

Хмельницький національний університет  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

# Розробка конструкції електрокарта

Галузь знань 14 Електрична інженерія  
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Шифр БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Виконав студент  
4 курсу група ЕМ-20

  
Підпис

Олішевський А.Б.  
Ініціали, прізвище

Керівник

  
Підпис, дата

д.т.н., проф. Скиба М.Є.  
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

  
Підпис, дата

О.С. Поліщук  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
Зав. кафедри МАЕЕС

  
Підпис, дата

д.т.н., проф. Поліщук О.С.  
Ініціали, прізвище

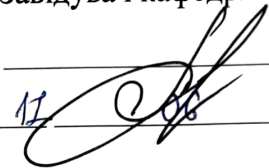
17 06 2024 р.

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем  
Освітній рівень бакалавр  
Галузь знань 14 Електрична інженерія  
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
Освітня програма Електропобутова техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

  
11 02 2024

## З А В Д А Н Н Я НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

**Олішевський Андрій Борисович**

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи **Розробка конструкції електрокарта**  
керівник роботи *Скиса М. Е.*, д.т.н, професор

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 15 02 2024 р. № 8

2. Строк подання студентом роботи на кафедру \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи: **технічні характеристики електрокартів.**

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

**1 Огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень в області електрокартингу**

**2 Розробка конструкції електрокарта**

**3 Розрахунки, що підтверджують працездатність електрокарта**

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

**Аркуш 1. Види конструкцій електрокартів. Док. оглядовий (A1).**

**Аркуш 2. Рама електрокарта. Складальне креслення (A1).** Аркуш 3.

**Конструкція електрокарта. Документ ілюстраційний (A1).** Аркуш 4.

**Структурна схема електрокартата. Схема електрична структурна**

**(A1). Функціональна схема електропривода карта. Схема електрична**

**функціональна.**

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи


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

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

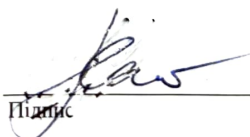
Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень в області сонячних концентраторів	01.06.23р.	
2 Розробка конструкції сонячного концентратора	05.06.24р.	
3 Розрахунки, що підтверджують працездатність сонячного концентратора енергії	15.06.24р.	
4 Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	22.06.24р.	

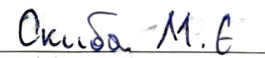
Студент

  
Підпис

  
Ініціали, прізвище

Керівник роботи

  
Підпис

  
Ініціали, прізвище

# АНОТАЦІЯ

до бакалаврської кваліфікаційної роботи студента  
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

1. Прізвище, ім'я та по батькові **Олішевський Андрій Борисович**

2. Тема бакалаврської роботи  
**Розробка конструкції електрокартинга**

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента \_\_\_\_\_

4. Об'єм бакалаврської роботи: креслень 4 арк., сторінок записки 54

5. Основні розділи розрахунково-пояснювальної записки:

**1 Огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень в області електрокартингу**

**2 Розробка конструкції електрокарта**

**3 Розрахунки, що підтверджують працездатність електрокарта**

**Висновки**

**Перелік джерел посилання**

Підпис студента \_\_\_\_\_

" 28 " червня 20 24 р.

## РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 14 від " 28 " 06 20 24 р.

Оцінка проекту ЕК \_\_\_\_\_

Рекомендації ЕК \_\_\_\_\_


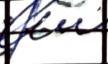

Особливі відмітки \_\_\_\_\_

Технічний секретар \_\_\_\_\_

" 28 " 06 20 24 р.

## ЗМІСТ

	стор.
Вступ	6
1 Огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень в області електрокартингу	7
1.1 Загальна інформація про картинг	8
1.2 Аналіз існуючих елементів конструкції електрокарта	14
1.3 Види електрокартів	18
1.4 Практичне застосування електрокартів	20
<del>1.5</del> Висновки до першого розділу	24
2 Розробка конструкції електрокарта	30
2.1 Обґрунтування типу електрокарта	30
2.2 Розробка конструкції електрокарта	37
<del>2.3</del> Висновки до другого розділу	44
3 Розрахунки, що підтверджують працездатність електрокарта	45
3.1 Технічні характеристики електрокарта	48
3.2 Оцінка ефективності електрокарта	49
3.3 Рекомендації щодо використання	52
<del>3.4</del> Висновки до третього розділу	54
Висновки	56
Перелік джерел посилання	57
Додаток А	

<b>БРМА24.00.00.000 ПЗ</b>				
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>
Розроб.		Олішевський А.Б.		
Перевір.		Поліщук О.С.		
Н. Контр.				
Затверд.				
<b>Розробка конструкції електрокарта</b>			<b>Лім.</b>	<b>Арк.</b>
			4	55
<b>ХНУ зр.ЕМ-20-1</b>				

## ВСТУП

У сучасному світі, де питання екології та ефективного використання енергії стають все більш актуальними, пошук альтернативних способів транспортування є ключовим напрямком у технологічному прогресі. Електрокарти, які є екологічно чистими та економічно ефективними, пропонують обнадійливе рішення у цьому контексті.

У контексті глобальних змін клімату та зростаючої потреби у сталому розвитку, актуальність розробки електрокарту як екологічно чистого транспортного засобу є незаперечною. Суспільство стоїть перед викликами, пов'язаними зі зменшенням викидів шкідливих речовин, збереженням природних ресурсів та пошуком альтернативних джерел енергії. Електрокартинг може стати однією з відповідей на ці виклики, пропонуючи новий підхід до моторизованого спорту та дозвілля, який є безпечним для навколишнього середовища.

Розробка електрокарту відкриває можливості для зменшення залежності від викопного палива, зниження рівня шуму на картодромах та в місцях відпочинку, а також забезпечення більш доступного та безпечного способу введення молоді у світ автоспорту. Крім того, електрокарти можуть слугувати платформою для інновацій у сфері електромобільності, сприяючи розвитку нових технологій акумуляції енергії, управління батареями та електроніки.

Ця бакалаврська робота має на меті не лише розробку функціонального електрокарту, але й дослідження його потенціалу як засобу популяризації екологічно чистого транспорту. Вирішення проблем, пов'язаних з екологічними викидами, шумовим забрудненням та енергетичною ефективністю, може мати значний вплив на суспільство в цілому, покращуючи якість життя та сприяючи сталому розвитку.

Розвиток електрокартингу має важливе значення не тільки для спортивної індустрії, але й для ширшого впровадження електромобілів у повсякденне життя. Електрокарти можуть служити як ефективний інструмент для освіти та

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підвищення обізнаності про переваги електромобільності серед молоді та широкої громадськості. Вони також можуть виступати в ролі тестових платформ для нових технологій, які пізніше можуть бути застосовані у повноцінних електромобілях.

З огляду на зростаючий попит на екологічно чисті транспортні засоби, розробка електрокару може сприяти створенню нових робочих місць та розвитку високотехнологічних галузей промисловості. Це, у свою чергу, може мати позитивний вплив на економіку країни, стимулюючи інновації та підприємництво.

Крім того, розробка електрокару відповідає глобальним екологічним ініціативам та цілям сталого розвитку, встановленим міжнародними організаціями. Вона відображає зобов'язання суспільства до зниження вуглецевого сліду та переходу до більш чистих форм енергії.

Тому розробка електрокару є актуальною задачею.

					<i>БРМА24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						6
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

# 1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ В ЕЛЕКТРОКАРТАХ

## 1.1 Загальна інформація про картинг

За легендою перші карти з'явилися завдяки американським льотчикам. Працівник компанії «Kurtis Kraft» сконструював перший прототип карта в 1956 році. У карта було найпростіше ручне гальмо, а двигун — від газонокосарки.

Першим виробником картів була американська компанія Go Kart Manufacturing Co. (1957). У 1959 році McCulloch була першою компанією, яка виробляла двигуни для картингів. Її перший двигун, McCulloch MC-10, був адаптованим двотактним двигуном від бензопилки. Пізніше, у 1960-х роках, мотоциклетні двигуни також були адаптовані для використання в картингу, перш ніж спеціалізовані виробники, особливо з Італії (IAME), почали створювати двигуни виключно для картів. Перший електрокарт був створений в 2007 році і нічим не поступався дизельним або бензиновим картам. Його характеристики були такі ж , і навіть кращі: такі як швидкість початку руху, маневреність і гальмування [1].

Електрокартинг - це вид спорту та розваг, який передбачає гонки на електричних гоночних машинах (електрокартах). Основна відмінність електрокартингу від традиційного гоночного спорту полягає в використанні електричних двигунів та батарей замість двигунів з внутрішнього згорання.

Електрокарт поєднав у собі переваги сучасного підходу із традиційною надійністю. Конструктори створюють все новіші технології для комфортної їзди на картах. З наявністю першокласної ергономіки, надійного керування, досконалої гальмівної системи вони ставатимуть більш поширені.

Електродвигун забезпечує ідеальний розгін та поступове навантаження, за рахунок чого зможе показати в результаті максимальні переваги у швидкості.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відкриті колеса і їх малий розмір дають змогу зменшити радіус розвороту карту, що робить його досить маневреним на гоночних трасах. Як каркас зазвичай використовується сталева рама з регульованою довжиною (підлаштовується під користувачів різного зростання). Витримує вагу до 100 кг. Гальма та педаль акселератора також сталеві. На передній бампер встановлюється посилена рама для безпеки пілота. Наявність механічної гальмівної системи істотно розширює можливості користувача: тепер, якщо електричне гальмо дає осічку, ви страхуєтеся ручним варіантом [2]. Завдяки усім цим складовим ви зможете максимально насолодитись поїздкою

## 2.2 Аналіз існуючих елементів конструкції електрокарта

При виконанні цього завдання важливо провести детальний огляд та аналіз конструкції електрокарта, звертаючи увагу на такі аспекти як:

- рама: матеріал, тип та форма рами впливають на стійкість та маневреність електрокарта ;
- двигун: від типу та потужності електродвигуна залежать характеристики швидкості та прискорення ;
- батарея: тип батареї визначає запас ходу електрокарта. Важливо вивчити її ємність та технологію заряджання ;
- кермо та керування: система керування та ергономіка керма впливає на забезпечення комфортного управління ;
- трансмісія: впливає на передачі та механізми руху електрокарта [3] .

