

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ
ІНСТИТУТ
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ МАШИН

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ **Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО**

(підпис) (ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2023 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 131 Прикладна механіка

на тему **Розробка пристрою для порізки прутково-трубних
заготовок**

Виконав студент групи

IV курсу, групи МВ-92

_____ **Підгорний Назар Андрійович**

_____ (прізвище ім'я по батькові)

_____ (підпис)

Керівник
проекту

_____ **проф. д.т.н. Кузнєцов Юрій Миколайович**

_____ (вчена ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

КОНСУЛЬТАНТИ:

РЕЦЕНЗЕНТ:

_____ (посада, наукова ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ - 2023

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
	A4		Завдання на дипломний проект	2	
	A4	МВ-9207 БДП 00.000.ПЗ	Пояснювальна записка	105	
	A1	МВ-9207 БДП 01.000	Компоновки та конструкції УОПЗП	1	
	A1	МВ-9207 БДП 02.000	Морфологічна модель УОПЗП	2	
	A1	МВ-9207 БДП 03.000	Синтезовані варіанти УОПЗП	1	
	A1	МВ-9207 БДП 04.000	Загальний вид УОПЗП	1	
	A1	МВ-9207 БДП 05.000	Датчик обертання	1	
	A2	МВ-9207 БДП 06.000	Датчик повороту	1	
	A2	МВ-9207 БДП 07.000	Робоче креслення «Планшайби»	1	

				МВ-9207 БДП 00.000.00		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Розробн.	Підгорний Н.А.				1	1
Керівн.	Кузнєцов Ю.М.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф.КВМ Гр.МВ-92	
Консульт.						
Н/контр.						
Зав.каф.						

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту**

на тему: **Універсальний обертально-поворотний зварювальний
пристрій**

Київ – 2023 року
Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського”
Навчально-науковий Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання машин

Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____

Спеціальність _____ **131 Прикладна механіка** _____
(код і назва)

Освітньо-професійна програма _____ **«Технології комп’ютерного**
конструювання верстатів, роботів та машин» _____

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ **Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО** _____
(підпис) (ініціали, прізвище)
“ _____ ” _____ 202_ р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Підгорному Назару Андрійовичу _____
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема проекту **УНІВЕРСАЛЬНИЙ ОБЕРТАЛЬНО-ПОВОРОТНИЙ**
ЗВАРЮВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ (УОПЗП) НА МОДУЛЬНОМУ ПРИНЦИПІ

керівник проекту _____ **Кузнецов Юрій Миколайович** _____
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від **“07” червня 2022 року № 923-с**

2. Термін подання студентом проекту до 30 травня 2023 року.

3. Вихідні дані до проекту: Напрямок розробок- аналіз відомих компоновок
УОПЗП та пошук можливостей їх удосконалення при використанні
модульного принципу.

4. Зміст пояснювальної записки. 1. Агрегатно-модульний принцип –
основний підхід при створенні технологічного обладнання (ТО) нового

покоління. 2. Патентно-інформаційні дослідження. 3. Дослідницький. 4. Конструкторський. 5. Розрахунковий

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) 1.Відомі конструкції «УОПЗП». 2.Морфологічна модель УОПЗП. 3. Синтезовані варіанти УОПЗП. 4.Блок обертальний (загальний вигляд). 5.Датчик обертання.6.Датчик повороту. 7.Робоче креслення «Планшайба» .

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: 24.01.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Патентно-інформаційні дослідження	Січень 2023	
2	Морфологічний аналіз та синтез компоновок УОПЗП	Лютий 2023	
3	Конструювання блоку обертального УОПЗП	Березень 2023	
4	Вибір системи програмного керування УОПЗП	Березень 2023	
5	Розрахункові схеми для вибору приводів обертального і поворотного блоків	Квітень 2023	
6	Переддипломна практика згідно завдання і звітування з презентацією	Травень 2023	
7	Оформлення дипломного проекту	Травень 2023	
8	Попередній захист	Червень 2023	
9	Захист	Червень 2023	

Студент _____ Підгорний Н.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту



проф. Кузнєцов Ю.М.

Анотація

Пояснювальна записка дипломного проекту на тему «Універсальний обертально-поворотний зварювальний пристрій» складається з 105 сторінок формату А4, містить 45 ілюстрацій, 4 таблиць, 4 додатки, в яких наведені специфікації з робочими креслениками. При написанні роботи було використано 16 літературних джерел і посилань.

Ключові слова: зварювання, зварювальний пристрій, поворот, обертання, морфологічний аналіз.

Abstract

Explanatory note of the diploma project on the topic "Universal rotary welding device" consists of 105 pages of A4 format, contains 45 illustrations, 4 tables, 4 appendices, which include specifications with working drawings. When writing the work, 16 literary sources and references were used.

Key words: welding, welding device, rotation, morphological analysis.

Зміст

Вступ.....	9
Розділ 1. Агрегатно-модульний принцип – основний підхід при створенні технологічного обладнання (ТО) нового покоління	12
1.1. Світові тенденції і перспективи розвитку сучасного машинобудування	13
1.2. Сутність модульного принципу	25
1.3. Приклади використання агрегатно-модульного принципу для різної техніки.....	26
Розділ 2. Патентно-інформаційні дослідження	34
2.1. Основні положення і порядок проведення патентних досліджень згідно ДСТУ 3575-97.....	34
2.2. Патентно-інформаційні дослідження по темі «УОПЗП»	36
Розділ 3. Дослідницький	59
3.1. Морфологічний аналіз – системний метод пошуку нових технічних рішень	59
3.2. Побудова морфологічної моделі УОПЗП	61
3.3. Синтез компоновок УОПЗП з написанням морфологічних і структурних формул.	63
3.4. Висновки	71

					MB92						
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата							
Розроб		Підгорний							Літера	Аркуш	Аркушів
Перев.									у	2	83
									КПІ ім. Ігоря Сікорського, НН ММІ, МВ-92		
Н. Контр.											
Утв											

Розділ 4. Конструкторський	73
4.1. Синтезовані компоновки УОПЗП з використанням модульного принципу	73
4.2. Варіант конструкторського виконання блоку обертального	74
4.3. Принцип роботи обертального блоку УОПЗП	77
Розділ 5. Розрахунковий	79
5.1. Визначення вихідних даних (Ваги заготовки)	79
5.2. Методика розрахунку блоку обертального	87
5.3. Висновки	Ошибка! Закладка не определена.
Список літератури	97
ДОДАТКИ	99

Вступ

Актуальність. Сьогодні інженери і виробники опинилися перед викликами 4-ої промислової революції (так званої Industrie 4.0). Усі провідні виробники, компанії намагаються максимально спрощувати виробничі ланцюги для досягнення максимальної продуктивності, гнучкості та екологічності.[4]

Тому налагодження нового продуктивного виробництва (зварювання) вимагає нових підходів до нього, що притаманно 4-тій промисловій революції, а саме: нових пристроїв, які виявляться більш технологічними при зменшенні участі людини, енергоефективними, заощадливими (зменшення металоємкості) та екологічними. Потрібно враховувати нові фактори та виклики при підборі, розробці та виготовленні обладнання. Саме ці вимоги, що не притаманні виробництву XX-го століття, потребують пошуку нових рішень.[4,12]

Зварювання – технологічний процес отримання нероз’ємних з’єднань двох або більше деталей, за допомогою встановлення між цими деталями міжатомних зв’язків, методом їх місцевого або загального нагрівання, пластичною деформацією або синтезом усього, а також який характеризується відносно невеликою вартістю, високою продуктивністю і досить високою механізацією процесу.

Так як процес зварювання посідає дуже значну нішу у сучасному машинобудуванні та інженерії, для нього було розроблено дуже багато пристроїв та методів. [14]

Основними та найпоширенішими методами зварювання є:

- ручне дугове зварювання;
- зварювання під флюсом;
- зварювання плавким електродом;
- зварювання неплавким електродом;
- електрошлакове зварювання;

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				9
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

- та ін.

Кожний з цих методів довгий час досліджувався та випробовувався.

В цілому процес зварювання вимагає неодноразового повороту заготовки у просторі. Саме ці рухи виробу і призвели до потреби у механізмах, які здатні автоматично орієнтувати заготовку, швидко та надійно її встановлювати, більше того, обертати її зі швидкістю зварювання. Цими завданнями і займаються універсальні обертально-поворотні зварювальні пристрої (УОПЗП).

УОПЗП застосовуються майже при всіх операціях зварювального виробництва таких як: наплавлення, складання, зварювання тощо. Саме тому вони і являються досить використовуваними у процесах зварювального виробництва, маючи безліч компоновок та конструкцій.

Ці зварювальні пристрої повинні давати можливість досить вільно переміщувати певні окремі елементи зварювальних конструкцій, забезпечувати достатню жорсткість та точність зварювання. В ідеалі вони повинні усувати деформації при зміні температури, яка є характерною для процесу зварювання. Щоб повністю механізувати процес зварювання, використовують обладнання для встановлення, обертання, нахилу виробів, що зварюються. Такими механізмами являються стенди, кантувачі та маніпулятори. Для кріплення та переміщення апаратів, що зварюють, використовують колони, возики, напрямні.

Метою даного проєкту є аналіз відомих компоновок УОПЗП та пошук можливостей їх удосконалення при використанні модульного принципу. Робота покликана показати підходи створення та удосконалення нового обладнання, використовуючи морфологічний аналіз (синтез), враховуючи нові вимоги до обладнання, які диктує четверта індустріальна революція.

Для досягнення поставленої мети вирішені наступні задачі:

-виконаний аналіз відомих компоновок і конструкцій універсальних зварювальних маніпуляторів;

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				10
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

- приведені їх кінематичні схеми і типи;
- виконаний морфологічний аналіз і синтез з побудовою морфологічної моделі і використанням модульного принципу;
- запропоновані нові компоновки УОПЗП;
- побудовані розрахункові схеми і виконані розрахунки;
- сформульовані висновки і дані рекомендації для подальших робіт.

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кузнецов				11
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Розділ 1. Агрегатно-модульний принцип – основний підхід при створенні технологічного обладнання (ТО) нового покоління

Агрегатно - модульний принцип - це підхід до проектування та будівництва, який передбачає створення системи або конструкції, що складається з окремих модулів або блоків, які можуть бути збирані та розбирані, замінювані або модифіковані за необхідністю. Цей принцип є поширеним у різних галузях, включаючи будівництво, промисловість, транспорт, енергетику та інші.[2]

Агрегатно - модульний принцип має багато переваг у підході при створенні ТО нового покоління, а саме:

- **Модульність.** ТО нового покоління будується на основі окремих модулів, які можуть бути збирані та розбирані за необхідністю. Це дозволяє з легкістю додавати, замінювати або модифікувати окремі модулі, що спрощує процес модернізації та адаптації ТО до змінних вимог.
- **Гнучкість.** Агрегатно - модульний підхід дозволяє створювати ТО з різноманітними функціями та можливостями. Модулі можуть бути розроблені та виготовлені з різними характеристиками та спеціалізованою функціональністю, що дозволяє створювати різноманітні комбінації для різних потреб виробництва.
- **Скорочення часу та витрат.** Використання модульного підходу дозволяє скоротити час на проектування та виготовлення ТО нового покоління. Відповідні модулі можуть бути попередньо виготовлені, стандартизовані та готові до швидкого впровадження, що дозволяє знизити витрати на виробництво та скоротити загальний час на введення в експлуатацію.
- **Ефективне використання ресурсів.** Агрегатно-модульний підхід сприяє раціональному використанню ресурсів та матеріалів. Замість повного

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				12
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

перебудовування ТО, окремі модулі можуть бути замінені або модифіковані, що дозволяє зменшити витрати на нове обладнання та економити природні ресурси.

- Швидкість монтажу. Завдяки передбаченій стандартизації та попередньому виготовленню модулів, монтаж агрегатно-модульних систем може бути значно швидшим порівняно з традиційними методами.
- Легка масштабованість. За допомогою агрегатно-модульного підходу можливо легко масштабувати ТО відповідно до зростаючих потреб виробництва. Модулі можуть бути додані або видалені, забезпечуючи гнучкість в розширенні або зміні масштабу ТО.
- Складова частина стандартизації. Агрегатно-модульний принцип сприяє стандартизації та уніфікації проектування та виробництва. Це полегшує обмін модулями між різними системами, сприяє підтримці та обслуговуванню.

1.1.Світові тенденції і перспективи розвитку сучасного машинобудування

Сучасне машинобудування є однією з найважливіших індустрій сучасного світу. Завдяки постійному технологічному прогресу та інноваціям, ця галузь стає дедалі більш складною, ефективною та конкурентоспроможною.

Машинобудування відноситься до галузей економіки, які характеризуються середнім і високим рівнем наукоємності. Ця галузь відіграє важливу роль у поширенні інноваційних технологій, нових машин і устаткування, а також виробничих процесів в інших сферах економіки. Запровадження інновацій у машинобудуванні суттєво впливає на багато секторів, таких як нано- і біотехнології, виробництво фото- і мікротехніки, а також сучасних матеріалів. Оскільки виробництво інноваційної продукції

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				13
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

залежить від машин і обладнання, що постачаються машинобудівною галуззю, виникає необхідність у тісній співпраці між споживчими галузями та виробниками машин і устаткування.

Машинобудування дуже сильно залежить від інвестиційної активності компаній, тому виявляється в центрі економічних криз і піднесень. Саме тому стає цікавим зарубіжний досвід розвитку машинобудування та його тенденції розвитку в різних регіонах світу. За останні кілька років можна виділити деякі науково-технічні досягнення, які вже активно починають використовуватися і впроваджуватися в різні сфери діяльності багатьма країнами. Вони неодмінно зможуть справити позитивний вплив на сферу машинобудування.

На даний момент виділяють наступні перспективні напрямки, які зуміють вплинути на машинобудування в майбутньому, а саме:

- робототехніка. Вона заснована на системах управління сенсорними датчиками і виконавчими механізмами, які працюють автономно або напіваавтономно, взаємодіючи з людьми і з можливістю адаптації до динамічного середовища;

- 3D-друк, в основі якого лежить принцип пошарового «виращування» твердого об'єкта, методом наплавлення або покрокового накладання шару матеріалу. Цей метод вважається дуже перспективним та дуже стрімко розвивається. Уже зараз дана технологія активно використовується НАСА. Сьогодні космічне відомство США активно займається тестуванням деталей виготовлених з використанням 3D-друку і розробляє інноваційно новий підхід технології для масштабного будівництва в космосі [15].

- нові нано- та smart- (розумні) матеріали .

Наприклад, уряд США виділив, як одну з найбільш важливих, перспективних областей майбутнього - робототехніку, активно підтримуючи і стимулюючи наукові дослідження в даній області. Використовуючи інноваційні розробки і відкриття в промисловості можна отримати абсолютно новий рівень автоматизації виробничих процесів, що значною

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				14
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

мірою збільшить ступінь виробничих потужностей, додасть більш значні конкурентні переваги.

Подібні науково-технічні досягнення можуть повністю перевернути справжнє уявлення виробничого процесу в сфері машинобудування, що не зможе не відбитися і на промисловості в майбутньому. Тому основними напрямками розвитку машинобудівного комплексу України, враховуючи зарубіжний досвід ємають бути:

- пріоритетний розвиток наукоємних галузей, машинобудівного обладнання, автомобілебудування;
- налагодження нових технологічних зв'язків з країнами близького і далекого зарубіжжя;
- збільшення інвестиційної активності, державна підтримка підприємств, орієнтована на виробництво високотехнологічної продукції;
- створення сучасної технологічної бази для всіх галузей машинобудівного комплексу з метою зниження енерго-, ресурсо - та працемісткості виробництва і підвищення конкурентоспроможності його продукції;
- орієнтації продукції на потреби внутрішнього ринку та можливості входу в світовий ринок;
- екологізація виробництва, що передбачає випуск ресурсозберігаючих та природоохоронних видів техніки.

Виконання цих заходів є важливою складовою розвитку українського машинобудування в перспективі.

Машинобудування у складі різних сфер діяльності розглядається як «локомотив» економіки, успішна діяльність якого визначає ефективність функціонування супутніх йому комплексів та галузей. Можна стверджувати, що від рівня розвитку машинобудування залежить промисловий потенціал держави, її конкурентоспроможність на зовнішніх ринках, рівень соціального розвитку держави. Необхідність розвитку машинобудування з

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				15
Зм..	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		

випереджаючими темпами у відношенні до інших галузей і промисловості в цілому можна пояснити тим, що саме тут створюються засоби виробництва, закладаються темпи зростання продуктивності праці, фактори енергозбереження, зниження матеріаломісткості і нової якості кінцевого продукту.

Питанням оцінки сучасного стану і особливостям функціонування машинобудівного комплексу приділено значну увагу у працях М. Алікаєвої, А. Венедиктова, А. Водянова, О. Гаврилової, Є. Дороніної, Т. Маршової та ін., проте проблемам і перспективам розвитку машинобудування України в умовах світової кризи надається недостатньо значення.

Промисловість як сфера прояву та реалізації визначальної частки матеріальних та інтелектуальних потреб людини залишається найвагомішим фактором сучасного суспільства [1]. Концептуальні засади промислової політики України визначають провідну роль і місце промисловості в забезпеченні найважливіших стратегічних інтересів держави. На практиці це знаходить вираження через основні економічні показники.

Галузь машинобудування в Україні представлена металургійним, гірничошахтним, підйомно-транспортним, енергетичним, судно-, авіа-, і автомобілебудуванням, виробництвом машин і механізмів для хімічної і нафтохімічної, легкої та харчової промисловості, сільськогосподарським, будівельно-дорожнім машинобудуванням та виробництвом машин для комунального господарства, виробництвом верстатів і інструментів та машин і обладнання для збройних сил [2].

Необхідно відзначити неоднорідність розвитку машинобудування. На сучасному етапі розвитку промисловості найбільшим динамізмом відрізняються наукомісткі підгалузі машинобудівного комплексу: виробництво ЕОМ, телекомунікаційного обладнання, ракетно-космічної техніки, промислових роботів і засобів автоматизації.

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				16
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Ці особливості і результати дослідження є підґрунтям для визначення тенденцій і перспектив розвитку машинобудування України та пошуку конкурентних переваг для забезпечення виходу з економічної кризи та подальшого сталого розвитку і зростання.

Узагальнення висновків науковців, що досліджують стан справ у галузі [3; 4; 5] та власних результатів дослідження, дало змогу виділити такі проблеми у машинобудуванні:

- обмежений внутрішній попит на вітчизняну продукцію машинобудування;
- відсутність реальних джерел фінансування, що призводить до унеможливлення реконструкції та технічного переоснащення підприємств галузі і забезпечення за рахунок цього високої якості машин та обладнання, освоєння виробництва нової конкурентоспроможної техніки;
- відсутність фінансових механізмів та інструментів, що створюють зацікавленість в інноваціях, а також стимулюють науково-дослідні і дослідно-конструкторські роботи;
- недостатній рівень платоспроможності товаровиробників, що негативно впливає на фінансово-економічний стан підприємств галузі;
- збільшення критичного рівня зношеності основних виробничих засобів базових підприємств галузі, що негативно впливає на конкурентоспроможність, якість та собівартість продукції;
- нерозвиненість інфраструктури внутрішнього ринку (відсутність реального моніторингу потреб у продукції машинобудування);
- залежність вітчизняних підприємств від постачань вузлів, деталей та комплектуючих виробів з інших країн, насамперед з країн СНД;
- недостатній контроль з боку держави за діяльністю монополістів і посередників, що призводить до значного зростання вартості матеріалів, енергоресурсів та комплектуючих виробів.

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				17
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Інтеграція "Інтернету речей" та "хмарних" технологій

Однією з ключових тенденцій у сучасному машинобудуванні є поширення використання "Інтернету речей" (Internet of Things - IoT) та "хмарних" технологій.

Інтеграція IoT та "хмарних" технологій в машинобудуванні є однією з найсуттєвіших тенденцій у сучасному промисловому секторі.

Зростання об'ємів даних, збільшення підключених пристроїв та потреба в реальному часі вимагають нових підходів у машинобудуванні. Інтеграція IoT та хмарних технологій може забезпечити платформу для збору, аналізу та використання даних, що виробляються від різних пристроїв у реальному часі. Це дуже перспективна річ, яка має безліч переваг.

Переваги інтеграції IoT та "хмарних" технологій в машинобудуванні:

1. *Збільшена ефективність виробництва.* IoT дозволяє моніторити та управляти обладнанням у реальному часі. Дані, зібрані з різних пристроїв, можуть бути надіслані до хмарного середовища для аналізу, що дозволяє виявляти неполадки, прогнозувати витрати на обслуговування та уникати аварій.

2. *Покращення якості продукції.* Використання IoT датчиків у виробничому середовищі дозволяє збирати дані про параметри якості продукції, такі як температура, вологість, вібрація тощо. Ці дані можуть бути надіслані до хмарного середовища для аналізу та виявлення аномалій, що сприяє покращенню процесу виробництва та зменшенню браку.

3. *Підвищення безпеки.* Інтеграція IoT та хмарних технологій дозволяє відстежувати та контролювати роботу машин та устаткування у режимі реального часу. Це допомагає уникнути нещасних випадків та аварій шляхом вчасного виявлення небезпечних умов або відхилень в роботі.

Але не перевагами єдиними. Кожна новизна має свої недоліки.

Виклики та проблеми, пов'язані з інтеграцією IoT та хмарних технологій в машинобудуванні:

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				18
Зм..	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

1. *Забезпечення безпеки даних.* Передача великого обсягу даних з пристроїв до хмари вимагає надійного забезпечення безпеки даних. Захист інформації про виробничі процеси та конфіденційні дані клієнтів є вирішальним аспектом для успішної інтеграції IoT та хмарних технологій.

