТ 7798-70		
		18		M12-6dX40.68	8	
		19		M14-6dX100.68	6	
08-62.МКР.002.00.000						
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Механізм повороту руки маніпулятора		
Разраб.	Бронзов В.В.	<i>В.В. Бронзов</i>				
Пров.	Поліщук Л.К.	<i>Л.К. Поліщук</i>				
Нконтр.	Поліщук Л.К.	<i>Л.К. Поліщук</i>				
Утв.	Поліщук Л.К.	<i>Л.К. Поліщук</i>		Лист	Лист	Листов
					1	2
				ВНТУ, 1ГМ-22М		

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		20		М14-6дХ100.68		
		21		Гвинт А.1-6дХ25.88.05 ГОСТ 14.78-84		
				Шайбы ГОСТ 64.02-70		
		22		16,65Г	8	
		23		12,65Г	6	
		24		14,65Г	6	
		25		Шпонка 20х18х50 ГОСТ 10748-79	1	
		26		Манжета 65х90 ГОСТ 8752-79	1	
				Кільця ГОСТ 13942-68		
		27		30	2	
		28		60	1	
		29		65	1	
				Підшипники ГОСТ 8338-75		
		30		206	3	
		31		306		
		32		314		
		33		Пружина		
		34		Пас зубчатий		
		36		Гідродвигун	1	
08-62.МКР.002.00.000						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист 2	
					Копирован	
					Формат А4	

Додаток Г
(Обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ АВТОМАТИЧНОЇ ЛІНІЇ ХОЛОДНОГО
ШТАМПУВАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОФІЛЬНОГО ВИРОБУ

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ЗАВАНТАЖУВАЛЬНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ

