

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ) Конструювання та дизайну

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

Конструювання машин і обладнання
(назва кафедри)

_____ Вячеслав ЛОВЕЙКІН
(підпис) (ПІБ)

— ” _____ 2025 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ РОБОТА МАНІПУЛЯТОРА З
АВТОМАТИЧНИМ ОПРИСКУВАЧЕМ

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування
(код і назва)

Гарант освітньої програми

д.т.н., професор
(науковий ступінь та вчене звання) _____
(підпис)

Володимир БУЛГАКОВ
(ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

д.т.н., професор
(науковий ступінь та вчене звання) _____
(підпис)

Вячеслав ЛОВЕЙКІН
(ПІБ)

к.т.н.
(науковий ступінь та вчене звання) _____
(підпис)

Анастасія ЛЯШКО
(ПІБ)

Виконав

_____ Сулейманова Руслана Рамісівна
(підпис) (ПІБ студента)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ) Конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Конструювання машин і обладнання

д.т.н., професор Вячеслав ЛОВЕЙКІН
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

— ” ————— 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Сулеймановій Руслані Рамісівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування

(код і назва)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи (дипломного проекту бакалавра) **РОЗРОБКА
КОНСТРУКЦІЇ РОБОТА МАНІПУЛЯТОРА З АВТОМАТИЧНИМ
ОПРИСКУВАЧЕМ**

затверджена наказом ректора НУБіП України від «16» грудня 2024 р. №2265 «С»

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру 2025 червня 03

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи (дипломного проекту бакалавра)

Технологічна схема застосування роботів манупуляторів з автоматичним оприскуванням

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Провести аналіз існуючих конструкцій роботів манупуляторів з автоматичним оприскуванням
2. Розглянути перспективи створення нових роботів манупуляторів з автоматичним оприскуванням
3. Виконати розрахунок роботи маніпулятора з автоматичним оприскуванням
4. Розглянути питання охорони праці при роботі з роботом маніпулятором з автоматичним оприскуванням
5. Виконати розрахунок економічної ефективності

Перелік графічних документів (за потреби)

1. Загальний вигляд

Дата видачі завдання – 06 червня 2025 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Вячеслав ЛОВЕЙКІН.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Анастасія ЛЯШКО
(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Руслана СУЛЕЙМАНОВА
(прізвище та ініціали студента)

ЗМІСТ

ЗМІСТ	3
РЕФЕРАТ	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. АКТУАЛЬНІСТЬ РОЗРОБКИ.....	7
1.1.Історія розвитку автоматичних обприскувачів.....	7
1.2.Обприскування пестицидами	8
1.3.Значення сонячної енергії	13
РОЗДІЛ 2.РОЗРАХУНОК ТА РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ	
РОБОТА МАНІПУЛЯТОРА З АВТОМАТИЧНИМ ОПРИСКУВАЧЕМ.....	17
2.1.Компоненти в деталях	17
2.2.Концептуальний дизайн	37
2.3.Підключення акумуляторів та інших електронних компонентів через Arduino	54
2.4.Потужність двигуна (за даними з роботи):	63
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ	65
3.1.Вимоги безпеки при експлуатації робота з автоматичним оприскувачем.....	65
3.2.Аналіз можливих ризиків і заходів щодо їхнього мінімізації при експлуатації робота оприскувача.	68
3.3.Правила технічного обслуговування та ремонту робота оприскувача	69
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	71
ВИСНОВКИ.....	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	76
ДОДАТКИ.....	82

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Сулейманова Р.Р.			Лім.	Арк.	Акрушіє
Перевір.		Ляшко А.П.			3	53	
Н. Контр.					ЗМІСТ		
Затверд.					НУБіП України		

РЕФЕРАТ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки, що містить вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел та додатків. Дана робота представлена на 80 аркушах друкованого тексту.

В першому розділі бакалаврської кваліфікаційної роботи розглянуто історію розвитку оприскувачів, проведено їх класифікацію за основними показниками, виконано аналіз конструкцій автоматичних роботів оприскувачів. Розглянуті конструкції і закордонних автоматичних оприскувачів та перспективи створення нових конструкцій роботів.

В другому розділі роботи проведено детальний аналіз конструкції, її розробка, моделювання, програмування та освоєння самої розробки.

В розділі охорона праці розглянуто вимоги безпеки при експлуатації робота-маніпулятора з автоматичним оприскувачем, аналіз можливих ризиків і заходів щодо їхнього мінімізації, правила технічного обслуговування та ремонту.

Також в бакалаврській кваліфікаційній роботі виконано розрахунок економічної ефективності від конструкції робота маніпулятора з автоматичним оприскувачем.

Ключові слова: робот, оприскувач, автономний, сонячна батарея.

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Сулейманова Р.Р.			РЕФЕРАТ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Ляшко А.П.					4	53
<i>Н. Контр.</i>					НУБіП України			
<i>Затверд.</i>								

ВСТУП

Україна - країна з аграрною економікою, більшість населення залежить від сільського господарства, як джерела засобів для існування. Методи ведення сільського господарства в даний час є ручними або напівавтоматичними з високим рівнем залучення робочої сили. Останніми роками кількість робочої сили постійно зменшується, а заробітна плата зростає. Виникає потреба у підвищенні продуктивності праці. Тому необхідно розробити пристрій, який допоможе фермерам подолати цю проблему. Автоматизовані роботи можуть надати нам рішення.

Основне застосування роботів у господарському секторі пов'язане із заміною ручної людської праці роботами або механізованими системами, щоб зробити роботу більш ефективною, точною і менш затратною. Зростаючий попит на послуги фермерів почав задовольнятися за рахунок збільшення конкретної автоматизації в багатьох галузях, оскільки виробники вважають, що автоматизація є життєздатним, а іноді і необхідним методом забезпечення максимального прибутку при мінімальних витратах.

Цей проект представляє розробку і створення автономного робота, який має на меті вирішити проблеми зі здоров'ям людей, пов'язані з роботою на фермах. Цей робот є основою для розробки систем, які дозволяють автоматизувати такі сільськогосподарські процеси, як розпилення пестицидів, збирання фруктів та догляд за хворими рослинами. Система розроблена таким чином, щоб бути максимально модульною, що дозволяє розробляти або модифікувати будь-яке окреме завдання.

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Сулейманова Р.Р.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Ляшко А.П.				5	53
Н. Контр.					ВСТУП НУБіП України		
Затверд.							

Ще однією причиною використання хімічних обприскувачів викликає велике занепокоєння, оскільки є небезпечним як для здоров'я людей, так і для навколишнього середовища. Загалом, більшість аграріїв використовують ранцеві обприскувачі з ручним керуванням, які потребують більше часу для обробки певної площі(рис.1). Моторизовані обприскувачі можуть покрити набагато більшу площу за встановлений час.



Рис. 1. Ручне розпилення пестицидів

Під час цього процесу, незважаючи на те, що фермери вживають багато запобіжних заходів, таких як носіння рукавичок, масок та спецодягу, хімікати, що розпилюються, негативно впливають на їхнє здоров'я. Тому автономних роботів забезпечує безпечне середовище для ведення сільського господарства, а також підвищує ефективність виробництва агропродукції завдяки підвищеному рівню моніторингу та контролю сільськогосподарських полів.

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

РОЗДІЛ 1. АКТУАЛЬНІСТЬ РОЗРОБКИ

1.1. Історія розвитку автоматичних обприскувачів

Історія розвитку автоматичних обприскувачів охоплює понад століття інновацій, спрямованих на підвищення ефективності та точності захисту рослин. Ось основні 3 етапи, під час яких відбулися капітальні зміни у його роботі, механізації та автоматизації.

На початку XIX-початок XX ст. всі користувалися ручними обприскувачами. Середина XIX ст. у Франції з'являються перші сільськогосподарські обприскувачі. Спочатку використовувалися при з'явилися прості гідравлічні інструменти, такі як шприци та трубки для розпилення рідин або порошоків. Кінець XIX ст. у США починається виробництво ручних обприскувачів і пиловиків, що стало початком сучасної технології обприскування пестициді.

На початку XX століття, з'являються моторизовані обприскувачі, що дозволяють обробляти більші площі за короткий час. Ці пристрої почали часто вмонтовуватися на трактори, що підвищувало ефективність боротьби зі шкідниками. В Канаді було розроблено перший повітряно-вибуховий обприскувач для садів, який використовував потужний потків повітря для доставки дрібних крапель до дерев. Після цього, почали з'являтися обприскувачі з можливістю дистанційного керування, автоматичним регулюванням тиску та витрат рідини, а також інтеграцією з системами точного землеробства.

Ця історія демонструє, як технологічний прогрес трансформував обприскувачі з простих ручних пристроїв у високотехнологічні системи, що забезпечують ефективний та точний захист рослин.

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Сулейманова Р.Р.			РОЗДІЛ 1. АКТУАЛЬ- НІСТЬ РОЗРОБКИ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		Ляшко А.П.					7	53
<i>Н. Контр.</i>					НУБіП України			
<i>Затверд.</i>								

Сучасні обприскувачі відрізняються високим рівнем автоматизації та контролю процесів регулювання тиску та певної рідини. Використання комп'ютерного моделювання і числових методів розрахунку дозволяє проектувати обприскувачі з оптимальними характеристиками, враховуючи специфічні вимоги кожного процесу поливу та обробітку. Новітні технології також включають використання датчиків та систем моніторингу, що підвищує надійність і безпеку експлуатації роботів маніпуляторів з автоматичним обприскуванням.

Таким чином, історія розвитку автоматичних обприскувачів відображає постійний процес удосконалення та адаптації до будь-яких умов та використання. Від простих пристроїв античності до складних автоматизованих систем сучасності, автоматичні обприскувачі продовжують відігравати ключову роль у забезпеченні ефективного розпилювання та поливання сільськогосподарських культур.

1.2. Обприскування пестицидами

Пестициди мають життєво важливий вплив на агробізнес. Близько 35% сільськогосподарських культур захищено від комах за допомогою пестицидів. Пестициди необхідні для підвищення ефективності сільського господарства, але вони також є шкідливими для людини та навколишнього середовища. В даний час фермери використовують ранцеві обприскувачі, які вручну переносяться людиною вздовж полів сільськогосподарських культур.

Раніше пестициди розпилювалися вручну в цільовому напрямку. Тут обприскувач під'єднаний до задньої частини трактора і цим трактором керувала людина. Пестициди розпилювалися на посіви вздовж поля. Цей метод не використовує вибіркоче обприскування, і пестициди розкидаються по полю. Незважаючи на використання засобів захисту від пестицидів (індивідуальна захисна маска та система фільтрації для ручного та автоматизованого обприскування окремо), людина все ще стикається з небезпечними пестицидами, які можуть спричинити негативні наслідки для здоров'я.

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8



Рис. 1.1. Розпилення полів установкою, яка чіпляється до трактора

Окрім проблем, стратегії автоматизованого та ручного обприскування мають і інші недоліки. Моторизоване обприскування не має чіткої цільової спрямованості і призначене для обприскування смуги збору врожаю з переставленим розташуванням (наприклад, для обприскування лише виноградних грон ранчо покаже душові форсунки, щоб обприскати смугу шириною 0,5 м, не думаючи про природну площу продукту). Крім того, ручне обприскування є повторюваною роботою, помірною та обмеженою через відсутність робітників у садівництві.

З розвитком технологій, які впроваджуються в 21 столітті, з'явилися численні типи роботів, які використовуються в сільськогосподарській діяльності, починаючи від процесу вирощування і закінчуючи виробничим процесом. Автономний робот був представлений у різних сферах застосування, таких як підводний, рятувальний роботи, що слідує за лінією. У сільському господарстві використання робототехніки в сільськогосподарських операціях може допомогти збільшити виробничий процес і підвищити ефективність. Одним з видів роботів, що використовуються в сільському господарстві, є робот для розпилення пестицидів з можливістю орієнтуватися на фермі, розпізнавати ціль і регулювати механізм розпилення.

Використання автономного робота-обприскувача пестицидів може замінити працівника, який робить це вручну. Крім того, попит на сільськогосподар-

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ських роботів також стимулює усвідомлення того, наскільки важливою є їхня роль для нинішнього та майбутніх поколінь. Проведене дослідження показує, що попит на роботів і дронів у сільському господарстві буде зростати з 2018 по 2038 рік. Таким чином, передбачається, що використання автономних роботів зростатиме, замінюючи нинішніх працівників. Цей детальний 20-річний прогноз ринку охоплює всі аспекти сільськогосподарських роботів і дронів для 16 ринкових категорій з очікуванням, що до кінця 2038 року ринок роботів і дронів у цих категоріях наблизиться до 35 мільярдів з урахуванням життєздатних технологій і постійного ринкового попиту, враховуючи його технологію і застосування.



Рис. 1.2. Автономний робот-обприскувач пестицидів

Тим не менш, загальною проблемою використання автономних роботів у сільському господарстві є метод навігації, який використовується для того, щоб робот міг повноцінно функціонувати і приймати рішення. Для того, щоб забезпечити навігацію по всьому полю, були проведені деякі дослідження. Це може бути зроблено за допомогою готової інфраструктури або без неї. Проводяться деякі дослідження з навігації на основі RFID, які будуть реалізовані в якості навігаційних інструментів.

З появою штучного інтелекту (ШІ) сучасний робот повинен мати можливість орієнтуватися в навколишньому середовищі та вирішувати, яким шляхом йому рухатися далі, адаптуючись до нього. Типовий метод, який використовується при виявленні, базується на орієнтації об'єкта або відбитому сигналі, що

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

випромінюється самим датчиком, а потім обчислює відстань між ними. Крім , існує також робот, який використовує спостереження за допомогою зору, а потім накопичує всі отримані дані для створення архіву, яке дозволяє роботу самостійно орієнтуватися на ділянках.

Друга проблема, з якою стикається сільськогосподарський робот, пов'язана з поширенням пестициду на посіви. Нерегульоване обприскування під час розпилення пестициду на культурі може призвести до низького рівня покриття листя, марного витрачання пестициду та небезпечного впливу на працівників через розпилення пестициду на потрібну ціль.

Завдяки регульованому обприскуванню насосом можна досягти більшого покриття посівів, при цьому розташування кожної культури фермі може бути різним. Крім того, замість того, щоб наймати робітників для виконання різних робіт на ділянках, які можуть вплинути на них самих, їх може виконувати автономний сільськогосподарський робот, таким чином заощаджуючи витрати на робочу силу.

Нарешті, розроблений робот, що використовується в сільському господарстві, має різний індекс продуктивності, який залежить від змінної, яку вони хочуть досягти. Деякі дослідники можуть зосередитися на розпиленні пестицидів за допомогою БПЛА, локалізації та управлінні рухом сільськогосподарських мобільних роботів, ідентифікації зображень шкідників тощо. Це також стосується і типу рослин, які використовуються в якості мішені, що відрізняються один від одного за розміром, щільністю листя і висотою.

Таким чином, важко визначити, який із розроблених роботів був найбільш успішним. Метою цього дослідження є проектування та розробка автономного розпилювача пестицидів. Крім того, це дослідження намір впровадити гнучку руку обприскувача для розпилення пестицидів під листям культури, відповідно. Це дослідження передбачає розробку безпілотного обприскувача пестицидів, який можна мобілізувати автономно. Це пов'язано з тим, що пестицид є небезпечним компонентом, який може вплинути на здоров'я людини в майбу-

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

тньому, якщо він піддається впливу під час ручного обприскування, особливо в закритому приміщенні, наприклад, у теплиці.



Рис. 1.3. Гнучка штанга обприскувача робота-маніпулятора

Гнучка штанга обприскувача(Рис.1.3) також може гнучко регулюватися в теплицях і на відкритому повітрі, наприклад, на фермах під відкритим небом. Очікується, що за допомогою автономного робота-обприскувача буде створена успішна система управління пестицидами на фертигаційних фермах.

Крім того, запропонований автономний обприскувач пестицидів також може бути використаний для різних видів культур, таких як диня, томати, папайя, ананаси, овочі тощо.

Розробка прототипу автономного обприскувача пестицидів складається з двох частин: системи навігації та системи обприскування. Взаємозв'язок між обраними компонентами в розробленому роботі має вирішальне значення і відіграє основну роль у забезпеченні функціонування робота відповідно до його призначення. Неправильне з'єднання між електронними компонентами може призвести до несправності спроектованої системи, що відхилить роботу від досягнення мети проекту.

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

1.3. Значення сонячної енергії

Щодня сонце випромінює величезну кількість енергії, яка називається сонячною енергією. За один день воно випромінює більше енергії, ніж світ використовує за рік. Ця енергія надходить зсередини самого Сонця. Як і більшість зірок, Сонце - це велика газова куля, що складається переважно з водню і гелію. Сонце виробляє енергію у своєму внутрішньому ядрі в процесі, який називається ядерним синтезом.



Рис. 1.4. Ілюстрація потоку енергії сонячного світла, яке досягає Землі, та механізми його розподілу

Сонячній енергії потрібно трохи більше восьми хвилин, щоб подолати відстань у 93 мільйони миль до Землі. Сонячна енергія поширюється зі швидкістю світла, або 186 000 миль на секунду, або $3,0 \times 10^8$ метрів на секунду. Лише невелика частина видимої променистої енергії (світла), яку Сонце випромінює в космос, досягає Землі, але цього більш ніж достатньо, щоб забезпечити всі наші енергетичні потреби.