2. *Сумісність систем.* Враховуючи широкий спектр пристроїв та обладнання у машинобудуванні, важливо забезпечити сумісність між IoT-пристроями та хмарною інфраструктурою. Стандартизація та розробка протоколів взаємодії є важливими завданнями для ефективної інтеграції систем.

Але ніщо не стоїть на місці. Усе розвивається. Так само і IoT та “хмарні” сховища. Розвиток аналітичних інструментів у хмарних середовищах дозволить здійснювати більш точний аналіз даних, зібраних з пристроїв IoT, та виявляти складні залежності між параметрами для покращення процесу виробництва. Використання технологій машинного навчання та штучного інтелекту в хмарних середовищах може допомогти виявляти шаблони, прогнозувати несправності та оптимізувати виробничі процеси. Інтеграція IoT та хмарних технологій може бути застосована не тільки у великих промислових підприємствах, але й у малих та середніх підприємствах. Розробка більш доступних та простих у використанні рішень є важливим кроком у цьому напрямку.

Отже, інтеграція "Інтернету речей" та "хмарних" технологій в машинобудуванні має великий потенціал для покращення ефективності, якості та безпеки виробничих процесів. Незважаючи на виклики, пов'язані з безпекою та сумісністю систем, подальший розвиток аналітики даних, машинного навчання та розширення масштабу сприятимуть прогресу у цій галузі. Інтеграція IoT та хмарних технологій є ключовим напрямком, який може вплинути на майбутнє машинобудування і промисловості в цілому. Україна має багатий досвід у машинобудуванні та промисловому секторі, і інтеграція IoT та хмарних технологій може покращити

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				19
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

конкурентоспроможність українських підприємств. Вона дозволить збирати та аналізувати дані з різних пристроїв у реальному часі, що сприятиме оптимізації виробничих процесів та підвищенню ефективності.

Зелене машинобудування

Зелене машинобудування стає все більш актуальною темою у сучасному світі, оскільки промисловість шукає способи зменшення негативного впливу на довкілля та забезпечення сталого розвитку.

Зелене машинобудування визначається як підхід до проектування, виробництва та експлуатації машин, що забезпечує мінімальний негативний вплив на навколишнє середовище. Цей підхід враховує використання енергоефективних матеріалів, процесів та технологій для зменшення викидів шкідливих речовин, оптимізації використання ресурсів та покращення екологічної стійкості.

Переваги зеленого машинобудування:

1. *Зменшення викидів.* Зелене машинобудування спрямоване на зменшення викидів парникових газів та шкідливих речовин шляхом використання енергоефективних технологій та альтернативних джерел енергії. Це сприяє зменшенню впливу на зміну клімату та поліпшенню якості повітря.

2. *Енергоефективність.* Застосування енергоефективних матеріалів та процесів в машинобудуванні дозволяє зменшити споживання енергії та використання природних ресурсів. Це приводить до зменшення витрат на енергію та підвищення сталості виробництва.

3. *Забезпечення сталості.* Зелене машинобудування сприяє сталому розвитку шляхом забезпечення більш тривалого та ефективного використання ресурсів, зменшення відходів та сприяння циркулярній економіці. Воно також стимулює інновації та розвиток нових екологічно чистих технологій.

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				20
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Проблематика зеленого машинобудування:

1. *Вартість.* Впровадження зелених технологій та процесів може бути пов'язано з певними витратами, що створює виклик для компаній машинобудування. Однак, з урахуванням зменшення витрат на енергію та оптимізації виробничих процесів, зелене машинобудування може призвести до економічних вигод у середньостроковій та довгостроковій перспективі.

2. *Необхідність нових компетенцій.* Зелене машинобудування вимагає нових знань та компетенцій у галузі екологічного проектування, використання відновлюваних джерел енергії, енергоефективних матеріалів та технологій. Необхідно забезпечити підготовку кадрів та підтримку освіти для працівників галузі.

Зелене машинобудування є важливим напрямом розвитку, що сприяє сталості, енергоефективності та екологічній стійкості. Впровадження зелених технологій та процесів у машинобудуванні вимагає зусиль та співпраці різних стейкхолдерів, включаючи уряд, компанії, дослідницькі установи та суспільство в цілому. Зелене машинобудування в Україні відіграє важливу роль у забезпеченні сталості та покращенні якості життя.

Автономність та роботизація

Розвиток робототехніки та автоматизації відкриває нові можливості для автономного функціонування машин. Роботизація виробництва дозволяє підвищити продуктивність, точність та безпеку процесів.

Автономність та роботизація є ключовими напрямками розвитку в сучасному світі. Автономність та роботизація представляють собою використання технологій, що дозволяють системам та роботам працювати без значного впливу людей. Вони мають великий потенціал у різних галузях, включаючи промисловість, транспорт, медицину та інші.

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кужнецов				21
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Переваги автономності та роботизації:

1.*Підвищення ефективності.* Автономність та роботизація дозволяють використовувати системи та роботи для виконання рутинних та повторюваних завдань, що призводить до підвищення продуктивності та якості роботи.

2.*Зниження ризиків.* Автономні системи можуть виконувати небезпечні або важкі завдання, уникаючи ризику для життя та здоров'я людей. Вони також можуть зменшити вплив людського фактора на помилки та недоліки.

3.*Інновації та розвиток.* Автономність та роботизація сприяють інноваціям та розвитку нових технологій. Вони створюють нові можливості для автоматизації процесів, створення нових продуктів та послуг, а також покращення якості життя.

Проблематика автономності та роботизації:

1.*Вплив на робочі місця.* Впровадження автономних систем та роботів може призвести до автоматизації робочих місць та заміни людей на машини. Це створює виклики для зайнятості та потребує перекваліфікації робочої сили.

2.*Етичні та правові аспекти.* Автономні системи та роботи підносять питання щодо етики та відповідальності. Наприклад, як вирішувати ситуації, коли автономна система приймає рішення, що можуть мати наслідки для людей? Як визначати межі впливу технологій на суспільство?

Автономність та роботизація є невід'ємною частиною сучасного розвитку. Вони мають великий потенціал для покращення ефективності, зниження ризиків та стимулювання інновацій. Однак, їх впровадження також викликає питання щодо зайнятості, етики та правового регулювання. Для успішного розвитку автономності та роботизації необхідно сприяти співпраці між науковими установами, промисловими підприємствами, урядом та суспільством, а також вирішувати етичні та соціальні виклики, що вони ставлять перед нами.

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				22
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Автоматизація дуже актуальна тема для цього бакалаврського проекту, адже механізм, що у ньому досліджується являється механізмом для автоматизації процесу зварювання.

Інтернаціоналізація та глобалізація

Машинобудування стає все більш глобальною галуззю, де компанії співпрацюють та конкурують на міжнародному рівні. Збільшення міжнародної торгівлі, обміну технологіями та виробничих знань сприяє інноваціям та розвитку.[8]

Інтернаціоналізація та глобалізація є невід'ємними складовими сучасного світового розвитку. Машинобудівна галузь, яка є ключовою для багатьох економік, також відчуває вплив цих процесів.

Тенденції інтернаціоналізації та глобалізації в машинобудуванні:

1. *Глобальні постачальники та ринки.* Зростаюча конкуренція та підвищена складність виробництва приводять до появи глобальних постачальників та поширення ринків. Машинобудівні компанії шукають нові можливості на міжнародних ринках та встановлюють партнерські відносини з постачальниками з різних країн.

2. *Глобальні ланцюжки постачання.* Запровадження глобальних ланцюжків постачання стає все більш поширеним явищем у машинобудуванні. Це дозволяє забезпечити доступ до ресурсів та матеріалів з усього світу, оптимізувати виробничі процеси та знизити витрати.

3. *Міжнародна співпраця та технологічний обмін.* Інтернаціоналізація сприяє міжнародній співпраці та технологічному обміну. Машинобудівні компанії активно співпрацюють з дослідницькими установами, університетами та іншими партнерами з різних країн для спільного розвитку та впровадження нових технологій.

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				23
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Проблематика інтернаціоналізації та глобалізації в машинобудуванні:

1. *Культурні та мовні бар'єри.* Інтернаціоналізація вимагає вирішення культурних та мовних викликів, пов'язаних зі співпрацею між представниками різних країн. Ефективна комунікація та розуміння культурних різниць стають ключовими аспектами успішної міжнародної співпраці.

2. *Нормативне та правове регулювання.* Глобалізація створює потребу в розробці глобальних нормативних та правових рамок для машинобудування. Важливо забезпечити взаємодію між різними правовими системами, стандартизацію технологій та безпеки продукції.

Інтернаціоналізація та глобалізація є необхідними процесами для машинобудування, які відкривають нові можливості та створюють виклики. Машинобудівні компанії повинні грамотно управляти цими процесами, забезпечуючи ефективну міжнародну співпрацю, вирішуючи правові та культурні виклики, та використовуючи переваги доступу до нових ринків та ресурсів.

Висновки

Світові тенденції і перспективи розвитку сучасного машинобудування визначаються необхідністю постійного вдосконалення, інтеграцією передових технологій та відповіддю на суспільні та екологічні виклики. Застосування "Інтернету речей", штучного інтелекту, енергоефективних технологій та глобальна співпраця є ключовими факторами у подальшому розвитку галузі. Здатність адаптуватися до змін та постійно вдосконалюватися дозволить сучасному машинобудуванню зайняти провідну позицію у світовій економіці та забезпечити зрушення у передових технологіях.

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				24
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

1.2. Сутність модульного принципу

Модульний принцип полягає в розбитті складного об'єкта або системи на незалежні компоненти - модулі, які можуть працювати окремо або взаємодіяти між собою. Кожен модуль виконує конкретну функцію або набір функцій, і його можна розглядати як самодостатню одиницю.[2]

Агрегатно — модульний принцип характеризується низкою аспектів, а саме:

- Самостійність модулів:

Кожен модуль має свою внутрішню логіку та функціональність і може працювати незалежно від інших модулів. Це означає, що модуль може бути розроблений, тестований та використовуваний окремо від решти системи. Такий підхід сприяє зручності розробки, тестування та супроводу модулів.

- Інтерфейси та взаємодія:

Модулі можуть спілкуватися між собою через визначені інтерфейси. Це дозволяє модулям обмінюватися даними, повідомленнями або виконувати спільні операції. Інтерфейси визначають правила взаємодії, що забезпечує легку інтеграцію та взаємозаміну модулів.

- Масштабованість та гнучкість:

Завдяки модульному принципу систему можна легко масштабувати та змінювати. Додавання або видалення модулів не впливає на решту системи, оскільки вони працюють незалежно. Це дає можливість змінювати функціональність системи, додавати нові можливості та відстежувати зміни вимог без значного впливу на решту системи.

- Повторне використання:

Модульний принцип сприяє повторному використанню модулів у різних системах або контекстах. Окремі модулі можуть бути розроблені

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				25
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

з урахуванням загальних потреб і використовуватись у багатьох проектах. Це економить час та зусилля при розробці нових систем і сприяє створенню більш стабільних та перевірених компонентів.

Модульний принцип широко застосовується в різних галузях, включаючи програмування, машинобудування, електроніку, інформаційні технології та багато іншого. Він дозволяє розбити складні системи на менші, керовані блоками, що спрощує розробку, супровід та модернізацію системи.

1.3. Приклади використання агрегатно-модульного принципу для різної техніки

Як зазначалося вище агрегатно-модульний принцип застосовується в різних галузях техніки для створення складних систем, що складаються з незалежних модулів. Прикладів використання агрегатно — модульного принципу є безліч і це найрізноманітніші галузі нашого життя.

Агрегатно — модульний принцип в комп'ютерній техніці та електроніці

Прикладом використання цього принципу можна назвати комп'ютерну техніку та електроніку, яка являється невід'ємною частиною нашого сучасного життя. У сучасних комп'ютерах та електроніці (рис.1.1) дуже часто використовують модульні компоненти. Наприклад: процесори, блоки системної пам'яті, відеокарти, жорсткі диски.



а)



б)



в)

Рисунок 1.1 — Приклад використання агрегатно - модульного принципу в комп'ютерній техніці: а) — процесор компанії Intel; б) — системна пам'ять компанії Kingston; в) — відеокарта компанії Nvidia

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				26
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Це дозволяє легко оновлювати чи замінювати певні окремі компоненти без необхідності заміни усього цілого пристрою.

Агрегатно — модульний принцип в автомобільній промисловості

Наступним прикладом можна впевнено назвати автомобільну промисловість (рис.1.2). В автомобільній промисловості агрегатно-модульний принцип використовується для створення систем автомобілів, таких як двигуни, підвіски, гальма, електронні системи. Кожна система представляє собою окремий модуль, який може бути вироблений та тестований незалежно, а потім легко встановлений або замінений у автомобільній конструкції.



а)



б)

Рисунок 1.2 — Використання агрегатно — модульного принципу в автомобільній техніці: а) — двигун компанії Ford; б) — гальма компанії Volkswagen.

Агрегатно — модульний принцип в телекомунікації

Наступний приклад — телекомунікація. У галузі телекомунікацій використовуються модульні рішення для створення комунікаційних систем. Наприклад, у мережевому обладнанні, такому як маршрутизатори та

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кужнецов				27
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

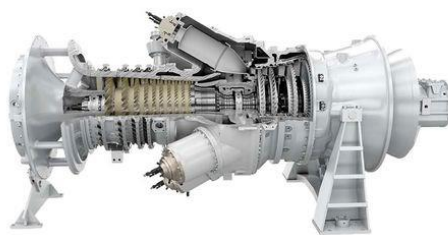
комутатори, окремі модулі можуть бути використані для розширення функціональності або забезпечення підтримки різних протоколів.

Агрегатно — модульний принцип у електроенергетиці

Далі за прикладом звертаємося до електроенергетики. В енергетичній промисловості модульний принцип може бути використаний для створення енергетичних блоків (рис.1.3). Наприклад: сонячних панелей, вітрових турбін, батарейних блоків. Кожний блок представляє собою самостійний модуль, який може бути встановлений або замінений в залежності від потреби.



а)



б)

Рисунок 1.3 — Приклад застосування агрегатно — модульного принципу в електроенергетиці: а) — сонячна панель компанії Talesun; б) — турбіна компанії Siemens;

Агрегатно — модульний принцип у медицині

У медицині модульний принцип застосовується для створення медичних пристроїв та систем, таких як монітори пацієнтів, медичні інструменти, обладнання для діагностики та терапії (рис.1.4). Модулі можуть

бути розроблені та використовуватись окремо, а потім поєднані для створення комплексних медичних систем.



а)



б)

Рисунок 1.4 — Приклад застосування агрегатно — модульного принципу в медицині: а) — монітор пацієнта компанії MedTech ; б) — зуботехнічний інструмент компанії Sydent;

Агрегатно — модульний принцип у машинобудуванні

Агрегатно-модульний принцип широко застосовується також і у машинобудуванні, для створення складних технічних систем.

Виробництво обробних машин

У виробництві обробних машин, наприклад, фрезерних або токарних верстатів, використовуються модульні блоки (рис.1.5). Кожен блок відповідає за конкретну функцію, наприклад, шпиндель, основна конструкція, система керування. Ці блоки можуть бути встановлені, замінені або модернізовані окремо, забезпечуючи гнучкість та ефективність виробництва.



а)



б)

Рисунок 1.5 — Приклад застосування агрегатно — модульного принципу у верстатах: а) — патрон для ручного нарізання різьби ; б) — шпиндель для ЧПУ верстата;

Системи автоматичного керування

У машинобудуванні використовуються модульні блоки для створення систем автоматичного керування (рис.1.6). Ці блоки можуть включати контролери, сенсори, актуатори та інші компоненти, які дозволяють автоматизувати процеси управління та контролю в машині або виробничому обладнанні. Модульний підхід спрощує розробку та супровід систем керування, а також дозволяє їх легко модернізувати та адаптувати до змінних потреб.



а)



б)

Рисунок 1.6 - Приклад застосування агрегатно — модульного принципу у системах автоматичного керування: а) індуктивний кінцевик; б) механічний кінцевик.

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Күзнецов				30
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Агрегатно — модульний принцип у зварюванні

Агрегатно-модульний принцип використовується в зварювальному виробництві для забезпечення гнучкості та ефективності процесу. Цей принцип використовується у наступних елементах зварювального виробництва:

Зварювальні роботи

У виробництві зварювальних робіт можуть використовуватись модульні блоки, які включають різні функціональні компоненти, такі як робоча головка, джерело живлення та система керування (рис.1.7). Ці блоки можуть бути замінені або модернізовані окремо, що дозволяє швидко адаптувати систему зварювання під конкретні потреби та вимоги проекту.



а)



б)

Рисунок 1.7 - Приклад застосування агрегатно — модульного принципу у зварювальних роботах: а) зварювальний робот зі змінним зварювальним соплом; б) — зварювальний робот без інструмента (робочого модуля)

Зварювальні верстати

У виробництві зварювальних верстатів також можуть застосовуватись модульні блоки. Кожен блок може виконувати конкретну функцію, таку як

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Күзнецов				31
Зм..	Арк.	№ докүм.	Підпис	Дата		

живлення, керування, система охолодження тощо. Використання модульних блоків дозволяє забезпечити гнучкість при конфігуруванні верстатів під потреби виробництва.

Зварювальні лінії

У великому масштабі агрегатно-модульний принцип може бути використаний для створення зварювальних ліній. Кожен модуль може включати окремі станції зварювання або компоненти лінії (рис.1.8), такі як підводи матеріалу, маніпулятори, системи контролю тощо. Ці модулі можуть бути легко збирані та розбирані, а також модернізовані або замінені для оптимізації продуктивності та адаптації до змінних вимог виробництва.

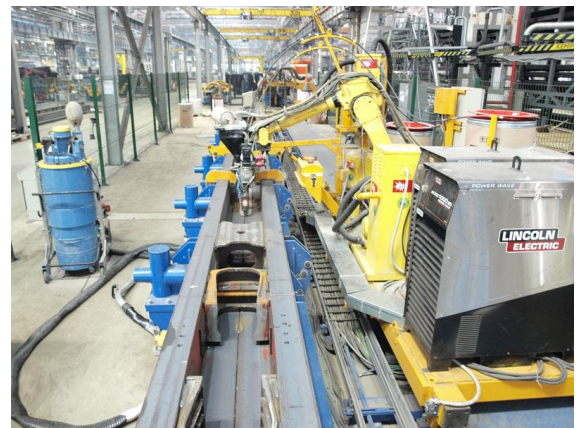
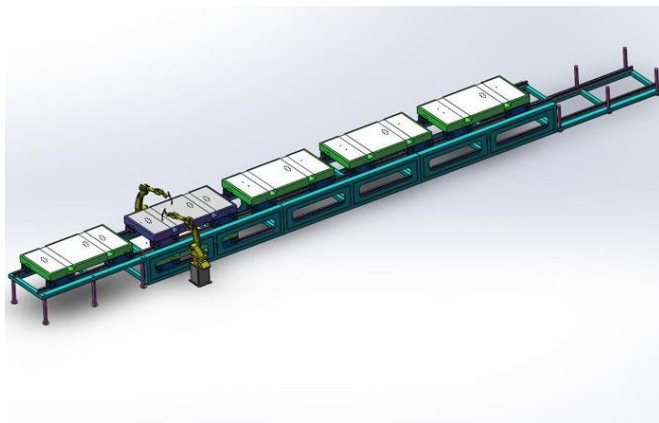


Рисунок 1.8 — Зварювальні лінії побудовані за агрегатно — модульним принципом зі зварювальними роботами

Використання агрегатно-модульного принципу дозволяє забезпечити гнучкість, швидкість налаштування та ефективність у зварювальному виробництві, дозволяючи швидко реагувати на зміни та вдосконалювати процес зварювання.

Підсумки по пункту “Приклади використання агрегатно-модульного принципу для різної техніки”

Наведені вище приклади демонструють, як агрегатно-модульний принцип використовується в різних галузях, а також у машинобудуванні для

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				32
Зм..	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

створення складних технічних систем. Використання модульного підходу дозволяє досягти більшої гнучкості, ефективності та швидкості в розробці, супроводі та модернізації техніки.

Узагальнюючи, агрегатно-модульний принцип при створенні ТО нового покоління забезпечує гнучкість, ефективність та легку модифікацію систем залежно від потреб виробництва та технологічних вимог. Він є потужним інструментом, який дозволяє створювати складні системи, що можуть бути зручно збирані, модифіковані та вдосконалені. Так, агрегатно-модульний принцип є основним підходом при створенні технологічного обладнання (ТО) нового покоління. Цей підхід дозволяє розробляти та будувати ТО, яке є більш гнучким, ефективним та легко модифікованим залежно від потреб та вимог виробництва. Він є ключовим у розвитку сучасних технологій та дозволяє досягти більшої ефективності та конкурентоспроможності.

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кузнецов				33
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Розділ 2. Патентно-інформаційні дослідження

2.1. Основні положення і порядок проведення патентних досліджень згідно ДСТУ 3575-97

Патентно-інформаційні дослідження є важливою складовою інтелектуальної власності та дослідницької роботи. Вони допомагають збирати, аналізувати та оцінювати інформацію про наявні технології, патенти та інші документи, пов'язані з винаходами та нововведеннями. Основна мета патентно-інформаційних досліджень полягає в забезпеченні доступу до наукових знань та технологічних розробок, виявлення можливих колізій з існуючими патентами та визначенні ступеня новизни та конкурентоспроможності нового винаходу чи корисної моделі.