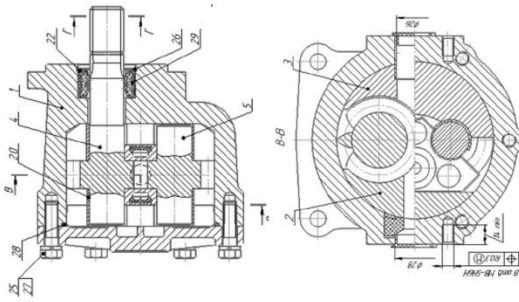


Рисунок 1 Складальне креслення насоса НШ-32

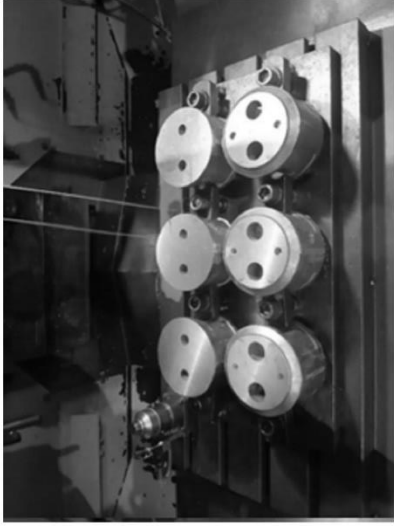


Рисунок 2 Базування та закріплення заготовок для фрезерної обробки



Рисунок 3 Виготовлення базових отворів

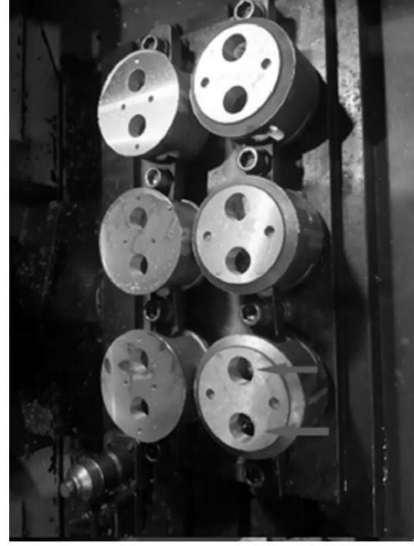
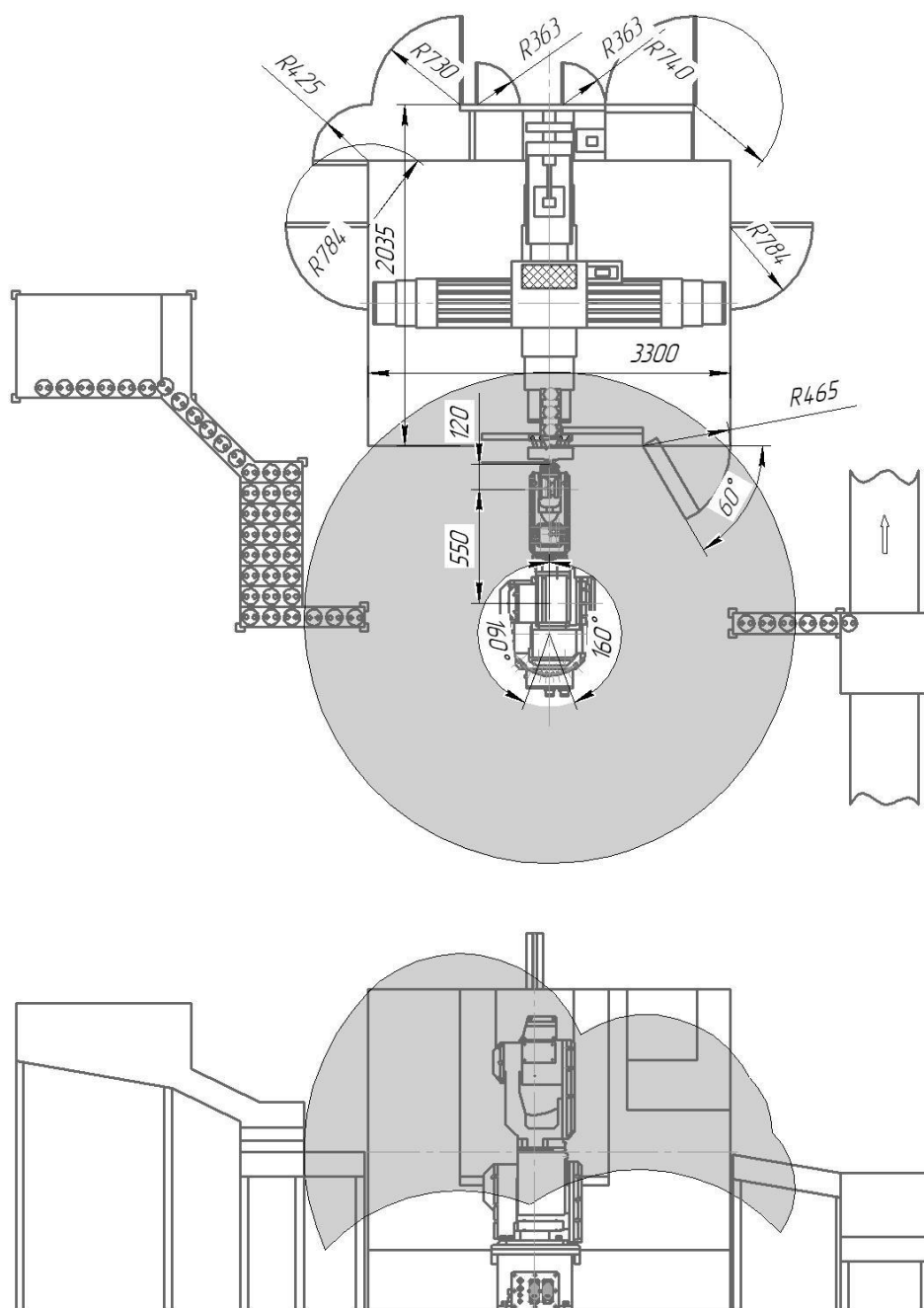
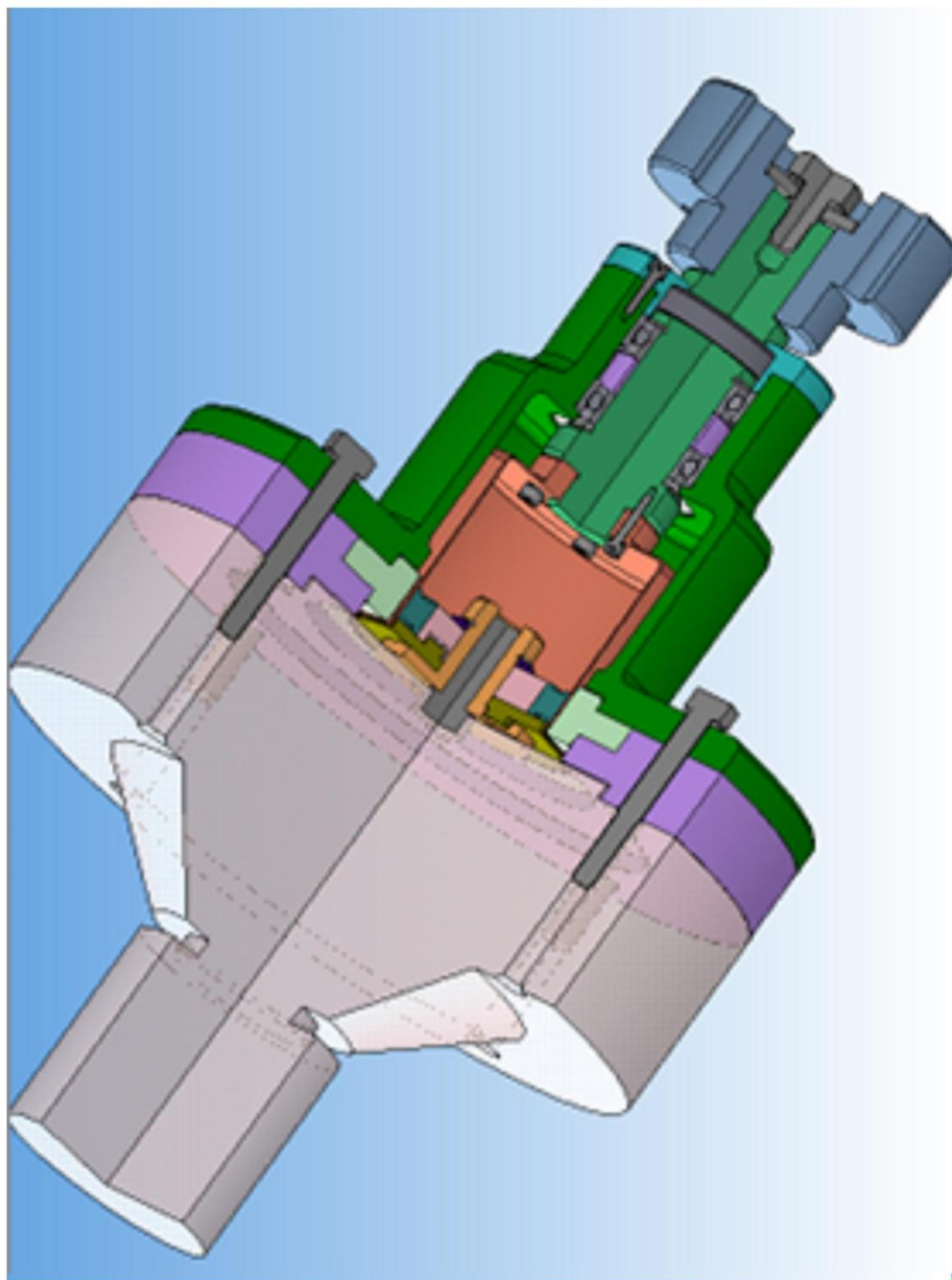


Рисунок 4 Чистова обробка опорних отворів обойми

Схема планування фрезерного гнучкого виробничого модуля



3-D модель передавального механізму з хвильовою передачею



Додаток Д
(Обов'язковий)

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

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЗАВАНТАЖЕННЯ ЗАГОТОВОК НА
ФРЕЗЕРНИЙ ТРИКООРДИНАТНИЙ ВЕРСТАТ З ЧПК**

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Автоматизація процесу завантаження заготовок на фрезерний трикоординатний верстат з ЧПК»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ Кафедра «Галузевого машинобудування», ФМТ.
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 87,7% Схожість 12,3%

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 автора. Роботу направити на доопрацювання.

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

Особа, відповідальна за перевірку _____ Шенфельд В. Й.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

Автор роботи _____ Бронзов В.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Поліщук Л.К.
(підпис) (прізвище, ініціали)