Електрокартинг по технічним характеристикам сміло можна ставити в порівняння з картом з ДВЗ, і він нічим йому не поступиться. Електрокарт набагато легший в обслуговуванні, так як має менше деталей та вузлів в своїй конструкції. Крім цього, електрокартинг обладнаний міцними шасі, також має не менш міцну раму, що збільшує його загальну надійність, адже саме це відіграє найбільшу роль при зіткненнях.

Електрокарт має меншу вагу, а це значить що у нього покращена

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

маневреність. Відкриті колеса і їх малий розмір дають змогу зменшити радіус розвороту карту , що робить його досить маневреним на гоночних трасах. Компонування електрообладнання дозволяє рівномірно розподілити центр мас, що покращує його сцеплення з трасою.

Також цьому сприяє широка конструкція. Електромобілі відомі, серед іншого, миттєвою передачею крутного моменту.

Зчеплення шасі автомобіля з поверхнею дорожнього полотна залежить від безлічі параметрів, і якщо їх вплив окремо досить добре вивчено, їх спільне функціонування виявляється досить складним. Навіть найбільш досвідчені конструктори при оптимізації сил зчеплення з поверхнею дорожнього покриття у нових типів шасі змушені йти методом спроб і помилок.

Просто натисніть на педаль, і, якщо вони не були налаштовані інакше, вони можуть негайно забезпечити до 100 відсотків тяги двигуна. Деякі конструктори компанії BOSCH стверджують, що маленький картинг може розігнатися до 100 км/год з місця спокою менш ніж за п'ять секунд, перш ніж розвинути швидкість понад 128 км/год. Це хороше прискорення для автомобіля, не кажучи вже про картинг, де між водієм і асфальтом мало проміжків.

Електрокарт оснащений незалежною жорсткою підвіскою, тож при нерівностях поверхні дороги немає шансів втратити керування. Амортизатори відсутні, тому їх роль відіграють шини та рама карту. Далі розглянемо кожен частину карта більш детально.

Електродвигун або мотор-колесо.

В основі дії будь-якого електродвигуна закладений принцип електромагнітної індукції. Це означає, що коли через статор (нерухома частина двигуна) проходить електричний струм, він створює магнітне поле .

Це магнітне поле впливає на ротор (рухома частина двигуна), в результаті чого ротор починає обертатися . Таким чином, подана на обмотки електроенергія трансформується в енергію обертального руху [4].

Обертання ротора створює крутний момент, який використовується для приведення в рух коліс картинга.

									Арк.
									9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БРМА24.00.00.000 ПЗ				

Існує багато різних типів електродвигунів, включаючи двигуни постійного струму (рис.1.1), двигуни змінного струму (синхронні та асинхронні), а також універсальні двигуни . Вибір конкретного типу двигуна залежить від специфіки електрокарта та вимог до його продуктивності та ефективності .



Рисунок 1.1 – Електродвигун постійного струму

Деякі електродвигуни можуть використовувати рекуперативне гальмування, що дозволяє відновлювати енергію під час гальмування та зберігати її в батареї для подальшого використання.

Мотор-колесо.

Мотор-колесо (або двигун-колесо) (рис.1.2) - це комплексна система, яка включає в себе наступні компоненти. Колесо, яке встановлюється на електрокартинг. Воно відповідає за передачу руху на дорогу. Мотор-колесо містить вбудований безщітковий синхронний електродвигун постійного струму. Цей двигун перетворює електричну енергію на механічний рух. Механізм передачі обертального моменту від електродвигуна до колеса. У мотор-колесі ця передача інтегрована безпосередньо в ступицю колеса. Принцип роботи мотор-колеса полягає в наступному: електродвигун отримує живлення від

									Арк.
									10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

БРМА24.00.00.000 ПЗ

акумулятора. Після подачі живлення утворюється магнітне поле в статорі електродвигуна. Це магнітне поле впливає на ротор (рухому частину) мотор-колеса. Ротор починає обертатися, що створює крутний момент. Крутний момент передається на колесо, і електрокартинг рухається.

Переваги мотор-колеса: простота конструкції: відсутність передач та редукторів спрощує систему. Ефективність: Безщітковий електродвигун має високий коефіцієнт корисної дії. Мінімальне тертя: Відсутність механічних компонентів, які піддаються тріщині. Мотор-колеса використовуються в електрокартингу для забезпечення ефективного руху та високої динаміки [5].



Рисунок 1.2 – Мотор-колесо

Акумуляторна батарея.

Для електрокартингу використовуються різні типи акумуляторів, які забезпечують живлення електричних систем. Давайте розглянемо деякі з них:

Свинцево-кислотні акумулятори (рис.1.3) (WET) - це традиційні акумулятори, які використовуються в автомобілях. Складаються з електродних пластин і розчину сірчаної кислоти. Переваги: низька ціна, високий робочий струм, широкий діапазон робочих температур. Недоліки: великі габарити,

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

чутливість до глибоких розрядів, обмежена кількість циклів заряд-розряд.

Акумулятори типу VRLA (SLA) включають акумулятори з абсорбуючим скляним матом (AGM) або гелевим елементом (GEL). Герметичний корпус, не потребує обслуговування. Можуть встановлюватись в будь-якій орієнтації.

Акумулятори AGM типу використовують абсорбуючий скляний мат.

Можуть працювати лежачи. Застосовуються в сонячних електростанціях.

Літій-іонні акумулятори: висока енергетична щільність, легкість, велика кількість циклів. Використовуються в електромобілях та портативних пристроях.

Літій-залізо-фосфатні акумулятори (LiFePO<sub>4</sub>):

Висока безпека, довгий термін служби. Використовуються в сонячних системах [6].

Обираючи акумулятор для електрокартингу, важливо враховувати вимоги до продуктивності, безпеки та вартості.



Рисунок 1.3 – Свинцево-кислотний тяговий акумулятор  
12В, 100Ah

Рама електрокарта.

Рама електрокарта (рис.1.4) є ключовим елементом конструкції, оскільки вона забезпечує основну структурну підтримку та безпеку водія. Вона також

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

впливає на керованість, маневреність і загальну продуктивність картингу. Рама забезпечує основну структурну підтримку для всіх компонентів картингу, включаючи електродвигун, батареї, сидіння водія, підвіску та інші елементи.

Рама має бути міцною, щоб захистити водія під час зіткнень і аварій. Рама повинна мати оптимальну жорсткість для стабільності та точності керування, а також деяку гнучкість для поглинання ударів і вібрацій від дорожнього покриття. Конструкція рами впливає на розподіл ваги, центр тяжіння та загальну керованість картингу [7].

Основні вимоги до рами електрокартингу: рама повинна бути виготовлена з матеріалів, які можуть витримувати великі навантаження і удари. Це забезпечує довговічність і безпеку. Легкість: Зменшення ваги рами сприяє покращенню прискорення і маневреності картингу. Вага повинна бути оптимізована без шкоди для міцності. Корозійна стійкість: Матеріали, з яких виготовлена рама, повинні бути стійкими до корозії та інших впливів зовнішнього середовища, особливо якщо картинг використовується на відкритому повітрі. Технологічність виробництва: Рама повинна бути спроектована таким чином, щоб її було легко виготовляти і ремонтувати. Це включає використання стандартних компонентів і зручність збірки.



Рисунок 1.4 – Рама електрокарта

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Гальмівна система.

Гальмівна система електрокарта (рис.1.5) є критично важливим компонентом, оскільки вона забезпечує безпеку водія та контроль над транспортним засобом під час руху. Гальмівна система електрокартів повинна бути ефективною, надійною та легко керованою.



Рисунок 1.5 – гальмівна система електрокарта

Основні компоненти гальмівної системи складаються з наступних складових. Гальмівні диски - металеві диски, які встановлюються на колеса. Гальмівні колодки стискають диски для уповільнення та зупинки картингу. Гальмівні колодки - елементи, що притискаються до гальмівних дисків, створюючи тертя і тим самим зменшуючи швидкість руху. Гальмівний супорт - механізм, що утримує гальмівні колодки та забезпечує їх стиснення до дисків під час гальмування. Гідравлічні або механічні циліндри - компоненти, які приводять у дію гальмівні супорти. Гідравлічні циліндри використовують гальмівну рідину для передачі сили, тоді як механічні системи використовують троси. Гальмівна педаль - елемент керування, за допомогою якого водій активує гальмівну систему. Гальмівні шланги та трубки - використовуються для передачі гальмівної рідини від головного циліндра до гальмівних супортів (у гідравлічних системах). Гальмівний насос (головний циліндр) - компонент, що генерує тиск у

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

гідравлічній системі при натисканні на гальмівну педаль [8].

Контролер швидкості.

Контролер швидкості (рис 1.6.) для електрокарта є важливим компонентом, який керує роботою електродвигуна та регулює швидкість транспортного засобу. Цей пристрій забезпечує плавне прискорення, уповільнення та ефективне використання енергії батареї.

Основні функції контролера швидкості:

- Регулювання швидкості: Контролер керує подачею електроенергії до двигуна, дозволяючи змінювати швидкість руху картинга.
- Плавне прискорення та уповільнення: Забезпечує плавне зміщення швидкості для комфортного та безпечного керування.
- Захист від перевантажень: Захищає електродвигун і батарею від надмірного навантаження, запобігаючи пошкодженням.
- Рекуперація енергії: У деяких системах контролер може керувати процесом рекуперації енергії під час гальмування, повертаючи частину енергії назад до батареї.
- Моніторинг та діагностика: Забезпечує збір та аналіз даних про роботу системи, що дозволяє вчасно виявляти несправності та проводити профілактичне обслуговування.