Основні етапи патентно-інформаційних досліджень включають наступне:

- Формулювання завдання. На цьому етапі визначаються конкретні питання та завдання, які необхідно вирішити в процесі дослідження. Це може бути пошук патентних документів, аналіз конкурентних рішень, встановлення стану техніки у певній галузі тощо.
- Пошук інформації. На цьому етапі проводиться пошук патентних баз даних, літературних джерел та інших документів, що містять відомості про подібні винаходи, технологічні розробки та конкурентні рішення.
- Аналіз інформації. Отримана інформація аналізується та оцінюється з точки зору новизни, технічної ефективності, конкурентоспроможності та можливих ризиків колізій з існуючими патентами.
- Звіт та рекомендації. На основі проведеного аналізу складається звіт, який містить висновки, рекомендації та можливі варіанти подальшого розвитку інноваційного рішення. Цей звіт може використовуватися в дослідницьких проектах, під час подання заявки на патент, при прийнятті рішень щодо комерціалізації технології тощо.

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				34
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Патентно-інформаційні дослідження є важливим інструментом для дослідників, винахідників та бізнес-спільноти. Вони дозволяють отримати доступ до інформації про наукові розробки, конкурентний ландшафт та можливості для інноваційного розвитку. Патентно-інформаційні дослідження сприяють збільшенню конкурентоспроможності, зменшенню ризиків та підвищенню ефективності процесу створення та впровадження нових технологій.

Державний стандарт України ДСТУ 3575-97, який встановлює основні положення та порядок проведення патентних досліджень включає в себе наступні аспекти:

- Загальні положення. ДСТУ 3575-97 визначає патентні дослідження як процес систематичного аналізу стану техніки з метою виявлення новизни, рівня технічного рішення, його промислової застосовності, можливостей комерціалізації та оцінки можливого порушення прав інтелектуальної власності.
- Завдання патентних досліджень. Головним завданням патентних досліджень є виявлення аналогічних технічних рішень, що вже існують, оцінка новизни, виправлення технічних рішень та визначення можливостей їх використання на практиці.
- Методи дослідження. Стандарт надає загальні принципи та методи проведення патентних досліджень, зокрема аналіз патентних документів, літературний пошук, консультації з експертами та інші методи досліджень.
- Порядок проведення. ДСТУ 3575-97 встановлює порядок проведення патентних досліджень, який включає такі етапи:

1. Формування завдання та обґрунтування потреби у патентних дослідженнях.

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кужнецов				35
Зм.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		

2. Проведення пошуку технічної інформації, включаючи аналіз патентних баз даних, науково-технічних журналів, конференційних матеріалів тощо.
 3. Аналіз та оцінка знайденої інформації з погляду новизни, рівня технічного рішення та промислової застосовності.
 4. Формування висновків та рекомендацій щодо можливості подання заявки на патент або комерціалізації технічного рішення.
- Документування результатів. Патентні дослідження повинні бути документовані згідно з вимогами стандарту, зокрема, збереженням відповідної технічної документації, звітів, протоколів та інших матеріалів.

2.2. Патентно-інформаційні дослідження по темі «УОПЗП»

Загальні відомості про зварювальні маніпулятори

Універсальні обертально-поворотні зварювальні пристрої (УОПЗП) — це універсальні пристрої, які призначені для обертання заготовки в процесі зварювання навколо як вертикальної, так і горизонтальної осі. Універсальний обертально-поворотний зварювальний пристрій є важливим обладнанням у сфері зварювання і металообробки. Він використовується для автоматизації процесу зварювання, забезпечуючи точність, ефективність та якість зварних з'єднань, а саме вони призначені для нахилу заготовки під різними кутами до горизонтальної площини, для полегшення процесу зварювання, а саме розміщення зварного шва у найзручнішому нижньому положенні. Завдяки цьому зварювальний процес стає більш ефективним і зручним для оператора. Застосування обертально-поворотного зварювального пристрою дозволяє зменшити час зварювання, покращити якість зварних швів і забезпечити їх рівномірність по всій деталі. У таких пристроях вироби кріплять до планшайби. Кріплення забезпечують спеціальні або ж частіше універсальні кріпильні пристрої.

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кузнецов				36
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

УОПЗП використовується в різних галузях промисловості, де необхідно зварювати великі та важкі деталі, такі як нафтогазова, енергетична, суднобудівна, нафтопереробна та автомобільна промисловість. Він є незамінним інструментом для зварювальних робіт зі складними конструкціями, які вимагають високої точності і повторюваності.

Універсальні обертально-поворотні зварювальні пристрої можуть мати різні конфігурації і функціональні можливості, включаючи налаштування швидкості обертання, кута повороту і нахилу. Вони також можуть бути обладнані системами автоматичного керування та моніторингу, що сприяє підвищенню продуктивності та безпеки процесу зварювання.

Цей пристрій використовують у зв'язку з його перевагами, а саме:

1. Підвищена точність. Завдяки автоматизованому обертанню і повороту деталі, пристрій забезпечує високу точність розташування зварних швів. Це дозволяє досягти рівномірного нагріву і зварювання, зменшуючи відхилення і дефекти.

2. Зниження витрат часу. Автоматичне обертання і поворот деталі дозволяють зварювальному оператору працювати більш ефективно, зосереджуючись на контролі якості зварювання. Це дозволяє зменшити час, витрачений на розташування деталей та підготовку до зварювання.

3. Висока продуктивність. Застосування універсального обертально-поворотного зварювального пристрою дозволяє зварювати більше деталей протягом короткого часу. Це особливо важливо для промислових об'єктів, де час являється надзвичайно важливим та дуже критичним фактором.

4. Забезпечення однорідності і якості. Пристрій забезпечує рівномірне зварювання по всій поверхні деталі, що сприяє однорідності і високій якості зварних з'єднань. Це дозволяє досягти високої міцності і надійності зварювальних з'єднань.

5. Зменшення ризику пошкоджень. Використання обертально-поворотного пристрою дозволяє зменшити ризик пошкоджень деталей під

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				37
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

час зварювання. Оператор може точно контролювати процес і уникати надмірного нагріву або деформації деталі під час зварювальних операцій. Це особливо важливо при роботі з великими, складними або дорогоцінними виробами, де точність і збереження інтегритету деталей є критичними факторами.

6. Гнучкість і універсальність. Універсальний обертально-поворотний зварювальний пристрій може бути налаштований для різних типів деталей та конструкцій. Він може працювати з різними матеріалами, включаючи сталь, алюміній, нержавіючу сталь та інші сплави. Крім того, пристрій може бути адаптований для різних розмірів та форм деталей, що робить його універсальним і гнучким інструментом для зварювальних робіт.

7. Покращена безпека. Використання обертально-поворотного пристрою дозволяє зварювальним операторам працювати на безпечній відстані від нагрівальних джерел і ризикових зон. Це зменшує ймовірність опіків, травм і нещасних випадків, забезпечуючи безпечніші умови праці.

В основному усі УОПЗП побудовані по схожому конструктивному принципі, тому вони не дуже сильно відрізняються один від одного. Цей принцип базується на тому, що будь який маніпулятор має у своєму складі кріпильну планшайбу або плиту. Також він має дві взаємноперпендикулярні осі, навколо яких планшайба з закріпленням на ній виробом може повертатися та обертатися. Одна з цих осей — це вісь обертання планшайби і саме ця вісь являє собою шпindelь пристрою, а інша — їй перпендикулярна горизонтальна вісь — являється віссю повороту на кут від 90 до 135 град. Привід планшайби забезпечує регулювання числа її обертів в потрібних границях для зварювання, це означає, що пристрій забезпечує потрібну швидкість зварювального обертання при зварюванні кругових швів. Також часто у приводах передбачають перемикання на маршову або ж установочну швидкість обертання.[14]

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				38
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

За призначенням УОПЗП розділяють на дві основні групи, а саме: універсальні маніпулятори загального призначення та спеціалізовані. В універсальних маніпуляторах типорозмір деталі обмежується лише масою та габаритами. А спеціалізовані призначені для зварювання однотипних виробів у великих, масових та промислових масштабах. [2,3]

Універсальні маніпулятори виготовляються у різних типорозмірах. Вони відрізняються між собою в основному вантажністю (тобто вагою виробу), розміром планшайби і величиною допустимих моментів, а саме грузового та обертального моментів, що викликаються дисбалансом виробу.

Існують та намагаються дотримуватися трьом умовам раціональної компоновки механізмів маніпулятора. Такими є:

Остання кінематична ланка механізму обертання повинна бути виконана у вигляді черв'ячної передачі для забезпечення плавності обертання планшайби;

Вісь повороту повинна бути розміщена симетрично відносно планшайби;

Привід механізму обертання встановлюється симетрично. Це покращує умови його роботи та надійність змащування швидкохідних передач, в тому числі коробки швидкостей.

Варто звернути увагу на те, що серед трьох перерахованих вище умов лише перше можна вважати обов'язковим. Але і тут потрібно зазначити, що не завжди, а лише для тяжких та особливо тяжких маніпуляторів для зварювання. Що ж на рахунок наступних двох умов, то ці умови можна вважати бажаними, але далеко не обов'язковими. Вони покращують характеристики маніпуляторів, але мають недоліки. Вони ускладнюють конструкцію механізмів пристрою. Прикладом таких ускладнень можна назвати використання паразитних передач, пустотілих цапф тощо.

Підсумок: Загалом, універсальний обертально-поворотний зварювальний пристрій є важливим інструментом, який сприяє автоматизації та вдосконаленню зварювальних процесів. Він дозволяє зварювальним

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				39
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

операторам працювати більш ефективно, забезпечуючи стабільність і якість зварювання.

Однією з ключових переваг універсального обертально-поворотного зварювального пристрою є можливість зварювати деталі під різними кутами і положеннями, що дозволяє здійснювати зварювання важкодоступних місць і складних конструкцій. Це особливо корисно при зварюванні циліндричних або конічних деталей, де необхідно забезпечити рівномірне і якісне зварне з'єднання.

Крім того, обертально-поворотний пристрій дозволяє зменшити втрати часу, пов'язані з розташуванням деталей і проведенням ручного зварювання.

Оператор може зосередитись на налаштуванні і контролі процесу зварювання, тоді як пристрій автоматично виконує обертання і поворот деталі, забезпечуючи рівномірний нагрів і зварення по всій поверхні.

Цей тип обладнання також сприяє поліпшенню безпеки праці. Він дозволяє операторам працювати на безпечній відстані від джерела тепла і ризикових зон, зменшуючи ймовірність опіків і травм. Більш того, застосування автоматичних систем керування та моніторингу допомагає відстежувати параметри зварювання і уникнути можливих дефектів.

Універсальний обертально-поворотний зварювальний пристрій є важливим технологічним рішенням для промисловості, що дозволяє підвищити ефективність, якість та безпеку зварювальних робіт. Він сприяє автоматизації процесу, покращує продуктивність та забезпечує якісні зварні з'єднання, що робить його незамінним інструментом для підвищення конкурентоспроможності підприємств і забезпечення високої якості виробництва.

Крім того, універсальний обертально-поворотний зварювальний пристрій сприяє економії витрат. Завдяки автоматизації зварювального процесу і зниженню часу на підготовку деталей, витрати на працю зменшуються. Також вдається знизити витрати на відновлення та ремонт

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				40
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

зварних з'єднань, оскільки пристрій забезпечує високу якість і надійність зварення.

Універсальні обертально-поворотні зварювальні пристрої є актуальними у сучасному виробничому середовищі, де ставиться акцент на ефективність, автоматизацію та якість. Вони використовуються в різних галузях промисловості, включаючи металургію, нафтогазову, автомобільну, суднобудівну, аерокосмічну та багато інших.

Універсальний обертально-поворотний зварювальний пристрій є результатом поєднання технологій зварювання та автоматизації, що дає можливість підвищити продуктивність, знизити витрати та покращити якість зварних з'єднань. Він є незамінним інструментом для виробництва високоякісних металевих конструкцій та виробів, які задовольняють сучасні вимоги промисловості.

Розбір та огляд існуючих компоновок та конструкцій зварювальних маніпуляторів

Двохосевий позиціонер DKP - 400



Рисунок 2.1 – Двох – осевий позиціонер DKP - 400 фірми Kuika

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кузнецов				41
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Основні технічні характеристики позиціонера:

- Використання контролеру KRC 4;
- Макс. корисне навантаження: 400 кг;
- Вага позиціонера: 300 кг;
- Максимальна висота деталі: 857 мм.

Одна з найбільш розповсюджених конструкцій позиціонера представлена на рисунку 2.1. Вона досить компактна, що дозволяє виконувати зварювання електродуговим методом людині, або зварювальному роботу. По своїй класифікації являється легким зварювальним позиціонером (до 500 кг).

Двохосевий позиціонер SKU: PST250-F2



Рисунок 2.2 - Двоосьовий зварювальний позиціонер з горизонтальною віссю обертання та вертикальною віссю обертання SKU: PST250-F2 фірми ASTOR

- Основні технічні характеристики позиціонера:
- Максимальне корисне навантаження - 250 кг.
- Маса – 286 кг
- Висота за замовчуванням обертової осі JT1 - 709 мм.

Схожа компоновка на попередню представлена на рисунку 2.2. Але виконаний позиціонер з довгою віссю повороту, що дозволяє встановлювати більші за розміром деталі, але також така компоновка збільшує згинальний момент, що діє на вертикальну вісь, за рахунок збільшення плеча. Його друга вісь – це вертикальна вісь обертання планшайби, відповідно до завдання. Позиціонер також легкого типу (до 500 кг).

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кузнецов				42
Зм..	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Двохосевий зварювальний позиціонер AUT-DWP-L-500



Рисунок 2.3 - Двоосьовий зварювальний позиціонер AUT-DWP-L-500 фірми EVS Robotics

Основні технічні характеристики позиціонера:

1. Корисне навантаження - 500 кг.
2. Радіус планшайби - 400 мм.
3. Максимальна висота деталі: 921 мм

Принципально та сама компоновка (рис.2.3), що використовувалася і в попередніх позиціонерах, лише з деякими конструктивними змінами. Також робоча зона (планшайба) винесена, що дозволяє збільшити габарити оброблюваної деталі, алетаж погано впливає на згинальний момент.

Двохосьовий позиціонер MOTOPOS-D250F

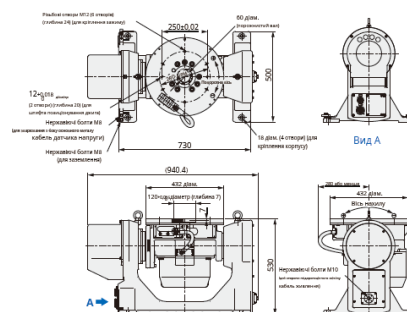


Рисунок 2.4 - Двоосьовий зварювальний позиціонер MOTOPOS-D250F фірми Yaskawa

		Підгорний Н.А.		
		Кузнецов		
Зм.	Док.	№ док.им.	Підпис	Дата

МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ

АДЖУШ

43

Основні технічні характеристики позиціонера:

1. Маса 265 кг
2. Вантажопідйомність 250 кг
3. Діаметр планшайби 432 мм

Найбільш розповсюджена компоновка зварювального позиціонера (рис.2.4). Має дві взаємоперпендикулярні вісі. Позиціонер легкого типу (до 500 кг). Позиціонер компактний та ідеально підходить для ручного зварювання. За рахунок симетричного розміщення робочої зони між опорами краще протистоїть навантаженням та моментам під час повороту.

Трьохосьовий позиціонер HERCULES 2.5



Рисунок 2.5 - Трьохосьовий позиціонер HERCULES 2.5 фірми BOMAN

Основні технічні характеристики позиціонера:

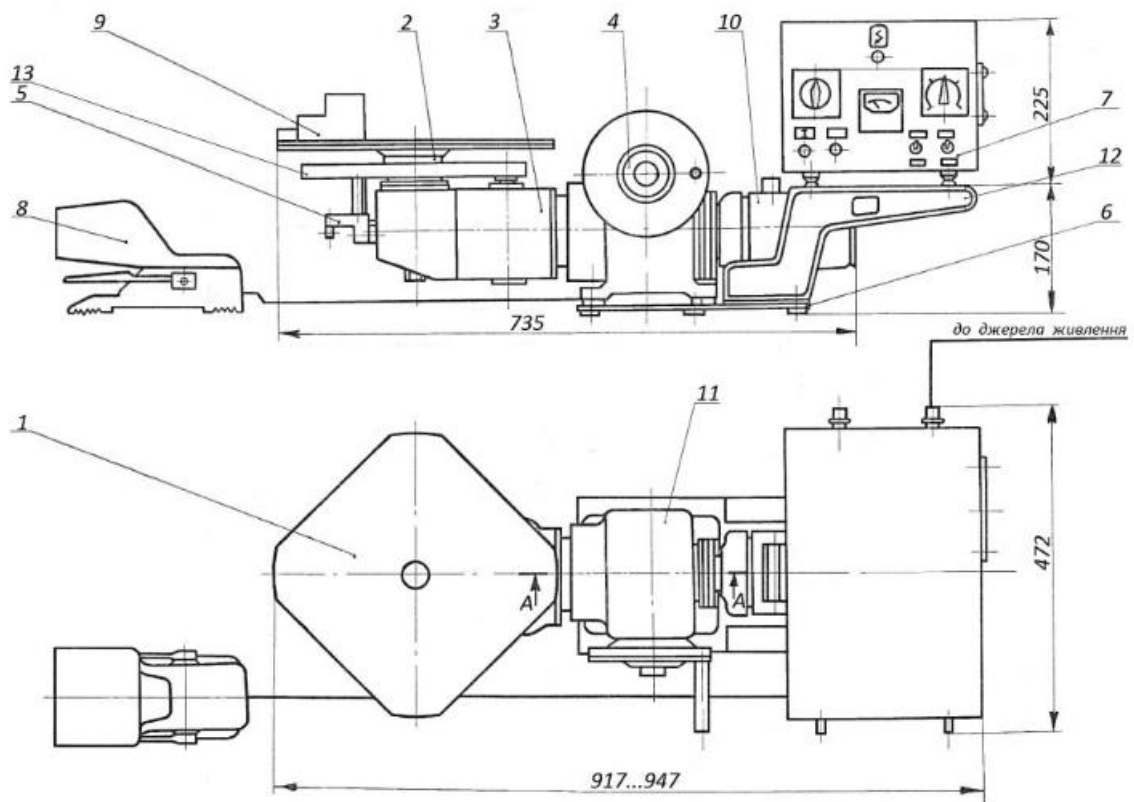
1. Вага 2730 кг
2. Максимальна вага деталі 2.5 т
3. Діаметр планшайби 1200 мм

Надзвичайно цікавий представник з сімейства позиціонерів (рис.2.5). Компоновкою обертальної та поворотної частин не відрізняється істотно від

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				44
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

попередників. Але має усвоїй конструкції ще одну вісь (вертикальну), що розширює функціонал. Являється позиціонером середнього типу [14].

Зварювальний маніпулятор М11010



1 — планшайба; 2 — шпиндель; 3 — черв'ячний редуктор обертання планшайби, 4 — маховик із внутрішнім планетарним редуктором, 5 — струмознімач, 6 — підставка, 7 — блок управління, 8 — педаль управління, 9 — кулачок затискний, 10 — електродвигун, 11 — редуктор нахилу, 12 — кронштейн, 13 — зубчасте колесо
Рисунок 2.6 — Схема конструкції зварювального маніпулятора М11010

Зварювальний маніпулятор М11010 (рис.2.6) складається з підставки 6, на підставці встановлений електродвигун 10, редуктор нахилу 11 і кронштейни 12 для блоку управління 7, та редуктора 3, який є приводом обертання планшайби 1 і шпиндельного вузла. Крім того до складу маніпулятора входить педаль 8. Педаль 8 дозволяє дистанційно запускати маніпулятор. [4,5]

		Підгорний		
		Кузнецов		
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата

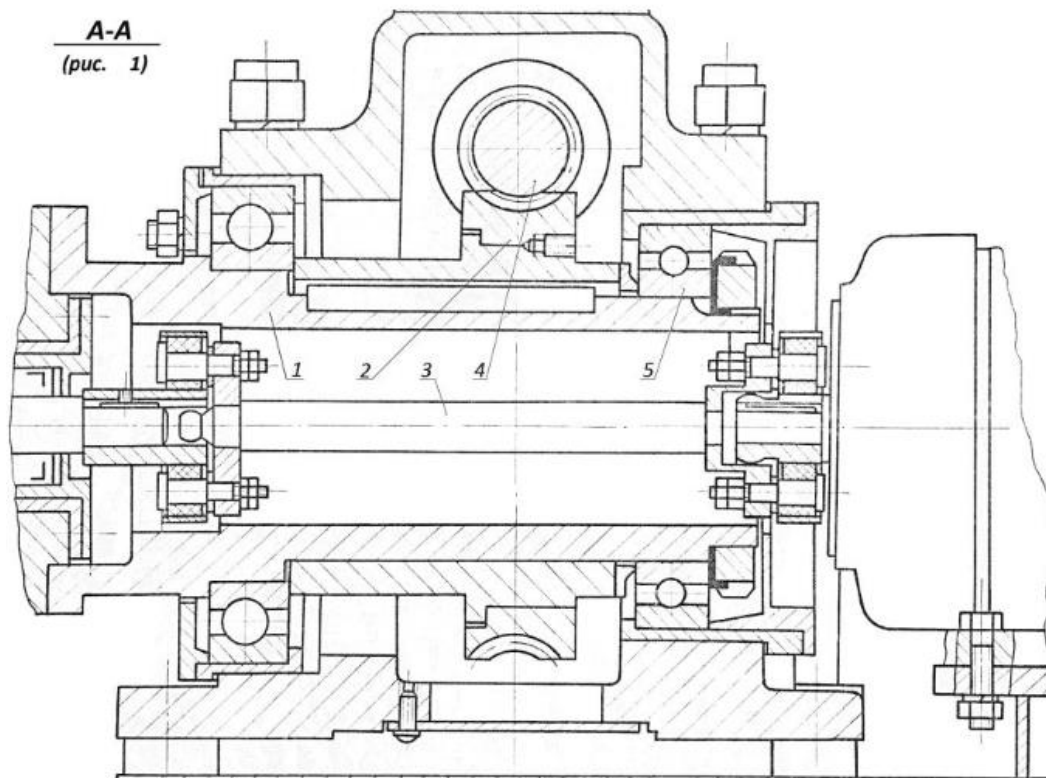
МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ

Аркуш

45

Механізмом нахилу - є одноступінчатий черв'ячний редуктор, що встановлюється на підставку (основу) усього маніпулятора.