Рис. 1.5. Встановлені сонячні батареї для обігріву будинку

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Приблизно 1,8/10 МВт енергії від Сонця було перервано планетою Земля, що в тисячі разів перевищує нинішній рівень світового споживання енергії. Це спонукає уряди, дослідників та енергетичні компанії збільшувати інвестиції у відновлювану енергетику з метою використання більшої кількості цієї енергії чистої енергії та запобігти глобальному потеплінню. Щогодини на Землю надходить достатньо сонячної енергії, щоб забезпечити енергетичні потреби нашої країни протягом року, тому сонячна енергія вважається відновлюваним джерелом енергії. Сьогодні люди використовують сонячну енергію для обігріву будинків і води (Рис. 1.5), а також для виробництва електроенергії. Сонячна енергія становить дуже малий відсоток енергії в США - менше одного відсотка. Сонячна енергія здебільшого використовується в житлових будинках та для виробництва електроенергії.

Сонячна батарея або фотоелектричний елемент - це електронний пристрій великої площі, який перетворює сонячну енергію в електричну за допомогою фотоелектричного ефекту. Фотоелектрика - це галузь технологій і досліджень, пов'язаних із застосуванням сонячних елементів в якості джерел сонячної енергії. Іноді термін "сонячна батарея" використовується для позначення пристроїв, призначених спеціально для уловлювання енергії сонячного світла, тоді як термін "фотоелектричний елемент" використовується, коли джерело не визначено. З'єднання фотоелементів утворюють сонячні модулі, або фотоелектричні батареї.



Рис. 1.6. Сонячні батареї трьох поколінь

Перше покоління: Елементи першого покоління складаються з високоякісних пристроїв з великою площею та одним переходом. Технології першого покоління вимагають великих витрат енергії та праці, що перешкоджає значному прогресу в зниженні виробничих витрат. Кремнієві прилади з одним переходом наближаються до теоретичної граничної ефективності 33% і досягають паритету витрат з виробництвом енергії з вичогоного палива після періоду окупності 5-7 років.

Друге покоління: Матеріали другого покоління були розроблені для задоволення енергетичних потреб і зниження собівартості сонячних елементів. Альтернативні технології виробництва, такі як осадження з газової фази та гальванопластика, мають переваги, оскільки вони значно зменшують потребу в високотемпературній обробці. Загальноприйнято вважати, що з розвитком технологій виробництва виробничі витрати будуть домінувати над вимогами до складових матеріалів, незалежно від того, чи це кремнієва підкладка, чи скляне покриття. Такі процеси можуть дещо знизити собівартість, але через дефекти, притаманні низькоякісним методам обробки, мають значно нижчу ефективність порівняно з технологіями першого покоління.

2.2.3 Третє покоління: Технології третього покоління мають на меті покращити низькі електричні характеристики другого покоління (тонкоплівкові технології), зберігаючи при цьому дуже низькі виробничі витрати. Поточні дослідження спрямовані на досягнення ефективності перетворення 30-60% при збереженні низьких витрат на матеріали і технології виробництва. Вони можуть перевищити теоретичну межу ефективності перетворення сонячної енергії для матеріалу з одним енергетичним порогом.

У моїй розробці, буде використано сонячні батареї другого покоління, так як вони мають значні переваги, які роблять їх ефективними для використання в роботі-маніпуляторі з автоматичним обприскувачем. Серед основних переваг можна підкреслити саме:

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

1. **Зниження виробничих витрат** - технології другого покоління, такі як осадження з газової фази та гальванопластика, скорочують потребу у високотемпературній обробці, що зменшує загальну собівартість виробництва сонячних елементів.

2. **Легша конструкція** – використання матеріалів, таких як телурид кадмію (CdTe) та мідно-індієво-галієвий соленоїд (CIGS), дозволяє зменшити масу сонячних батарей, що важливо для мобільного робота-маніпулятора, особливо при встановленні панелі на рухомих частинах.



Рис. 1.7. Робот маніпулятор з автоматичним обприскуванням та вбудованою сонячною батареєю 2-ого покоління

3. **Гнучкість у виробництві** – завдяки альтернативним технологіям, батареї можуть бути виготовлені у різних формах, що дозволяє адаптувати їх до конструкції робота та оптимізувати їх розміщення для максимальної ефективності.

4. **Доступність матеріалів** – технології другого покоління використовують дешевші матеріали у порівнянні з першими поколіннями, що допомагає зробити рішення більш економічно вигідним.

5. **Енергетична ефективність** – хоча їх ККД дещо нижчий за пристрої першого покоління, вони все одно забезпечують достатню ефективність для підтримки роботи маніпулятора в автономному режимі.

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк. 16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ТА РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ РОБОТА МАНІПУЛЯТОРА З АВТОМАТИЧНИМ ОПРИСКУВАЧЕМ

2.1. Компоненти в деталях

2.1.1. Модуль Bluetooth HC-05 та Arduino.

Модуль HC05 досить простий у використанні, а модуль Bluetooth Serial Port Protocol (SPP) створений для прозорого налаштування бездротового послідовного з'єднання. Модуль Bluetooth HC-05 може бути використаний для зв'язку між двома мікроконтролерами, такими як Arduino, або для зв'язку з будь-яким пристроєм з функцією Bluetooth, таким як телефон або ноутбук, як показано на рис. 2.1. Для управління всією системою, Bluetooth HC05 підключається до Arduino і до смартфона на базі Android бездротовим зв'язком. Сполучення модуля HC-05 з мікроконтролерами дуже просте, оскільки він працює за допомогою SPP.

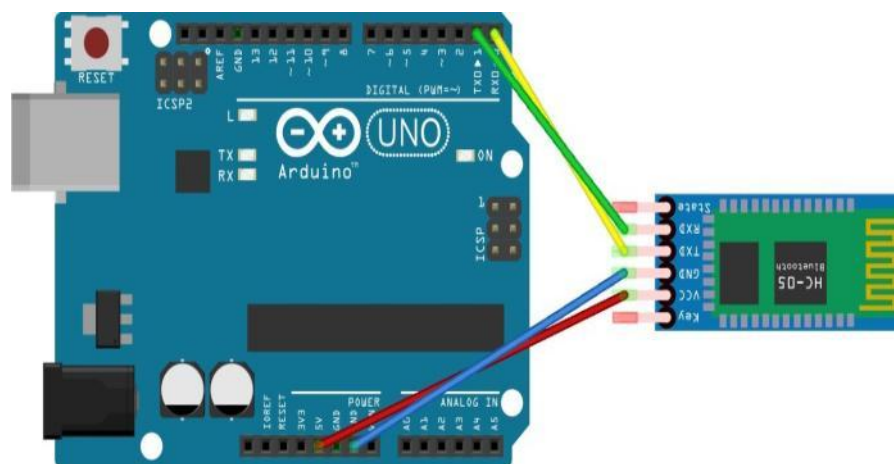


Рис. 2.1. З'єднання Arduino та Bluetooth

					01.09 – КР. 368 –Є” 2025.03.11.015 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЇ ПОШУ- КОВО-РЯТУВАЛЬНОГО РОБОТА	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Сулейманова Р.Р.					17	53
Перевір.		Ляшко А.П.				<i>НУБіП України</i>		
Н. Контр.								
Затверд.								

Нові можливості плати полягають у наступному Мікроконтролер:
ATmega328

Вхідна напруга: 5В Рекомендована напруга: 7-12В Межі вхідної напруги:
6-20В

Виводи цифрового вводу/виводу: 14, з яких 6 для ШІМ-виходу Аналогові
вхідні виводи: 6

Постійний струм на виводах вводу/виводу: 40 мА постійного струму на
виводах 3,3 В: 50 мА

Флеш-пам'ять: 32КВ, з яких 0.5КВ використовується завантажувачем
ОЗП: 2КВ

EEPROM: 1КВ

Тактова частота: 16 МГц

Схема: Еталонний проект Arduino використовує Atmega 8, 168 або 328.
Сучасні моделі використовують ATmega328. Конфігурація виводів показана
нижче. Максимальні розміри Uno - 2,1x2,7 дюйма. Роз'єми USB і гнізда жив-
лення винесені за межі попереднього виміру. Плата може бути прикріплена до
основи. Передбачено чотири отвори для гвинтів. Зазор між контактами 7 і 8
становить 0,16".

Плата керування двигуном L293D: L293D - це плата драйвера на базі мік-
росхеми L293, яка може керувати 4 двигунами постійного струму і 2 кроковими
або серводвигунами одночасно. Кожен канал цього модуля має максимальний
струм 1,2А і не працює, якщо напруга більше 25В або менше 4,5В.

Він може їздити за допомогою: двонаправлених двигуна постійного
струму з 8-бітним вибором швидкості (0-255), 2 крокові двигуни (уніполярні
або біполярні) з однією котушкою, з двома котушками, з чергуванням або мік-
рокроком та 2 серводвигуни

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.2. Джерело живлення



Рис.2.2. Подача живлення на екран електродвигуна

Існує три сценарії, коли мова йде про подачу живлення на електродвигуни через щит:

Єдине джерело живлення постійного струму для Arduino і двигунів: Якщо ви хочете мати єдине джерело живлення постійного струму для Arduino і двигунів, просто підключіть його до роз'єму DC на Arduino або до 2-контактного блоку EXT_PWR на платі. Встановіть перемичку живлення на екрані двигуна. Цей метод можна використовувати лише тоді, коли напруга живлення двигуна менше 12 В.

Живлення Arduino через USB, а двигунів через блок живлення постійного струму: Якщо ви хочете, щоб Arduino живилася від USB, а двигуни - від джерела постійного струму, підключіть USB-кабель. Потім підключіть живлення двигуна до блоку EXT_PWR на екрані. Не встановлюйте перемичку на платі.

Два окремих джерела живлення постійного струму для Arduino та двигунів: Якщо ви хочете мати 2 окремих джерела живлення постійного струму для Arduino і двигунів. Підключіть джерело живлення для Arduino до гнізда постійного струму, а джерело живлення двигуна - до блоку EXT_PWR. Переконайтеся, що перемичка знята з екрану двигуна.

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

2.1.3. Вихідні канали:

Вихідні канали обох мікросхем L293D виведені на край екрану за допомогою двох 5-контактних гвинтових клем M1, M2, M3 і M4. Ви можете підключити чотири двигуни постійного струму.



Рис.2.3. Вихідні канали

На ці канали подається напруга від 4,5 до 25 В. Кожен канал модуля може подавати до 600 мА на двигун постійного струму. Однак величина струму, що подається на двигун, залежить від джерела живлення системи.

Ви також можете підключити два крокові двигуни до вихідних каналів. Один кроковий двигун до моторного порту M1-M2, а інший - до M3-M4. Клема GND також передбачена на випадок, якщо ви використовуєте однополюсний кроковий двигун. До цього каналу можна підключити центральні відводи обох крокових двигунів. Екран виводить 16-розрядні вихідні лінії ШІМ на два 3-контактні роз'єми, до яких можна підключити два серводвигуни.

Керування двигунами постійного струму за допомогою L293D Shield: тепер, коли ми знаємо все про екран, ми можемо почати підключати його до нашого Arduino. Почніть з підключення екрану до верхньої частини Arduino. Далі підключіть живлення до двигунів. Хоча ви можете підключати двигуни постійного струму з напругою від 4,5 до 25 В, в нашому експерименті ми використовуємо двигуни постійного струму, які розраховані на 9 В. Отже, до каналів

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

EXT_PWR ми під'єднаємо зовнішнє джерело 9В. Тепер підключіть двигун до клем M1, M2, M3 або M4. У нашому експерименті ми підключаємо його до M4.

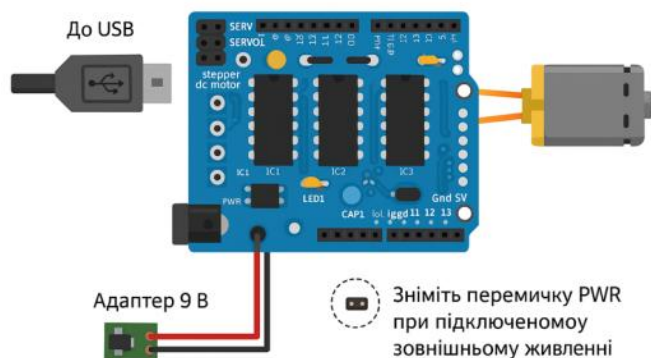


Рис. 2.4. Підключення двигуна постійного струму

Підключення двигуна постійного струму до L293D Motor Shield та Arduino: Наступна схема дасть вам повне уявлення про те, як керувати швидкістю і напрямком обертання двигуна постійного струму за допомогою плати драйвера двигуна L293D та може слугувати основою для більш практичних експериментів і проектів.

2.1.4. Сонячна панель

Сонячна панель, або фотоелектричний (ФЕМ) модуль - це сукупність фотоелектричних елементів, змонтованих у каркасі для встановлення. Сонячні панелі використовують сонячне світло як джерело енергії і виробляють електроенергію постійного струму. Набір фотоелектричних модулів називається фотоелектричною панеллю, а система панелей - масивом. Масиви фотоелектричної системи постачають сонячну електроенергію до електричного обладнання.



Рис. 2.5. Сонячна панель

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

2.1.5. Теорія та будова

Фотоелектричні модулі використовують світлову енергію (фотони) Сонця для виробництва електроенергії за допомогою фотоелектричного ефекту. Більшість модулів використовують кристалічні кремнієві або тонко-плівкові фотоелементи на водній основі. Структурним (несучим) модуля може бути як верхній, так і нижній шар. Елементи повинні бути захищені від механічних пошкоджень і вологи. Більшість модулів є жорсткими, але також доступні напівгнучкі модулі на основі тонко-плівкових елементів. Елементи з'єднуються електрично послідовно, один з одним до потрібної напруги, а потім паралельно для збільшення сили струму. Потужність модуля - це математичний добуток напруги та сили струму модуля. Виробничі характеристики сонячних панелей отримані за стандартних умов, які не є реальними умовами експлуатації, яким піддаються сонячні панелі на місці установки.

Фотоелектрична розподільна коробка кріпиться на задній панелі сонячної панелі і виконує функцію її вихідного інтерфейсу. Для зовнішніх з'єднань більшості фотоелектричних модулів використовуються роз'єми MC4, щоб полегшити підключення до решти системи, захищеної від атмосферних впливів. Також можна використовувати інтерфейс живлення USB.



Рис.2.6. Конструкція сонячної панелі

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк. 22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.6. Ефективність сонячної панелі

Кожен модуль оцінюється за вихідною потужністю постійного струму за стандартних умов випробувань (STC), а отже вихідна потужність в реальних умовах може відрізнятись. Зазвичай потужність коливається від 100 до 365 Вт (Вт). Ефективність модуля визначає площу модуля при однаковій номінальній потужності - модуль з 8% ефективністю 230 Вт матиме вдвічі більшу площу, ніж модуль з 16% ефективністю 230 Вт. Деякі комерційно доступні сонячні модулі мають ефективність понад 24%. В даний час найкращий досягнутий коефіцієнт перетворення сонячного світла (ефективність сонячного модуля) становить близько 21,5% у нових комерційних продуктах, що зазвичай нижче, ніж ефективність їхніх елементів окремо. Найефективніші сонячні модулі масового виробництва мають значення щільності потужності до 175 Вт/м² (16,22 Вт/фут²).

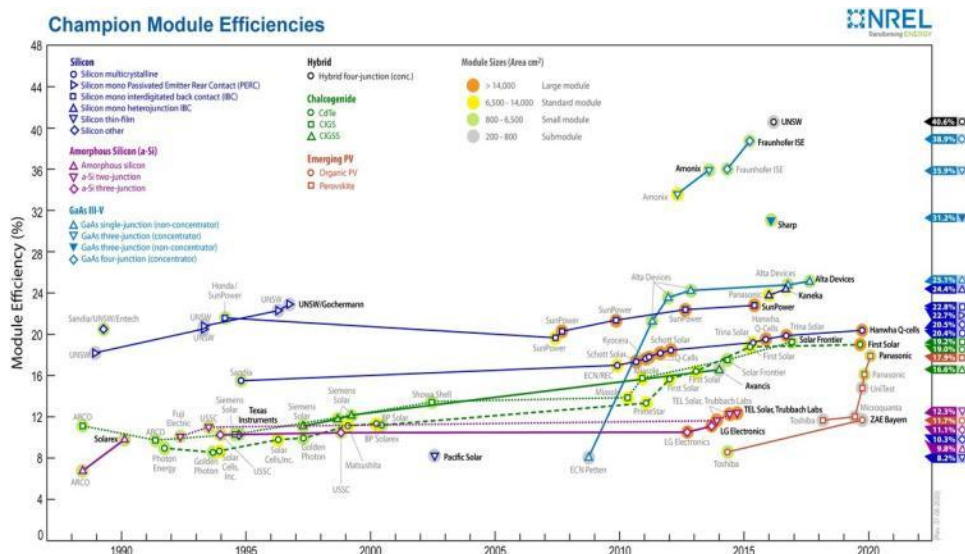


Рис.2.7. Коефіцієнти дії модулів сонячної панелі

2.1.7. Технологічне значення

Більшість сонячних фотоелементів модулів наразі виробляються з кристалічного кремнію (с-Si), виготовленого з мульти-кристалічних та монокристалічних кремнієвих . У 201 році на кристалічний кремній припадало понад 90%

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

світового виробництва фотоелектричних модулів, тоді як решту ринку склали тонко-плівкові технології з використанням телуриду кадмію, CIGS та аморфного кремнію.