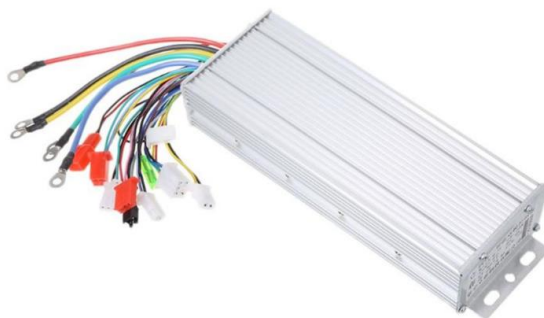


Рисунок 1.6. – контролер швидкості для електрокарта

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Основні компоненти контролера швидкості включають в себе мікропроцесор, який керує всіма функціями контролера, обробляючи сигнали від датчиків та управління. ШІМ (широко-імпульсна модуляція) для регулювання напруги та струму, що подається на двигун, забезпечуючи точний контроль швидкості. Силкові транзистори (MOSFET або IGBT) для комутації високих струмів до двигуна, дозволяючи точно регулювати швидкість та потужність. Датчики (педаль, температури, струму): педальний датчик передає інформацію про положення педаль газу, а датчики температури та струму стежать за параметрами роботи системи. А також захисні схеми які включають схеми захисту від перенапруги, короткого замикання, перегріву та інших потенційно небезпечних умов. Комунікаційний інтерфейс: Для зв'язку з іншими компонентами електрокартингу або зовнішніми пристроями (наприклад, для діагностики або налаштування) [9].

### 1.3 Види електрокартів.

Електрокарти, як і звичайні картинги, мають кілька різновидів, залежно від призначення, рівня майстерності гонщиків та характеристик. Ось основні види електрокартів [10]:

- Електрокарти для прокату (рекреаційні електрокарти) (рис.1.7.);



Рисунок 1.7 – зовнішній вигляд рекреаційного електрокарта

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

- Гоночні електрокарти (рис.1.8);



Рисунок 1.8 – Зовнішній вигляд спортивного електрокарта

- Дитячі електрокарти (рис.1.9);



Рисунок 1.9 – зовнішній вигляд дитячого електрокарта

- Двомісні електрокарти (рис.1.10);



Рисунок 1.10 – зовнішній вигляд двомісного електрокарта

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

- off-road електрокарти (рис 1.11);



Рисунок 1.11 – зовнішній вигляд електрокарта для off-road

#### 1.4 Практичне застосування електрокартів.

Електрокарти стають дедалі популярнішими завдяки своїм численним перевагам та можливостям застосування в різних сферах. У цьому розділі розглянемо основні напрямки практичного використання електрокартів, що охоплюють розваги, спортивні змагання, навчання, туризм, а також корпоративні та комунальні потреби.

Розважальні та прокатні електрокарти.

Одним з основних застосувань електрокартів є їх використання на комерційних картодромах та в розважальних центрах. Рекреаційні електрокарти забезпечують захоплюючий досвід водіння для широкого кола користувачів, включаючи дітей та дорослих. Завдяки безпечній конструкції та обмеженій швидкості, такі картинги дозволяють отримати задоволення від керування без ризику травм. Комерційні картодроми зазвичай використовують електрокарти, які можна легко заряджати і обслуговувати, що знижує експлуатаційні витрати та забезпечує екологічну чистоту.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Спортивні змагання.

Електрокарти активно використовуються в спортивних змаганнях, включаючи національні та міжнародні чемпіонати. Вони забезпечують високий рівень продуктивності, маневреності та швидкості, що робить їх ідеальними для професійних гонок. Використання електродвигунів дозволяє мінімізувати шум та викиди, що робить такі змагання більш екологічними та доступними для проведення в урбанізованих умовах.

Навчальні програми.

Електрокарти також використовуються для навчання водінню та розвитку навичок керування транспортними засобами. Багато шкіл водіння та картингових академій включають електрокарти до своїх навчальних програм, оскільки вони дозволяють інструкторам легко контролювати швидкість та поведінку учнів на трасі. Крім того, електрокарти є менш вимогливими до обслуговування, що знижує витрати на навчання.

Туризм та екскурсії.

Використання електрокартів у туристичній галузі також набуває популярності. Електрокарти пропонують туристам можливість досліджувати міста та природні парки з мінімальним впливом на навколишнє середовище. Вони дозволяють проводити екскурсії унікальними маршрутами, недоступними для звичайних автомобілів, що створює додаткові привабливі можливості для туристів.

Корпоративне та комунальне використання.

Електрокарти можуть бути корисними й у корпоративному секторі для пересування співробітників великими територіями, наприклад, на заводах, складах, аеропортах або гольф-полях. Крім того, їх можна використовувати у комунальних службах для патрулювання парків, вулиць або для обслуговування інфраструктури. Вони забезпечують економічність і екологічну безпеку, що є важливими аспектами для сучасних організацій.

Електрокарти відкривають нові горизонти в багатьох сферах діяльності завдяки своїм унікальним властивостям, таким як екологічність, безшумність,

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

економічність та простота в обслуговуванні. Їхнє практичне застосування охоплює розваги, спорт, навчання, туризм та корпоративні потреби, що робить їх універсальним засобом пересування в сучасному світі [11].

### 1.5 Висновки до першого розділу.

У цьому розділі ми здійснили огляд та аналіз існуючих технологічних і технічних рішень в області електрокартингу, що дозволило нам зрозуміти сучасні тенденції та перспективи розвитку цього напрямку.

Аналіз показав, що електрокарти використовують передові технології у своїх конструкціях, такі як ефективні електродвигуни, літій-іонні батареї з високою ємністю, системи рекуперації енергії та інтелектуальні системи управління. Це забезпечує високу продуктивність, надійність та екологічну безпеку цих транспортних засобів.

Завдяки своєму широкому спектру застосувань, екологічним перевагам та постійному технологічному розвитку, електрокарти мають великий потенціал для подальшого впровадження та удосконалення в різних галузях. Їх використання сприяє зменшенню викидів парникових газів, зниженню рівня шуму та підвищенню ефективності транспорту, що робить їх важливою складовою сучасного транспорту майбутнього.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕКТРОКАРТА

### 2.1 Обґрунтування типу електрокарта

Рекреаційні електрокарти є важливим і перспективним напрямком розвитку електричного транспорту. Вибір саме цього типу електрокарта для розробки має багато переваг і аргументів, що обґрунтовують його створення. Розглянемо основні з них.

Популярність та доступність.

Широкий ринок споживачів: рекреаційні електрокарти користуються великою популярністю серед широкого кола споживачів, включаючи дітей, підлітків та дорослих. Вони часто використовуються на комерційних картодромах, в розважальних центрах та парках розваг, що забезпечує стабільний попит на цей вид транспорту.

Доступність для користувачів.

Ці картинги розроблені з урахуванням різних рівнів підготовки водіїв, що робить їх доступними для людей без спеціальних навичок водіння. Простота у використанні та безпечність конструкції дозволяють залучити до цієї розваги широку аудиторію.

Екологічність.

Відсутність шкідливих викидів: електрокарти не виробляють викидів шкідливих газів, що робить їх екологічно чистим транспортним засобом. Це особливо важливо в умовах міських зон, де якість повітря є критичною проблемою.

Зниження шумового забруднення.

Електродвигуни працюють значно тихіше порівняно з бензиновими аналогами, що знижує рівень шумового забруднення в місцях використання рекреаційних електрокартів.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Економічність.

Знижені експлуатаційні витрати: електрокарти мають нижчі витрати на обслуговування та експлуатацію порівняно з бензиновими картами. Відсутність необхідності в паливі та менша кількість рухомих частин знижують витрати на технічне обслуговування .

Тривалий термін служби.

Сучасні акумуляторні технології забезпечують тривалий термін служби батарей, що також сприяє економічній ефективності електрокартів. Крім того, використання високоякісних матеріалів у конструкції забезпечує довговічність картів .

Безпека.

Контроль швидкості: рекреаційні електрокарти зазвичай мають обмежену максимальну швидкість, що підвищує рівень безпеки для користувачів, особливо для дітей. Наявність різних режимів швидкості дозволяє адаптувати карт під навички водія .

Додаткові системи безпеки: встановлення ременів безпеки, каркасів захисту та інших елементів безпеки робить електрокарти більш безпечними для використання в громадських місцях. Це знижує ризик травм під час катання.

Соціальні та освітні переваги.

Інтерактивне навчання: рекреаційні електрокарти можуть використовуватися для навчання дітей основам безпечного водіння, розвитку координації рухів та концентрації. Це робить їх корисним інструментом для навчання та розвитку

Залучення до спорту: використання рекреаційних електрокартів сприяє залученню молоді до занять картингом, що може стати першим кроком до професійного автоспорту. Це також сприяє розвитку здорового способу життя та активного відпочинку [12].

Створення рекреаційного електрокарта є обґрунтованим вибором з огляду на його популярність, екологічність, економічність, безпеку та соціальні переваги. Розробка такого типу електрокарта відповідає сучасним тенденціям і

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

потребам суспільства, сприяючи екологічно чистому, безпечному та захоплюючому способу проведення дозвілля для людей різного віку.