Тихохідним валом виступає порожниста труба-вал 1, на яку встановлюють черв'ячне колесо 2. Виходом вал-труби є фланець, до якого кріплять редуктор приводу обертання планшайби (рис.2.7).



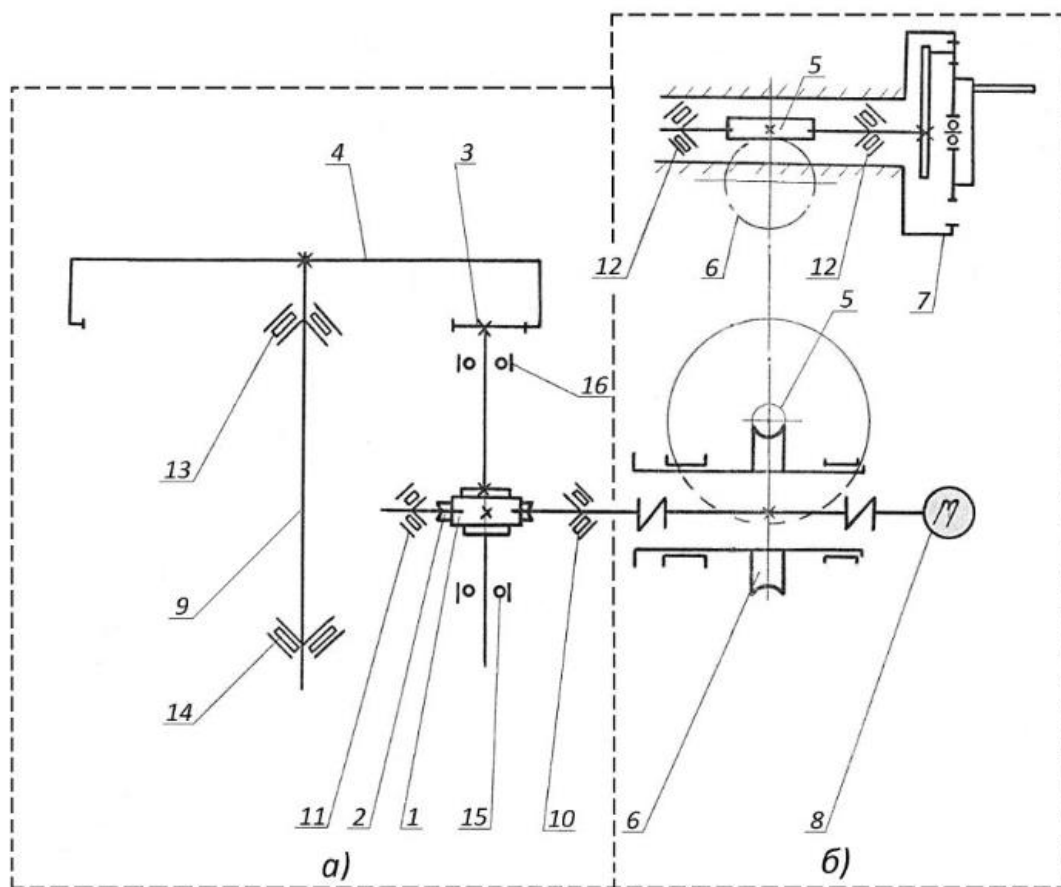
1 – труба-вал, 2 – черв'ячне колесо, 3 – проміжний вал, 4 – вал черв'яка,
5 – підшипник

Рисунок 2.7 — Розріз А - А рисунку 1

У вал-трубі встановлені деталі, що з'єднують вал електродвигуна з валом редуктора приводу обертання. Вони являють собою проміжний вал 3 з еластичними двома муфтами. На валу 4, який являє собою вал черв'яка, встановлений маховик, який знаходиться із зовнішньої сторони. Маховик містить внутрішній планетарний редуктор (рис. 2.8). Вал — труба сидить у двох підшипниках ковзання 5.[14]

Редуктор, який є черв'ячним редуктором обертання планшайби — основний привідний механізм приводу планшайби. Черв'ячна пара цього редуктора показана на рисунку 7, поз. 1, 2. Вона виконується самогальмуючою. Також на вихідному валу черв'ячного колеса знаходиться шестерня, яка знаходиться у зчепленні з зубчастим колесом шпиндельного вузла.

Кріпиться редуктор обертання з одного боку до фланцю вал-тру редуктора нахилу, а з іншої сторони — кріплення шпиндельного вузла до редуктора обертання.



а – схема приводу обертання, б – схема приводу нахилу планшайби

1 – черв'як приводу обертання планшайби, 2 – черв'ячне колесо приводу обертання, 3, 4 – зубчаста шестерня, 5 – черв'як приводу нахилу, 6 – черв'ячне колесо приводу нахилу, 7 – внутрішній планетарний редуктор, 8 – електродвигун, 9 – шпиндель, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 – підшипники

Рисунок 2.8 — Кінематична схема маніпулятора М11010

		Підгорний		
		Кучнецов		
Зм.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата

МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ

Аркуш

47

Шпиндельний вузол складається зі шпинделя, зубчастого колеса та струмознімача. Шпиндель встановлюється в корпусі на підшипниках кочення. Шпиндель порожнистий та має конус Морзе В18 ГОСТ 25557-2009 (ISO 296:1991) у верхній частині його порожнистого отвору. А його зовнішня сторона нижньої частини виконана з різьбою М24х1.

На шпиндель посаджена зубчаста передача з внутрішнім зчепленням (рис.2.8, поз.4), вона обертається за рахунок малої шестерні редуктора обертання (рис.2.8, поз.3).

Корпус шпиндельного вузла кріплять до корпусу редуктора приводу обертання.

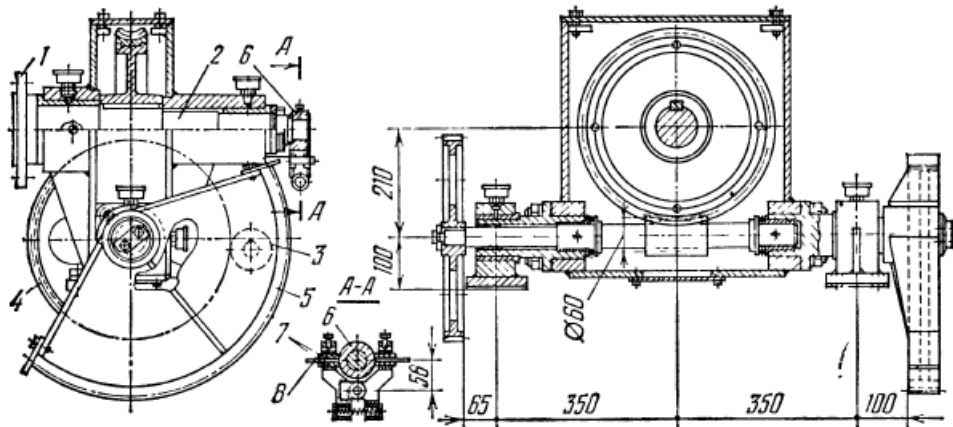
На торцевій стінці корпусу кріплять струмознімач з графітовими щітками, що відводить з конструкції маніпулятора зварювальний струм. На текстолітовому кронштейні кріплять пластину з трьома стаканами для трьох мідно-графітових щіток. Ці щітки притуляються (тиснуть) до внутрішньої площини зубчастого колеса через пружини, які і формують зусилля. Пружини ці розташовані всередині кожного зі стаканчиків. Струм відводиться від щіток на мідну шину, звідти він поступає до джерела живлення. Текстолітовий кронштейн виступає як ізолятор струмознімача від усієї маси маніпулятора.

Планшайба має пази та отвори для встановлення на неї пристроїв, що закріплятимуть вироби, які потребують зварювальних робіт. Планшайбу кріплять до зубчастого колеса з внутрішнім зачепленням привода обертання (рис.2.9) [6].

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кузнецов				48
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Цей маніпулятор дозволяє обертати виріб зі зварювальною швидкістю від 0.3 до 1 м/хв і при діаметрі виробу від 0.25 до 0.9 м. та з масою до 1000 кг. Він допускає грузовий момент відносно осі повороту до 900 кгс*м, відносно осі обертання — до 200 кгс*м. Швидкість обертання налаштовуються за допомогою змінних шестерень, що позначені на рис.3 під номером 5.

Головний привод маніпулятора можна побачити на рис. 2.11 [14].



1 — фланець для кріплення планшайби; 2 — шпindel; 3 — несуча змінна шестерня редуктора; 4 — ведуча змінна шестерня; 5 — зубчастий сектор механізму повороту планшайби; 6 — бронзове кільце струмовідводу; 7 — мідно-сітчаті щітки мструмовідводу; 8 — накінецьник проводу.

Рисунок 2.11 — Головний привід маніпулятора Т — 25М

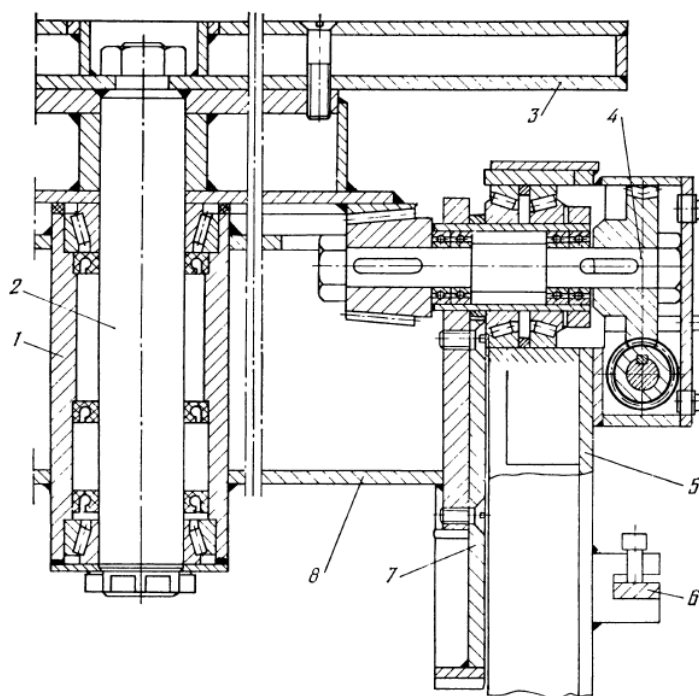
Особливістю конструкції цього маніпулятора є геометричне суміщення осі черв'яка останньої передачі з осею повороту шпинделя. Це дозволяє встановлювати електропривід обертання стаціонарно, а не на поворотній траверсі. Разом з тим така компоновка приводу механізму призводить до неможливості пересікання осі повороту планшайби з її віссю обертання. Вони перехрещуються. Це дозволяє довести грузовий момент до його мінімального значення не при горизонтальному, а при повернутому положенні планшайби. В деяких випадках це дозволяє покращити грузопідйомність маніпулятора.

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				50
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Механізм обертання планшайби складається з двох послідовних черв'ячних передач, що зв'язані між собою парою змінних зубчастих коліс [14].

У цьому, як і в попередньому механізмі видно, що остання кінематична ланка виконана у вигляді черв'ячної передачі. Вибір на черв'ячну передачу падає, так, як вона у порівнянні з циліндричною або конічною зубчастою передачею вона забезпечує більшу плавність руху.

Але черв'ячна передача у останній кінематичній ланці використовується не завжди. Прикладом цього є наші західні колеги (рис.2.12), а саме фірма “Аронсон” з США. Їхній маніпулятор використовує у останній кінематичній ланці конічну зубчасту передачу. Це виконано для спрощення механізму обертання планшайби.



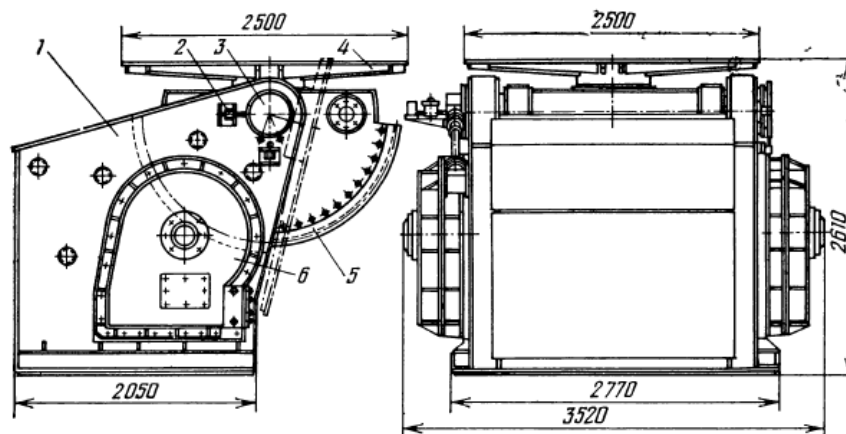
1 — корпус шпинделя; 2 — шпиндель; 3 — планшайба; 4 — ведучий вал механізму обертання; 5 — станина; 6 — зварювальний привід; 7 — зубчастий сектор механізму повороту; 8 — поворотна траверса.

Рисунок 2.12 — Зварювальний маніпулятор фірми “Аронсон”

Але все ж таки усі рекомендації сходяться на тому, щоб використовувати на останній кінематичній ланці саме черв'ячну передачу. До прикладу наш вітчизняний Інститут ім. Е. О. Патона у своїх механізмах обертання планшайби використовує в основному черв'ячну передачу.

Зварювальний маніпулятор тяжкого типу У-191М

Цікавішим як приклад по компоновці та конструкції буде маніпулятор тяжкого типу У-191М (рис.2.13). Його грузопідйомність до 20 тон. Це вітчизняна розробка, що була розроблена в інституті електрозварювання ім. Е.О. Патона. Його допустимий грузовий момент відносно осі нахилу планшайби складає $20\text{т}\cdot\text{м}$, допустимий крутний момент відносно осі обертання планшайби — $1,6\text{ т}\cdot\text{м}$. Швидкість обертання планшайби можна варіювати, тобто регулювати у межах від 0.24 до 0.006 об/хв. Зміна швидкості відбувається за рахунок плавного регулювання частоти обертання двигуна постійного струму в чотири рази, а також крім того, переключенням чотирьохступінчатої коробки швидкостей приводного механізму. Ця зміна швидкості забезпечує можливість зміни швидкості сварки у межах від 0.2 до 1 м/хв при діаметрі зварюємого виро́ду і шва 2-4 м. [14,10]



1- Станина; 2 - кінцевий вимикач; 3 — кулачковий диск; 4 — планшайба; 5 — зубчастий сектор механізму нахилу; 6 — редуктор механізму нахилу

Рисунок 2.13 - Схема конструкції зварювального маніпулятора Т-25М

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кузнецов				52
Зм..	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Швидкість нахилу планшайби не регулюється і рівна 0.068 об/хв, що відповідає часу нахилу на 90 град — 3.7 хв. Максимальний кут нахилу вперед (на рис. 13 — вправо) дорівнює 105 град, а назад (на рис.2.13 — вліво) — 15 град, тобто усього кут нахилу дорівнює 120 град. Для автоматичної зупинки нахилу планшайби у крайніх або заданих положеннях використовуються кінцеві або шляхові вимикачі (на рис.2.13 — поз 2). На ці вимикачі діє кулачковий диск 3, який зв'язаний з поворотною віссю нахилу. Тобто зміну нахилу планшайби можна змінювати, змінюючи положення кулачків на диску. Змінивши їх, вони відповідно будуть взаємодіяти з вимикачами та зупиняти нахил планшайби у заданому положенні, відповідно до заданої технології зварювання та конструкції деталі. [14]

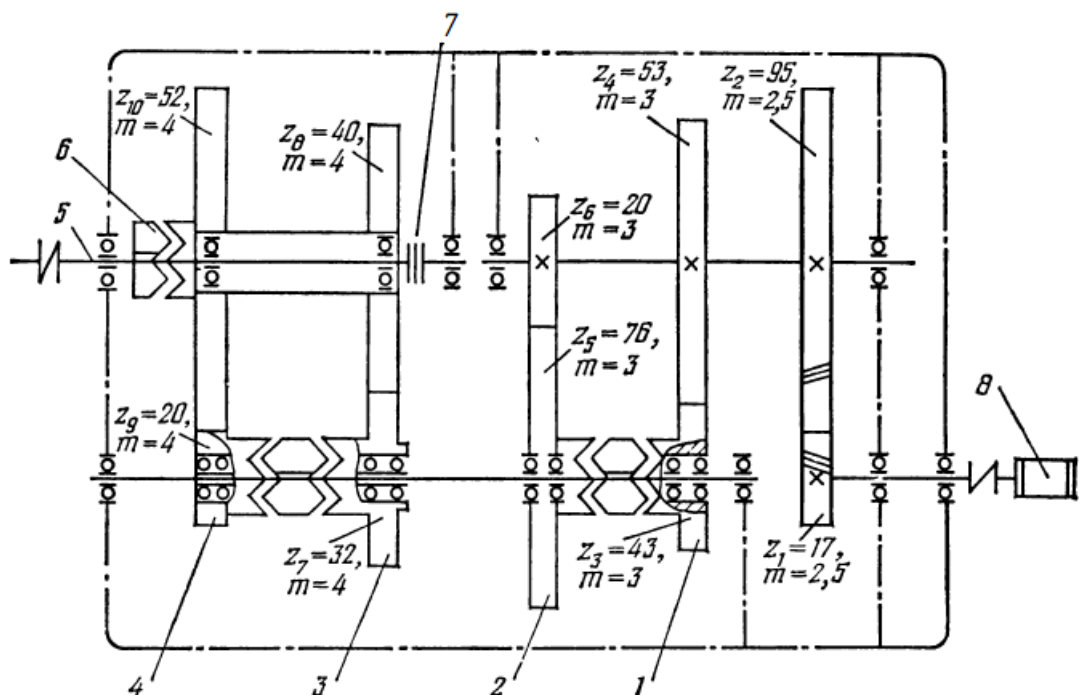
Далі розглянемо кінематичні схеми механізмів маніпулятора У — 191М.

Механізм обертання встановлюється стаціонарно у верхній частині станини.

Лише остання черв'ячна передача на шпинделі 1 і блок паразитних шестерень змонтовані на нахлоняючійся частині маніпулятора. Тому при нахлоні планшайби вони повертаються разом з нею навколо осі нахилу 11.

Ця конструкція маніпулятора задовільняє три умови раціональної компоновки механізмів маніпулятора (див. пункт 2.2.)

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кужнецов				53
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 — 4 — зубчасті колеса, що перемикаються; 5 — вихідний вал; 6 — кулачкова муфта (одностороння); 7 — електромагнітна муфта; 8 — електродвигун, $N = 6 \text{ кВт}$
Рисунок 2.15 — Кінематична схема коробки швидкостей маніпулятора У-191М

Усі зубчасті колеса передач знаходяться у постійному зачепленні, а керування швидкостями, тобто перемикання швидкостей виконується за допомогою двохсторонніх кулачкових муфт, що наведені на кінематичній схемі (не підписані). Ці муфти керуються рукоятками, що виведені на зовні коробки швидкостей. У свою чергу вихідний вал коробки швидкостей 5 можна відключати від самого приводу. Відключення вихідного валу відбувається за допомогою кулачкової муфти 6, управління якою відбувається теж рукояткою, що виведена назовні коробки, або ж електромагнітною муфтою 7, керування електромагнітною муфтою відбувається дистанційно чи автоматично [14].

Логічним є питання доцільності двійної системи відключення вихідного валу. Потребою для такої двійної системи відключення є необхідність поступової наплавки виробу з періодичним відключенням приводу обертання.

		Підгорний		
		Кузнецов		
Зм..	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата

МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ

Аркуш

55

Механізм обертання відключається двома способами. Перший спосіб — за допомогою електродвигуна 8, другий — електромагнітною муфтою 7. Причому при першому способі (тобто при відключенні електродвигуна) весь блок шестерень залишається у постійному зачепленні з кулачковою муфтою вихідного валу 6, а при другому (тобто відключення за допомогою електромагнітної муфти 7) електродвигун залишається працюючим, а кулачкова муфта 6 відключена.

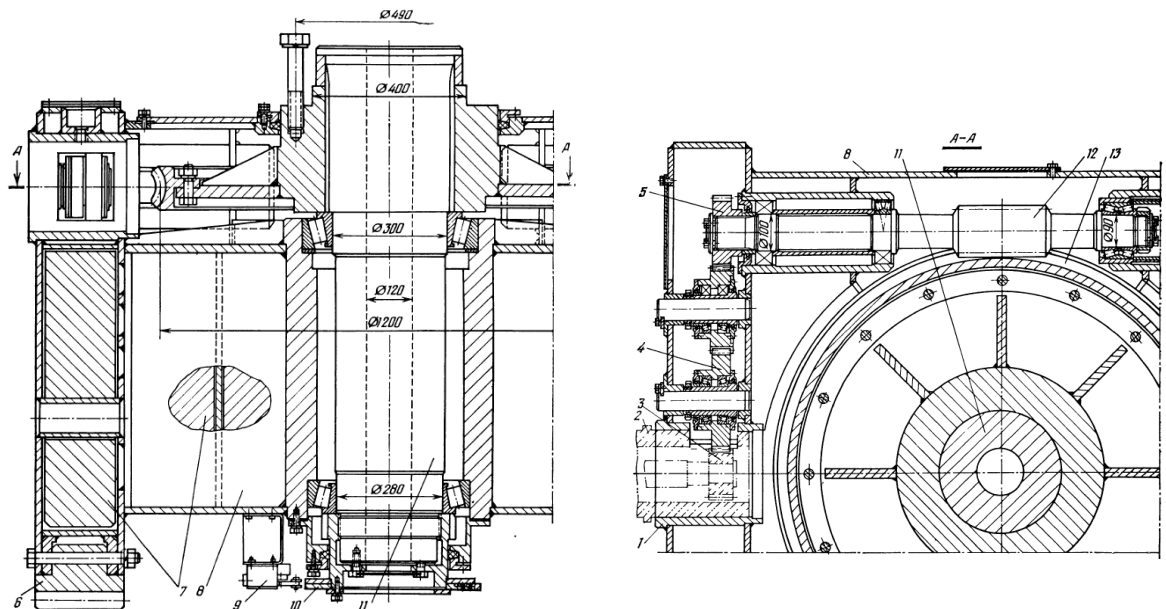
Відключення механізму електродвигуном рахується обґрунтованим при довгих зупинках роботи маніпулятора. Тобто при довгій зварювальній роботі у певній області виробу. Відключення механізму електромагнітною муфтою використовується ж при недовгих, коротких та періодичних зупинках роботи маніпулятора. Це обумовлено мінімальністю інерціальності виробу, що закріплений у маніпуляторі. Обумовлено це тим, що маси приводного механізму, що обертається з найбільшою швидкістю (ротор двигуна, швидкохідні зубчасті колеса коробки) та створюючі найбільший динамічний момент будуть не працюючі, та не створюватимуть той самий момент в короткочасних та періодичних зупинках маніпулятора.