Нові сонячні технології третього покоління використовують сучасні тонко-плівкові фотоелементи. Вони забезпечують відносно високоефективне перетворення за низьку вартість порівняно з іншими сонячними технологіями. Крім того дорогі, високоефективні і щільно упаковані прямокутні (MJ) елементи переважно використовуються в сонячних панелях на космічних апаратах, оскільки вони пропонують найвище співвідношення згенерованої енергії на кілограм, піднятий в космос. MJ-елементи є складними напівпровідниками і виготовляються з арсеніду галію (GaAs) та інших напівпровідникових матеріалів. Інша нова фотоелектрична технологія, що використовує МДж-елементи, - це концентраторна фотоелектрика (CPV).

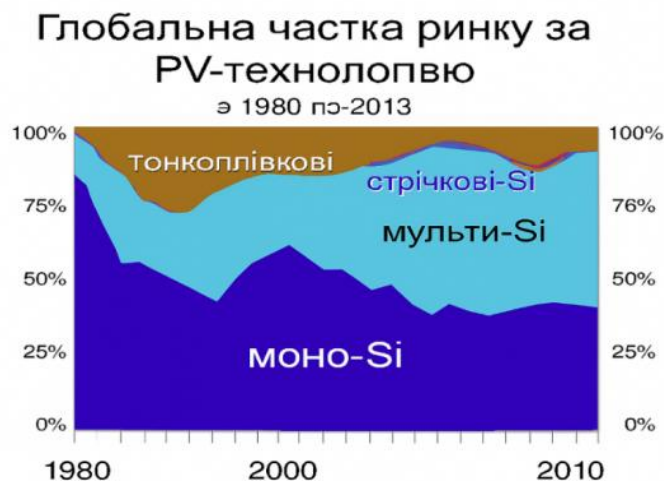


Рис.2.8. Частка світового ринку сонячних панелей

2.1.8. Двигуни постійного струму

Двигун постійного струму - це будь-який з класу роторних електричних машин, що перетворює електричну енергію постійного струму в механічну. Найпоширеніші типи покладаються на сили, що створюються магнітними полями. Майже всі типи двигунів постійного струму мають певний внутрішній

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

механізм, електромеханічний або електронний, який періодично змінює напрямок потоку струму в частині двигуна. Двигуни постійного струму були першим типом, який широко використовувався, оскільки їх можна було живити від існуючих систем розподілу електроенергії для освітлення постійного струму. Швидкість двигуна постійного струму можна регулювати в широкому діапазоні, використовуючи або змінну напругу живлення, або змінюючи силу струму в його обмотках збудження. Невеликі двигуни постійного струму використовуються в інструментах, іграшках та приладах. Універсальний двигун може працювати на постійному струмі, але це легкий щітковий двигун, який використовується для портативних електроінструментів та приладів. Більші двигуни постійного струму використовуються в електромобілях, ліфтах і підйомниках або в приводах сталепрокатних станів. Поява силової електроніки зробила можливим заміну двигунів постійного струму на двигуни змінного струму в багатьох сферах застосування.

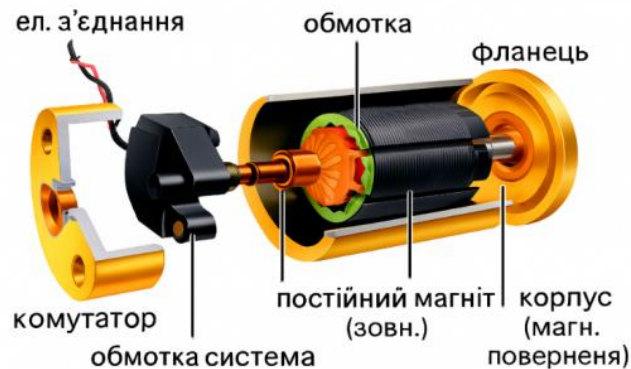


Рис.2.9. Двигун постійного струму

2.1.9. Батарея

Батарея - це набір з одного або декількох елементів, хімічні реакції яких створюють потік електронів у ланцюзі. Всі батареї складаються з трьох основних компонентів: анода (сторона "-"), катода (сторона "+") і певного виду електроліту (речовина, яка хімічно реагує з анодом і катодом). Коли анод і катод акумулятора підключені до мережі, між анодом і електролітом відбувається хімічна реакція. Ця реакція змушує електрони протікати через ланцюг і поверта-

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк. 25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тися до катода, де відбувається інша хімічна реакція. Коли матеріал на катоді або аноді витрачається або більше не може бути використаний у реакції, батарея не може виробляти електроенергію. У цей момент батарея "розряджається", які необхідно викинути після використання, називаються первинними. Батарейки, які можна перезарядити, називаються вторинними.

2.1.10. Типи акумуляторів

Нікель-кадмієві акумулятори: активні компоненти нікель-кадмієвого акумулятора в зарядженому стані складаються з гідроксиду нікелю (NiOOH) на позитивному електроді та кадмію (Cd) на негативному електроді. В якості електроліту зазвичай використовується гідроксид калію (KOH). Завдяки низькому внутрішньому опору і дуже хорошим струмопровідним властивостям, нікель-кадмієві акумулятори забезпечувати надзвичайно високий струм і швидко перезаряджатися. У разі неправильного використання може швидко виникнути дуже високий тиск. З цієї причини елементи потребують наявності запобіжного клапана. Нікель-кадмієві елементи, як правило, мають тривалий термін служби, що забезпечує високий ступінь економії.

Нікель-металогідридні акумулятори: активні компоненти акумуляторної батареї NiMH у зарядженому стані складаються з гідроксиду нікелю (NiOOH) на позитивному електроді та металевого сплаву, що зберігає водень (MH) на негативному електроді, а також електроліту з гідроксиду калію (KOH). У порівнянні з перезаряджаємими NiCd акумуляторами, NiMH акумулятори мають вищу щільність енергії на одиницю об'єму і ваги.

Літій-іонні акумулятори: термін "літій-іонна батарея" означає акумуляторну батарею, в якій негативний електрод (анод) і позитивний електрод (катод) слугують носіями для іонів літію (Li⁺). Іони літію рухаються від анода до катода під час розряду і інтеркалюються в катод (вставляються в порожнечі в кристалографічній структурі). Під час заряджання іони змінюють напрямок на протилежний. У літій-іонному елементі шари анода і катода, що чергуються,

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк. 26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розділені пористою плівкою (сепаратором). Електроліт, що складається з органічного розчинника і розчиненої солі літію, забезпечує середовище для транспортування іонів літію. Для більшості комерційних літій-іонних елементів діапазон напруги становить приблизно від 3,0 В (розряджений, або 0% зарядженого стану, SOC) до 4,2 В (повністю заряджений, або 100% SOC).

Малі геометричні свинцево-кислотні акумулятори: малі герметичні свинцево-кислотні акумулятори (SSLA), які є свинцево-кислотними акумуляторами з клапанним регулюванням (VRLA), не потребують регулярного доливання води в елементи і виділяють менше газу, ніж заливні (мокрі) свинцево-кислотні акумулятори. Акумулятори SSLA іноді називають "необслуговуваними". Зменшене виділення газу є перевагою, оскільки їх можна використовувати в обмежених або погано провітрюваних приміщеннях.

В абсорбованому скловолокнистому акумуляторі електроліт абсорбується в сепараторі зі скловолокна. У гелевому елементі електроліт змішується з кремнеземним пилом, утворюючи іммобілізований гель. Акумулятори SSLA оснащені запобіжним клапаном скидання тиску. На відміну від заливних батарей, SSLA-батареї розроблені таким чином, щоб не розливати електроліт, якщо їх перевернути. У цьому проекті ми використовуємо свинцево-кислотний тип батареї.

2.1.11. Свинцево-кислотний акумулятор

Визначення: Батарея, в якій для перетворення хімічної енергії в електричну використовується губчастий свинець і перекис свинцю, називається свинцево-кислотою батареєю. Свинцево-кислотні акумулятори найчастіше використовуються на електростанціях і підстанціях, оскільки вони мають вищу напругу і нижчу вартість.

Будова свинцево-кислотного акумулятора: Різні частини свинцево-кислотного акумулятора показані нижче. Контейнер і пластини є основною час-

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк. 27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тиною свинцево-кислотного акумулятора. Контейнер зберігає хімічну енергію, яка перетворюється в електричну допомогою пластин.

Контейнер - контейнер свинцево-кислотного акумулятора виготовляється зі скла, дерева, покритого свинцем, ебоніту, твердої гуми з бітумної суміші, керамічних матеріалів або формованого пластику і у верхній частині укріплений, щоб уникнути витікання електроліту. У нижній частині контейнера є чотири ребра, на два з яких спирається позитивна пластина, а інші підтримують негативні пластини. Призма служить опорою для пластин і одночасно захищає їх від короткого замикання. Матеріал, з якого виготовляють контейнери для акумуляторів, повинен бути стійким до дії сірчаної кислоти не деформуватися, не бути пористим і не містити домішок, які пошкоджують електроліт.

Пластини - пластини свинцево-кислотних акумуляторів мають різну конструкцію, і всі вони складаються з певної форми решітки, яка складається зі свинцю та активного матеріалу. Сітка необхідна для проведення електричного струму і рівномірного розподілу струму на активному матеріалі. Якщо струм розподіляється нерівномірно, то активний матеріал розхитується і випадає.



Рис.2.10. Герметична свинцево-кислотна батарея на 12 В (1,3 Ач)

Решітки виготовлені зі сплаву свинцю та сурми. Зазвичай вони виготовляються поперечним ребром, яке перетинає місця під прямим кутом або по діагоналі. Решітки для позитивних і негативних пластин мають однакову конструкцію, але решітки для негативних пластин роблять легшими, оскільки вони не настільки важливі для рівномірного проведення струму. Пластини батареї бу-

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

вають двох типів. Це формовані пластини, або пластини Плана або пластини Фора. Пластини Плана використовуються переважно в стаціонарних батареях, оскільки вони важчі за вагою і коштують дорожче, ніж Фора пластини. Але пластини Фора довговічніші і менш схильні до втрати активного матеріалу при швидкому заряджанні і розряджанні. Пластини Плана мають низьке співвідношення ємності до ваги. Пластини Фор більше підходить для виготовлення негативних, ніж позитивних. Негативний активний матеріал досить міцний і зазнає порівняно невеликих змін при заряджанні та розряджанні.

2.1.12. Насос

Насос - це пристрій, який переміщує рідини рідини (або газу), а іноді й суспензії, за допомогою механічної дії, зазвичай перетворюючи електричну енергію в гідравлічну. Насоси можна класифікувати на три основні групи відповідно до методу, який вони використовують для переміщення рідини: насоси прямої дії, об'ємні та гравітаційні насоси. Насоси працюють за допомогою певного механізму (як правило, поршневого або ротаційного) і споживають енергію для виконання механічної роботи з переміщення рідини. Насоси працюють від багатьох джерел енергії, включаючи ручне керування, електрику, двигуни або енергію вітру і бувають різних розмірів - від мікроскопічних, що використовуються в медицині, до великих промислових насосів.

Механічні насоси мають широке застосування, наприклад, для перекачування води зі свердловин, фільтрації акваріумів, фільтрації та аерації ставків, в автомобілебудуванні для охолодження води та впорскування палива, в енергетиці для перекачування нафти і природного газу або для роботи градирень та інших компонентів систем опалення, вентиляції та повітрякондиціонування. У медичній промисловості насоси використовуються для біохімічних процесів при розробці та виробництві ліків, а також як штучні замітники частин тіла.

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк. 29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо в корпусі міститься лише одне робоче колесо, насос називається одноступінчастим. Якщо корпус містить два або більше робочих колеса, що обертаються, він називається дво- або багатоступеневим насосом.

Механічні насоси можуть занурені в рідину, яку вони перекачують, або розміщені рідиною. Насоси можна класифікувати за способом витіснення: об'ємні, імпульсні, швидкісні, гравітаційні, парові та безклапанні насоси. Існує три основні типи : об'ємні, відцентрові та осьові. У відцентрових насосах напрямок потоку рідини змінюється на дев'яносто градусів, коли вона протікає через робоче колесо, в той час коли в осьових насосах напрямок потоку залишається незмінним.

Відцентрові насоси використовуються для транспортування рідин шляхом перетворення кінетичної енергії обертання в гідродинамічну енергію потоку рідини. Енергія обертання зазвичай надходить від двигуна або електродвигуна. Вони є підкласом динамічних осесиметричних турбомашин з поглинанням роботи. Рідина надходить робоче колесо насоса вздовж або поблизу осі обертання і прискорюється робочим колесом, тече радіально назовні в дифузор або спіральну камеру (корпус), з якої вона виходить. Найпоширеніші сфери застосування включають перекачування води, стічних вод, сільське господарство, нафтову та нафтохімічну промисловість. Відцентрові насоси часто обирають через їхню високу продуктивність, сумісність з абразивними розчинами, можливість змішування, а також відносно просту конструкцію.

Відцентровий вентилятор – це зазвичай, що використовується для реалізації повітряного або пиლოსоса. Зворотною функцією відцентрового насоса водяна турбіна, яка перетворює потенційну енергію тиску води в механічну енергію обертання.

						Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	

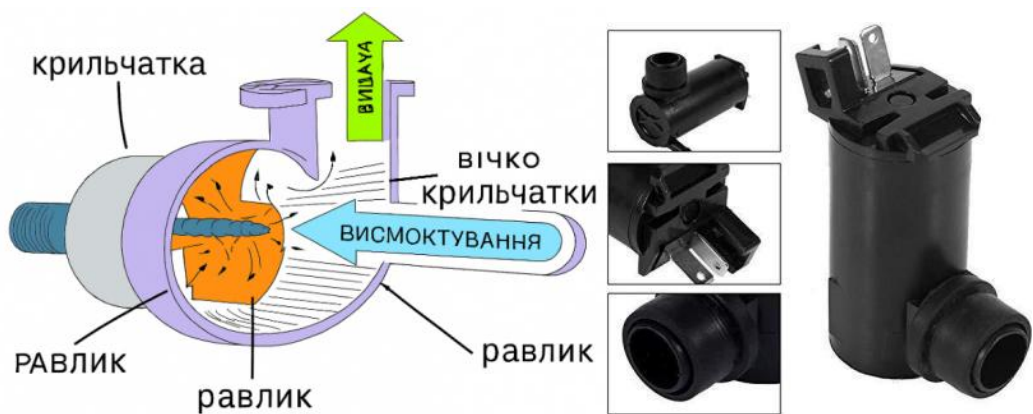


Рис.2.11. Відцентровий насос

Як і більшість насосів, відцентровий насос перетворює енергію обертання, часто від двигуна, в енергію рухомої рідини. Частина енергії переходить в кінетичну енергію рідини. Рідина надходить в осьовому напрямку через вуско корпусу, захоплюється лопатями робочого колеса і закручується тангенціально і радіально назовні, поки не вийде через всі окружні частини робочого колеса в дифузорну частину корпусу. Під час проходження через робоче колесо рідина набирає як швидкість, так і тиск. Дифузорна, або спіральна, частина корпусу у формі пончика сповільнює потік і додатково збільшує тиск.

2.1.13. Лінійні приводи

Лінійний привід - це привід, який створює рух по прямій лінії, на відміну від кругового руху звичайного електродвигуна. Лінійні приводи використовуються у верстатах і промисловому обладнанні, в комп'ютерних периферійних пристроях, таких як дискові накопичувачі і принтери, в клапанах і заслінках, і в багатьох інших місцях, де потрібен лінійний рух. Гідравлічні або пневматичні циліндри за своєю суттю створюють лінійний рух. Багато інших механізмів створюють лінійний рух за допомогою двигуна, що обертається. Лінійних приводів є дуже багато таких як:

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Механічні приводи: Механічні лінійні приводи зазвичай працюють шляхом перетворення обертального в лінійний. Перетворення зазвичай здійснюється за допомогою декількох простих типів механізмів:

Гвинтові: свинцевий ,гвинт гвинтовий домкрат, кулькові та роликові гвинтові приводи - всі вони працюють за принципом простої машини, відомої як гвинт. Обертаючи гайку приводу, гвинтовий вал рухається по лінії.



Рис.2.12. Гвинтовий привід

Колесо і вісь: Талі, лебідки, рейкові та шестерні, ланцюгові приводи, ремінні приводи, жорсткі ланцюгові та жорсткі ремінні приводи працюють за принципом колеса та осі. Колесо, що обертається, переміщує трос, рейку, ланцюг або ремінь, створюючи лінійний рух.

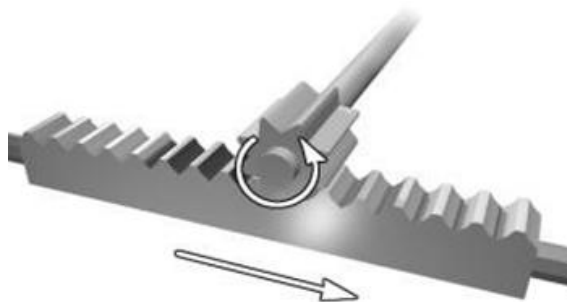


Рис.2.13. Привід колеса та осі

Кулачкові: Кулачкові приводи працюють за принципом, подібним до принципу роботи клинових, але забезпечують відносно обмежений хід. При обертанні кулачка, схожого на колесо, його ексцентрична форма створює тягу в основі вала.