Розробка рекреаційного електрокарта є актуальною задачею. Для наглядного прикладу використаємо діаграму вибору типу електрокарта (рис 2.1):

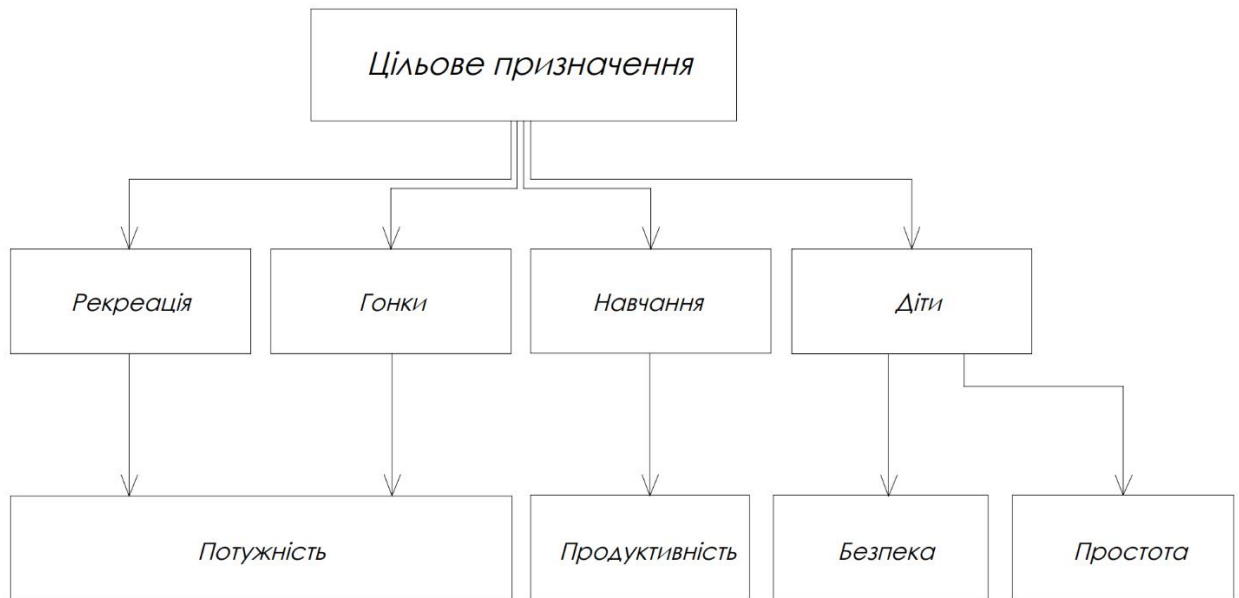


Рисунок 2.1 – Діаграма вибору типу електрокарта

Використання цієї діаграми допоможе краще зрозуміти аргументи створення саме рекреаційного електрокарта, а також продемонструвати взаємозв'язок різних аспектів його розробки.

Загальна конструкція електрокарта має багато компонентів та зв'язків, як механічних, так і електричних. У блок-схемі (рис.2.2) описані зв'язки між основними елементами конструкції електрокарта.

- Рама: Основна конструкція, на якій кріпляться всі інші компоненти.
- Електродвигун: Забезпечує рух електрокарта.
- Колеса: Взаємодіють з поверхнею і забезпечують пересування.
- Акумулятор: Джерело живлення для електродвигуна.
- Система управління: Включає компоненти для керування рухом.

- Підвіска: Забезпечує плавність ходу та комфорт під час їзди.

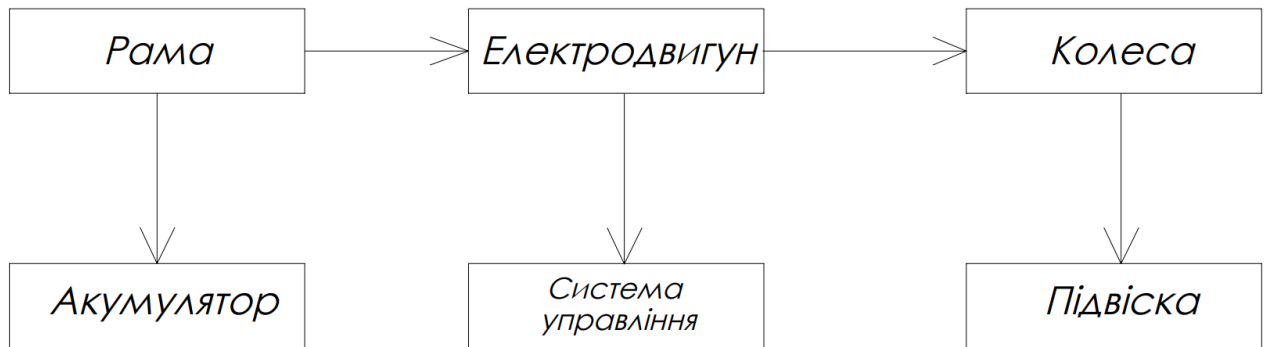


Рисунок 2.2 – Блок-схема загальної конструкції електрокарта

Далі оглянемо діаграму потоку енергії в електрокарті (рис.2.3):

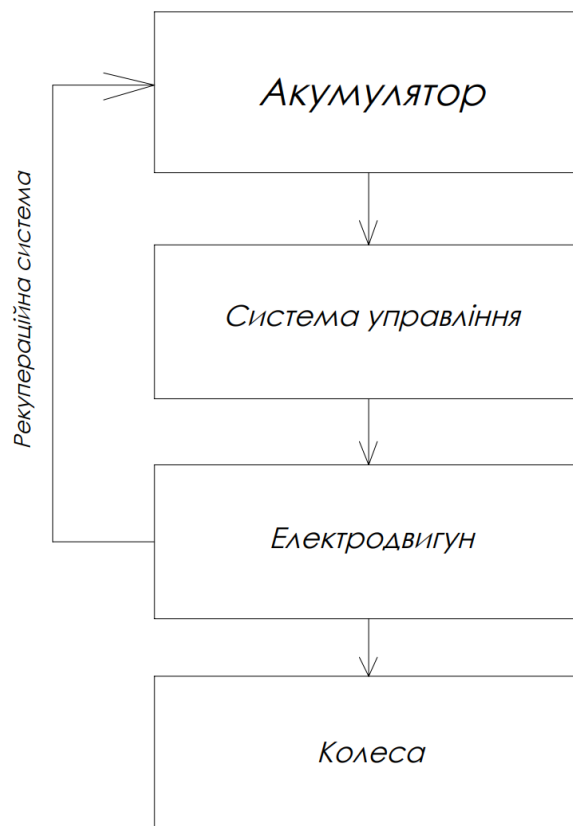


Рисунок 2.3 – Діаграма потоку енергії в електрокарті

1. Акумулятор: зберігає електричну енергію.
2. Електродвигун: отримує енергію від акумулятора і перетворює її в механічну енергію.
3. Колеса: механічна енергія передається на колеса, що забезпечує рух електрокарта.
4. Система управління: контролює подачу енергії від акумулятора до електродвигуна, регулюючи швидкість та інші параметри руху.

Використання цих схем та діаграм допоможе краще зрозуміти аргументи створення саме рекреаційного електрокарта, а також продемонструвати взаємозв'язок різних аспектів його розробки.

Опис технології рекупераційних гальм.

Рекупераційні гальма використовуються в електрокартингу для перетворення кінетичної енергії, що втрачається при гальмуванні, назад у електричну енергію. Ця енергія зберігається в акумуляторі і може бути використана для подальшого руху електрокарта. Рекупераційна система гальмування допомагає підвищити ефективність використання енергії, що важливо для продовження тривалості поїздок та зменшення витрат на зарядку.

Основні компоненти системи.

1. Електродвигун/Генератор: Під час гальмування електродвигун працює в режимі генератора, перетворюючи механічну енергію в електричну.
2. Інвертор: Контролює процес перетворення енергії та її передачу до акумулятора.
3. Акумулятор: Зберігає електричну енергію, отриману від рекупераційної системи.
4. Контролер системи гальмування: Координує роботу електродвигуна та інвертора під час гальмування.

Рекупераційні гальма широко використовуються в різних видах електрокартингу, включаючи:

Рекреаційний картинг: Підвищення тривалості поїздок і зменшення частоти необхідної зарядки.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гоночний картинг: Забезпечення додаткової енергії для більш тривалих гонок і підвищення ефективності використання енергії.

Навчальний картинг: Використання рекупераційних гальм для навчання ефективному управлінню енергією та розумінню принципів екологічної їзди.

Використання рекупераційних гальм є важливим кроком у розвитку більш ефективних та екологічних електрокартів[13].

## 2.2. Розробка схеми ходової частини електрокарта.

Ходова частина електрокарта є однією з ключових складових, яка впливає на керованість, стабільність та комфорт під час їзди. Вона включає в себе раму, колеса, рульовий механізм та гальмівну систему. Правильний вибір і проектування цих компонентів забезпечує безпеку та оптимальні характеристики електрокарта.

### 2.2.1 Підбір гальмівної системи для рекреаційного електрокарта.

Визначення вимог до гальмівної системи полягають в наступних показниках. Маса картингу: враховується повна маса електрокарта разом з водієм. Максимальна швидкість: визначається максимальна швидкість, яку може розвинути електрокарт. Умови експлуатації: чи буде електрокарт використовуватися на гладкій дорозі, треку чи нерівній поверхні. Очікувані навантаження: частота гальмування, тривалість їзди, кліматичні умови.

- Тип гальмівної системи:
  - Дискові гальма: забезпечують краще охолодження і меншу вагу. Підходять для високих навантажень.
  - Барабанні гальма: простіші та дешевші у виробництві, але менш ефективні при високих навантаженнях і мають гірше охолодження.

У розробці нашого електрокарта ми використали дискові гальма на задні колеса .

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

- Розрахунок необхідної гальмівної сили:
  - Визначення мінімальної гальмівної сили для забезпечення безпечного зупинення на максимальній швидкості.
  - Використання формули (2.1) для визначення гальмівної сили:

$$F_g = \frac{mv^2}{2d}, \quad (2.1)$$

де  $F_g$  - гальмівна сила,  $m$  - маса електрокарта,  $v$  - швидкість,  $d$  - гальмівний шлях.

- Підбір гальмівних компонентів:
  - Гальмівні диски: вибір дисків відповідного діаметру та матеріалу (зазвичай сталь або композитні матеріали).
  - Гальмівні колодки: підбір колодок з відповідного матеріалу (органічні, напівметалеві або керамічні) для забезпечення необхідного коефіцієнта тертя.
  - Гальмівні супорти: вибір супортів, які відповідають діаметру дисків та забезпечують необхідний тиск.
  - Головний гальмівний циліндр: вибір циліндра з відповідним діаметром, щоб забезпечити достатній тиск для гальмівної системи.
  - Гальмівні магістралі: використання високоякісних гідравлічних шлангів для забезпечення надійності та безпеки.
- Конструкційні особливості:
  - Монтаж та розташування: визначення оптимального розташування гальмівних компонентів на рамі електрокарта для забезпечення рівномірного розподілу гальмівних сил.
  - Система охолодження: розробка системи вентиляції для дискових гальм для запобігання перегріву.
- Тестування та коригування:
  - Проведення тестових заїздів для перевірки ефективності гальм .