Залежно від положення двохсторонніх кулачкових муфт можна отримати наступні передаточні відношення коробки швидкостей (табл.2.1):

Таблиця 2.1 — Передаточні відношення коробки швидкостей залежно від положення двохсторонніх кулачкових муфт

Включені зубчасті колеса	1 та 3	1 та 4	2 та 3	2 та 4
Передаточні відношення коробки швидкостей	5,7	11,8	26,6	55,2

Оцінюючи усі механічні вузли маніпулятора потрібно зазначити, що найбільше навантаження несе шпindel та механізми для повороту та нахилу, що з ним зв'язані (рис. 2.16).



1 — втулка для посадки цапфи; 2 — цапфа; 3 — ведуча шестерня механізму обертання шпинделя, $m = 6$, $z = 22$; 4 — паразитні шестерні; 5 — ведуча зубчаста передача, $m = 6$, $z = 32$; 6 — зубчастий сектор, $m = 20$, $z_{полн} = 108$; 7 — контргрузи; 8 — зварний корпус; 9 — кінцевий вимикач; 10 — кулачковий диск шагового пристрою; 11 — шпindel; 12 — черв'як, $m = 10$, $z = 1$; 13 — черв'ячне колесо, $m = 10$, $z = 120$.

Рисунок 2.16 — Шпindel маніпулятора У-191М

У корпус 8 встановлені опори шпинделя 11. Цей корпус виступає картером останньої черв'ячної передачі механізму обертання. Також він виступає несучою частиною усієї нахлонної частини частини маніпулятора. По осі нахлону корпус має дві втулки 1, в які запресовують опорні цапфи маніпулятора 2. Ці цапфи виконані пустотілими, для того, щоб в лівій цапфі можна було змонтувати приводний вал з ведучим зубчастим колесом 3. За рахунок того, що ведуче зубчасте колесо та опорні цапфи співвісні є можливість встановити усі інші приводи механізму обертання стаціонарно, тобто ззовні нахлонної частини. [14]

		Підгорний		
		Кучнецов		
Зм..	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата

МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ

Аркуш

57

Такими приводами є електродвигун, коробка швидкостей та проміжна трансмісія. До корпусу з обох сторін симетрично прикріплюються два зубчасті сектори 6 механізму наклону за допомогою болтів.

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кузнецов				58
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Розділ 3. Дослідницький

3.1. Морфологічний аналіз – системний метод пошуку нових технічних рішень

У сучасному світі розвиток технологій набуває все більшого значення, і інженери та винахідники постійно стикаються з потребою в нових технічних рішеннях для вирішення складних завдань. Для досягнення цих цілей використовуються різні методи та підходи, одним з яких є морфологічний аналіз.

Означення та сутність морфологічного аналізу

Морфологічний аналіз є методом системного пошуку нових технічних рішень, що використовується в інженерній та технічній сферах. Цей метод був розроблений Генрі Поппом в 1970-х роках і знаходить широке застосування у проектуванні, розробці та вдосконаленні нових технологій, пристроїв і систем.[1,7,9]

Морфологічний аналіз є системним методом пошуку нових технічних рішень, який базується на розбитті задачі на окремі елементи та їх подальшому поєднанні. Наприклад, для розробки нового пристрою можуть бути визначені такі параметри, як форма, розмір, матеріал, функціональні можливості тощо. Кожен з цих параметрів розглядається окремо, а потім їх комбінація дозволяє знайти нові технічні рішення. Тобто в основі морфологічного аналізу лежить принцип декомпозиції, де проблему розбивають на окремі аспекти, щоб знайти найкращі рішення для кожного з них.

Етапи морфологічного аналізу

Морфологічний аналіз включає кілька етапів, які слід виконати для досягнення бажаного результату, а саме:

1. *Визначення проблеми.* На цьому етапі інженери або винахідники визначають конкретну проблему або завдання, для яких потрібно знайти нові технічні рішення.

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кузнецов				59
Зм..	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

2. *Декомпозиція*. Проблема розбивається на окремі елементи або аспекти, які потрібно вирішити. Це можуть бути функціональні вимоги, технічні обмеження або інші параметри, які впливають на розв'язання проблеми.

3. *Заповнення матриці морфологічного аналізу шляхом комбінування різних значень параметрів з різних стовпців*. На цьому етапі розробляється морфологічна таблиця / картографування, яке включає всі можливі комбінації рішень для кожного з елементів, що були визначені на попередньому етапі.

4. *Відбір оптимальних рішень*. Після створення морфологічного картографування проводиться аналіз та порівняння рішень для вибору найкращих варіантів. Цей етап може включати оцінку кожного рішення з точки зору його технічних характеристик, вартості впровадження, можливості масового виробництва тощо.

5. *Реалізація обраного рішення*. Після вибору оптимального рішення проводиться його реалізація, тестування та впровадження в практику.

Переваги морфологічного аналізу

Морфологічний аналіз має переваги, які роблять його ефективним методом пошуку нових технічних рішень. Такими перевагами є: [1,10]

1. *Системний підхід*. Морфологічний аналіз вимагає систематичного підходу до пошуку рішень. Його виконують на кресленнях, таблицях або інших візуальних засобах. При цьому враховуються всі можливі комбінації параметрів, аналізуються їх взаємозв'язки та оцінюються результати. Це сприяє більшому розумінню проблеми і знаходженню комплексних рішень.

2. *Широкий пошуковий простір*. Завдяки створенню морфологічної матриці, морфологічний аналіз дозволяє охопити широкий спектр можливих варіантів рішень. Багатоваріантність цього методу дозволяє розглядати різні комбінації параметрів та експериментувати з різними можливостями. Це

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				60
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

сприяє виявленню неочікуваних зв'язків і переваг, які можуть бути використані для розв'язання проблеми.

3. *Гнучкість та модифікованість.* Морфологічний аналіз може бути легко модифікованим або розширеним для включення нових елементів або зміни умов. Це дає можливість адаптувати метод до конкретних потреб та умов розв'язання задачі. Незалежно від того, чи розробляються нові пристрої, програмне забезпечення або будь-які інші технічні рішення, морфологічний аналіз може бути використаний для систематичного пошуку найкращих варіантів.

Висновок

Морфологічний аналіз є потужним системним методом пошуку нових технічних рішень. Використання цього методу дозволяє знайти оптимальні та інноваційні рішення шляхом розбиття проблеми на складові елементи та їх подальшого поєднання. Морфологічний аналіз забезпечує широкий пошуковий простір, системний підхід та гнучкість, що робить його корисним інструментом для інженерів та винахідників, які працюють над розв'язанням складних технічних завдань.

3.2. Побудова морфологічної моделі УОПЗП

Провівши аналіз деяких уже готових зварювальних маніпуляторів, можна провести свій особистий аналіз компоновок універсальних обертально — поворотних зварювальних пристроїв.

Вибір морфологічних ознак

Метод морфологічного аналізу у нашому випадку передбачає у собі виконання п'яти етапів:

уточнення завдання відповідно до мети дослідження;

поділ предмета дослідження на морфологічні ознаки. У моєму випадку такими будуть: Блок поворотний (БП), Блок обертальний (БО), основа (О),

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				61
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

перехідник (П), а для БП та БО також зображення рухів в системі координат XYZ;

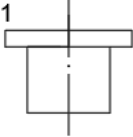
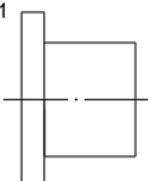
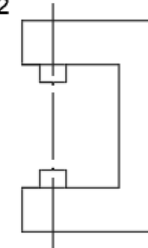
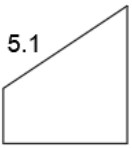
складання морфологічної моделі у морфологічну таблицю та морфологічну матрицю;

синтез варіантів об'єкта, як поєднання варіантів морфологічних ознак та написання морфологічних та структурних формул;

вибір декількох раціональних варіантів методом парних порівнянь з урахуванням таких критеріїв: а) мінімалізація кількості блоків; б) мінімальні розміри пристрою; в) можливість заміни чи збільшення блоків.

Відповідно морфологічна модель із зображенням блоків та рухів БП та БО представлена у табл. 3.1.[1]

Таблиця 3.1 — Морфологічна таблиця УОПЗП розгорнута

Блок обертальний (БО)		Блок поворотний (БП)		Нерухомі частини (НЧ)	
1. Форма виконання	2. Рух	3. Форма виконання	4. Рух	5. Перехідник(П)	6. Основа(О)
1.1 	2.1  2.2  2.3  2.4 	3.1  3.2 	4.1  4.2  4.3  4.4 	5.1  5.2  5.3 Немає	6.1 

Відповідно до цієї морфологічної таблиці ми створюємо згорнуту морфологічну таблицю зі структурними формулами, де наведені можливі комбінації варіантів створення/удосконалення пристрою.

Можливі варіанти компоновок УОПЗП наведені на листі 4 цього дипломного проекту.

Відповідно ці компоновки і були використанні для створення морфологічної моделі. Загальна кількість можливих та неможливих варіантів:

$$N_k = 4 \times 2 \times 4 \times 3 = 96$$

3.3. Синтез компоновок УОПЗП з написанням морфологічних і структурних формул.

Проведений відбір синтезу варіантів із написанням морфологічних та структурних формул, що наведені у табл.3.2.

Таблиця 3.2 — морфологічні та координатні структурні формули компоновок УОПЗП

№ Варіанта	Морфологічна формула	Структурна формула
1	2	3
X ₁	1 1,1 - 2,1 ∧ 3,1 - 4,1 ∧ 5,1 - 6,1	d _z e _z O
X ₂	1 1,1 - 2,1 ∧ 3,1 - 4,1 ∧ 5,3 - 6,1	d _z e _z O
X ₃	1 1,1 - 2,2 ∧ 3,1 - 4,2 ∧ 5,2 - 6,1	d _z e _y O
X ₄	1 1,1 - 2,1 ∧ 3,1 - 4,2 ∧ 5,3 - 6,1	d _z e _y O
X ₅	1 1,1 - 2,1 ∧ 3,2 - 4,4 ∧ 5,2 - 6,1	d _z e _x O
X ₆	1 1,1 - 2,1 ∧ 3,2 - 4,4 ∧ 5,1 - 6,1	d _z e _x O
X ₇	1 1,1 - 2,1 ∧ 3,2 - 4,4 ∧ 5,3 - 6,1	d _z e _x O
X ₈	1 1,1 - 2,4 ∧ 3,2 - 4,4 ∧ 5,1 - 6,1	d _y e _x O
X ₉	1 1,1 - 2,2 ∧ 3,2 - 4,4 ∧ 5,2 - 6,1	d _y e _x O
X ₁₀	1 1,1 - 2,2 ∧ 3,2 - 4,4 ∧ 5,3 - 6,1	d _y e _x O
X ₁₁	1 1,1 - 2,1 ∧ 3,2 - 4,2 ∧ 5,3 - 6,1	d _y e _z O
X ₁₂	1 1,1 - 2,3 ∧ 3,1 - 4,1 ∧ 5,1 - 6,1	d _{z/y} e _z O
X ₁₃	1 1,1 - 2,3 ∧ 3,1 - 4,2 ∧ 5,1 - 6,1	d _{z/y} e _y O
X ₁₄	1 1,1 - 2,3 ∧ 3,2 - 4,4 ∧ 5,2 - 6,1	d _{z/y} e _x O
X ₁₅	1 1,1 - 2,3 ∧ 3,2 - 4,4 ∧ 5,3 - 6,1	d _{z/y} e _x O
X ₁₆	1 1,1 - 2,2 ∧ 3,1 - 4,3 ∧ 5,1 - 6,1	d _y e _{z/y} O

Системно-морфологічний підхід дозволяє провести приблизний аналіз можливих компоновок приводу та підібрати найкращі з варіантів.

Вибір кращих варіантів методом парних порівнянь

Одним з ефективних методів якісної оцінки варіантів у вигляді експертних оцінок, є метод розстановки пріоритетів, відомий як "задача про лідера", який слугує для багатокритеріального, якісного аналізу на основі експертизи варіантів побудови технічних систем.

Метод передбачає попарне порівняння двох варіантів за принципом:

- перший "краще" ($>$) другого (стрілка від кращого до гіршого);
- перший "гірше" ($<$) другого (стрілка від кращого до гіршого);
- перший "дорівнює" ($=$) другому (стрілки в обидва боки);

та спеціальний алгоритм обробки отриманих даних.

Розглянемо математичну постановку задачі.

Для цього представимо результати умовного змагання компоновок у вигляді графу (рис.3.1). [3]

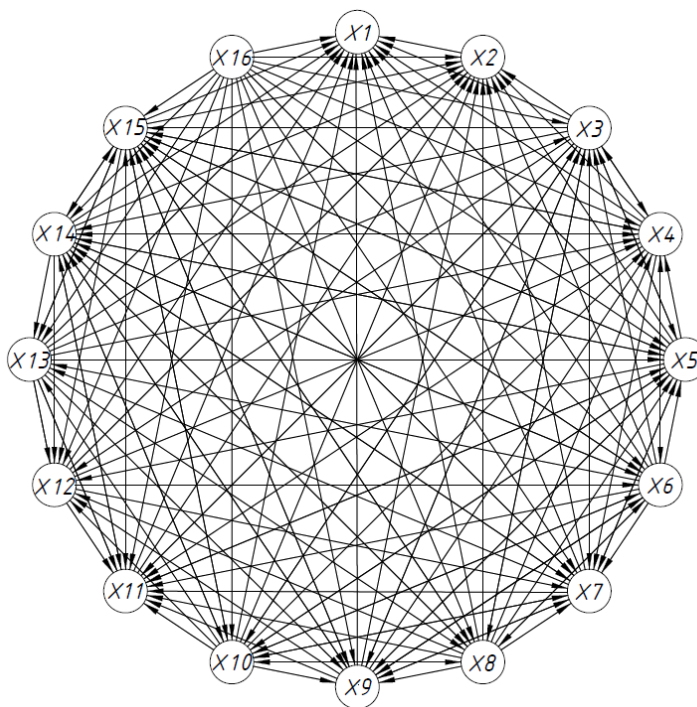


Рисунок 3.1 - Умовне порівняння компоновок УОПЗП

Кожному з n компоновок ($X_1, X_2, \dots, X_{16}$) відповідає вершина графа, який виражає результати деякого змагання. Якщо гравець X_i виграв у гравця

X_j , то на графі існує дуга ij , якщо програв – ji , нічийному результату відповідають дуги ij і ji . Приклад такого графа приведено на рис 3.1.[3]

На основі даних отриманих з рисунку 3.1 складаємо матрицю суміжності:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 2 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 0 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 1 & 1 & 0 & 1 & 2 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 2 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 2 & 0 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 & 1 & 2 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 & 2 & 0 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 2 & 0 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 2 & 2 & 1 & 2 & 1 & 2 & 1 & 2 & 2 & 0 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 2 & 2 & 0 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 1 & 2 & 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 0 & 2 & 0 & 2 & 2 & 0 & 0 & 0 & 2 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 0 & 0 & 2 & 2 & 0 & 2 & 2 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

Розрахунки по першій та другій ітерації.

Розрахунки по першій ітерації.

За наступною формулою визначаємо ітеровану силу першого порядку першого варіанту:

$$P_1(1) \quad 1 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 1$$

Для другого варіанту:

$$P_2(1) \quad 2 + 1 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 3$$

Для третього варіанту:

$$P_3(1) \quad 2 + 2 + 1 + 1 + 1 + 0 + 1 + 1 + 1 + 1 + 2 + 2 + 0 + 2 + 2 + 0 = 19$$

Для четвертого варіанту:

$$P_4(1) \quad 2 + 2 + 1 + 1 + 0 + 1 + 2 + 0 + 0 + 0 + 2 + 0 + 0 + 1 + 1 + 0 = 13$$

Для п'ятого варіанту:

$$P_5(1) \quad 2 + 2 + 1 + 2 + 1 + 0 + 1 + 0 + 1 + 1 + 1 + 2 + 0 + 1 + 1 + 0 = 16$$

Для шостого варіанту:

$$P_6(1) \quad 2 + 2 + 2 + 1 + 2 + 1 + 2 + 1 + 1 + 1 + 2 + 0 + 2 + 1 + 1 + 0 = 21$$

Для сьомого варіанту:

$$P_7(1) \quad 2 + 2 + 1 + 0 + 1 + 0 + 1 + 0 + 1 + 1 + 2 + 0 + 2 + 1 + 1 + 0 = 15$$

Для восьмого варіанту:

$$P_8(1) \quad 2 + 2 + 1 + 2 + 2 + 1 + 2 + 1 + 2 + 1 + 2 + 2 + 0 + 1 + 1 + 0 = 22$$

Для дев'ятого варіанту:

$$P_9(1) \quad 2 + 2 + 1 + 2 + 1 + 1 + 1 + 0 + 1 + 0 + 2 + 2 + 0 + 1 + 1 + 0 = 17$$

Для десятого варіанту:

$$P_{10}(1) \quad 2 + 2 + 1 + 2 + 1 + 1 + 1 + 1 + 2 + 1 + 2 + 2 + 2 + 1 + 1 + 0 = 22$$

Для одинадцятого варіанту:

$$P_{11}(1) \quad 2 + 2 + 0 + 0 + 1 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 1 + 0 + 0 + 1 + 1 + 0 = 8$$

Для дванадцятого варіанту:

$$P_{12}(1) \quad 2 + 2 + 0 + 2 + 0 + 2 + 2 + 0 + 0 + 0 + 2 + 1 + 0 + 0 + 0 + 0 = 13$$

Для тринадцятого варіанту:

$$P_{13}(1) \quad 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 0 + 0 + 2 + 2 + 0 + 2 + 2 + 1 + 0 + 1 + 0 = 20$$

Для чотирнадцятого варіанту:

$$P_{14}(1) \quad 2 + 2 + 0 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 2 + 2 + 1 + 1 + 0 = 18$$

Для п'ятнадцятого варіанту:

$$P_{15}(1) \quad 2 + 2 + 0 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 2 + 1 + 1 + 1 + 0 = 17$$

Для шістнадцятого варіанту:

$$P_{16}(1) \quad 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 1 = 31$$

Визначаємо нормовану ітеровану силу першого порядку:

Для першого варіанту:

$$P_1^{\text{відн}}(1) = \frac{1}{256} \approx 0.0039$$

Для другого варіанту:

$$P_2^{\text{відн}}(1) = \frac{3}{256} \approx 0,0117$$

Для третього варіанту:

$$P_3^{\text{відн}}(1) = \frac{19}{256} \approx 0,0742$$

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кузнецов				66
Зм..	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Для четвертого варіанту:

$$P_4^{\text{відн}}(1) = \frac{13}{256} \approx 0,0507$$

Для п'ятого варіанту:

$$P_5^{\text{відн}}(1) = \frac{13}{256} \approx 0,0625$$

Для шостого варіанту:

$$P_6^{\text{відн}}(1) = \frac{13}{256} \approx 0,08203$$

Для сьомого варіанту:

$$P_7^{\text{відн}}(1) = \frac{15}{256} \approx 0,0585$$

Для восьмого варіанту:

$$P_8^{\text{відн}}(1) = \frac{22}{256} \approx 0,0859$$

Для дев'ятого варіанту:

$$P_9^{\text{відн}}(1) = \frac{17}{256} \approx 0,0664$$

Для десятого варіанту:

$$P_{10}^{\text{відн}}(1) = \frac{22}{256} \approx 0,0859$$

Для одинадцятого варіанту:

$$P_{11}^{\text{відн}}(1) = \frac{8}{256} \approx 0,03125$$

Для дванадцятого варіанту:

$$P_{12}^{\text{відн}}(1) = \frac{13}{256} \approx 0,05078$$

Для тринадцятого варіанту:

$$P_{13}^{\text{відн}}(1) = \frac{20}{256} \approx 0,0781$$

Для чотирнадцятого варіанту:

$$P_{14}^{\text{відн}}(1) = \frac{18}{256} \approx 0,07031$$

Для п'ятнадцятого варіанту:

$$P_{15}^{\text{відн}}(1) = \frac{17}{256} \approx 0,0664$$

Для шістнадцятого варіанту:

$$P_{16}^{\text{відн}}(1) = \frac{32}{256} \approx 0,121$$

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кузнецов				67
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Розрахунки по другій ітерації.

Визначаємо інтегровану силу другого порядку.