Механічна кулачкова система

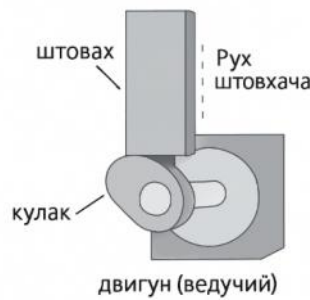


Рис.2.14. Приведення кулачка в дію

Деякі механічні лінійні приводи тільки тягнуть, наприклад, підйомники, ланцюгові та ремінні приводи. Інші - тільки штовхають (наприклад, привід). Пневматичні та гідравлічні циліндри або ведучі гвинти можуть бути спроектовані так, щоб створювати зусилля в обох напрямках.

Механічні приводи зазвичай перетворюють обертальний рух ручки управління або рукоятки в лінійне переміщення за допомогою гвинтів і/або шестерень, до яких кріпиться ручка або рукоятка. Гвинтовий ключ або автомобільний домкрат є звичним механічним приводом. Обертання ручки домкрата механічно перетворюється в лінійний рух головки домкрата. Механічні приводи також часто використовуються в області лазерів і оптики для маніпулювання положенням лінійних ступенів, поворотних ступенів, дзеркальних кріплень, гонометрів та інших інструментів позиціонування.

Електричні приводи: електромеханічні приводи схожі на механічні, за винятком того, що ручка управління замінена електродвигуном. Обертальний рух двигуна перетворюється на лінійне переміщення. Електромеханічні приводи можуть також використовуватися для живлення двигуна, який перетворює електричну енергію в механічний крутний момент. Існує багато конструкцій сучасних лінійних приводів, і кожна компанія, яка їх виробляє, як правило має власний метод. Нижче наведено узагальнений опис дуже простого електромеханічного лінійного приводу.

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

ЕЛЕКТРИЧНИЙ ЛІНІЙНИЙ ПРИВІД

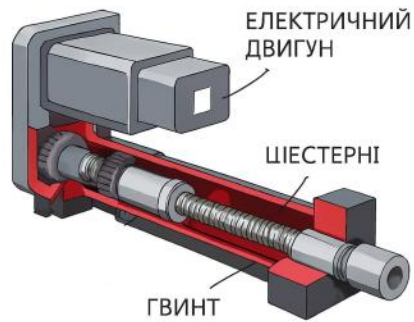


Рис.2.15. Електричний привід

2.1.14. Спрощення конструкції

Як правило, електродвигун механічно з'єднаний з ходовим для обертання. На свинцевому гвинті по колу нарізана безперервна гвинтова різьба, що проходить по всій довжині (подібно до різьби на болті). На свинцевий свинцева гайка гвинт накручується або кулькова гайка з відповідною гвинтовою різьбою. Гайка не може обертатися разом з ходовим гвинтом (зазвичай гайка блокується з не обертовою частиною корпусу приводу). При обертанні ведучого гвинта гайка буде переміщатися по різьбі. Напрямок руху гайки залежить від напрямку обертання ведучого гвинта. Приєднавши до гайки тяги, рух можна перетворити в корисне лінійне переміщення. Більшість сучасних приводів розраховані на високу швидкість, високу силу або компроміс між цими двома параметрами. При виборі приводу для конкретного застосування найбільш важливими характеристиками зазвичай є хід, швидкість, зусилля, точність і термін служби. Більшість різновидів встановлюються на заслінки або дросельні клапани.

Існує багато типів двигунів, які можна використовувати в системі лінійних приводів. До них щіткові, безщіткові, крокові, а в деяких випадках навіть асинхронні двигуни постійного струму. Все залежить від вимог застосування та навантаження, для переміщення якого призначений привід. Наприклад, лінійний привід з вбудованим асинхронним двигуном змінного струму потужністю в одну кінську силу, що приводить в рух ведучий гвинт, може використовуватися

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

для управління великим клапаном на нафтопереробному заводі. У цьому випадку не потрібна точність і висока роздільна здатність руху, але потрібна висока сила і швидкість. Для електромеханічних лінійних приводів, що використовуються в лабораторній робототехніці, оптичному і лазерному обладнанні або X-Y столах, точна роздільна здатність в мікронному діапазоні і висока точність можуть вимагати використання лінійного приводу з кроковим двигуном на частки кінських сил з малим кроком ходового гвинта. Існує багато варіантів електромеханічних лінійних приводів.

2.1.15. Порівняння електричних і механічних приводів

Таблиця 2.1

Порівняння приводів

Тип приводу	Переваги	Недоліки
Механічний	Дешевий, повторюваний, не потребує джерела живлення, автономний, ідентична поведінка при висуванні та втягуванні	Тільки ручне керування. Ніяких операцій
Електро-механічний	Дешево, повторювано, операція може бути автоматизована. Само-Ідентична поведінка при висуванні та втягуванні. Двигуни крокові двигуни-постійного струму або . Можливий зворотний зв'язок по положенню.	Багато рухомих частин, схильних до зносу.

2.1.16. Розпилювач

Розпилювач - це прецизійний пристрій, який забезпечує розпилення рідини у вигляді спрею. Форсунки використовуються з трьома цілями: для розподі-

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

лу рідини по площі, збільшення площі поверхні рідини і створення сили удару по твердій поверхні.



Рис. 2.16. Форсунки для розпилювачів

2.1.17. Робота форсунки розпилювача

Пляшка: Пляшка - це резервуар, з якого насос забирає рідину, коли користувач натискає на розпилювача. Рідина рухається пляшки вгору по трубці. Трубка і резервуар схожі в пульверизаторах та інших типах насосів, наприклад, у дозаторах для мила. Для рідких рідин, таких як миючі засоби, підійде більш тонка трубка, але для густих рідин, таких як мило для рук, необхідна більш товста трубка, щоб витягнути рідину.

Насос: Насос - це основна робоча частина розпилювача. Насос складається з спускового механізму, поршня, циліндра і одностороннього клапана. Коли користувач натискає на спусковий гачок, він змушує поршень входити в циліндр, який проштовхує рідину через насадку у вигляді концентрованого потоку рідини. Коли курок відпускається, поршень рухається назад, втягуючи рідину назад у циліндр. Ця рідина витісняється з сопла наступному натисканні на спусковий гачок. Односторонній клапан у нижній частині насоса дозволяє рідині текти тільки вгору по трубці в насос, а не назад у пляшку.

Насадка: насадка розпилювача концентрує рідину в струмінь, проштовхуючи її через дуже маленький отвір. У насадках для розпилювачів також є односторонній клапан, який запобігає потраплянню повітря назад у насос і забезпечує всмоктування всередині насоса, щоб рідина могла підніматися вгору по

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

трубці. Без цього клапана насос всмоктував би повітря назад у балон, а не рідину з пляшки.

2.2. Концептуальний дизайн

Проектування було виконано в програмі 3D-моделювання Fusion 360. Це програмне забезпечення було обрано для цього проекту, тому що воно має зручний інтерфейс і є простим у використанні. Нижче наведено покрокову процедуру, яку ми використали для створення концептуального дизайну.

2.2.1. Шасі

Щоб створити корпус, спочатку створіть прямокутний блок розмірами (22.9*14.2*9.5). Потім накресліть два прямокутники зі зміщенням на двох сусідніх гранях блоку зі зміщенням в 1 дюйм і за допомогою команди "extrude cut" створіть шасі, як показано на малюнку нижче.

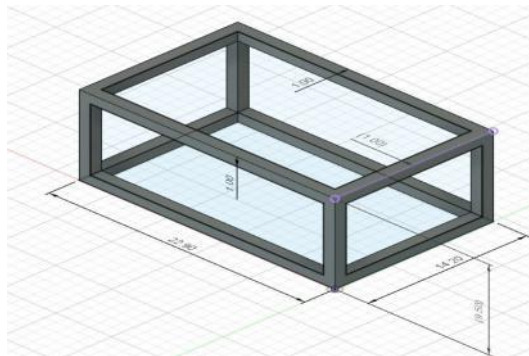


Рис. 2.17. Шасі з розмірами

Видавіть з нижньої прямокутної рамки два плоскі стрижні, які розділять рамку на 3 рівні частини, як показано на малюнку. Це робиться для того, щоб забезпечити опору для основи.

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

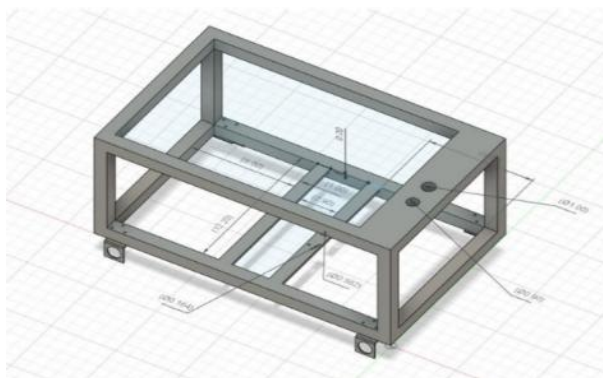


Рис.2.18. Конструкція шасі з розмірами (ізометричний вигляд)

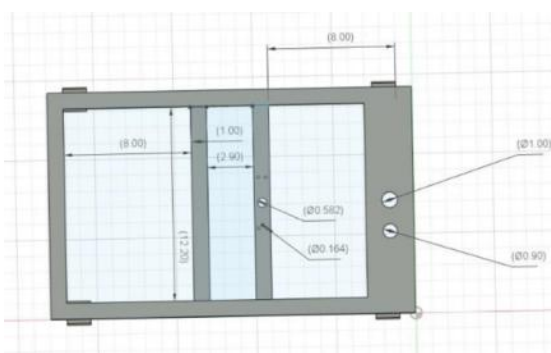


Рис.2.19. Конструкція шасі з розмірами (вид зверху)

2.2.2. Матеріалу для шасі:

Вибраний матеріал: М'яка сталь EN 1.0301 (євростандарт).

Вуглецева сталь EN 1.0301 містить 0,1% вуглецю, 0,4% марганцю і 0,4% кремнію. Вона також містить невелику кількість міді (Cu), нікелю (Ni), хрому (Cr), алюмінію (Al) та молібдену (Mo).

2.2.3. Механічні властивості EN 1.0301

Таблиця 2.2

Таблиця з KIPP.com

Назва матеріалу	1.0301
Стандарт США (AISI)	1011, M1010
Абревіатура	C10
Густина(г/см ³)	7.85
Межа текучості (Н/мм ²)	>=200
Міцність на розрив (Н/мм ²)	350-640

Оброблюваність	Добре.
Зварюваність	Підходить

Ця марка має чудову зварюваність і зазвичай використовується для екструдованих, кованих, холодного штампування та холодного пресування деталей і форм. В основному використовується в автомобільному обладнанні, меблях і приладах.

2.2.4. Фізичні властивості низьковуглецевої сталі

Висока міцність на розрив. Висока ударна в'язкість. Хороша пластичність і зварюваність. Магнітний метал завдяки вмісту фериту.

Хороша пластичність з можливістю холодного формування. Не підходить для термічної обробки для поліпшення властивостей.

2.2.5. Вибір двигунів для повного приводу

Двигуни постійного струму з високим крутним моментом і високою швидкістю були обрані, оскільки вони повинні витримувати вагу всієї установки і переміщати її відповідно до нашої команди. Перевагу надають двигунам з гайкою, оскільки їх можна легко встановити в будь-якому місці.

2.2.6. Характеристики двигуна

Таблиця 2.3.

Характеристика двигуна

Діаметр вала	0,142 дюйма
Довжина валу	1,33 дюйма
Швидкість	250 об/хв
Крутний момент	1.5535 Н-мм

Табл. 2.2.6.1.

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39



Рис. 2.20. Двигун постійного струму для приводних коліс

2.2.7. Конструкція кронштейнів для кріплення двигуна

Кронштейни сконструйовані таким чином, що різьба двигуна знаходиться одного боку кронштейна, а корпус двигуна - з іншого. Коли гайка закріплюється на різьбі двигуна, вона щільно утримує двигун у кронштейні. Конструкція кронштейна показана на малюнку.

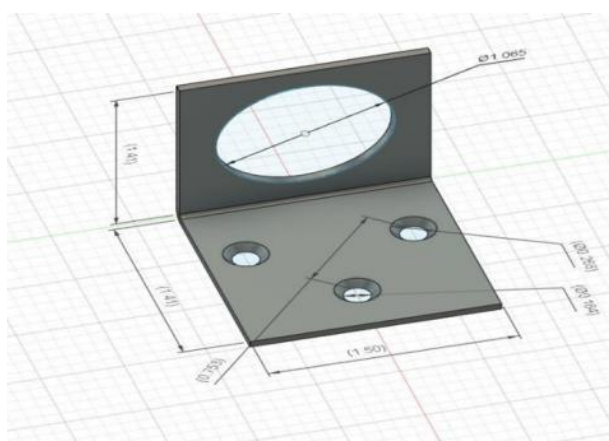


Рис. 2.21. Конструкція кронштейна з розмірами

2.2.8. Кріплення кронштейнів до шасі

Гвинт і гайка діаметром 8 мм призначені для кріплення кронштейна до корпусу. Видавіть 3 отвори діаметром 8 мм по кутах корпусу таким чином, щоб отвори в кронштейні та отвори на корпусі були вирівняні. Для кожного кронштейна потрібно 3 таких комбінації гвинтів і гайок, щоб створити жорстке з'єднання.

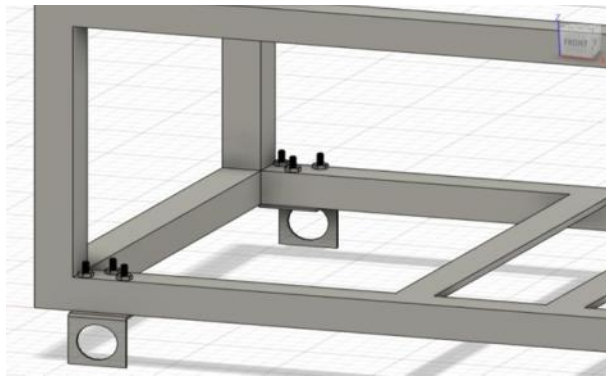


Рис.2.22. Розташування кронштейнів на шасі

Те саме робиться і для фіксації двох передніх кронштейнів.

2.2.9. Кріплення двигуна до кронштейнів

Двигун вставляється в отвір для двигуна, передбачений у кронштейні, і закручується гайка. Те саме повторюється для 4 кутів шасі.

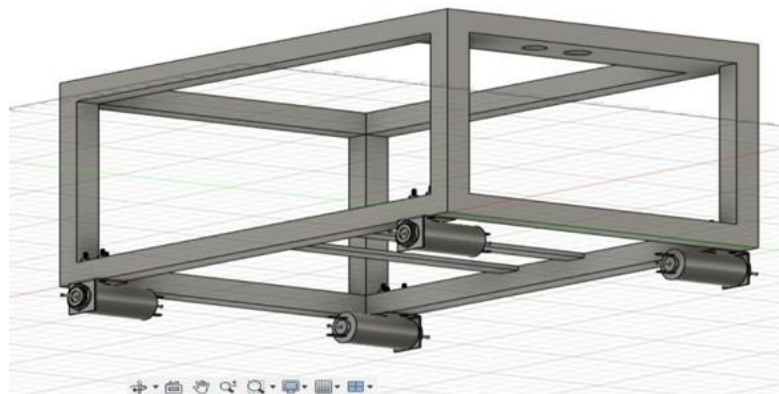


Рис.2.23. Кріплення двигунів до кронштейнів на шасі

2.2.10. Кріплення колеса до осі двигуна

Оскільки колесо повинно витримувати вагу всієї установки, а модель повинна пересуватися по бездоріжжю, колесо повинно бути міцним, надійним і помірного розміру. Враховуючи вищезазначені аспекти, вибір колеса був зроблений.

Таблиця 2.4.

Характеристика колеса

Діаметр колеса	15 дюймів
----------------	-----------

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Ширина колеса	4.5 дюйма
Для діаметра осі	0,143 дюйма
Стиль	Безкамерні
на колесо	4,06 МПа



Рис.2.24. Кріплення колеса до осі двигуна

2.2.11. База

У нижній прямокутній частині шасі встановлюється дерев'яна плита, виготовлена з дерева. Це зроблено для розміщення всіх компонентів моделі, таких як бак для зберігання пестицидів, акумулятор, насос тощо. Основа має вигляд, як показано на малюнку. Для кращої стійкості акумулятора на основі також тримач для батареї.