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Вимірювання гальмівного шляху, перегріву компонентів та загальної надійності системи.
- Коригування конструкції або компонентів за потреби для досягнення оптимальної ефективності.

Характеристики гальмівної системи для рекреаційного електрокарта наведено в таблиці 2.1 .

Таблиця 2.1 – Характеристика елементів гальмівної сиситеми

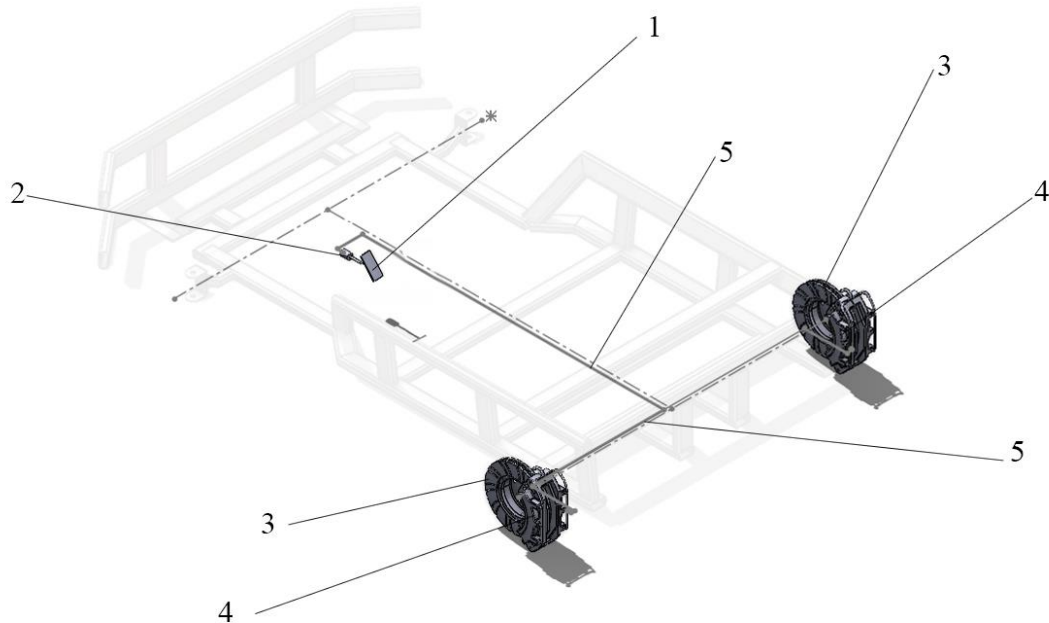
Елемент гальмівної системи	Характеристика
Дискові гальма	<p>Діаметр гальмівного диска: 160-200 мм (залежно від розмірів коліс та загальної маси електрокарта).</p> <p>Матеріал гальмівного диска: сталь з покриттям для зменшення корозії.</p> <p>Товщина гальмівного диска: 3-5 мм для забезпечення достатньої міцності та теплової стійкості.</p>
Гальмівні колодки	<p>Матеріал колодок: органічні або напівметалеві для збалансованої продуктивності та зносу.</p> <p>Коефіцієнт тертя: 0.35-0.45 для забезпечення ефективного гальмування.</p>
Гальмівні супорти	<p>Тип супортів: одно- або двопоршневі супорти для рекреаційного використання.</p> <p>Матеріал супортів: алюмінієві або сталеві для оптимального співвідношення міцності та ваги.</p>

Головний гальмівний циліндр	<p>Діаметр поршня: 14-16 мм для забезпечення необхідного тиску у системі.</p> <p>Об'єм робочої рідини: вибір об'єму відповідно до розмірів та кількості супортів.</p>
Гальмівні магістралі	<p>Матеріал: гідравлічні шланги з високоякісного полімеру або армовані шланги для запобігання розширенню під тиском.</p> <p>Робочий тиск: до 150 бар для забезпечення надійності та безпеки.</p>

Гальмівна система є критично важливою частиною конструкції електрокарта, оскільки вона забезпечує безпеку водія і контроль над транспортним засобом під час їзди. Основною метою гальмівної системи є ефективне зниження швидкості електрокарта або його повна зупинка при мінімальній втраті стабільності та керованості.

При натисканні на гальмівну педаль, механічна сила передається на поршень головного гальмівного циліндра, який створює гідравлічний тиск у системі. Цей тиск передається через гальмівні магістралі до супортів, де він примушує гальмівні колодки притиснутися до гальмівних дисків. Внаслідок тертя між колодками і дисками відбувається уповільнення або зупинка електрокарта [14].

Нижче наведено креслення гальмівної системи електрокарта (рис.2.4) , яке ілюструє розташування основних компонентів та їх взаємозв'язок:



1-педаць; 2- гальмівний циліндр; 3-дисківі гальма;  
4-гальмівні супорти; 5-гальмівні магістралі.

Рисунок 2.4 –Конструкція гальмової системи електрокарта.

Це креслення дозволить детально розглянути конструкцію гальмівної системи і забезпечити її точну реалізацію під час побудови електрокарта.

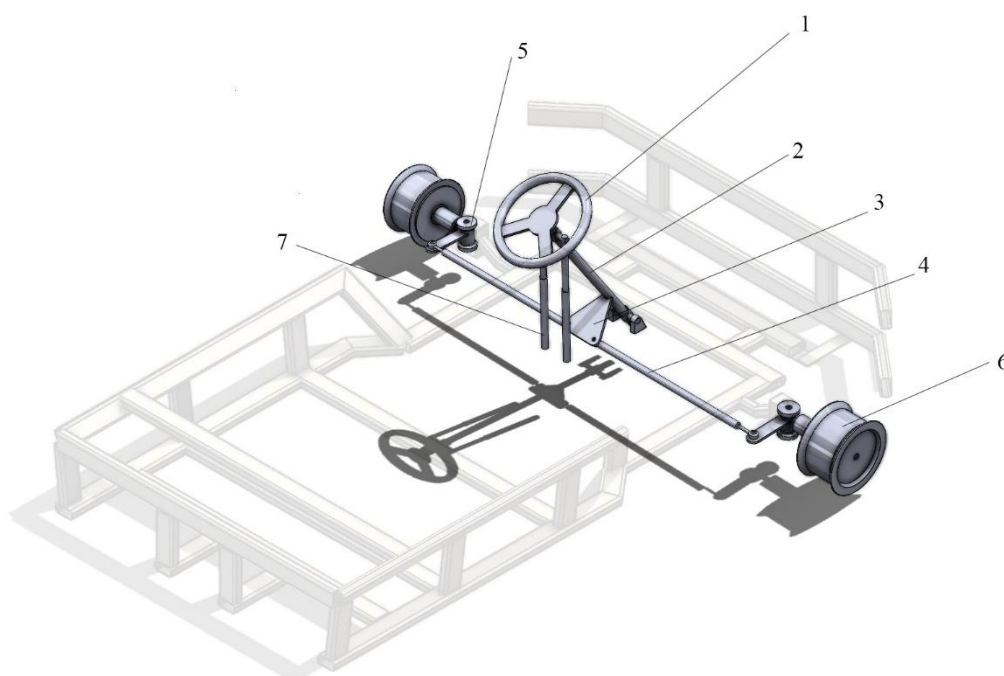
Правильний підбір і проектування гальмівної системи є вирішальним етапом у розробці електрокарта. Це забезпечує безпеку, надійність і комфорт для водія під час експлуатації. Гальмівна система повинна бути ретельно протестована і скоригована для досягнення оптимальної ефективності та довговічності.

### 2.2.2 Підбір рульового механізму для електрокарта.

Рульовий механізм є ключовим елементом управління електрокартом, забезпечуючи точне і надійне керування рухом транспортного засобу. Основні компоненти рульового механізму електрокарта включають: кермо – пристрій,

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

який водій використовує для керування електрокартом, рульова колонка - з'єднує кермо з рульовою рейкою і передає зусилля від керма до рульового механізму, рульова рейка: механізм, який перетворює обертальний рух керма у лінійний рух, що змінює напрямок передніх коліс, тяги кермові - з'єднують рульову рейку з кермовими важелями на колесах, передаючи лінійний рух для повороту коліс, шарніри та кріплення - забезпечують гнучкість і з'єднання різних компонентів рульового механізму. Принципова схема рульової системи наведена на рисунку 2.4 (рис 2.4) і вказує основні взаємозв'язки компонентів системи керування електрокартом.



1-кермо; 2-рульова колонка; 3-рульова рейка;  
 4-рульові тяги; 5-поворотні важелі;  
 6-передні колеса; 7-передня стійка.

Рисунок 2.5 – Конструкція рульової системи електрокарта.

Це креслення дозволить детально розглянути конструкцію рульової системи і забезпечити її точну реалізацію під час побудови електрокарта.

Рульова система є невід'ємною частиною будь-якого транспортного

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

засобу, включаючи електрокарти. Вона відповідає за керування напрямком руху і забезпечує точне та ефективне управління електрокартом. Основна мета рульової системи полягає в тому, щоб передавати зусилля від керма до коліс, змінюючи їхнє положення і, таким чином, напрямок руху транспортного засобу.

Основні компоненти рульової системи електрокарта:

1. Кермо (рульове колесо):

- Водій використовує кермо для зміни напрямку руху електрокарта. Кермо з'єднане з іншими компонентами рульової системи через рульову колонку.

2. Рульова колонка:

- Цей компонент з'єднує кермо з рульовою рейкою. Колонка передає обертальний рух від керма до рульової рейки, яка, в свою чергу, перетворює його в лінійний рух.