Для першого варіанту:

$$P_1(2) = 1 \times 1 + 0 \times 3 + 0 \times 19 + 0 \times 13 + 0 \times 16 + 0 \times 21 + 0 \times 15 + 0 \times 22 + 0 \times 17 + 0 \times 22 + 0 \times 8 + 0 \times 13 + 0 \times 20 + 0 \times 18 + 0 \times 17 + 0 \times 31 = 1$$

Для другого варіанту:

$$P_2(2) = 2 \times 1 + 1 \times 3 + 0 \times 19 + 0 \times 13 + 0 \times 16 + 0 \times 21 + 0 \times 15 + 0 \times 22 + 0 \times 17 + 0 \times 22 + 0 \times 8 + 0 \times 13 + 0 \times 20 + 0 \times 18 + 0 \times 17 + 0 \times 31 = 5$$

Для третього варіанту:

$$P_3(2) = 2 \times 1 + 2 \times 3 + 1 \times 19 + 1 \times 13 + 1 \times 16 + 0 \times 21 + 1 \times 15 + 1 \times 22 + 1 \times 17 + 1 \times 22 + 2 \times 8 + 2 \times 13 + 0 \times 20 + 2 \times 18 + 2 \times 17 + 0 \times 31 = 244$$

Для четвертого варіанту:

$$P_4(2) = 2 \times 1 + 2 \times 3 + 1 \times 19 + 1 \times 13 + 0 \times 16 + 1 \times 21 + 2 \times 15 + 0 \times 22 + 0 \times 17 + 0 \times 22 + 2 \times 8 + 0 \times 13 + 0 \times 20 + 1 \times 18 + 1 \times 17 + 0 \times 31 = 142$$

Для п'ятого варіанту:

$$P_5(2) = 2 \times 1 + 2 \times 3 + 1 \times 19 + 2 \times 13 + 1 \times 16 + 0 \times 21 + 1 \times 15 + 0 \times 22 + 1 \times 17 + 1 \times 22 + 1 \times 8 + 2 \times 13 + 0 \times 20 + 1 \times 18 + 1 \times 17 + 0 \times 31 = 192$$

Для шостого варіанту:

$$P_6(2) = 2 \times 1 + 2 \times 3 + 2 \times 19 + 1 \times 13 + 2 \times 16 + 1 \times 21 + 2 \times 15 + 1 \times 22 + 1 \times 17 + 1 \times 22 + 2 \times 8 + 0 \times 13 + 2 \times 20 + 1 \times 18 + 1 \times 17 + 0 \times 31 = 294$$

Для сьомого варіанту:

$$P_7(2) = 2 \times 1 + 2 \times 3 + 1 \times 19 + 0 \times 13 + 1 \times 16 + 0 \times 21 + 1 \times 15 + 0 \times 22 + 1 \times 17 + 1 \times 22 + 2 \times 8 + 0 \times 13 + 2 \times 20 + 1 \times 18 + 1 \times 17 + 0 \times 31 = 188$$

Для восьмого варіанту:

$$P_8(2) = 2 \times 1 + 2 \times 3 + 1 \times 19 + 2 \times 13 + 2 \times 16 + 1 \times 21 + 2 \times 15 + 1 \times 22 + 2 \times 17 + 1 \times 22 + 2 \times 8 + 2 \times 13 + 0 \times 20 + 1 \times 18 + 1 \times 17 + 0 \times 31 = 291$$

Для дев'ятого варіанту:

$$P_9(2) = 2 \times 1 + 2 \times 3 + 1 \times 19 + 2 \times 13 + 1 \times 16 + 1 \times 21 + 1 \times 15 + 0 \times 22 + 1 \times 17 + 0 \times 22 + 2 \times 8 + 2 \times 13 + 0 \times 20 + 1 \times 18 + 1 \times 17 + 0 \times 31 = 199$$

Для десятого варіанту:

$$P_{10}(2) = 2 \times 1 + 2 \times 3 + 1 \times 19 + 2 \times 13 + 1 \times 16 + 1 \times 21 + 1 \times 15 + 1 \times 22 + 1 \times 17 + 1 \times 22 + 2 \times 8 + 2 \times 13 + 2 \times 20 + 1 \times 18 + 1 \times 17 + 0 \times 31 = 283$$

Для одинадцятого варіанту:

$$P_{11}(2) = 2 \times 1 + 2 \times 3 + 0 \times 19 + 0 \times 13 + 1 \times 16 + 0 \times 21 + 0 \times 15 + 0 \times 22 + 0 \times 17 + 0 \times 22 + 1 \times 8 + 0 \times 13 + 0 \times 20 + 1 \times 18 + 1 \times 17 + 0 \times 31 = 67$$

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				68
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Для дванадцятого варіанту:

$$P_{12}(2) = 2 \times 1 + 2 \times 3 + 0 \times 19 + 2 \times 13 + 0 \times 16 + 2 \times 21 + 2 \times 15 + 0 \times 22 + 0 \times 17 + 0 \times 22 + 2 \times 8 + 1 \times 13 + 0 \times 20 + 0 \times 18 + 0 \times 17 + 0 \times 31 = 134$$

Для тринадцятого варіанту:

$$P_{13}(2) = 2 \times 1 + 2 \times 3 + 2 \times 19 + 2 \times 13 + 2 \times 16 + 0 \times 21 + 0 \times 15 + 2 \times 22 + 2 \times 17 + 0 \times 22 + 2 \times 8 + 2 \times 13 + 1 \times 20 + 0 \times 18 + 1 \times 17 + 0 \times 31 = 261$$

Для чотирнадцятого варіанту:

$$P_{14}(2) = 2 \times 1 + 2 \times 3 + 0 \times 19 + 1 \times 13 + 1 \times 16 + 1 \times 21 + 1 \times 15 + 1 \times 22 + 1 \times 17 + 1 \times 22 + 1 \times 8 + 2 \times 13 + 2 \times 20 + 1 \times 18 + 1 \times 17 + 0 \times 31 = 243$$

Для п'ятнадцятого варіанту:

$$P_{15}(2) = 2 \times 1 + 2 \times 3 + 0 \times 19 + 1 \times 13 + 1 \times 16 + 1 \times 21 + 1 \times 15 + 1 \times 22 + 1 \times 17 + 1 \times 22 + 1 \times 8 + 2 \times 13 + 1 \times 20 + 1 \times 18 + 1 \times 17 + 0 \times 31 = 223$$

Для шістнадцятого варіанту:

$$P_{16}(2) = 2 \times 1 + 2 \times 3 + 2 \times 19 + 2 \times 13 + 2 \times 16 + 2 \times 21 + 2 \times 15 + 2 \times 22 + 2 \times 17 + 2 \times 22 + 2 \times 8 + 2 \times 13 + 2 \times 20 + 2 \times 18 + 2 \times 17 + 1 \times 31 = 481$$

Визначаємо нормовану ітеровану силу другого порядку:

Для першого варіанту:

$$P_2^{\text{відн}}(2) = \frac{1}{3248} \approx 0.00004$$

Для другого варіанту:

$$P_2^{\text{відн}}(2) = \frac{5}{3248} \approx 0,0018$$

Для третього варіанту:

$$P_3^{\text{відн}}(2) = \frac{22}{3248} \approx 0,0067$$

Для четвертого варіанту:

$$P_4^{\text{відн}}(2) = \frac{142}{3248} \approx 0,053$$

Для п'ятого варіанту:

$$P_5^{\text{відн}}(2) = \frac{192}{3248} \approx 0,063$$

Для шостого варіанту:

$$P_6^{\text{відн}}(2) = \frac{294}{3248} \approx 0,09$$

Для сьомого варіанту:

$$P_7^{\text{відн}}(2) = \frac{188}{3248} \approx 0,0622$$

Для восьмого варіанту:

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кузнецов				69
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

$$P_8^{\text{відн}}(2) = \frac{291}{3248} \approx 0,089$$

Для дев'ятого варіанту:

$$P_9^{\text{відн}}(2) = \frac{199}{3248} \approx 0,061$$

Для десятого варіанту:

$$P_{10}^{\text{відн}}(2) = \frac{283}{3248} \approx 0,087$$

Для одинадцятого варіанту:

$$P_{11}^{\text{відн}}(2) = \frac{67}{3248} \approx 0,0356$$

Для дванадцятого варіанту:

$$P_{12}^{\text{відн}}(2) = \frac{134}{3248} \approx 0,0442$$

Для тринадцятого варіанту:

$$P_{13}^{\text{відн}}(2) = \frac{261}{3248} \approx 0,0803$$

Для чотирнадцятого варіанту:

$$P_{14}^{\text{відн}}(2) = \frac{243}{3248} \approx 0,079$$

Для п'ятнадцятого варіанту:

$$P_{15}^{\text{відн}}(2) = \frac{223}{3248} \approx 0,071$$

Для шістнадцятого варіанту:

$$P_{16}^{\text{відн}}(2) = \frac{481}{3248} \approx 0,149$$

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кузнецов				70
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Вибір кращого варіанту

Результати розрахунків, отриманих вище зводимо у табл.3.3.

Таблиця 3.3 - Матриця суміжності варіантів

X _j X _i	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	P _n (1)	P _{відп_i} (1)	P _n (1)	P _{відп_i} (2)	№ (по перспект.)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
X ₁	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.0039	1	0.00004	16
X ₂	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.0017	5	0.002	15
X ₃	2	2	1	1	1	0	1	1	1	1	2	2	0	2	2	0	19	0.0742	224	0.0067	7
X ₄	2	2	1	1	0	1	2	0	0	0	2	0	0	1	1	0	13	0.0507	142	0.053	12
X ₅	2	2	1	2	1	0	1	0	1	1	1	2	0	1	1	0	16	0.0625	192	0.063	10
X ₆	2	2	2	1	2	1	2	1	1	1	2	0	2	1	1	0	21	0.082	294	0.09	2
X ₇	2	2	1	0	1	0	1	0	1	1	2	0	2	1	1	0	15	0.0585	188	0.0622	11
X ₈	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	2	0	1	1	0	22	0.086	291	0.089	3
X ₉	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	2	0	1	1	0	17	0.0664	199	0.061	9
X ₁₀	2	2	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	1	0	22	0.0886	283	0.087	4
X ₁₁	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	8	0.031	67	0.0356	14
X ₁₂	2	2	0	2	0	2	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0	13	0.05	134	0.0442	13
X ₁₃	2	2	2	2	2	0	0	2	2	0	2	2	1	0	1	0	20	0.08	261	0.0803	5
X ₁₄	2	2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	0	18	0.07	243	0.079	6
X ₁₅	2	2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	0	17	0.07	223	0.071	8
X ₁₆	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	31	0.12	481	0.149	1

3.4. Висновки

Відповідно до проведеного морфологічного аналізу з використанням методу парних порівнянь була побудована морфологічна модель УОПЗП. Були визначені та описані морфологічні ознаки, а на їх проведений синтез компоновок з наступним створенням морфологічних та структурних формул. Було в загальному отримано 96 можливих варіантів компоновок УОПЗП. Для

вибору найкращого з варіантів використаний метод парних порівнянь. Після проведення порівняння отримані наступні висновки.

Найкращим з розглянутих варіантів УОПЗП виявився варіант X_{16} , що можна побачити в таблиці 3.3, на другому місці X_6 , на третьому X_8 та інші. Відповідно до цього раціональним буде зупинитися на на варіанті компоновки X_{16} та продовжити розгляд саме цього варіанту компоновки УОПЗП.

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кузнецов				72
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Розділ 4. Конструкторський

4.1.Синтезовані компоновки УОПЗП з використанням модульного принципу

Універсальні обертально-поворотні зварювальні пристрої (УОПЗП) з використанням модульного принципу - це компоновки, які використовуються в зварювальній промисловості для автоматизації процесу зварювання. Вони дозволяють обертати та повертати деталі, що зварюються, забезпечуючи оптимальний доступ для зварювального обладнання і забезпечуючи якісне зварювання.[1,16]

Модульний принцип використовується для створення синтезованих компоновок УОПЗП, що дозволяє збирати пристрої зі стандартних модулів, що можуть бути легко комбіновані та налаштовані залежно від конкретних потреб і розмірів деталей, які зварюються. Це дає більшу гнучкість і ефективність в експлуатації, оскільки пристрої можуть бути адаптовані до різноманітних завдань зварювання.

Відповідно до проведеного в попередньому розділі морфологічного аналізу, можна виділити 4 основні модулі, що використовуються в УОПЗП. А саме: механізм обертання, а саме блок обертальний (БО), механізм повороту, тобто блок поворотний (БП), основа, тобто станина (О) та перехідник (П).

Усі компоновки з модулями представлені на листі 4 цього дипломного проекту.

Комбінація різних модулів та блоків дає широкий спектр можливостей модернізації та власне створення нового обладнання, а саме зварювальної оснастки.

Усі модульні компоновки представлені у цьому дипломному проекті включають поворотний механізм пристрою, обертальний механізм планшайби та основу, тобто станину на якій встановлений механізм.

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				73
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Відповідно до проведеного морфологічного аналізу (Розділ 3) була обрана найкраща, на мій погляд, компоновка зварювального пристрою. Схему цього універсального обертача можна побачити на рисунку 4.1.

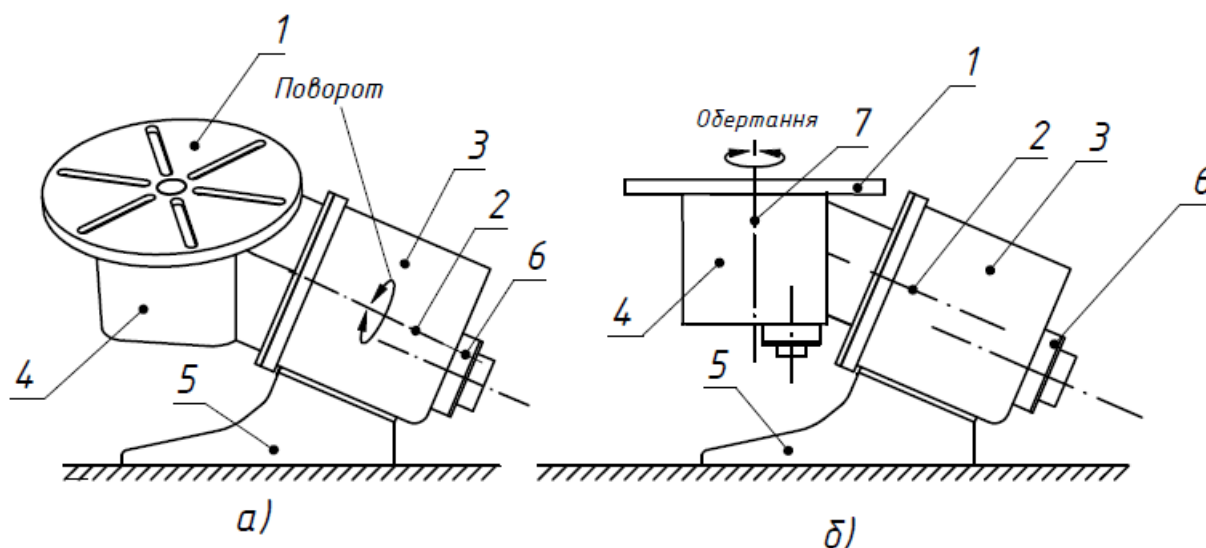


Рисунок 4.1 - Схема УОПЗП, що була обрана після проведення морфологічного аналізу:
 а) - УОПЗП з повернутим механізмом обертання планшайби (блок обертальний — БО);
 1- Планшайба; 2 — вісь повороту; 3 — блок поворотний; 4 — блок обертальний; 5 — основа; 6 — двигун; б) — схема УОПЗП у центральному положенні; 1- Планшайба; 2 — вісь повороту; 3 — блок поворотний; 4 — блок обертальний; 5 — основа; 6 — двигун; б) — схема УОПЗП у центральному положенні; 7) — вісь обертання.

Механізм складається з поворотного блоку (БП) 3, який встановлений на станині 5, яка у свою чергу встановлюється на землю. Блок поворотний 3 через перехідник з'єднується з блоком обертальним (БО) 4, на який у свою чергу встановлена планшайба 1. Кожний з блоків (БО та БП) обладнаний електродвигуном 6, який і приводить в рух кожний з блоків механізму, БП відносно осі 2 (повороту), та БО відносно осі 7 (обертання) відповідно.

4.2.Варіант конструкторського виконання блоку обертального

Відповідно до обраної компоновки, блок обертальний (БО) включає дві осі. Це вісь обертання планшайби, що встановлена на БО та вісь відповідної

частини блоку поворотного (БП). Приклад конструкторського виконання обертального блоку УОПЗП можна побачити на рисунку 4.2, 4.3.

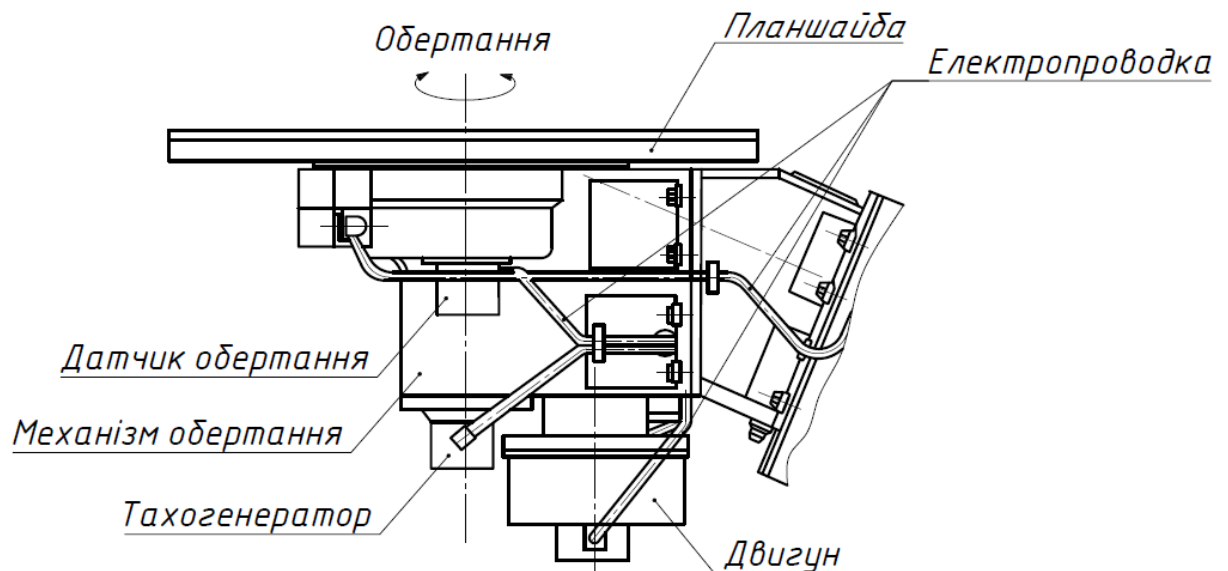


Рисунок 4.2 — Блок обертальний УОПЗП (вид збоку)

Основними складовими частинами БО є: планшайба; механізм обертання; двигун; датчик обертання та тахогенератор, що є частиною системи керування пристроєм.

Для передачі руху від двигуна до осі обертання планшайби механізм обертання включає два черв'ячні редуктори, що можна побачити на рисунку 29, на якому наведена кінематична схема БО. Відповідно до наданих рекомендацій у пункті 2.2. цього дипломного проекту при проектуванні БО бралися до уваги 3 рекомендації по конструюванні УОПЗП, а саме:

Остання кінематична ланка механізму обертання повинна бути виконана у вигляді черв'ячної передачі для забезпечення плавності обертання планшайби (рис.4.3);

Вісь повороту повинна бути розміщена симетрично відносно планшайби (рис.4.2).

Привід механізму обертання встановлюється симетрично. Це покращує умови його роботи та надійність змащування швидкохідних передач, в тому числі коробки швидкостей (лист 4 графічної частини).

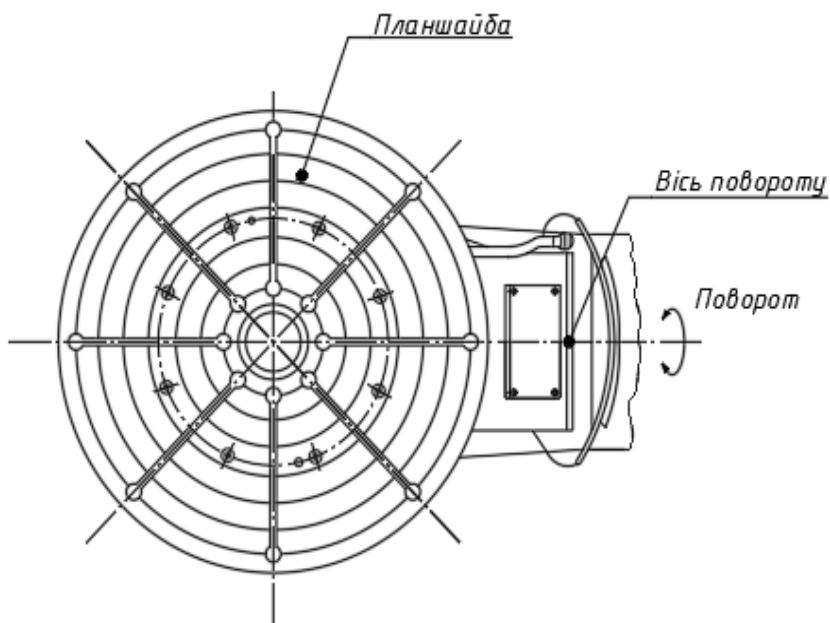


Рисунок 4.3 — Блок обертальний УОПЗП (вид зверху)

Як можна побачити з рисунків та листа усі рекомендовані умови по проєктуванню УОПЗП були виконані.