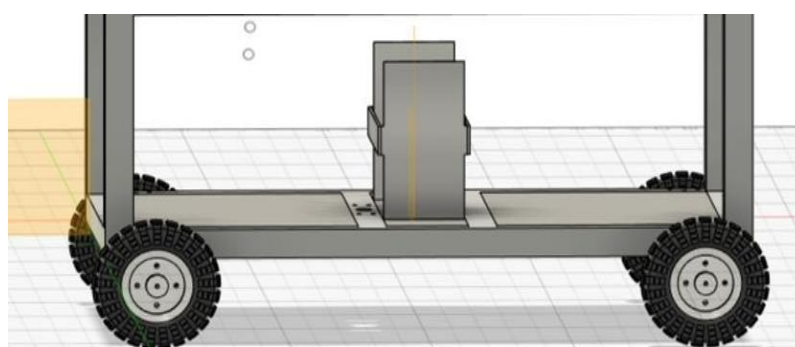


Рис.2.25. Встановлення основи з тримачем акумулятора

2.2.12. Технічні характеристики горизонтального приводу

100: 1 12В PLC/RC

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

управління зусилля: 23Н 6 мм/с

Максимальна швидкість (без навантаження): 12мм/с

Вхідна напруга: 12 В

Струм зупинки: 450 мА при 5 В і 6 В, 200 мА при 12 В ходу: 100 мм

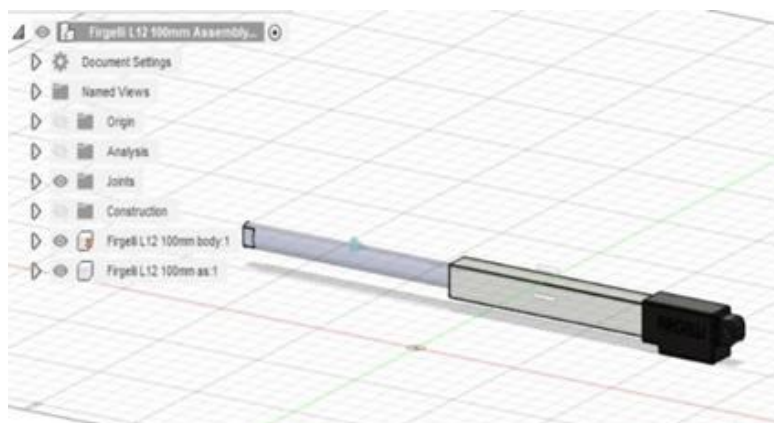


Рис. 2.26. Повністю розтягнутий привід (100 мм)

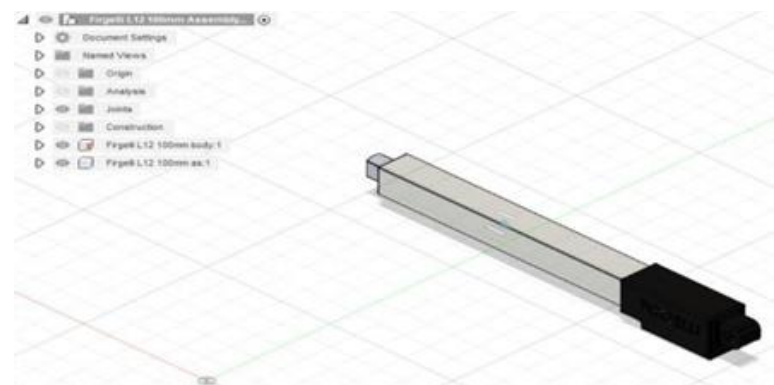


Рис. 2.27. Нульове положення приводу

2.2.13. Розташування приводу

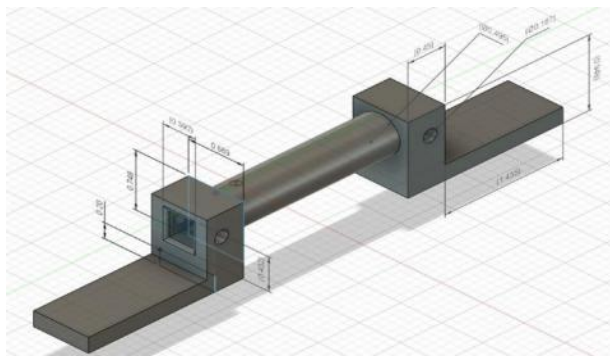


Рис. 2.28. Конструкція горизонтального тримача приводу з розмірами

Для бічного приводу вибирають приводи невеликого розміру, оскільки вони не повинні нести значних навантажень. Бічний привід потрібен лише для того, щоб витримувати мінімальне навантаження на трубу та сопло. Ця установка розроблена таким чином, що нульове положення приводів знаходиться на одній лінії з краями шасі. Таким чином, приведення в дію відбувається поза зоною шасі. Таке налаштування гарантує, що пестицид не розпилюється на корпус і компоненти всередині нього.

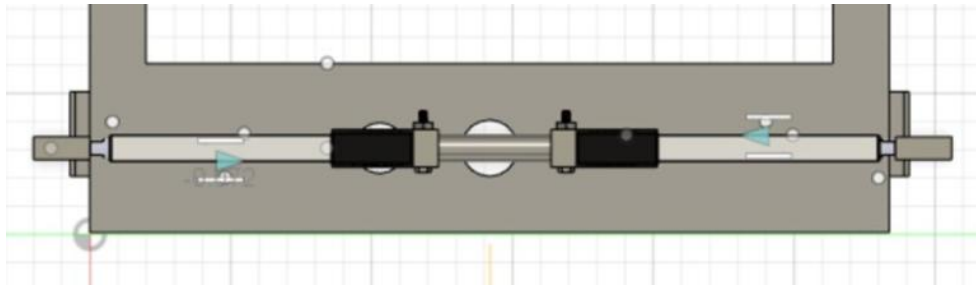


Рис.2.29. Вид зверху представлення нульового положення горизонтальних приводів

2.2.14. Технічні характеристики вертикального приводу

Вхідна напруга: 12 V	Сила: 35 фунтів
Інсульт: 2 дюйми	Вага: 2.1 фунта

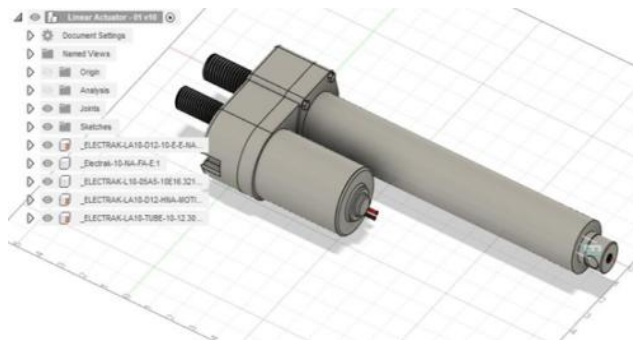


Рис.2.30. Нульове положення приводу

2.2.15. Розташування приводу

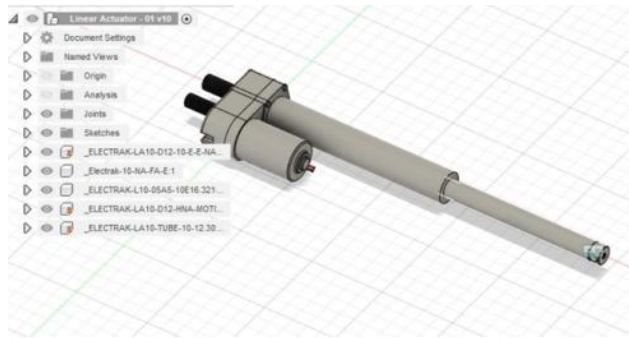


Рис. 2.31. Повністю розтягнутий привід

Цей привід розміщується по центру ширини, тобто в передньому напрямку шасі. Для цього на корпусі виконуються два отвори, як показано на малюнку. Переконайтеся, що отвори мають той самий розмір, що і два гвинти, які кріпляться до вертикального приводу, як показано на малюнку вище.

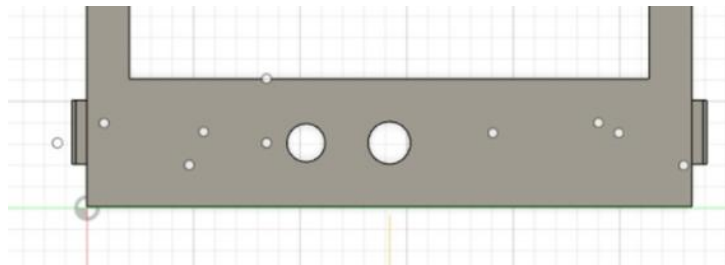


Рис.2.32. Вид зверху, показує отвори, необхідні для кріплення вертикального приводу

Після розміщення гвинтів актуатора у вищевказаних отворах. Чотири гайки, які ідеально поєднуються з гвинтами, підбираються для закріплення гвинтів і обмеження будь-якого непотрібного руху вертикального актуатора.

Для цього застосування обрано привід порівняно більшого розміру, оскільки повзун цього приводу повинен утримувати всю горизонтальну настройку приводу на своєму кінці.

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

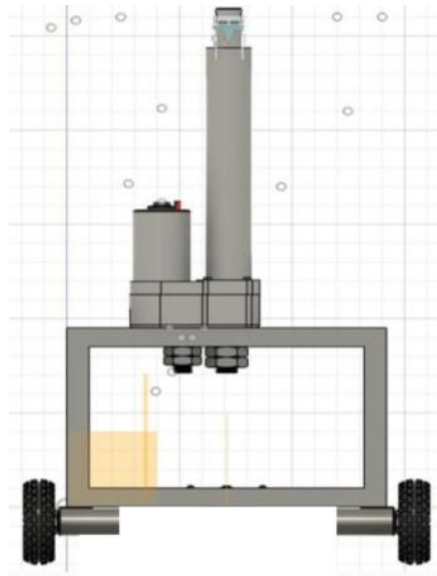


Рис.2.33. Вид спереду, що показує висоту вертикального приводу

2.2.16. Виконання з'єднання між налаштуванням горизонтального приводу та вертикальним приводом

Це робиться шляхом горизонтального в паз на кінчику повзунка вертикального актуатора.



Рис.2.34. Т-подібне з'єднання між приводами без фіксуючого гвинта

Щоб обмежити ковзання горизонтального актуатора, зробіть у верхній частині повзунка різьбовий отвір і закрутіть гвинт до упору, при цьому горизонтальний актуатор повинен знаходитися в пазу повзунка вертикального актуатора, як показано на малюнку.

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

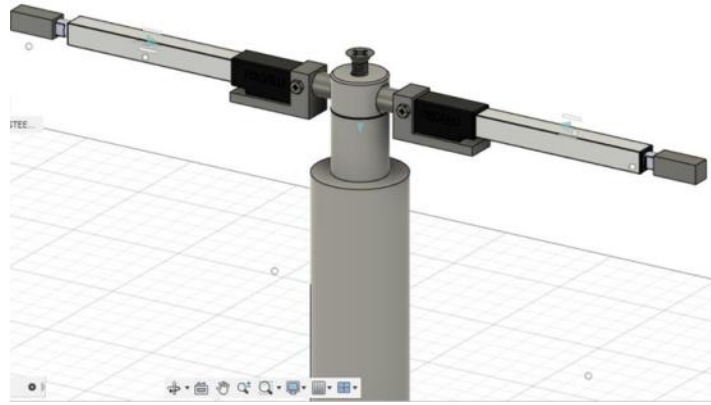
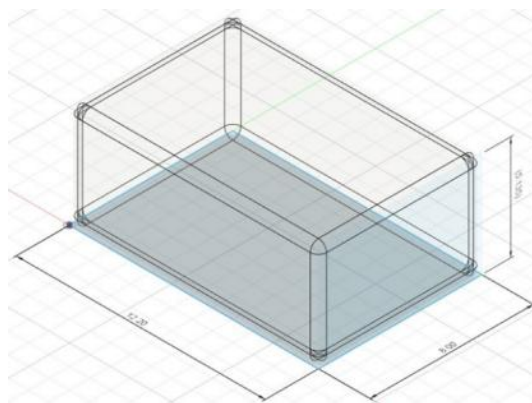


Рис.2.35. Т-подібне з'єднання між приводами з фіксуєчим гвинтом

Вищезазначене формує повну настройку приводу з 2 ступенями свободи (а саме: вертикальне ковзання та бокове ковзання).

2.2.17. Резервуар для зберігання пестицидів

З трьох місць, передбачених двома перегородками, розміщеними в нижній частині шасі, для розміщення накопичувального бака обрано те, що спереду (тобто, найближче до блоку керування). Таким чином ми зменшуємо довжину використовуваних труб і запобігаємо витокам. Накопичувальний бак таким чином, щоб він точно вписувався в основу. Для зменшення ваги установки ми обрали пластик. Ємність для зберігання повинна мати 2 отвори: один для підключення насоса до пестициду в ємності, а інший - для заповнення ємності пестицидом. Для зручності заповнення над заправним отвором розміщується воронка. Резервуар для зберігання виготовляється за допомогою команди "оболонка" і зачищення кутів для правильного розподілу напруги.



						01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			47

Рис.2.36. для зберігання з розмірами

2.2.18. Насос та його технічні характеристики

Для перекачування пестициду з ємності для зберігання до розпилювачів використовується насос постійного струму 12 В.

Таблиця 2.5.

Технічні характеристики насоса

Номинальна напруга	12В постійного струму
Максимальний струмовий номінал	1000 мА
Швидкість потоку	350-700 Л/ГОД
Вхідний діаметр	0.354 дюйма
Діаметр вихідного отвору	0.295 дюйма

Насос розміщується безпосередньо на резервуарі, обраний нами насос має 3 присоски, які стабілізують роботу насоса. Обраний насос відцентрового типу, оскільки тут пестицид повинен перекачуватися вгору (проти сили тяжіння) на високих швидкостях. Насос повинен підняти пестицид майже на 30 дюймів.

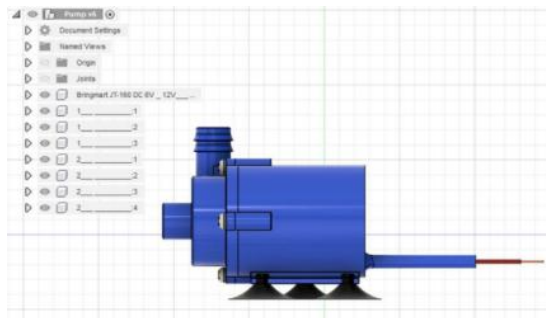


Рис.2.37. Насос постійного струму 12 В

2.2.19. Підключення насоса та форсунок

Оскільки розташування приводів має форму літери Т, а форсунки розташовані в кінці горизонталі, ми спроектували Y-подібне з'єднання, щоб розділити потік води на дві форсунки, як показано на малюнку.

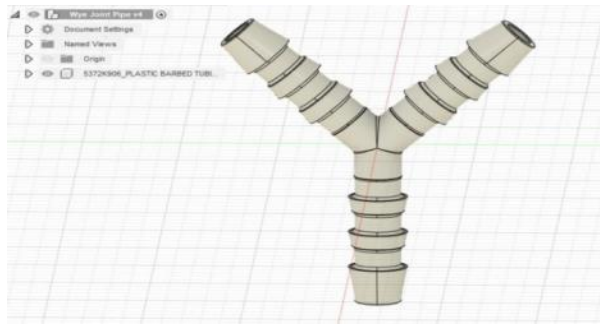


Рис. 2.38. Y-шарнір

Це Y-подібне розміщується на виході з насоса, як показано на малюнку

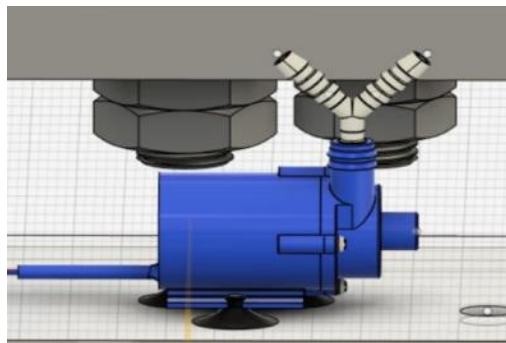


Рис.2.39. Розміщення Y-образного з'єднання на виході з насоса

2.2.20. Розміщення насадки

Конструкція форсунок показана на малюнку нижче. Дві з них розміщені на кінцях повзунка горизонтальних актуаторів.

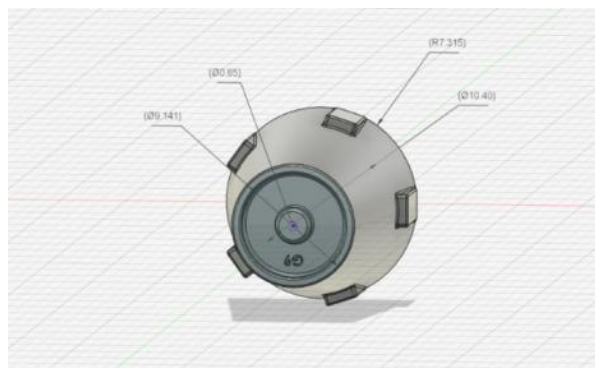


Рис.2.40. Конструкція сопла з розмірами

Форсунки прикріплені на кінцях двох горизонтальних приводів, а між кінцем і форсункою зроблено жорстке з'єднання, як показано на малюнку.

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49



Рис.2.41. Розміщення сопла кінці горизонтальних актуаторів

Тепер для з'єднання Y-образного з'єднання з форсунками ми розробили 4 комплекти труб, які мають форму пружинних котушок для розміщення вертикальних і горизонтальних приводів. З 4-х труб з пружинними котушками дві горизонтальні, які розміщуються по обидва боки від горизонтального приводу, і дві вертикальні, які розміщуються по обидва боки від вертикального приводу, як показано на малюнку.