3. Рульова рейка:

- Вона отримує обертальний рух від рульової колонки і перетворює його в лінійний рух, що призводить до переміщення кермових тяг.

4. Кермові тяги (рульові тяги):

- З'єднують рульову рейку з поворотними важелями на колесах. Вони передають лінійний рух від рейки до важелів, змінюючи положення коліс.

5. Поворотні важелі (кулаки):

- Встановлені на передніх колесах, вони забезпечують поворот коліс у відповідь на рух кермових тяг.

6. Колеса:

- Колеса змінюють напрямок руху електрокарта в залежності від положення, заданого поворотними важелями.

У електрокартингу рульова система має важливе значення для забезпечення керуваності та безпеки. Високі швидкості і часті зміни напрямку вимагають високої точності і надійності рульової системи. Вона дозволяє водієві легко маневрувати трасою, здійснювати повороти, об'їжджати перешкоди та

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підтримувати контроль над електрокартом у різних умовах руху.

Типи рульових систем

Існує декілька типів рульових систем, які використовуються в електрокартингу.

Зубчасто-рейкова система.

Найпоширеніший тип рульової системи для електрокартів. Вона забезпечує точне передавання зусилля від керма до коліс і проста в обслуговуванні. Зубчасто-рейкова система складається з рульової рейки та шестерні, що перетворює обертальний рух керма в лінійний рух.

Поворотні важелі з тросовою передачею.

Використовується рідше, але забезпечує гнучкість у розміщенні компонентів. В цій системі троси передають зусилля від керма до поворотних важелів, змінюючи положення коліс.

Гідравлічна рульова система:

Використовується в основному у великих та важких транспортних засобах, але може бути застосована і в електрокартах для покращення керованості. Вона використовує гідравлічний тиск для допомоги у зміні напрямку коліс [15].

Вибір рульової системи.

Вибір рульової системи для електрокарта залежить від декількох факторів:

- Тип і розмір електрокарта: Легкі і компактні карти найчастіше використовують зубчасто-рейкову систему.
- Швидкісні характеристики: Для картів, що розвивають високі швидкості, потрібна більш точна і надійна система.
- Експлуатаційні умови: Карты, що використовуються на різних трасах з різними покриттями, можуть вимагати різних типів рульових систем.

У нашому варіанті на електрокарт була встановлена зубчасто-рейкова рульова система.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Опис роботи зубчасто-рейкової рульової системи.

Обертання керма здійснюється коли водій обертає кермо, створюючи обертальний рух, який передається через рульову колонку до рульової рейки. Перетворення обертального руху в лінійний виконується за допомогою Рульової рейки, яка перетворює обертальний рух рульової колонки в лінійний рух, що призводить до переміщення кермових тяг. Кермові тяги передають лінійний рух від рульової рейки до поворотних важелів на колесах. Поворот коліс відбувається завдяки поворотним важелям, які змінюють положення коліс, дозволяючи електрокарту змінювати напрямок руху.

Переваги зубчасто-рейкової рульової системи:

- Простота конструкції: Зубчасто-рейкова система має просту і зрозумілу конструкцію, що спрощує її виготовлення та обслуговування.
- Точність управління: Ця система забезпечує високу точність передавання керуючого зусилля, що особливо важливо для картингу.
- Надійність: Механізм стійкий до зносу і витримує значні навантаження, що виникають під час експлуатації.

Завдяки цим характеристикам, зубчасто-рейковий механізм є оптимальним вибором для рульових систем електрокартів, забезпечуючи ефективне та надійне керування транспортним засобом.

Рульова система електрокарта відіграє ключову роль у забезпеченні керованості та безпеки. Вибір правильного типу рульової системи і її належне обслуговування є критично важливими для успішної експлуатації електрокарта. Це дозволяє водієві досягти високої точності керування і насолоджуватися процесом їзди на трасі [15].

### 2.2.3 Розробка конструкції рами електрокарта.

Конструкція рами електрокарта є ключовим елементом у проектуванні транспортного засобу, оскільки вона визначає його жорсткість, міцність і безпеку. Рама виконує функцію несучої конструкції, на якій монтуються всі

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

основні компоненти електрокарта, такі як двигун, акумулятори, рульова система, гальмівна система та сидіння водія.

Основні вимоги до рами електрокарта включають в себе міцність і жорсткість: рама повинна витримувати навантаження, які виникають під час експлуатації електрокарта, включаючи вагу водія, ударні навантаження від нерівностей дороги та динамічні навантаження при поворотах і гальмуванні. Зниження ваги рами дозволяє підвищити швидкість та маневреність електрокарта. Тому важливо використовувати матеріали з високою питомою міцністю, такі як хромолібденова сталь або алюмінієві сплави. Конструкція рами повинна забезпечувати захист водія у випадку зіткнень або перекидання. Це включає інтеграцію захисних дуг та елементів, які поглинають енергію удару. Сумісність з іншими компонентами: рама повинна бути сконструйована так, щоб на ній можна було легко закріпити всі необхідні компоненти електрокарта, такі як двигун, акумуляторні батареї, рульова система та сидіння.

Матеріали для виготовлення рами:

- сталь;
- алюмінієві сплави;
- композитні матеріали.

Сталь є традиційним матеріалом для виготовлення рам завдяки своїй високій міцності і доступності. Хромолібденова сталь (CrMo) особливо популярна через свою високу питому міцність та відносно низьку вагу. Алюміній має значно меншу вагу порівняно зі сталлю, що дозволяє створювати легкі і міцні конструкції. Використання алюмінієвих сплавів дозволяє знизити вагу рами, що позитивно впливає на динамічні характеристики електрокарта. Використання вуглецевого волокна та інших композитних матеріалів дозволяє досягти максимальної легкості та міцності, але це значно підвищує вартість виробництва.

Етапи розробки рами електрокарта.

На етапі проектування визначаються основні параметри рами, такі як її габарити, розташування основних вузлів та елементів.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Використовуючи програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, у нашому випадку (SolidWorks) , проводиться моделювання конструкції рами електрокарта (рис.2.5), розрахунки на міцність та жорсткість рами. Це дозволяє виявити потенційно слабкі місця і внести необхідні зміни.

На основі результатів моделювання створюються детальні креслення рами електрокарта, які включають всі необхідні розміри та допуски для виготовлення.

Виготовляється прототип рами для проведення випробувань. Це дозволяє перевірити відповідність конструкції вимогам і внести остаточні корективи.

Прототип рами проходить серію випробувань на міцність, жорсткість та безпеку. Результати тестувань використовуються для остаточної оптимізації конструкції.

Після успішного завершення всіх тестувань, рама запускається в серійне виробництво.

Пререваги оптимізованої конструкції рами полягають в наступному: легка і жорстка рама дозволяє досягти кращих динамічних характеристик, таких як прискорення, гальмування та керованість. Оптимізована конструкція рами з інтеграцією елементів безпеки забезпечує надійний захист водія під час експлуатації електрокарта. Використання високоякісних матеріалів і ретельне проектування забезпечують тривалий термін служби рами, знижуючи потребу в частому ремонті. Завдяки високій міцності та доступності рама електрокарта була виготовлена зі сталі. Конструкція рами з інтеграцією елементів безпеки забезпечує надійний захист водія під час експлуатації електрокарта. Використання високоякісних матеріалів і ретельне проектування забезпечують тривалий термін служби рами, знижуючи потребу в частому ремонті. Завдяки високій міцності та доступності рама електрокарта була виготовлена зі сталі. жорстка рама дозволяє досягти кращих динамічних характеристик, таких як прискорення, гальмування та керованість. Використання високоякісних матеріалів і ретельне проектування забезпечують тривалий термін служби рами, знижуючи потребу в частому ремонті.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

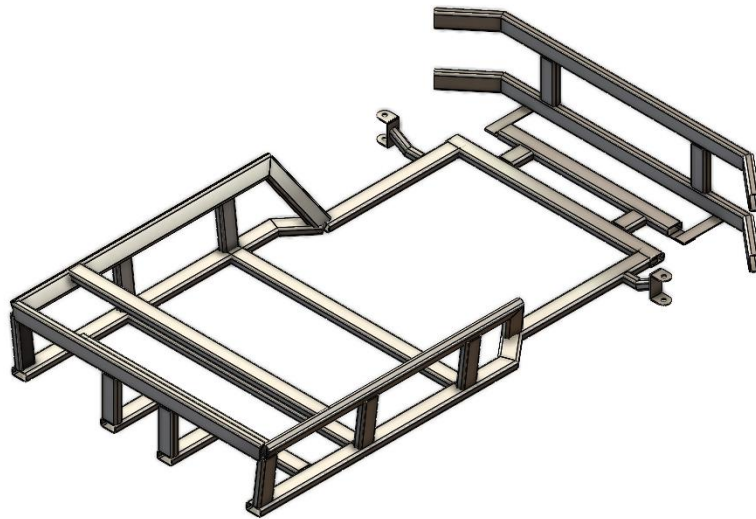


Рисунок 2.6 – Модель конструкції рами електрокарта

#### 2.2.4 Вибір електричного контролера для електрокарта.

Вибір контролера для електрокарта залежить від кількох факторів, включаючи тип двигуна, напругу акумулятора, необхідну потужність і бажані функції контролю. Ось кілька рекомендацій щодо вибору контролера для вашого електрокарта [16]. Основні характеристики контролера:

1. Напруга: контролер повинен відповідати напрузі акумулятора. Якщо акумулятор має напругу 12 В, контролер також повинен підтримувати цю напругу.
2. Струм: контролер повинен забезпечувати достатній струм для живлення двигуна. Наприклад, якщо ваш двигун потребує 1000 Вт потужності при 12 В, необхідний струм буде близько 83 А ( $1000 \text{ Вт} / 12 \text{ В} = 83 \text{ А}$ ). Рекомендується вибирати контролер з невеликим запасом по струму, наприклад 100 А.
3. Тип двигуна: підтримка типу двигуна (DC, BLDC, PMSM) є критично важливою. Якщо ваш електрокарт використовує безщітковий двигун постійного струму (BLDC), вам потрібен відповідний контролер BLDC.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

4. Функції контролю: деякі контролери мають додаткові функції, такі як регенеративне гальмування, контроль швидкості, підключення до комп'ютера для налаштування параметрів, захист від перенапруги і перегріву.