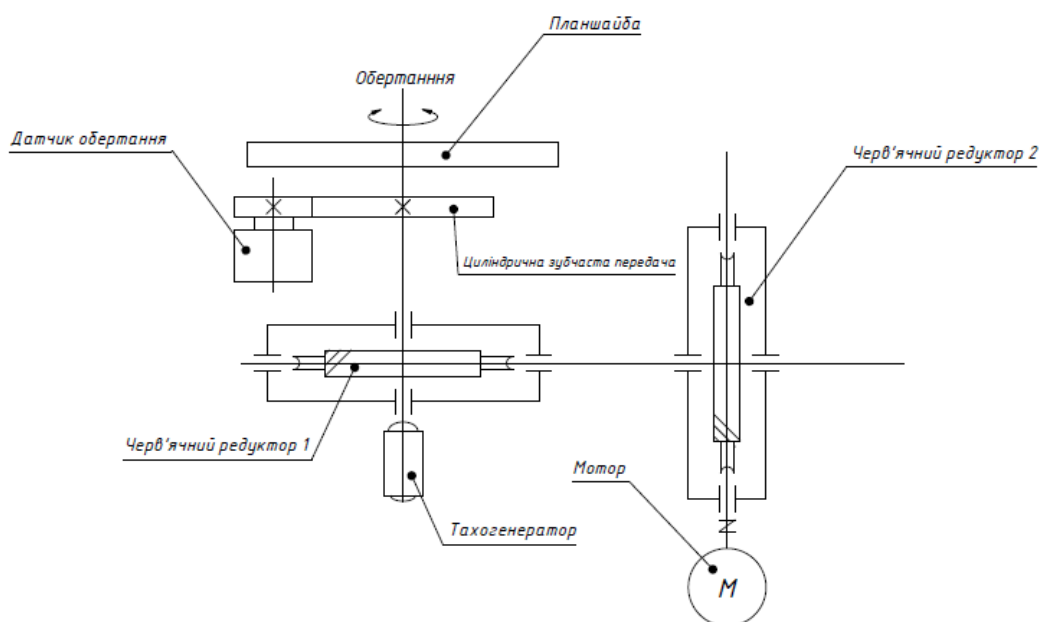


Рисунок 4.4 — Кінематична схема блоку обертального УОПЗП

		Підгорний		
		Кужнецов		
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата

МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ

Аркуш

76

Кінематична схема БО (рис.4.4) складається з двох черв'ячних редукторів, які розміщені перпендикулярно відносно одна одної. За рахунок використання черв'ячних передач можна отримати самогальмування, що забезпечує фіксацію положення, а велике передавальне відношення дозволяє досягти високої точності регулювання.

Також у конструкції приводу передбачена циліндрична зубчаста передача, що з'єднана з датчиком обертання, та за рахунок неї датчик може відслідковувати позицію (планшайби).

Тахогенератор у свою чергу влаштований на вісь обертання планшайби та служить для вимірювання частоти обертання планшайби.

4.3. Принцип роботи обертального блоку УОПЗП

УОПЗП використовують різні системи керування, залежно від їх функціональних вимог та застосування. Найпоширенішими системами керування являються PLC-системи, CNC-системи, HMI-системи або ж автоматичні системи керування. Трішки точніше про кожен з них.

PLC-системи (Програмовані логічні контролери) широко використовуються в зварювальній промисловості для керування УОПЗП. Вони базуються на програмованому логічному контролері, який виконує задану послідовність команд для керування рухом пристроїв. PLC-системи забезпечують гнучкість, програмованість та можливість інтеграції з іншими системами керування та мережами.

CNC-системи (Числове керування) використовуються для керування точним рухом обертального і поворотного пристроїв на основі числових команд. Вони зазвичай використовуються в більш складних і автоматизованих УОПЗП, де потрібна висока точність, повторюваність та програмованість руху.

HMI-системи (Інтерфейси людини та машини) представляють інтерфейс між оператором та системою керування. Вони включають сенсорні

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				77
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

екрани або панелі, які дозволяють оператору вводити команди та спостерігати за станом УОПЗП. НМІ-системи можуть бути інтегровані з іншими системами керування для передачі команд та отримання даних.

Автоматичні системи керування, які базуються на алгоритмах та логіці для самостійного виконання зварювальних операцій. Ці системи можуть включати компоненти штучного інтелекту та машинного навчання для аналізу даних та прийняття рішень щодо керування рухом пристроїв.

У даному пристрої системою керування використовуються датчики обертання та повороту. У ході підготовки до дипломного проекту були розроблені креслення цих датчиків. Кожний з них використовується для точного позиціонування БО та БП відповідно до поставленого завдання. Також у конструкцію пристрою внесені тахогенератори (лист 4). Завдання яких вимірювати швидкості обертання та генерувати електроенергію.

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кужнецов				78
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 5. Розрахунковий

5.1.Визначення вихідних даних (Ваги заготовки)

Вихідними даними для розрахунку механізму обертання планшайби можуть бути:

- маса виробу з кріпильними пристосуваннями, розміщення центру ваги виробу на кріпильному пристосуванні, його габарити;
- потрібні границі регулювання робочої швидкості зварювання;
- кут нахилу осі обертання α та заданий діапазон для змінення цього кута;
- маршова швидкість.

З архіву кафедри була підібрана планшайба, зроблена CAD - модель планшайби та її креслення з деталюванням (лист 7). Вона і буде слугувати нам вихідними даними для розрахунку. А саме, знаючи матеріал, та габаритні розміри, можна провести статичні дослідження, щоб дізнатися максимальну вагу виробу, що може бути зварюваний.

Матеріалом планшайби було вибрано Сталь 40Х ГОСТ 19903-74 [////]

Використовуючи середовище Autodesk Inventor проводимо статичне дослідження напруги нашої планшайби, щоб визначити яку вагу виробу вона може витримати. Проведемо дослідження для двох різних навантажень. Перше буде еквівалентне 250 кг, друге 150 кг.

Першим проводимо дослідження з навантаженням еквівалентним 250 кг. Припускаємо, що на УОПЗП зварюється циліндрична деталь з вагою 250 кг. Приблизний вигляд деталі можна побачити на рисунку 5.1.

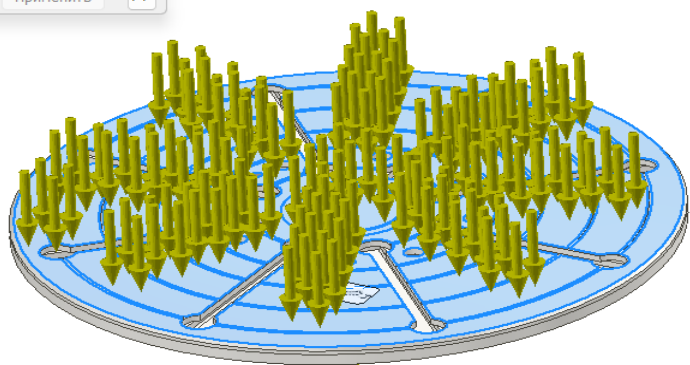
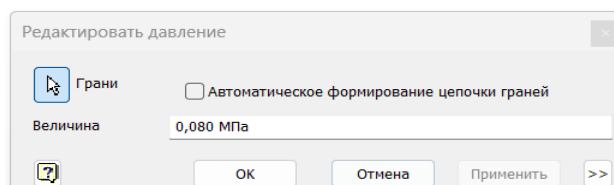
		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кузнецов				79
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		



Рисунок 5.1 — Навантаження еквівалентне 250 кг для дослідження 1

Прикладаємо навантаження використовуючи програмне забезпечення Autodesk Inventor для випадку 1.

Рисунок 5.2 — Прикладання розподіленого навантаження еквівалентного 250 кг



		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кузнецов				80
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Отримуємо результат:

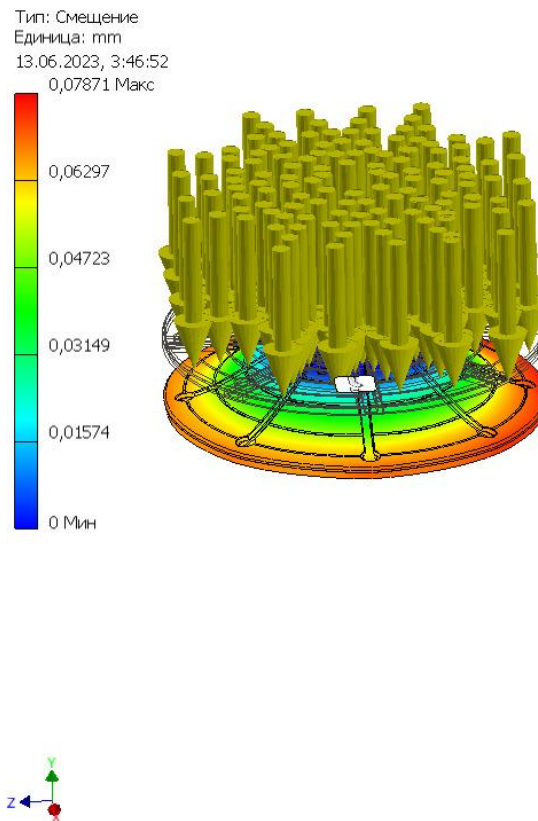


Рисунок 5.3 — Статичний аналіз 1 (зміщення)

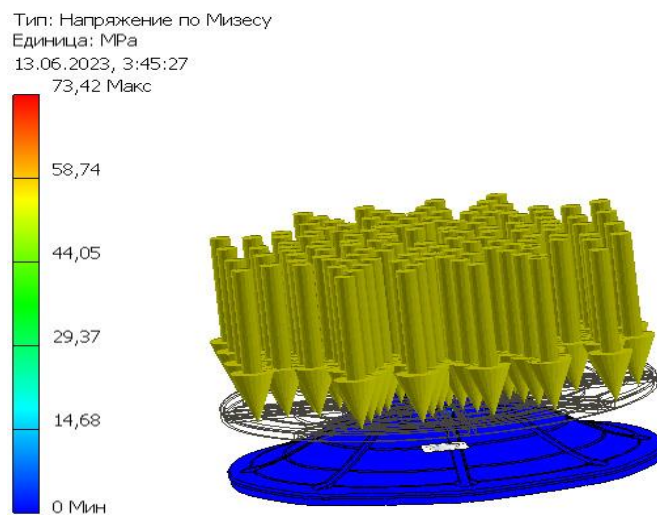


Рисунок 5.4 — Статичний аналіз 1 (Напруження по Мізесу)

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кузнецов				81
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Тип: 1-ое основное напряжение
 Единица: МПа
 13.06.2023, 3:46:04
 16,24 Макс

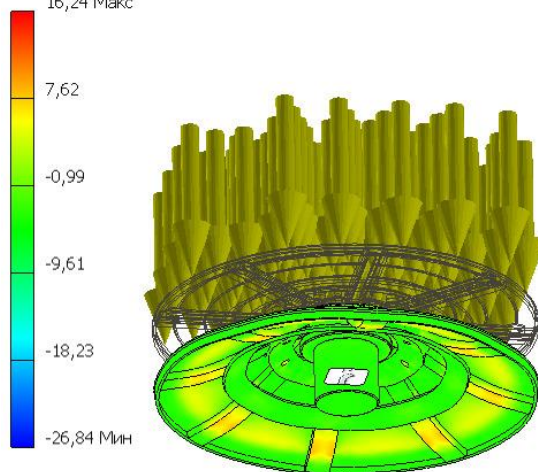


Рисунок 5.5 — Перше осьове навантаження

Тип: 3-є основне напряжение
 Единица: МПа
 13.06.2023, 3:46:24
 2,47 Макс

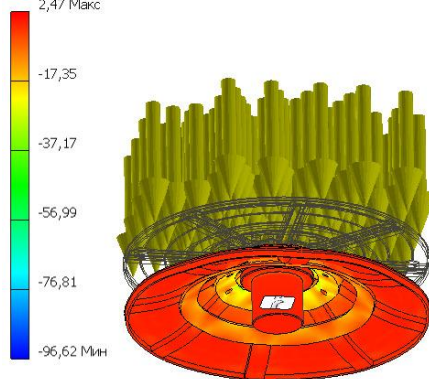


Рисунок 5.6 — Третє осьове навантаження

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кузнецов				82
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Тип: Коэфф. запаса прочности
 Единица: ul
 13.06.2023, 3:47:07
 15 Макс

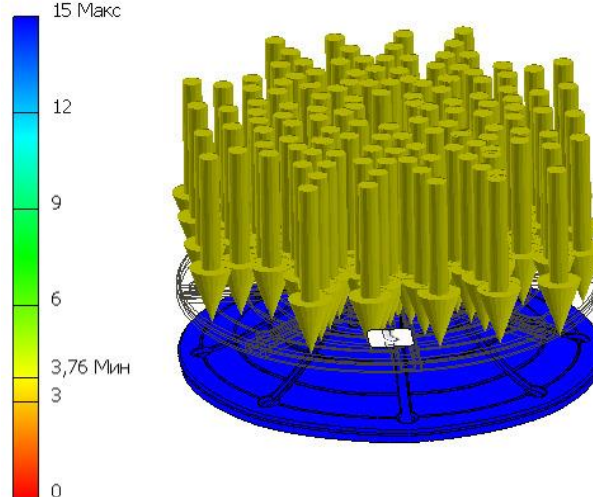


Рисунок 5.7 — Коефіцієнт запасу міцності

Як видно з досліджень планшайба має певні зміщення при прикладанні до неї навантаження 250 кг, та мінімальне значення коефіцієнту запасу міцності рівне 3.76. Проведемо друге дослідження з вагою заготовки 150 кг для порівняння.

Матеріал заготовки в другому дослідженні використаємо таку ж, змінимо тільки форму заготовки.

Приблизний вигляд деталі можна побачити на рисунку 5.8.

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кузнецов				83
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		



Рисунок 5.8 — Навантаження еквівалентне 150 кг для дослідження 2

Прикладаємо навантаження використовуючи програмне забезпечення Autodesk Inventor для випадку 1.

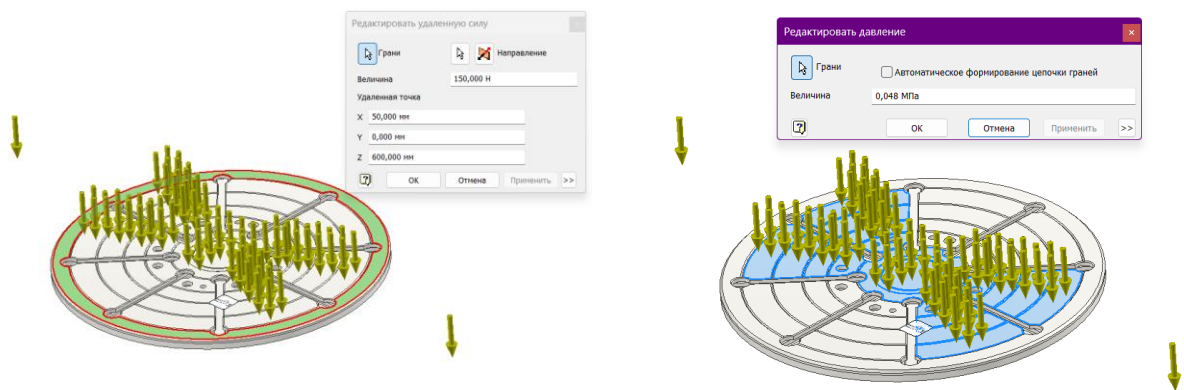


Рисунок 5.9 - Прикладання розподіленого навантаження еквівалентного 150 кг

Отримуємо результат:

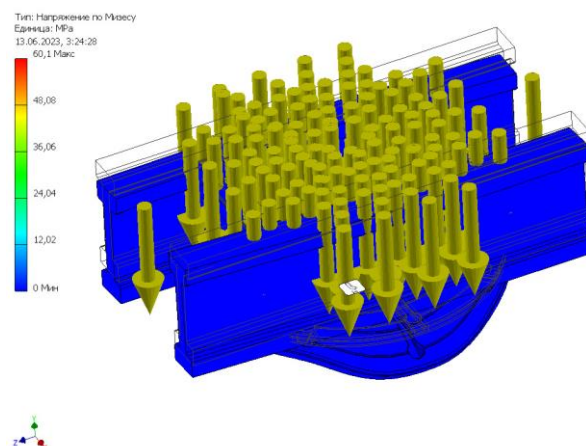


Рисунок 5.10 — Навантаження по Мізесу

		Підгорний								Аркуш
		Кузнецов								84
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата						

МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ

Тип: 1-е основное напряжение
 Единица: МПа
 13.06.2023, 3:24:56
 20,61 Макс

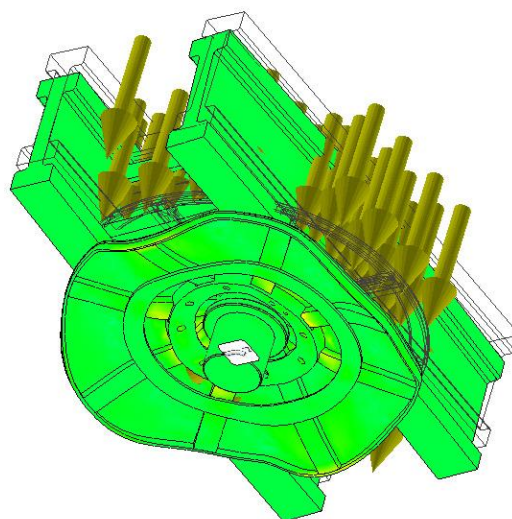
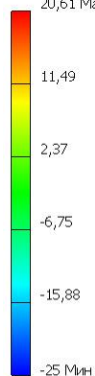


Рисунок 5.11 — Перше осьове навантаження

Тип: 3-є основне напруга
 Единица: МПа
 13.06.2023, 3:25:39
 3,48 Макс

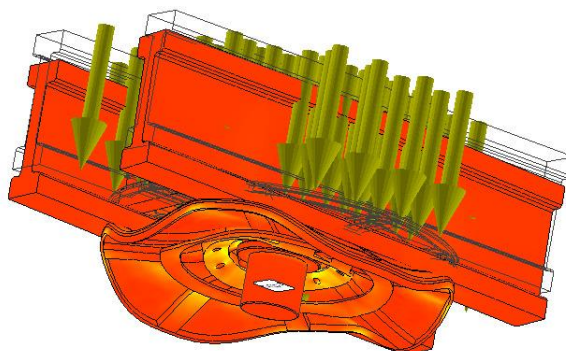
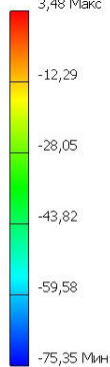


Рисунок 5.12 — Третє осьове навантаження

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кузнецов				85
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Тип: Смещение
Единица: mm
13.06.2023, 3:28:25
0,06301 Макс

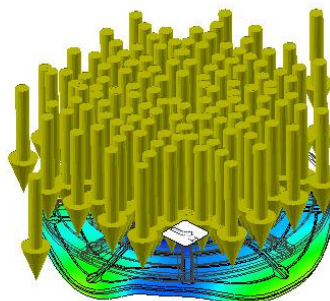
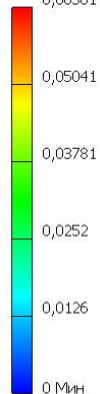


Рисунок 5.13 — Статичний аналіз 2 (зміщення)

Тип: Коэфф. запаса прочности
Единица: u
13.06.2023, 3:29:16
15 Макс

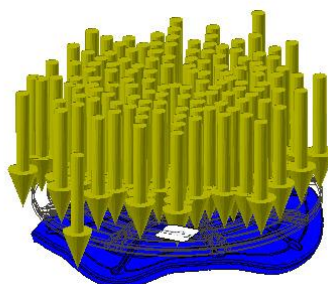
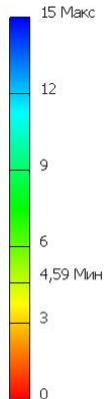


Рисунок 5.14 — Коэффициент запаса прочности

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кузнецов				86
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Отже, можна побачити, що показники кращі при прикладанні навантаження еквівалентного 150 кг. Покращення відбулося на 25%. Але зміщення та коефіцієнт запасу міцності залишається все ж таки досить низьким, тому вважаю прийнятним вважати нормальним навантаження 250 кг. Тобто розроблюваний маніпулятор відноситься до УОПЗП легкого типу (до 500 кг) та повинен застосовуватися для зварювання деталей сумарною вагою 250 кг.

5.2. Методика розрахунку блоку обертального

Маючи значення маршової швидкості V_m ми можемо визначити максимальну, тобто найбільшу частоту обертання осі нашого маніпулятора n , хв^{-1} . Маршову швидкість V_m потрібно призначати відштовхуючись від допустимої окружної швидкості обертання виробу (10 — 250 м/год.) [11,14]

За формулою нижче можна знайти найбільшу частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{V_m}{\pi \times D}$$

де D – діаметр планшайби, мм.

Робочий діапазон регулювання частоти обертання визначається у залежності від швидкостей зварювання (від $V_{\min}$ до $V_{\max}$) та діаметрів кільцевих швів (від $D_{\min}$ до $D_{\max}$):

$$n_{\min} = \frac{V_{\min}}{\pi \times D_{\max}}; n_{\max} = \frac{V_{\max}}{\pi \times D_{\min}};$$

Отож, у зварювальних маніпуляторах, для виконання цієї умови, частота обертання має мінятися в i разів:

$$i = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{V_{\max} \times D_{\max}}{V_{\min} \times D_{\min}}$$

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				87
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Похили лінії на номограмі позначають швидкості зварювання відповідно до конкретної технології. При виборі швидкості зварювання та діаметру зварного шва (D , мм), зварювальник знаходить на номограмі відповідне значення частоти обертання планшайби, яке потім встановлюється за допомогою ручки задавання частоти обертання на передній панелі блоку управління.

$$n = \frac{V_{3B} \times 1000}{\pi \times D \times 60}$$

Маючи вихідні данні та розрахункову схему (рис.5.16) маніпулятора можна визначити його силове навантаження, тобто зусилля, що діє на вісь, а також згинальний, крутний момент та інші.[11]

Далі ми визначаємо еквівалентний момент у найбільш небезпечному перерізі осі. Найчастіше таким перерізом виступають підшипники, а саме підшипник, що знаходиться ближче до механізму кріплення, А.