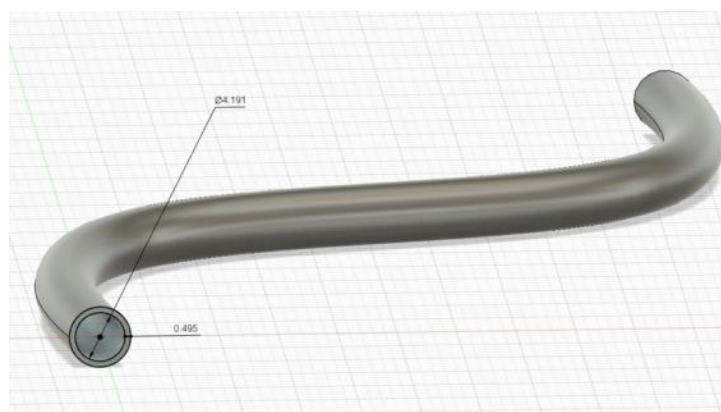


Рис. 2.42. Конструкція котушки пружинної труби з розмірами

Два вільні кінці двох вертикальних пружинних труб з'єднані з Y-образним з'єднанням.

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50



Рис.2.43. З'єднання між насосом і форсунками за допомогою труб

2.2.21. Батарея та її технічні характеристики

Вибір акумулятора має першорядне значення. Батарея повинна бути обрана таким чином, щоб вона могла жити всі електронні компоненти, а саме: 4 привідні двигуни, 1 двигун косарки, 2 горизонтальних приводи, 1 вертикальний привід, 1 насос, а також налаштування Arduino - драйвер двигуна. Крім того, він повинен бути перезаряджаємим для безперебійного використання з низьким рівнем технічного обслуговування. Враховуючи вищезазначені параметри, ми обрали герметичну свинцево-кислотну батарею на 12 В і максимальним струмом розряду 1,1 А.

Таблиця 2.6.

Характеристика батареї

Напруга	12 V
Ємність акумулятора	1.3 Ач
Зовнішня висота	53 мм
Зовнішня ширина	45 мм
Зовнішня глибина	96,5 мм

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

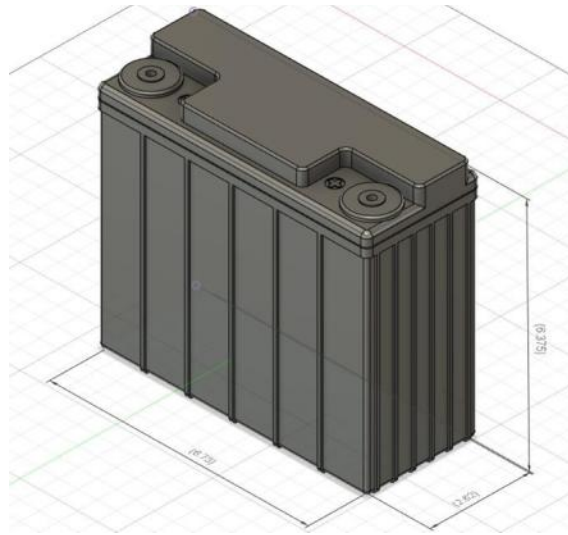


Рис.2.44. Конструкція акумулятора з розмірами

2.2.22. Розміщення акумулятора

Батарея розміщується в центрі корпусу так, щоб вона була доступною для всіх електронних компонентів. Тримач створюється в центрі корпусу за допомогою ремінця, як показано на малюнку.

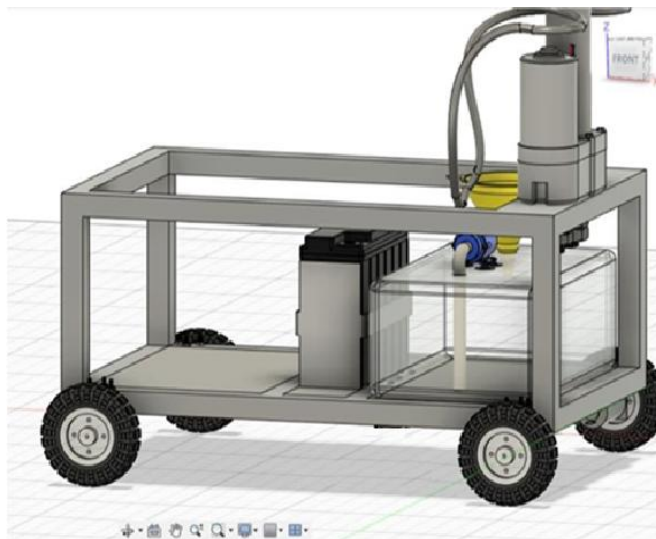


Рис.2.45. Акумулятора в корпусі

2.2.23. Сонячна панель

Сонячна панель розміщується на верхній рамі шасі. Це необхідно для того, щоб на панель сонячне світло під оптимальним кутом. Для таких країн, як Україна, кут, під яким повинна бути розміщена сонячна панель, розраховується і розміщується відповідно.

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

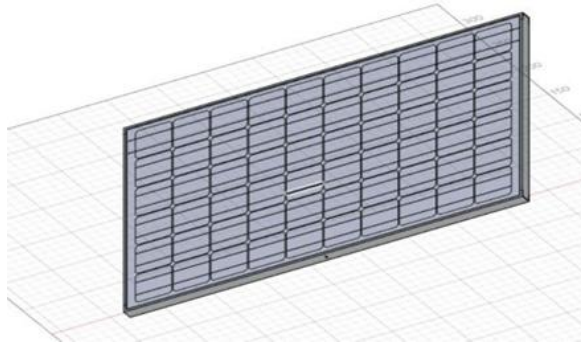


Рис.2.46. Сонячна панель, вид спереду

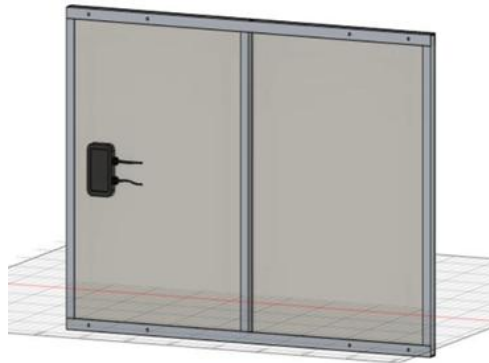


Рис.2.47. Сонячна панель, вид ззаду

Для кращої стійкості сонячної панелі, дві опори довжиною 10 дюймів піднімаються по центру поздовжніх стрижнів верхньої рами шасі. Перпендикулярно до опор розміщується стрижень, який підтримує один край сонячної панелі, а інший край сонячної панелі розміщується на рамі шасі, як показано на малюнку. Сонячна панель шарнірно закріплена на опорному стрижні так, що сонячна панель може бути розміщена під будь-яким бажаним кутом. Це пов'язано з тим, що ми знаємо, що положення сонця змінюється протягом дня.

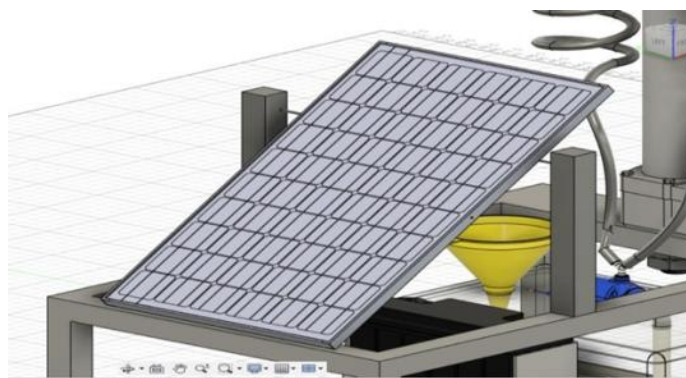


Рис.2.48. Сонячна панель на шасі

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Оскільки батарея перезаряджається, необхідно переконатися, що сонячна панель заряджає батарею щоразу, коли вона повністю розряджається. Сонячна батарея безпосередньо живить акумулятор, коли в навколишньому середовищі є оптимальна сонячна енергія. Між батареєю та сонячною панеллю встановлено діод, щоб сонячна панель не перезаряджала батарею, що може призвести до її пошкодження.

2.3. Підключення акумуляторів та інших електронних компонентів через Arduino

З'єднання здійснюється від акумулятора через запрограмований модуль Arduino до всіх інших електронних та електричних компонентів. Запрограмований Arduino діє як мозок системи управління, який виконує команди, введені користувачем через додаток для смартфона за допомогою модуля Bluetooth, і змушує електронні та електричні компоненти функціонувати відповідним чином.

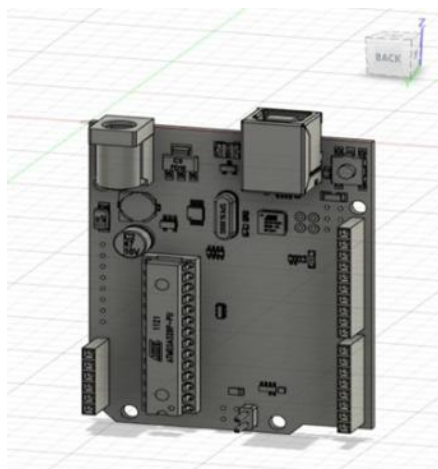
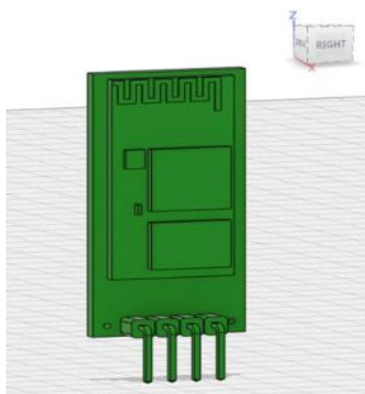


Рис.2.49. Arduino UNO



					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Рис.2.50. Модуль Bluetooth HC-05

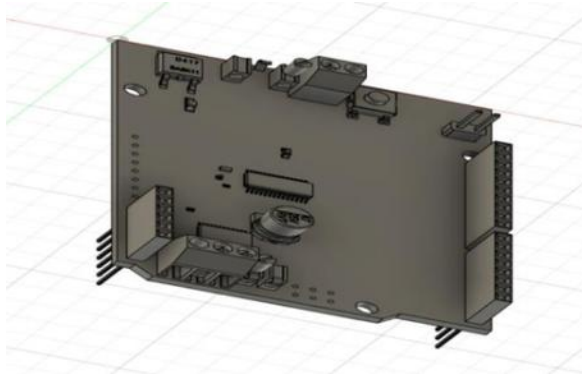


Рис.2.51. Екран двигуна V2

2.3.1. Повна збірка

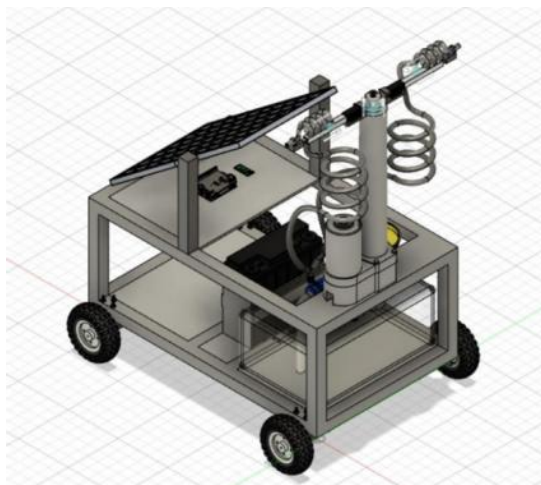


Рис.2.52. Ізометричний вигляд

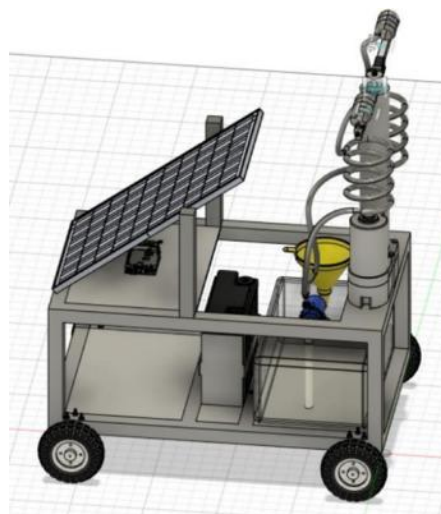


Рис.2.53. Додатковий вигляд

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

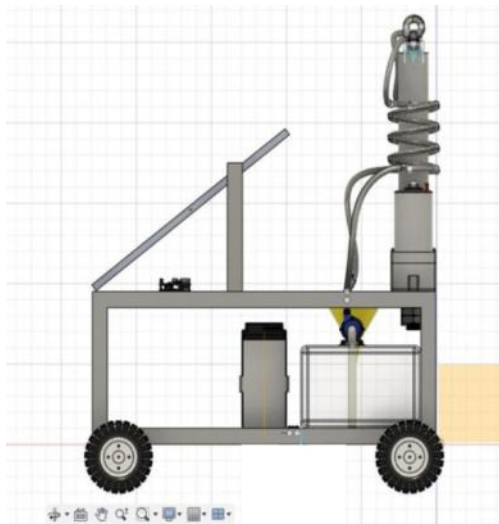


Рис.2.54.Вигляд спереду

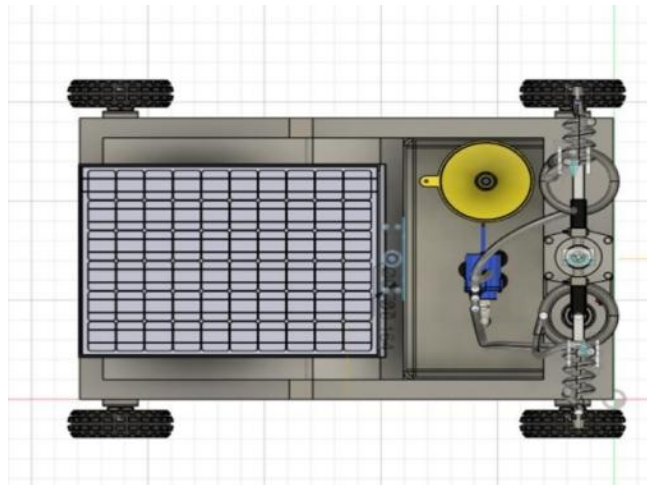


Рис.2.55. Вигляд зверху

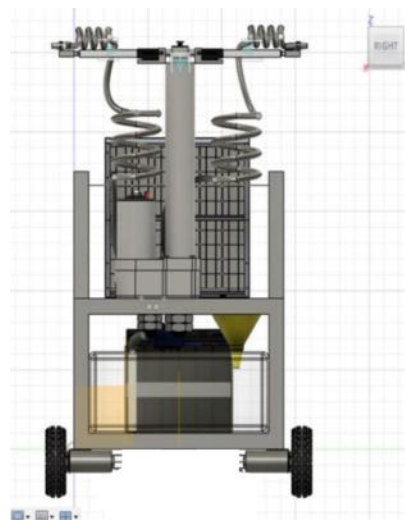


Рис.2.56. Вид з правого боку

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56



Рис.2.57. Вигляд зліва

2.3.2. Принципова схема

Ця система є роботом, призначеним для сільськогосподарських цілей.

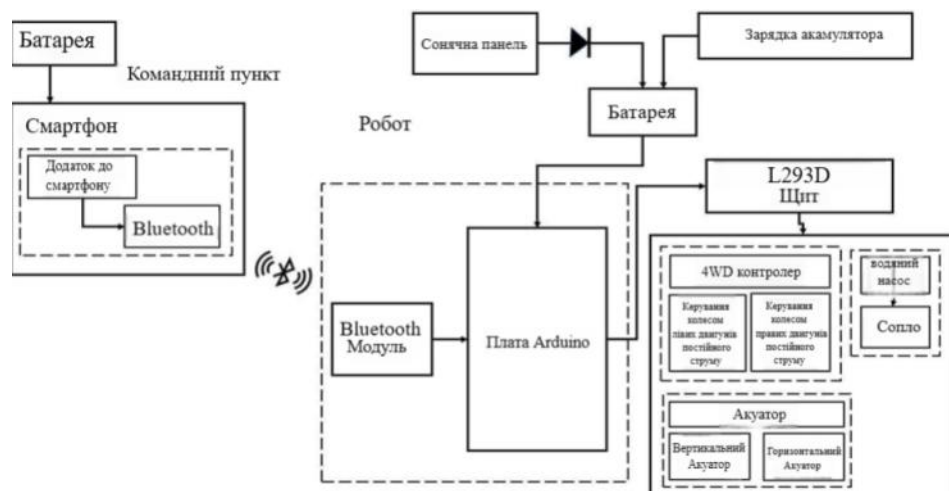


Рис.2.58. Блок-схема запропонованої системи

Ця система є роботом, призначеним для обслуговування сільськогосподарських та спортивних майданчиків. Агроробот розроблений за допомогою Arduino, плати керування двигуном L293D, модуля Bluetooth HC-05, повного приводу з 4 двигунами постійного струму, водяного насоса, форсунок, косарки, акумулятора та сонячної . Цей агроробот з ручною сонячною панеллю, що відстежує положення сонця, виконує ряд одночасних операцій. Сьогодні, коли людська сила для ведення сільського господарст-

ва є основною проблемою, ця машина усуває перешкоди для сільськогосподарських робітників. Їх ефективність і швидкість роботи значно впливають на продуктивність. Різні електричні компоненти підключаються до комбінації плати Arduino та Motor Shield.