Для забезпечення ефективної роботи електрокарта з двома мотор-колесами по 500 Вт кожне і акумулятором з напругою 12 В і ємністю 100 А·год, необхідно правильно вибрати контролер. Основними критеріями вибору є напруга, максимальний струм і підтримка двох моторів.

Основні вимоги до контролера:

- Напруга: 12 В
- Загальна потужність моторів: 1000 Вт
- Максимальний струм: 83.3 А

На основі цих параметрів було обрано кілька відповідних контролерів:

1. Kelly KDS12100E: Підтримує напругу 12 В, максимальний струм 100 А.

Цей контролер дозволяє налаштовувати параметри і підтримує роботу з двома мотор-колесами. Його гнучкість і надійність роблять його відмінним вибором для електрокарта.

2. Curtis 1204M-5201: Підтримує напругу 12 В, максимальний струм 225 А.

Цей контролер забезпечує високу продуктивність і надійність, що є критичним для стабільної роботи електрокарта.

Вибір контролера Kelly KDS12100E забезпечить стабільну і ефективну роботу електрокарта, враховуючи всі технічні вимоги і параметри мотор-колес.



Рисунок 2.7 – Контролер Kelly KDS12100E

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

## 2.2.6 Вибір мотор-колеса для електрокарта.

Рекомендації щодо вибору мотор-колеса.

Перевірка сумісності:

- Переконайтеся, що мотор-колеса сумісні з контролером за всіма параметрами (напруга, струм, потужність).
- Переконайтеся, що мотор-колеса фізично підходять до конструкції електрокарта.

Вибір виробника:

- Вибирайте мотор-колеса від перевірених виробників, щоб забезпечити надійність і довговічність.

Тестування і налаштування:

- Після вибору і встановлення мотор-коліс проведіть тестування, щоб переконатися, що електрокарт працює стабільно і безперебійно.
- Налаштуйте контролер для оптимальної роботи мотор-коліс.

Для забезпечення ефективної роботи електрокарта з акумулятором 12 В і ємністю 100 А·год, а також з двома мотор-колесами по 500 Вт, необхідно ретельно підбирати мотор-колеса. Основними критеріями вибору є напруга, потужність, максимальний струм, оберти на хвилину (RPM), крутний момент і розмір коліс.

Основні вимоги до мотор-коліс наведено в таблиці 2.2:

Таблиця 2.2 – Характеристики мотор-колеса

Напруга	12В
Потужність мотор-колеса	2 x 500Вт
Максимальний струм	2 x 47.1 А
Максимальна швидкість	3500об/хв
Крутний момент	15 Нм
Розмір колеса	10 дюймів

На основі цих параметрів було обрано мотор-колеса Vafang (рис2.7), які забезпечують оптимальну продуктивність і ефективність для електрокарта. Вибір мотор-колес був зроблений з урахуванням їх сумісності з контролером Kelly KDS12100E, який підтримує напругу 12 В і максимальний струм 100 А, що підходить для роботи з двома мотор-колесами по 500 Вт.



Рисунок 2.8 – Мотор-колесо Vafang для електрокарта

Обрані мотор-колеса забезпечують необхідну динаміку, швидкість і надійність, що є критично важливим для стабільної і безпечної роботи рекреаційного електрокарта.

### 2.2.7 Вибір акумулятора для електрокарта.

Для підбору акумулятора для нашого електрокарта, який використовує два мотор-колеса по 500 Вт кожне, необхідно враховувати кілька важливих параметрів: напруга, ємність, тип акумулятора та розрахунковий час роботи.

Основні параметри для вибору акумулятора.

1. Напруга (Voltage, V): Наша система працює при напрузі 12 В, тому акумулятор також повинен мати цю напругу.
2. Ємність (Capacity, Ah): Вона визначає, як довго акумулятор може

										Арк.
										37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БРМА24.00.00.000 ПЗ					

забезпечувати роботу електрокарта без підзарядки. Для рекреаційного використання ємність 100 А·год є досить великою і дозволить тривалу роботу.

3. Тип акумулятора: Для електрокартів зазвичай використовують літій-іонні (Li-ion) або літій-залізо-фосфатні (LiFePO<sub>4</sub>) акумулятори через їх високу енергоємність та довгий термін служби.

Наша система потребує акумулятор з напругою 12 В і потужністю 500 Вт на мотор-колесо (разом 1000 Вт або 1 кВт). При струмі 41.7 А на мотор-колесо (разом 83.4 А) і для забезпечення роботи протягом тривалого часу, можна розглянути наступні акумулятори:

- Battle Born LiFePO<sub>4</sub>;
- Renogy LiFePO<sub>4</sub>;
- Chins LiFePO<sub>4</sub>.

Для забезпечення ефективної роботи електрокарта з двома мотор колесами потужністю 500 Вт кожне було обрано акумулятор з напругою 12 В та ємністю 100 А·год. Основними критеріями вибору акумулятора були: надійність, довгий термін служби, високий струм розряду та оптимальна вага.

Розглянуто кілька варіантів акумуляторів, серед яких найбільш підходящими виявилися літій-іонні (Li-ion) акумулятор. Порівнявши їхні характеристики, було вирішено використовувати LiFePO<sub>4</sub> (рис.2.8) акумулятор завдяки його високій енергоємності, довгому терміну служби та стабільній роботі при різних температурах.



Рисунок 2.9 – Акумулятор LiFePO<sub>4</sub>  
(літій-іонно-фосфатний)

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Серед доступних на ринку моделей було обрано такі акумулятори, як Battle Born LiFePO<sub>4</sub>, Renogy LiFePO<sub>4</sub> та Chins LiFePO<sub>4</sub>. Всі вони мають високу надійність, вбудовану систему управління батареєю (BMS) та забезпечують достатній струм розряду для стабільної роботи електрокарта.

Це дозволяє забезпечити тривалу та надійну роботу електрокарта, відповідно до вимог експлуатації та безпеки.

### 2.2.8 Загальний вигляд конструкції електрокарта.

На основі вибору елементів конструкції був створений електрокарт (рис.2.10) за допомогою спільних зусиль Хмельницького національного університету та Хмельницького професійного ліцею електроніки. Електрокарт елетрокартів. З великим відривом здобув перше місце серед картів з двигунами внутрішнього згоряння і серед подібних йому електричних електрокартів



Рисунок 2.10 – Загальний вигляд електрокарта розробленого на базі ХНУ і ХПЛЕ

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Усі розглянуті системи - рама, рульова і гальмівна, також електричні елементи: акумулятор, мотор-колесо та контролер - є взаємопов'язаними і впливають на загальну продуктивність електрокарта. Оптимальне проектування та інтеграція цих систем дозволяє створити електрокарт, який відзначається високою ефективністю, надійністю та безпекою. Вибір матеріалів, ретельне моделювання і тестування прототипів є ключовими етапами в процесі розробки, що забезпечують відповідність кінцевого продукту всім вимогам і стандартам сучасного картингу.

### 2.3 Висновки до другого розділу.

Розробка конструкції електрокарта є багатогранним процесом, що включає проектування і оптимізацію ключових систем транспортного засобу: рами, рульової і гальмівної систем. У цьому розділі було розглянуто основні аспекти проектування кожної з цих систем, а також їх значення для забезпечення ефективності, безпеки і продуктивності електрокарта.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ЕЛЕКТРОКАРТА

#### 3.1 Технічні характеристики електрокарта.

У цьому розділі будуть представлені основні технічні характеристики електрокарта, включаючи потужність, швидкість, запас ходу, ефективність енергоспоживання та інші ключові параметри. На основі цих характеристик будуть проведені розрахунки, що підтверджують працездатність електрокарта.

Основні технічні характеристики електрокарта наведені в таблиці 3.1:

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики електрокарта

Параметр	Значення	Одиниця виміру
Напруга акумулятора	12	В
Ємність акумулятора	100	А·год
Потужність мотор-колеса	500	Вт
Кількість мотор-колес	2	
Максимальна швидкість	50	км/год
Загальна маса	150	кг

#### 3.1.1 Розрахунки, що підтверджують працездатність електрокарта.

Сумарна потужність електрокарта визначається як сума потужностей усіх мотор-колес по формулі 3.1:

$$P_{\text{сум}} = N \times P_{\text{мотор}} \quad (3.1)$$

Для нашого електрокарта:

$$P_{\text{сум}} = 2 \times 500\text{Вт} = 1000 \text{ (Вт)} \quad (3.2)$$

Струм, споживаний одним мотор-колесом, можна визначити за формулою (3.3) :

$$I_{\text{мотор}} = \frac{P_{\text{мотор}}}{U_{\text{акум}}} \text{ (А)} \quad (3.3)$$

де:

$P_{\text{мотор}}$  — потужність одного мотор-колеса,

$U_{\text{акум}}$  — напруга акумулятора.

Розрахунок струму для одного мотор-колеса:

$$I_{\text{мотор}} = \frac{500}{12} = 41.67 \text{ (А)} \quad (3.4)$$

Відповідно для двох мотор-колесі струм буде:

$$I_{\text{сум}} = 41.67\text{А} \times 2 = 83.34 \text{ (А)} \quad (3.5)$$

Запас ходу.

Запас ходу визначається як кількість енергії, що може бути витрачена на подолання певної відстані. Для цього обчислюється час роботи акумулятора за формулою 3.6 :

$$t = \frac{C}{I_{\text{сум}}} \quad (3.6)$$

де:

$C$  — ємність акумулятора,

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Ісум — сумарний струм, споживаний мотор-колесами.