Цей еквівалентний згинальний момент ми визначаємо за формулою:

$$M_e = \sqrt{M_3^2 + M_{кр}^2},$$

де $M_{кр}$ — крутний момент осі; M_3 — згинальний момент осі.

Еквівалентний згинальний момент — це функція двох змінних, а саме: кута повороту осі планшайби (φ) та кута обертання планшайби β при обертанні планшайби навколо осі планшайби.

Далі можна знайти згинальний момент, що діє у найбільш небезпечному перерізі у вертикальній площині, а саме підшипнику А:

$$M_B = G_1 \cdot h + G_2 \cdot e \cdot \sin\beta$$

Згинальний момент у нахиленій перпендикулярній площині:

$$M_2 = G_2 \cdot e \cdot \cos\beta$$

В загальному згинальний момент у найнебезпечнішому перерізі шпинделя буде дорівнювати:

$$M_3 = \sqrt{M_B^2 + M_2^2} = \sqrt{G_1^2 \cdot h^2 + G_2^2 \cdot e^2 + 2G_1G_2he \cdot \sin\beta},$$

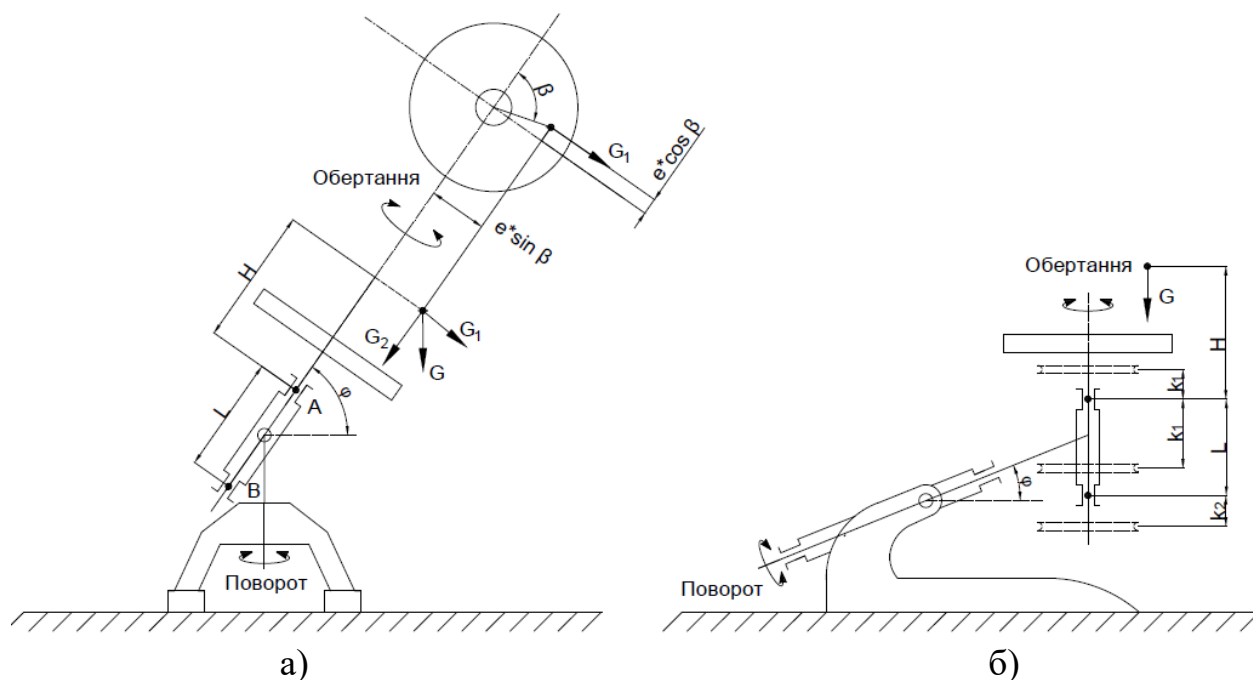
де G – вага виробу з кріпильними пристроями, Н;

h та e – координати центра ваги (Ц.в.), м;

φ – кут повороту;

β – кут повороту планшайби;

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				89
Зм..	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		



а) — нахилене положення під довільним кутом φ , б) — горизонтальне положення при $\varphi = 90^\circ$

Рисунок 5.16 — Розрахункові схеми механізму обертання маніпулятора

Отже підсумковий згинальний момент рахуємо:

$$M_3 = G \sqrt{h^2 \cdot \sin^2 \alpha + e^2 \cdot \cos^2 \alpha + 2he \cdot \sin \alpha \cos \alpha \sin \beta}$$

Крутний момент:

$$M_{кр} = G_1 \cdot e \cdot \cos \beta = G \cdot e \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta$$

Еквівалентний момент у найнебезпечнішому перерізі:

$$M_e = \sqrt{M_3^2 + M_{кр}^2} = G \sqrt{e^2 \cdot \cos^2 \beta + (h \cdot \sin \alpha + e \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta)^2}$$

Формула для визначення еквівалентного моменту, що наведена вище дозволяє оцінювати величину цього еквівалентного моменту M_e при найрізноманітніших значеннях кутів φ та β .

Співвідношення кутів φ та $\beta_{кр}$, при якому момент M_e досягає максимального значення:

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{e}{h} \cdot \sin \beta_{кр}$$

Максимальне значення еквівалентного моменту:

$$M_{emax} = G \sqrt{h^2 + e^2}$$

Небезпечні розрахункові кути нахилу існують в діапазоні $\pm \varphi$ від горизонтального положення осі шпинделя: [8]

$$\varphi = \arctg \frac{e}{h}$$

На рисунку 5.16, б) показано розташування ведучої та веденої зубчастих шестерень на валу в положеннях I, II або III. Це розташування впливає на величину моментів, що діють на шпиндель та опорні реакції. Зазвичай, ведучу шестерню розміщують унизу.[11]

Варіант розміщення I. Умова вимагає розміщення зубчастого колеса на передній консольній частині шпинделя в положенні I. Опорна реакція у горизонтальній площині дорівнює нулю, а в вертикальній площині:

$$A_B = \frac{G \cdot h^2 + e^2 + hl}{l \cdot \sqrt{h^2 + e^2}}$$

Підсумкову реакцію рахуватимемо в точці A:

$$A = \sqrt{A_B^2 + A_T^2} = A_B$$

Горизонтальну реакцію в опорі B шукатимемо за формулою:

$$B_B = \frac{G \cdot \sqrt{h^2 + e^2}}{l}$$

Підсумкову реакцію рахуватимемо:

$$B = \sqrt{B_B^2 + B_T^2} = B_B$$

Отож згинальний момент у горизонтально нахилений площині $M_T = 0$, а у вертикальній:

$$M_B = G \cdot \sqrt{h^2 + e^2}$$

Відповідно еквівалентний згинальний момент буде рахуватися за формулою:

$$M_e = G \cdot \sqrt{h^2 + e^2}$$

Для визначення діаметру шпинделя в опорі необхідно врахувати спільну дію згинального моменту M_z та крутного моменту $M_{кр}$. Діаметр шпинделя в опорі повинен відповідати умові міцності по еквівалентному моменту.

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				91
Зм..	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot M_e}{[\sigma]_{зг}}},$$

де $[\sigma]_{зг}$ - допустиме напруження на згинання, МПа. Допустиме напруження визначаємо з літератури, а точніше з таблиць.

Перевірочні розрахунки шпинделя

В подальшому можна виконувати перевірочні розрахунки. При цих розрахунках будемо дотримуватися теорії міцності:[11]

$$\sigma_{зг} = \frac{10 \cdot M_e}{d^3} + \frac{1,3 \cdot A_{oc}}{d^2} \leq [\sigma]_{зг}$$

У цій формулі, другий доданок представляє додаткове напруження стиску, що виникає внаслідок дії осьового навантаження на шпиндель у точці. Значення цього навантаження A_{oc} можна визначити за допомогою формули:

$$A_{oc} = \frac{G \cdot e}{\sqrt{h^2 + e^2}}$$

Підставляємо у формулу перевірконого розрахунку значення M_e та A_{oc} .

Після чого ми отримаємо умову міцності шпинделя:

$$\sigma_{зг} = \frac{10 \cdot G \sqrt{h^2 + e^2}}{d^3} + \frac{1,3 \cdot G \cdot e}{d^2 \cdot \sqrt{h^2 + e^2}} \leq [\sigma]_{зг}$$

Підсумкова реакція в опорі А:

$$A = \frac{G}{l} \cdot \sqrt{(l + h)^2 + \frac{e^2}{R^2} \cdot (l + k)^2}$$

Відповідно опорні реакції в іншій опорі будуть рахуватися:

$$B_B = G \frac{h}{l}; B_r = G \frac{e \cdot k}{l \cdot R}$$

Підсумкова реакція в другій опорі:

$$B = \frac{G}{l} \sqrt{h^2 + \left(\frac{e \cdot k}{l \cdot R}\right)^2}$$

Моменти згинальні:

вертикальна площа:

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				92
Зм..	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

$$M_B = Gh;$$

горизонтальна площа:

$$M_r = G \frac{e \cdot k}{R}$$

Еквівалентний згинальний момент:

$$M_e = G \cdot \sqrt{h^2 + \left(\frac{e \cdot k}{R}\right)^2}$$

Відповідно, після перевірочних розрахунків ми знову перераховуємо та визначаємо діаметр шпинделя за формулою, що була наведена вище.

При значенні кута $\varphi = 90^\circ$ та кута $\beta = 0$ необхідно визначити горизонтальні реакції в опорі для варіантів II та III. При цьому вертикальні реакції залишаються незмінними та складають:

$$A_B = G \frac{l + h}{l}$$

Горизонтальні реакції визначаємо:

$$A_{rII} = G \frac{e \cdot (l - k_1)}{lR}; A_{rIII} = G \frac{e \cdot k_2}{lR}; A_{oc} = 0.$$

Відповідно підсумкові реакції в опорі А:

$$A_{III} = \frac{G}{l} \cdot \sqrt{(l + h)^2 + \frac{e^2}{R^2} \cdot (l - k_1)^2},$$

$$A_{III} = \frac{G}{l} \cdot \sqrt{(l + h)^2 + \left(\frac{e \cdot k_2}{R}\right)^2}$$

Зміняться також горизонтальні реакції в опорі В. Значення цих реакцій відповідно до розміщень зубчастих колес II та III:

$$B_{rII} = G \frac{e \cdot k_1}{lR};$$

$$B_{rIII} = G \frac{e \cdot (l + k_2)}{lR}$$

Підсумкова реакція в опорі В:

$$B_{II} = \frac{G}{l} \cdot \sqrt{h^2 + \left(\frac{e \cdot k_1}{R}\right)^2}$$

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кузнецов				93
Зм..	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

$$B_{III} = \frac{G}{l} \cdot \sqrt{h^2 + \frac{e^2}{R^2} \cdot (l + k_2)^2}$$

Еквівалентний момент згинальний:

$$M_e = G\sqrt{h^2 + e^2}$$

Діаметр шпинделя визначаємо за тією ж формулою, що і в варіанті розміщення зубчастого колеса I.

Для будь-якого з положень зубчастого колеса (положення I, II або III) необхідно перевірити витривалість обраного діаметра шпинделя за допомогою методики Д.Н. Решетова [13]. Ця методика враховує характер зміни напружень, концентрацію напружень, масштабний фактор та ін. Проте, уточнений розрахунок на витривалість не є необхідним, якщо дотримується умова:

$$\sigma \leq \frac{\varepsilon \cdot \sigma_{-1}}{k_\sigma \cdot n},$$

де σ_{-1} – межа витривалості матеріалу при вигині зі знакозмінним симетричним циклом, МПа (або кгс/см²);

ε – масштабний фактор (може бути прийнятий 0,5);

k_σ – ефективний коефіцієнт концентрації напружень в небезпечному перерізі (може бути прийнятий 1,5...2,0);

n – запас міцності по витривалості (1,5...1,8).

Виконавши перевірку міцності та витривалості, потрібно також провести перевірку на згинальну та крутильну жорсткість. Використаємо при цьому умови:

Умова жорсткості шпинделя (згинальна) для зварювальних маніпуляторів:

$$\Delta \leq 0,0002 \cdot l$$

Умова жорсткості шпинделя (крутильна) для зварювальних маніпуляторів:

$$\varphi \leq 0,001 \cdot l_{кр}$$

де Δ – прогин, см;

l – відстань між опорами, см;

φ – кут закручування, град;

$l_{кр}$ – довжина ділянки вала, яка скручується, см.

Кут закручування визначимо з формули:

$$\varphi = \frac{180 \cdot M_{кр} \cdot l_{кр}}{\pi \cdot E_0 \cdot I_0}$$

де $E_0 = 860.000$ кгс/см² – модуль зсуву;

I_0 – полярний момент інерції перерізу вала, см⁴

Потужність привода N розраховується шляхом врахування крутного моменту та максимальної частоти обертання шпинделя з урахуванням втрат, пов'язаних із тертям в підшипниках та загальним коефіцієнтом корисної дії приводного механізму η_0 :

$$N = \frac{(M_{кр} + M_{тр})n}{97.400 \cdot \eta_0},$$

де $M_{кр} = G \cdot e$ – крутний момент, кгс·см;

$M_{тр} = 0,5f(A_0d_A + B_0d_B)$ – момент сили тертя в підшипниках, кгс·см;

f – коефіцієнт тертя в підшипниках;

d_A і d_B – діаметри шпинделя в перерізах А і В, см;

A_0 і B_0 – підсумкові реакції опор в варіантах I, II, III;

n – частота обертання шпинделя, хв⁻¹

Відповідно ми підбираємо підшипники нашого шпинделя опираючись на значення зусиль A_0 та B_0 та частот обертання n .

Знайшовши потужність приводу N та знаючи швидкість обертання n ми можемо підібрати електродвигун, що найкраще підходить для нашого приводу. Також можна підібрати кінематичну схему.

У всіх вище зазначених розрахунках крутний момент визначався за умови постійної швидкості обертання шпинделя. Це означає, що не були враховані динамічні процеси. Їх потрібно також враховувати, якщо маса заготовки та швидкість її обертання великі. Тобто до статичного моменту (крутного) ми повинні додати розрахунки динамічного моменту сил інерції $M_{ін}$. Цей момент діє на шпиндель завжди при розгоні та гальмуванні, тобто при початку, кінці роботи, а також під час зміни швидкості обертання

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кучнецов				95
Зм..	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

заготовки на маніпуляторі при потребі. Тобто можна підсумувати, що він діє при несталій швидкості обертання шпинделя маніпулятора.

Визначається динамічний момент сил інерції за формулою:

$$M_{\text{ін}} = \frac{G \cdot D_{\text{ін}}^2}{375} \cdot \frac{n}{t_{\text{ін}}}$$

де G – вага маси, яка обертається, кгс;

$D_{\text{ін}}$ – діаметр інерції маси, м;

$G \cdot D_{\text{ін}}^2$ – маховий момент маси, яка обертається;

$t_{\text{ін}}$ – час пуску і гальмування, визначається залежно від числа обертів n і пускового моменту двигуна по його каталожній характеристиці.

Тепер, коли ми провели усі розрахунки, підібрали електродвигун за визначеною потужністю та частотою обертання та знаючи кінематичну схему ми можемо продовжити визначення усіх елементів приводу, таких, як вали, зубчасті передачі тощо. Це все ми можемо розрахувати використовуючи методи, які надають нам розрахунки курсу деталей машин [7].

5.3. Висновки

Завдання на бакалаврський дипломний проект було виконано з вирішенням завдань, які на дипломний проект ставилися.

В результаті виконання роботи були отримані наступні результати:

1. Проведено патентно-інформаційні дослідження з розглядом різноманітних відомих компоновок УОПЗП різних виробників світу. У результаті чого було отримано представлення про роботу механізму та можливі його компоновки.
2. Був проведений морфологічний аналіз різних компоновок пристрою та їхнє порівняння «методом попарних порівнянь» та запропонована найкраща.
3. Була сконструйована планшайба для запропонованого пристрою певної компоновки та розроблені робочі креслення виробу.

4. Запропонована можлива конструкція обертового блоку УОПЗП з кінематичною схемою та з можливістю розробки коробки передач саме для цього пристрою.
5. Запропонована система керування блоками обертовим та поворотним пристрою з допомогою датчиків та тахогенераторів. Розроблені креслення датчиків.
6. Виконано статичне моделювання з ціллю дізнатися максимальну вагу заготовки для зварювання на пристрої.

Представлений БДП є підсумком отриманих знань та виконаних робіт, протягом усіх років навчання в університеті, починаючи з дисципліни «Основи технічної творчості» при активній роботі в студентському гуртку інженерного спрямування «Верстати та машини різного призначення на модульному принципі».

Список літератури

1. Yuriy Kuznetsov Morphological synthesis of the universal rotary welding device //Journal of the Technical University of Gabrovo, vol. 66 (2022), p.p. 1-4.

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кузнецов				97
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

2. Агрегатно-модульне технологічне обладнання: В 3-х частинах. За ред. Ю.М. Кузнєцова /автор Крижанівський В.А., Кузнєцов Ю.М., Кіріченко А.М. та інші. Кіровоград, 2003. — ч.1 — 422с. — ч.2 — 286с. — ч.3 — 507с.
3. Блюмберг В.А., Глущенко В.Ф. Какое решение лучше?: Метод расстановки приоритетов. - Л.: Лениздат, 1982. - 160 с.
4. Виклики четвертої промислової революції «Індустрія 4.0» перед технічною інтелігенцією і промисловиками України: кол. монографія в 3-х частинах «Національна безпека України у викликах новітньої історії»; ч.3 під ред. Ю.М. Кузнєцова. 2020.
5. Винокуров В.А. Сварочные деформации и напряжения /22 В.А. Винокуров. – М.: Машиностроение, 1968. – 236 с.
6. ГОСТ 15745-70 Планшайби універсально збірні з приспособленнями для кріплення.
7. Кузнєцов Ю.Н. Морфологический синтез станков и их механизмов: монография /Ю.Н.Кузнєцов, Герра Ж.А.Хамуйела, Т.О.Хамуйела; под ред.Кузнєцова.-К.: ООО «ГНОЗИС», 2012.-416 с.
8. Кузнєцов Ю.М. Теорія розв’язання творчих задач. – К.: ТОВ «ЗМОК»- ПП «ГНОЗИС», 2003. – 294 с.
9. Кузнєцов Ю.М., Придальний Б.І. Проектування цільових механізмів маніпулювання верстатів нового покоління. /За загальною редакцією проф. Ю.М. Кузнєцова. – Луцьк, 2012. -425с.
10. Кузнєцов Ю.М., Придальний Б.І. Теорія технічних систем в аспектах досліджень і технічної творчості: Підручник-Луцьк: Вежа-Друк, 2023 – 292 с.
11. Методичні вказівки до виконання практичної роботи №5 «Методика розрахунку маніпулятора для зварювання швів різноманітно зорієнтованих у просторі» з дисципліни «Допоміжне

обладнання зварювального виробництва» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка освітніх програм «Технології та устаткування зварювання» і «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» усіх форм навчання / Укл. М.Ю. Осіпов, О.Є. Капустян. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 22 с.

12. Модульное оборудование для гибких производственных систем механической обработки /Под ред. Р.Э.Сафрагана.-К.: Тэхника, 1989.-175 с.
13. Решетов Д.Н. Детали машин / Д.Н. Решетов. – М.: Машиностроение, 1975. – 656 с.
14. Севбо П.И. Конструирование и расчет механического сварочного оборудования / П.И. Севбо. – К.: Наук. думка, 1978. – 400 с.
15. Створення і дослідження характеристик 3D-принтера на базі триглайда [Електронний ресурс]. — : https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/27729/2/Solntsev_magistr.pdf.
16. Тимченко В.А., Сухомлин А.А. Роботизация сварочного производства -К.: Тэхника, 1988.-175 с.

ДОДАТКИ

		Підгорний			МВ-9207.БДП.00.000 ПЗ	Аркуш
		Кузнецов				99
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Формат	Зона	Поз.	Познака	Найменування	Кіл.	Примітка		
				<u>Документація</u>				
			МВ-9207.БДП.05.000	Складальне креслення	1			
				<u>Деталі</u>				
A4		1	МВ-9207.БДП.05.001	Корпус	1			
A4		2	МВ-9207.БДП.05.002	Втулка	1			
A3		3	МВ-9207.БДП.05.003	Вал	1			
A4		4	МВ-9207.БДП.05.004	Хомут	1			
				<u>Стандартні вироби</u>				
		5		Гвинт.М4-6gx12.36.05				
				ГОСТ 17473-80	5			
		6		Гайка.М4-6Н.5.05				
				ГОСТ 5927-70	1			
		7		Шайба 4.65Г 05				
				ГОСТ 6402 — 70	5			
		8		Кільце В12.Хім.Окс.Прм.				
				ГОСТ 13942-86	2			
		9		Кільце В32.Хім.Окс.Прм.				
				ГОСТ 13943-86	1			
		10		Підшипник 80201				
				ГОСТ 7242-81	2			
Підп. І дата	інв. № дубл.	Взам. інв. №	МВ-9207.БДП.05.000					
			Зм.	Лист	№ докум	Підпис		
Підп. Та дата	інв. № подл	Разраб.	Підгортний		02.05.202	Датчик обертання		
		Пров.	Кузнецов					
		Нач.отд.						
		Н.контр						
		Утв.						
		Лім.	Лист	Листів				
			1	2				
		КПІ ім. І. Сікорського ММІ, КВМ, МВ-92						

[illegible]