2.3.3. Електричні з'єднання між усіма електричними компонентами

Bluetooth-модуль Motor shield і плата Arduino з'єднуються відповідно:



Рис.2.59. Bluetooth-модуль HC-05(Ref. С. 004)



Рис.2.60. Motor shield L293D і плата Arduino

Підключення моторного шилда L293D:

Шилд L293D безпосередньо встановлено на Arduino Uno (він сидить зверху на піновій розкладці);

Клеми на шилді, які позначені + і -, підключені до зовнішнього джерела живлення двигунів (наприклад, батарейки чи акумулятора);

Через шилд можна керувати моторами, підключеними до вихідних клем L293D;

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Підключення модуля HC-05 Bluetooth

Пін HC-05	Підключено до Arduino Uno	Призначення
VCC	До 5V(живлення) на Arduino	Живлення модуля
GND	До GND на Arduino	Земля
TX	До RX на Arduino (вхід прийому)	Передає дані з Bluetooth в Arduino
RX	До TX на Arduino (ви- хід передачі)	Приймає дані з Arduino

Між TX Arduino → RX HC-05 бажано мати дільник напруги (наприклад, з резисторів), бо RX HC-05 працює на 3.3V.*

Загальний опис

Модуль HC-05 використовується для бездротового зв'язку з телефоном або ПК (наприклад, управління моторами);

Arduino Uno отримує сигнали з Bluetooth модуля і через шилд L293D керує двигунами;

Вся система отримує живлення як від USB (для логіки Arduino), так і від окремого джерела (для моторів);

Після виконання вищевказаних підключень подайте живлення на моторний щит і перевірте, чи світяться всі індикатори в Arduino, моторному щиті та Bluetooth-модулі. Перевірка роботи модуля Bluetooth.

Важливим моментом є пояснення індикації його світлодіода під час роботи Bluetooth-модуля HC-05. Все влаштовано таким чином, що світлодіод блимає швидко, коли модуль не спарений (не з'єднаний) з іншим пристроєм, а коли світлодіод блимає раз на 5 секунд, коли модуль спарений (є активне з'єднання, наприклад, з телефоном або комп'ютером). Простими словами, коли світлодіод

блимає часто, це означає, що Bluetooth не підключено. Це допомагає візуально контролювати стан підключення Bluetooth-модуля до зовнішнього пристрою.

Типовий моторний щит може вмістити 4 двигуни постійного струму, 2 серводвигуни і 2 крокові двигуни. Для нашого застосування нам потрібні лише 4 двигуни постійного струму, тому клеми повного приводу з двигунами постійного струму з'єднані в M1, M2, M3 і M4. Під час підключення проводів до позитивної та негативної моторного щитка переконайтеся, що вони з'єднані таким чином, щоб всі колеса оберталися в одному напрямку або проти годинникової стрілки, або за годинниковою стрілкою. Дроти від акумулятора вкручуються в гнізда, передбачені в моторному щиті. Ручний перемикач між акумуляторною батареєю і моторним щитом передбачений для того, щоб ми могли вмикати і вимикати робота за власним бажанням. В іншому випадку ланцюг завжди буде увімкненим, що призведе до втрати великої кількості енергії.

Наступним кроком йде підключення плати L293D Motor Shield, встановлену на Arduino Uno з підключенням до чотирьох двигунів (для коліс) робота.

Таблиця 2.8.

Підключення моторів

Мотор	Куди підключено на Shield	Призначення
Front Left Motor	До лівого верхнього блоку виводів	Привід переднього лівого колеса
Rear Left Motor	До другого лівого блоку виводів	Привід заднього лівого колеса
Front Right Motor	До правого верхнього блоку	Привід переднього правого колеса
Rear Right Motor	До другого правого блоку	Привід заднього правого колеса

На платі кожен вихід для мотора складається з двох контактів, які подають струм до мотора в обидві сторони для забезпечення обертання вліво/вправо.

Це зроблено для того, щоб керувати кожним колесом окремо, створювати маневреність, поворот вправо – зупинити ліві мотори, активувати праві, рух назад – змінити полярність всіх моторів, поворот на місці – ліві мотори вперед, праві – назад. Загальна логіка заключається в тому, що Arduino отримує команди з Bluetooth, через шилд L293D подає сигнали на відповідні мотори, ми можемо програмно керувати швидкістю та напрямком обертання кожного колеса.

Для обраного акумулятора зарядка і розрядка відбуваються від одних і тих же двох клем, тому для підзарядки акумулятора через сонячну батарею передбачений діод. Він розміщений позитивної клеми акумулятора. Цей діод також стежить за тим, щоб батарея не перезаряджалася. Тепер потрібно підключити живлення до Arduino та моторного щита, щоб вони могли розподілити живлення між усіма електричними компонентами і щоб вони працювали відповідно до вхідних команд. Перемикач призначений для увімкнення/вимкнення схеми, коли це необхідно.

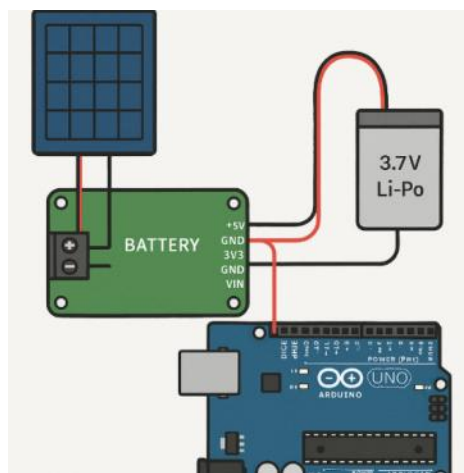


Рис. 2.61. Схематичне зображення нашої системи

З наведеної вище схеми видно, що і Arduino, і Motor shield мають окремі клеми для подачі живлення на них. Отже, обидва пристрої живляться окремо. Як правило, в невеликих схемах живлення тільки Motor shield може забезпечити роботу плати Arduino, але в нашому додатку є багато компонентів, які потрібно живити, тому необхідно, щоб Motor shield і Arduino живилися окремо і одночасно.

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61



Рис. 2.62. Сонячна панель, яка використовується у розробці

Наступним кроком потрібно підключити електронну схему на базі Arduino з використанням моторного шилда (Motor Shield), лампочки та батарейного блоку. Arduino отримує живлення через кабель (можливо USB або окремий блок живлення), це дозволяє контролеру працювати незалежно від моторного живлення. Вмикач живлення для моторного шилда вмикаємо на позиції ON. Живлення до моторного шилда подається від акумулятора. моторний шилд живиться окремо від Arduino, що є правильно для уникнення перевантаження контролера. Нарахунок світлового індикатора, він показує чи підключена до одного з виходів моторного шилда або напряму до джерела живлення, яким керує шилд.

Далі потрібно зробити підключення сонячної панелі до акумулятора з використанням діода, щоб уникнути зворотного струму. Одним з основних компонентів є велика прямокутна панель, що перетворює сонячне світло в електричну енергію, від неї є два вихідні дроти, позитивний та негативний. Також є провідники, які підключені до клем акумулятора через діод. Дроти виведені з панелі й направлені до акумулятора, позитивний дріт йде через діод у прямому зміщенні (Forward Biased Diode) до позитивної клеми акумулятора, а негативний підключається напряму до негативної клеми акумулятора. Діод у прямому зміщенні, включений у ланцюг між сонячною панеллю та акумулятором по лінії позитивного дроту (+). Він призначений для запобігання розрядці

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

акумулятора вночі, коли напруга на панелі падає. Також він пропускає струм від сонячної панелі до акумулятора, але блокує зворотний струм у темну пору доби.

Простими словами робота заключається в тому, що сонячна панель виробляє напругу при освітленні. Струм іде через діод до акумулятора, заряджаючи його. Діод запобігає втраті заряду акумулятора вночі.

2.4. Потужність двигуна (за даними з роботи):

Згідно з текстом про електроприводи:

Використовуються двигуни постійного струму,

Живлення: 9 В,

Струм: максимум 600 мА на один двигун,

Двигуни підключені через L293D до Arduino.

Якщо використовується 2 двигуни постійного струму:

Потужність одного двигуна:

$$P_1 = U \cdot I = 9 \text{ В} \cdot 0,6 \text{ А} = 5,4 \text{ Вт}$$

Сумарна потужність для 2 двигунів:

$$P_{\text{сум}} = 2 \cdot 5,4 = 10,8 \text{ Вт}$$

Споживання енергії (від акумулятора чи сонячної панелі):

Для обчислення енергоспоживання за годину:

$$E = P \cdot t = 10,8 \text{ Вт} \cdot 1 \text{ год} = 10,8 \text{ Вт} \cdot \text{год}$$

Якщо робот працює 3 години на день:

$$E_{\text{3год}} = 10,8 \cdot 3 = 32,4 \text{ Вт} \cdot \text{год}$$

Необхідна площа сонячної панелі для зарядки:

Якщо ефективність сонячної панелі $\approx 16\%$ і вона дає 150 Вт/м²:

Потрібна потужність: $\geq 10,8$ Вт,

Мінімальна площа:

$$S = P_{\text{потр}} / 150 = 10,8 / 150 = 0,072 \text{ м}^2 \approx 720 \text{ см}^2$$

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Це приблизно розмір 27×27 см панелі, що цілком реалістично для мобільного робота.

Підсумок:

Робот споживає ~10,8 Вт в робочому режимі;

За 3 години роботи — 32,4 Вт·год;

Це може бути забезпечено або акумулятором (наприклад, 12В, 3 А·год = 36 Вт·год), або сонячною панеллю з площею ~0,07 м².

						Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	

РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1. Вимоги безпеки при експлуатації робота з автоматичним оприскувачем.

При експлуатації робота-маніпулятора з автоматичним оприскувачем необхідно дотримуватись загальних та спеціальних правил техніки безпеки. До основних вимог належать:

Електробезпека: робот має бути заземлений згідно з вимогами ПУЕ (Правила улаштування електроустановок). Електроживлення повинне подаватись через автоматичний вимикач із захистом від короткого замикання та перевантаження.

Захист від ураження рідиною: оскільки пристрій передбачає використання рідин (пестициди, добрива), усі електричні компоненти мають бути захищені від вологи (не нижче IP54).

Захист оператора: під час роботи пристрою оператор повинен перебувати за межами дії рухомих частин маніпулятора. Робот повинен мати аварійну кнопку зупинки.

Попереджувальні знаки: на корпусі мають бути чітко позначені зони небезпеки – обертові елементи, місця високої температури, високої напруги тощо.

Інструктаж персоналу: допускається до роботи лише персонал, який пройшов відповідне навчання й інструктаж із техніки безпеки.

Встановлення захисних огорожень: Для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу навколо робочої зони робота-маніпулятора встановлюються захисні огорожі або бар'єри. Вони запобігають випадковому контакту працівника з рухомими елементами системи. Також передбачається монтаж прозорих щитів (наприклад, з полікарбонату) для візуального контролю за процесом. Якщо є зони обслуговування, вони повинні мати дверцята з електробло-

куванням, які вимикають живлення при відкритті.							
01.09 – КР. 368 –Є” 2025.03.11.015 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Сулейманова Р.Р.					
Перевір.		Ляшко А.П.					
Н. Контр.							
Затверд.							
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ					Літ.	Арк.	Акрушіє
						65	53
НУБіП України							

Тестування роботи конвеєра: Перед початком повноцінної експлуатації робота-маніпулятора слід провести **тестовий запуск без навантаження** для перевірки:

- правильності руху виконавчих механізмів;
- наявності сторонніх шумів чи заїдань;
- коректності зворотного зв'язку сенсорів і контролерів;
- справності аварійної зупинки та блокування.

Після первинного тестування проводиться випробування з імітацією реальних робочих умов (оптимально – з використанням води замість хімікатів).

Регулярне технічне обслуговування: Для запобігання аваріям та зносу вузлів необх перевірку цілісності кабелів, гідравлічних та пневматичних ліній;

- змащування рухомих частин згідно з графіком;
- оновлення прошивки (за потреби);
- перевірку датчиків тиску, рівня рідини, кінцевих вимикачів;
- заміну витратних матеріалів.

Усі роботи виконуються тільки при знеструмленому обладнанні.ідне регулярне обслуговування, яке включає:

Періодичний огляд і очищення: Щоденно або перед кожним запуском необхідно проводити огляд вузлів і з'єднань на наявність:

- витоків рідин;
- механічних пошкоджень;
- корозії;
- накопичених забруднень;

Очищення оприскувача та трубопроводів здійснюється після кожного використання, особливо при роботі з хімічними речовинами.

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дотримання правил експлуатації: Допускається до роботи лише персонал, який пройшов інструктаж з охорони праці, ознайомлений з інструкцією з експлуатації обладнання, вміє працювати з відповідним програмним забезпеченням. Заборонено вносити несанкціоновані зміни в конструкцію, прошивку чи логіку керування. Не дозволяється залишати ввімкнену систему без нагляду.

Демонтаж обладнання: Демонтаж окремих елементів роботаманіпулятора проводиться лише після: повного знеструмлення системи, зливу робочої рідини (оптимально – у спеціальну ємність для повторного використання або утилізації), розвантаження тиску у гідравлічних або пневмосистемах (якщо передбачено). Усі деталі з гострими краями або великою масою демонтуються з використанням захисних рукавиць та інструменту.

План дій при аваріях: У разі виникнення аварійної ситуації (наприклад, витік хімікатів, заклинювання, перегрів, пожежа), працівники зобов'язані: негайно натиснути кнопку аварійної зупинки, повідомити відповідального інженера або керівника зміни, за потреби – використати вогнегасник або інші засоби локалізації небезпеки, при хімічному ураженні – надати першу допомогу, зняти забруднене вбрання та звернутись до медпункту. Не дозволяється самотійно усувати несправності без дозволу.

Інструкції для персоналу: Усі працівники, що обслуговують або запускають обладнання, повинні мати: доступ до інструкції з експлуатації та охорони праці, допуск до роботи з електрообладнанням і хімічними речовинами (за потреби), навички дій у надзвичайних ситуаціях, щорічне підтвердження кваліфікації або проходження повторного інструктажу. На робочому місці повинні бути вивішені наочні інструкції, знаки безпеки, а також номери телефонів аварійних служб.

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

3.2. Аналіз можливих ризиків і заходів щодо їхнього мінімізації при експлуатації робота оприскувача.

Експлуатація роботів оприскувачів пов'язана з різними ризиками, які можуть вплинути на безпеку персоналу і роботу обладнання. Нижче наведено аналіз основних можливих ризиків та заходів щодо їхнього мінімізації.

Таблиця 3.1.

Експлуатація робота-маніпулятора з оприскувачем, потенційні небезпеки

Можливий ризик	Причина	Заходи для усунення/зниження ризику
Ураження електричним струмом	Витік напруги, неізолювані контакти	Заземлення, використання автоматичних вимикачів, герметизація електричних з'єднань
Пошкодження від рухомих частин маніпулятора	Ненавмисне включення, відсутність захисного кожуха	Використання огорож, світлової індикації роботи, аварійної зупинки
Отруєння хімічними речовинами	Потрапляння пестицидів на шкіру або в дихальні шляхи	Застосування засобів індивідуального захисту (ЗІЗ): рукавиць, респіраторів, окулярів
Протікання або витік рідини	Пошкодження трубок, з'єднань	Регулярна перевірка герметичності, використання стійких до хімікатів матеріалів
Пожежа або вибух	Замикання або неправильне зберігання рідин	Використання негорючих матеріалів, контроль температури та вентиляції

3.3. Правила технічного обслуговування та ремонту робота оприскувача

Регулярне технічне обслуговування та своєчасний ремонт таких маніпуляторів є ключовими аспектами забезпечення їхньої безперебійної та безпечної експлуатації. Нижче наведені основні правила, яких слід дотримуватися під час виконання цих робіт.

1. Підготовка до обслуговування та ремонту

Ознайомлення з документацією: Перед початком будь-яких робіт ознайомитися з інструкцією з експлуатації.

Забезпечення безпеки: Використовувати засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), такі як рукавички, захисні окуляри, каски та захисний одяг.

2. Регулярне технічне обслуговування

Періодичні огляди: проводити візуальний та інструментальний контроль стану механічних і електронних компонентів перед кожним запуском.

Очищення та змащування: рухомі вузли повинні регулярно очищуватись від пилу, бруду та залишків робочої рідини, при потребі змащуватись.

Перевірка герметичності: усі з'єднання оприскувача повинні бути герметичними, особливо в зонах стику трубопроводів.

Контроль електричних з'єднань: необхідно регулярно перевіряти затягнутість контактів, стан ізоляції проводів та заземлення.

3. Профілактичне обслуговування

Планові перевірки: Проводити детальні огляди та технічне обслуговування згідно з графіком, передбаченим виробником.

Заміна зношених деталей: у разі виявлення тріщин, корозії або деформації – деталь повинна бути замінена.

4. Ремонтні роботи

Діагностика несправностей: У разі виявлення несправностей проводити діагностику для визначення причини проблеми. Використовувати спеціальні інструменти та обладнання для перевірки.

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Ремонт електричних компонентів: Проводити ремонт електричних компонентів, включаючи двигуни, пускачі, датчики та кабелі, тільки кваліфікованими електриками.

Відновлення захисних покриттів: Відновлювати або замінювати захисні покриття та огороження, щоб забезпечити безпеку експлуатації.

5. Завершення робіт та перевірка

Перевірка після ремонту: Після завершення обслуговування або ремонту провести перевірку всіх систем і компонентів конвеєра на предмет правильної роботи.

Ведення журналу технічного обслуговування: усі роботи з обслуговування та ремонту мають фіксуватись у спеціальному журналі.

6. Запобіжні заходи

Навчання персоналу: Регулярно проводити навчання та інструктажі для персоналу щодо правил безпеки, технічного обслуговування та ремонту.

Аварійні плани: Розробити та впровадити аварійні плани дій у разі несправностей або аварій, включаючи заходи з евакуації та надання першої допомоги.

Дотримання цих правил дозволяє забезпечити безпечну та ефективну експлуатацію робота маніпулятора, продовжити термін їхньої служби та знизити ризик аварійних ситуацій.

						Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	

РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

У сучасних умовах господарювання однією з найважливіших складових успішної реалізації технічних рішень є їхня економічна доцільність. Впровадження автоматизованих систем у виробничі процеси дозволяє значно зменшити витрати на оплату праці, підвищити продуктивність, знизити кількість помилок і втрат, пов'язаних з людським фактором, а також забезпечити стабільність і якість виконання робіт.

Розробка та впровадження робота-маніпулятора з автоматичним оприскувачем має на меті не лише технічне удосконалення процесу обробки рослин або інших об'єктів, а й забезпечення економічної вигоди у порівнянні з традиційними методами ручної праці. У даному розділі розглянуто порівняльний аналіз витрат на ручну працю та використання автоматизованої системи, визначено основні джерела економії, а також розраховано термін окупності нового обладнання.

Метою цього розділу є обґрунтування економічної доцільності впровадження розробленої конструкції у виробництво або сільське господарство.

1. Вихідні дані:

Показник	Умовне позначення	Значення
Кількість оброблених одиниць (рослин / м ² / елементів) за місяць	N	10000
Продуктивність працівника за день (ручна обробка)	Pp	250 одиниць

					01.09 – КР. 368 –€” 2025.03.11.015 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сулейманова Р.Р.			РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Ляшко А.П.					71	53
Н. Контр.					НУБіП України			
Затверд.								

Кількість робочих днів у місяці	D	22
Заробітна плата працівника за місяць	Zn	10000грн
Собівартість витрат на одного робітника на місяць з урахуванням податків (ЄСВ та ін.) – 22%	Cn	12200 грн
Вартість робота-маніпулятора (разова інвестиція)	Коб	120000 грн
Термін служби обладнання	T	5 років
Витрати на обслуговування робота (щорічно)	Обс	6000 грн
Енергоспоживання робота на місяць (електроенергія)	E	150 кВт\год
Вартість електроенергії за 1 кВт\годР	Це	6 грн

2. Розрахунок витрат на ручну працю:

Скільки працівників потрібно:

$$\frac{N}{P_p \cdot D} = \frac{10000}{(250 \cdot 22)} = 1,82 \quad (4.1)$$

Загальна кількість працівників 2;

Загальні витрати на ручну працю за місяць:

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

$$C_{\text{ручна}} = 2 \cdot 12200 = 24400 \text{ грн/міс} \quad (4.2)$$

3. Витрати на експлуатацію робота:

Амортизація на місяць:

$$A = \frac{K_{\text{об}}}{T \cdot 12} = \frac{120000}{60} = 2000 \text{ грн} \quad (4.3)$$

Обслуговування на місяць:

$$\text{Обс}_{\text{міс}} = \frac{6000}{12} = 500 \text{ грн} \quad (4.4)$$

Витрати на електроенергію:

$$E_{\text{грн}} = 150 \cdot 6 = 900 \text{ грн} \quad (4.5)$$

Загальні витрати:

$$C_{\text{робот}} = 2000 + 500 + 900 = 3400 \text{ грн/міс} \quad (4.6)$$

4. Економічний ефект

$$E = C_{\text{ручна}} - C_{\text{робот}} = 24400 - 3400 = 21000 \text{ грн/міс} \quad (4.7)$$

5. Термін окупності

$$T_{\text{окупн}} = \frac{K_{\text{об}}}{E} = \frac{120000}{21000} = 5,7 \text{ міс.} \quad (4.8)$$

У ході обчислень, ми вичислили, що ми зменшуємо витрати на обробку в понад 7 разів, також отримали економічний ефект у 21000 грн на місяць. Ми забезпечуємо повну окупність протягом 6 місяців, також ми підвищуємо оприскування, зменшуючи людський фактор.

					01.09 - КР. 2265 «С» 2024.16.12.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

ВИСНОВКИ

Мехатроніка відіграє величезну роль у сільськогосподарському виробництві та управлінні. Існує прагнення до створення автономних та економних технологій у сільському господарстві для ефективного управління фермерськими господарствами. Дослідники зараз націлені на різні типи сільськогосподарських параметрів для створення автономних багатоцільових сільськогосподарських роботів через традиційні сільськогосподарські машини і топологічну залежність. До цього часу багатоцільові сільськогосподарські роботи досліджувалися і розроблялися в основному для збору врожаю, розпилення добрив, збору фруктів, посіву, використання сонячної енергії та моніторингу посівів. роботи є чудовою заміною робочої сили, оскільки вони використовують безпілотні датчики та механічні системи.

Переваги розробки цих автономних та інтелектуальних роботів для сільського господарства полягають у підвищенні точності, ефективності, надійності та мінімізації ущільнення ґрунту і використання хімікатів. Роботи мають потенціал багатозадачності, сенсорних вимірювань, роботи на холостому ходу, а також роботи в нестандартних умовах експлуатації. Дослідження багатоцільової сільськогосподарської робото-технічної системи було проведено з використанням модельного проектування структури разом з різними машинами для точного землеробства. На повністю автоматизованих фермах у майбутньому роботи зможуть виконувати всі завдання, такі як оранка, посів насіння, обприскування пестицидами, моніторинг шкідників та хвороб, збирання врожаю тощо.

Це дозволить фермерам просто спостерігати за роботами без необхідності ручного керування. У майбутньому роботи можуть також працювати на ПЛК і SCADA з автоматизованими системами. У цій роботі розглядається

					01.09 – КР. 368 –Є” 2025.03.11.015 ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		Сулейманова Р.Р.			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		Ляшко А.П.				74	53
<i>Н. Контр.</i>					ВИСНОВКИ		
<i>Затверд.</i>							
					НУБіП України		

огляд мехатронного підходу нашого багатоцільового сільськогосподарського робота для точного землеробства в Україні та світового розвитку.

Також хотілося відзначити декілька важливих аспектів, а саме те, що цей прототип показав досить хороші показники покриття площі при досить низьких експлуатаційних витратах. Система вирішує проблему нестачі сільськогосподарської робочої сили та забезпечує безпечні сільськогосподарські практики шляхом повної відмови від використання шкідливих хімікатів, зрізання посівів та значних трудовитрат з боку фермера, оскільки нею можна керувати дистанційно.

Запропонований робот-обприскувач та косарка підходить для малих та середніх фермерів. Широкомасштабне виробництво обприскувача дозволить значно знизити вартість, що дасть частковий поштовх індійському сільському господарству.

Агрегат може бути масштабований відповідно до потреб. Розроблена система може бути використана не тільки для розпилення добрив, пестицидів, фунгіцидів, поливу газонів, але й для догляду за спортивними майданчиками, такими як поле для крикету.

Робоче навантаження на фермерів зменшується, а також зменшуються проблеми зі здоров'ям. Успіх у створенні робота, який може пересуватися по грубих, нерівних поверхнях, а також витримувати вагу насоса та іншого обладнання. Успіх у розробці робота, конструкція якого є достатньою, щоб витримати

виклики

поля.

					01.09 – КР. 368 –Є” 2025.03.11.015 ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		Сулейманова Р.Р.			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		Ляшко А.П.				75	53
<i>Н. Контр.</i>					ВИСНОВКИ <i>НУБіП України</i>		
<i>Затверд.</i>							

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Adamides, G., Katsanos, K., Parmet, Y., Christou, G., Xenos, M., Hadjilekos, T., & Edan, Y. (2017). Usability evaluation of HRI modes for a teleoperated agricultural robotic sprayer. *Applied Ergonomics*, 62, 237–246. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.03.006>
2. Balloni, S., Caruso, L., Cerruto, E., Emma, G., & Scilacci, G. (2008, September 15–17). Prototype of a self-propelled sprayer to reduce operator exposure in greenhouse treatment. In *Proceedings of the International Conference Ragusa SHWA: Innovative Technologies for Improving Safety and Health in Agricultural and Food Systems*. Ragusa, Italy.
3. Bonaccorso, F., Muscato, G., & Balleo, S. (2012, June 24–28). Laser scan matching algorithm for indoor localization of mobile robots. In *Proceedings of the World Automation Congress (WAC)* (pp. 1–5). Puerto Vallarta, Mexico.
4. Berenstein, R., Shahar, O. B., Shapiro, A., & Edan, Y. (2010). Grape clusters and foliage detection algorithms for autonomous selective vineyard sprayer. *Intelligent Service Robotics*, 3(4), 233–243. <https://doi.org/10.1007/s11370-010-0081-z>
5. Bergerman, M., Singh, S., & Hamner, B. (2012, May 14–18). Results with autonomous vehicles operating in specialty crops. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)* (pp. 1829–1835). Saint Paul, MN, USA.
6. Bechar, A., & Vigneault, C. (2016). Agricultural robots for field operations. Part 2: Operations and systems. *Biosystems Engineering*, 153, 110–128. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.01.007>

					01.09 – КР. 368 –€” 2025.03.11. 040 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.	Сулейманова Р.Р.					76	53	
Перевір.	Ляшко А.П.					НУБіП України		
Н. Контр.								
Затверд.								

7. Bechar, A., & Vigneault, C. (2016). Agricultural robots for field operations: Concepts and components. *Biosystems Engineering*, 149, 94–111. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.06.014>
8. Pudel, B., Sapkota, R., Shah, R. B., Subedi, N., & G.L., A. K. (рік невідомий). Development and fabrication of a semi-automatic solar-powered pesticide sprayer. (Стаття або звіт; дані про рік, журнал або видавця слід доповнити).
9. Kunya, M., Carvalho, C., & Markal, A. R. S. (2012). Evaluation of image-processing software capability in analysing spray quality on water-sensitive papers. *Biosystems Engineering*, 111, 11–23. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2011.09.001>
10. Damalas, C. A., & Koutroubas, S. D. (2016). Effects of pesticides on farmers: Toxicity types and prevention methods. *Toxicologia*, 4, Article 1. <https://doi.org/10.3390/toxicol4xxx>
11. Flourish Project. (дата останнього доступу: 21 червня 2019). Назва веб-сторінки або опис. Отримано з URL: [додайте адресу]
12. Gonzales, R., Rodríguez, F., Sánchez-Ermosilla, J., & Doneir, J. G. (2009). Navigation methods for mobile robots in greenhouses. *Applied Engineering in Agriculture*, 25, 153–165. <https://doi.org/10.13031/aea.25.33130>
13. Jain, H., Gangrade, N., Paul, S., Gangrade, H., & Ghosh, J. (рік невідомий). Design and fabrication of a solar-powered pesticide sprayer.
14. Sánchez-Ermosilla, J., Rodríguez, F. R., Guzmán, J. L., & Berenguel, M. (рік невідомий). Mechatronic description of an autonomous mobile robot for greenhouse agricultural tasks. (Вт. назва конференції чи журналу, рік публікації потрібно уточнити).

					01.09 – КР. 368 –Є” 2024.03.11. 003 ПЗ	Арк. 77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15. Kumar B. M., K., Indira, M. S., & Pranupa, S. N. R. (рік невідомий). Design and development of an intelligent solar-powered agricultural sprayer robot. (Потрібні дані про рік, видання або конференцію).
16. [Автор невідомий]. (2018). Greenhouse navigation. *Robotics*, 7, 22. <https://doi.org/10.3390/robotics7020022>
17. Sammons, P., Furukawa, T., & Vulgin, A. ([рік невідомий]). Autonomous greenhouse pesticide-spraying robot. (Повна цитата: рік, тип публікації, місце) потрібно уточнити.
18. Reis, R., Mendes, J., do Santos, F. N., Morais, R., Ferraz, N., Santos, L., & Sousa, A. (2018, April 25–27). Redundant robot localization system based on wireless sensor network. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions (ICARSC)* (pp. 154–159). Torres Vedras, Portugal.
19. [Автор(и) невідомий]. ([дата створення невідома]). Роботи в сільському господарстві [Веб-сторінка]. Отримано 21 червня 2019, із URL [додати].
20. Song, Y., Sun, H., Li, M., & Zhang, Q. (2015). Application of smart spraying technology in agriculture: A review. *Intelligent Automation and Soft Computing*, 21(3), 319–333. <https://doi.org/10.1080/1062936X.2015.1010987>
21. Salyani, M., Zhu, H., Swibl, R. D., & Pai, N. (2013). Evaluation of spray distribution using water-sensitive paper. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 15(2), 101–111.
22. Siciliano, B., & Khatib, O. (Eds.). (2008). Power Control. In *Springer Handbook of Robotics* (pp. 161–185). New York, NY: Springer.

					01.09 – КР. 368 –Є” 2024.03.11. 003 ПЗ	Арк. 78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

23. Sánchez-Ermosilla, J., González, R., Rodríguez, F., & Doneyr, J. G. (2013). Mechatronic description of a laser self-guided vehicle for greenhouse operations. *Sensors*, 13(1), 769–784. <https://doi.org/10.3390/s130100769>
24. Grift, T. E. ([рік невідомий]). Design and development of autonomous agricultural robots. (Надайте рік і публікацію).
25. Chalva, V. N., & Gundagi, S. S. ([рік невідомий]). Remotely controlled mechatronic agricultural robot. (Потрібно уточнити джерело).
26. Vinerobot Project. ([дата створення невідома]). [Веб-ресурс]. Отримано 21 червня 2019, із URL [додати].
27. Li, Y., Xia, C., & Lee, J. (2018). Pest detection based on machine vision and automatic spraying of greenhouse plants. (*Ймовірно журнал, том 152*), 363–374. <https://doi.org/10.xxxx/xxxxx>
28. ДСТУ EN ISO 12100:2014. (2014). Безпечність машин. Загальні принципи проєктування. Оцінювання ризику та зменшення ризику. Київ: ДП «УкрНДНЦ».
29. ДСТУ EN ISO 10218-1:2017. (2017). Роботи промислові. Вимоги безпеки. Частина 1. Роботи-маніпулятори. Київ: ДП «УкрНДНЦ».
30. ДСТУ EN ISO 10218-2:2017. (2017). Роботи промислові. Вимоги безпеки. Частина 2. Інтеграція робототехнічних систем. Київ: ДП «УкрНДНЦ».
31. Міністерство соціальної політики України. (2018). Наказ №449 від 01.08.2018 "Правила охорони праці під час використання промислового обладнання з електроприводом". <https://zakon.rada.gov.ua>
32. Кабінет Міністрів України. (2005). Типове положення про навчання з питань охорони праці (Постанова №44 від 26.01.2005). <https://zakon.rada.gov.ua>

					01.09 – КР. 368 –Є” 2024.03.11. 003 ПЗ	Арк. 79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

33. International Organization for Standardization. (2015). ISO 13849-1:2015 – Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design. Geneva: ISO.
34. FANUC Corporation, KUKA Robotics, & Yaskawa Electric Corporation. (n.d.). Technical safety documentation for industrial robots. [Internal documentation and manuals].
35. Буров, Є.Ф. (ред.). (2020). Охорона праці в галузі. Київ: Лібра.
36. Тихоненко, О.П., & Саченко, О.Л. (2019). Охорона праці в машинобудуванні. Харків: НТУ «ХП».
37. Авторська аналітична адаптація. (2025). Практичне узагальнення стандартів безпеки щодо автоматизованих оприскувачів у робототехніці.
38. Міністерство соціальної політики України. (2017). Правила охорони праці під час експлуатації електроустановок споживачів: Наказ № 449 від 09.06.2017. Офіційний вебсайт Верховної Ради України. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0883-17#Text>
39. СТУ EN ISO 12100:2014. (2014). Безпека машин. Загальні принципи конструювання. Оцінювання ризику та зменшення ризику. Київ: ДП «УкрНДНЦ».
40. ДСТУ ІЕС 60204-1:2015. (2015). Безпека машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги. Київ: ДП «УкрНДНЦ».
41. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. (n.d.). Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Чинна редакція. <https://zakon.rada.gov.ua>
42. Міністерство охорони здоров'я України. (2003). Типова інструкція з охорони праці при роботі з пестицидами та агрохімікатами: Наказ № 705 від 29.12.2003. <https://zakon.rada.gov.ua>

					01.09 – КР. 368 –Є” 2024.03.11. 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

43. Верховна Рада України. (n.d.). Закон України «Про охорону праці». Чинна редакція. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>
44. Мельник, В. Ю. (n.d.). Основи робототехніки та мехатроніки. [Навчальний посібник]. (Видавництво, якщо є).
45. Технічні вищі навчальні заклади України. (n.d.). Методичні вказівки до виконання курсових робіт з охорони праці. [Внутрішні навчально-методичні матеріали].
46. Авторський колектив. (n.d.). Курсові та дипломні проєкти з автоматизації агротехнічних процесів. [Вибірка з освітньо-наукових робіт]

					01.09 – КР. 368 –Є” 2024.03.11. 003 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					01.09 – КР. 368 –Є” 2024.03.11. 003 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ДОДАТКИ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		Сулейманова Р.Р.					82	53
<i>Перевір.</i>		Ляшко А.П.						
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								
						НУБіП України		