Для нашого електрокарта:

$$t = \frac{100 \text{ Агод}}{83.34 \text{ А}} = 1.2(\text{год}) \quad (3.7)$$

Запас ходу визначається за формулою 3.8 :

$$D = t \times V_{max} \quad (3.8)$$

де:

$V_{max}$  — максимальна швидкість.

Для нашого електрокарта:

$$D = 1.2\text{год} \times 50 \frac{\text{км}}{\text{год}} = 60 (\text{км}) \quad (3.9)$$

Енергоефективність.

Енергоефективність системи можна визначити за формулою 3.10, як відношення запасу ходу до енергії, витраченої на його досягнення:

$$E_{ef} = \frac{D}{E_{витр}} \quad (3.10)$$

де:

$E_{витр}$  — енергія, витрачена акумулятором.

Енергія, витрачена акумулятором, обчислюється за формулою 3.11:

$$E_{витр} = C \times U_{акум} \quad (3.11)$$

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Для нашого електрокарта:

$$E_{\text{витр}} = 100\text{А} \times 12\text{В} = 1200(\text{Вт}) \quad (3.12)$$

Енергоефективність розраховується за формулою 3.13:

$$E_{\text{еф}} = \frac{60\text{км}}{1200\text{Вт} \times \text{год}} = 0.05 \left( \frac{\text{км}}{\text{Вт}} \times \text{год} \right) \quad (3.13)$$

Енергоефективність електрокарта має велике значення для визначення його економічності та екологічності. Висока енергоефективність означає, що електрокарт може проїхати більшу відстань на одиницю енергії, що зменшує витрати на зарядку акумулятора і сприяє меншому впливу на навколишнє середовище.

Збільшення енергоефективності може бути досягнуто за рахунок використання більш ефективних компонентів, оптимізації конструкції та впровадження інноваційних технологій.

Основні технічні характеристики електрокарта показують, що система здатна забезпечити необхідну потужність і запас ходу для рекреаційного використання. Проведені розрахунки підтверджують працездатність електрокарта, що забезпечує максимальну швидкість до 50 км/год і запас ходу до 60 км на одному заряді акумулятора [16].

Технічні характеристики згідно розрахунків електрокарта наведені в таблиці 3.2:

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики електрокарта.

Параметр	Значення	Одиниці вимірювання
Напруга акумулятора	12	В
Ємність акумулятора	100	А×год

Потужність мотор-колеса	500	Вт
Кількість мотор-колес	2	
Максимальна швидкість	50	км/год
Загальна маса	150	кг
Сумарна потужність	1000	Вт
Струм, споживаний мотор-колесами	83.34	А
Запас ходу	60	км
Енергоефективність	0.05	км/Вт×год

### 3.1.2 Розрахунок на міцність рами електрокарта.

Розрахунок міцності рами електрокарта включає кілька основних етапів, кожен з яких є критично важливим для забезпечення надійності, безпеки та ефективності транспортного засобу. Розглянемо оптимальний розрахунок навантаження на раму. В загальному маса електрокарта з водієм становить 200 кг, а гравітаційне прискорення  $g=9.81 \text{ м/с}^2$ . Тоді статичне навантаження буде розраховуватись за формулою (3.14):

$$F = m \times g = 200 \times 9.81 = 1962 \text{ (Н)}; \quad (3.14)$$

Це навантаження розподіляється по рамі і потрібно визначити, які сили і моменти діють на кожную частину конструкції. Далі використовується метод скінченних елементів для детального аналізу розподілу цих сил і напружень.

Таким чином, розрахунок міцності рами електрокарта є складним і багатоетапним процесом, що включає моделювання, аналіз і оптимізацію конструкції для забезпечення її надійності і безпеки.

Згідно розрахунків був створений графік навантажень (рис.3.1) на раму електрокарта в якому описується рівень статичного ,динамічного та загального навантаження.

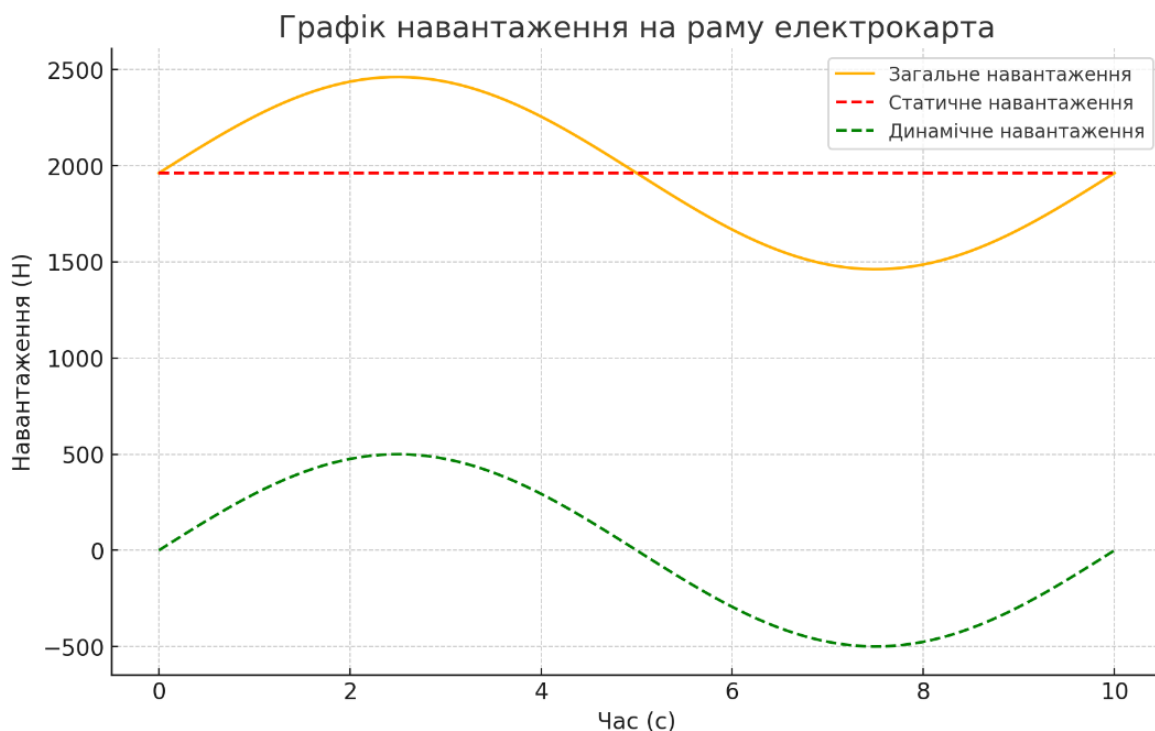


Рисунок 3.1 – графік навантаження на раму електрокарта

На графіку зображено розподіл навантаження на раму електрокарта з часом. Загальне навантаження (синя лінія) - сума статичного та динамічного навантаження, яке змінюється з часом.

Статичне навантаження (червона пунктирна лінія)- постійне навантаження, яке відповідає масі електрокарта і водія.

Динамічне навантаження (зелена пунктирна лінія) - навантаження, яке змінюється з часом, наприклад, через прискорення, гальмування та інші маневри.

Цей графік допомагає зрозуміти, як навантаження змінюється під час експлуатації електрокарта, що є критичним для аналізу міцності і надійності рами.

Для забезпечення надійності та безпеки конструкції електрокарта був проведений детальний аналіз міцності рами за допомогою програмного забезпечення SolidWorks. Метод скінченних елементів (FEM) був використаний для розрахунку розподілу напружень і деформацій у рамі під дією статичних та динамічних навантажень.

На рисунку (3.2) представлено результати цього аналізу. Кольорова шкала показує рівні напруження в різних частинах рами, що дозволяє ідентифікувати найбільш критичні зони, які потребують особливої уваги при проектуванні та виготовленні.

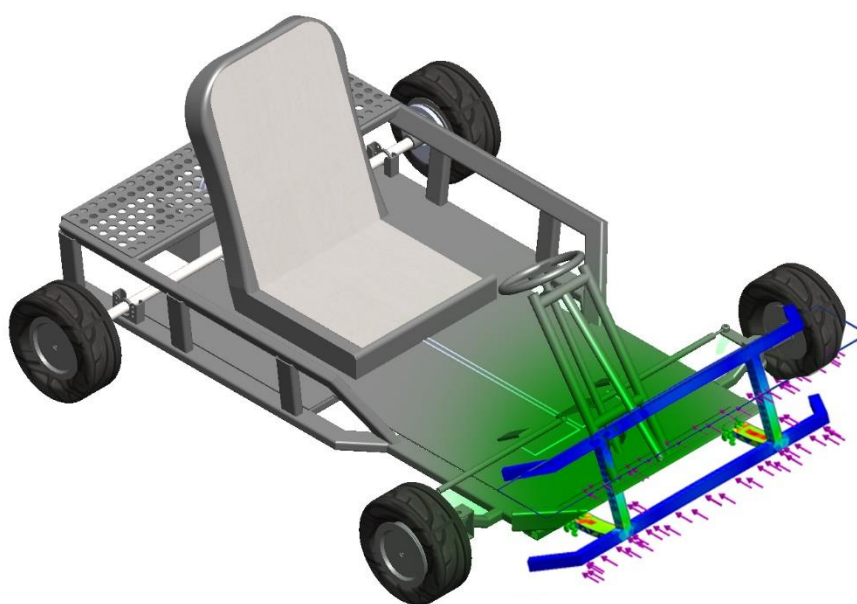


Рисунок 3.2 – Аналіз міцності рами електрокарта

Далі на рисунку (3.3) розглянемо передній відбійник більш детально, так як це найбільш важлива частина захисної конструкції електрокарта. Оскільки він є однією з найбільш вразливих і важливих частин конструкції. Передній відбійник виконує кілька ключових функцій, включаючи захист від ударів, розподіл навантажень і забезпечення загальної жорсткості рами. Важливо, щоб він був спроектований з урахуванням максимальних навантажень і можливих ударів під час експлуатації.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

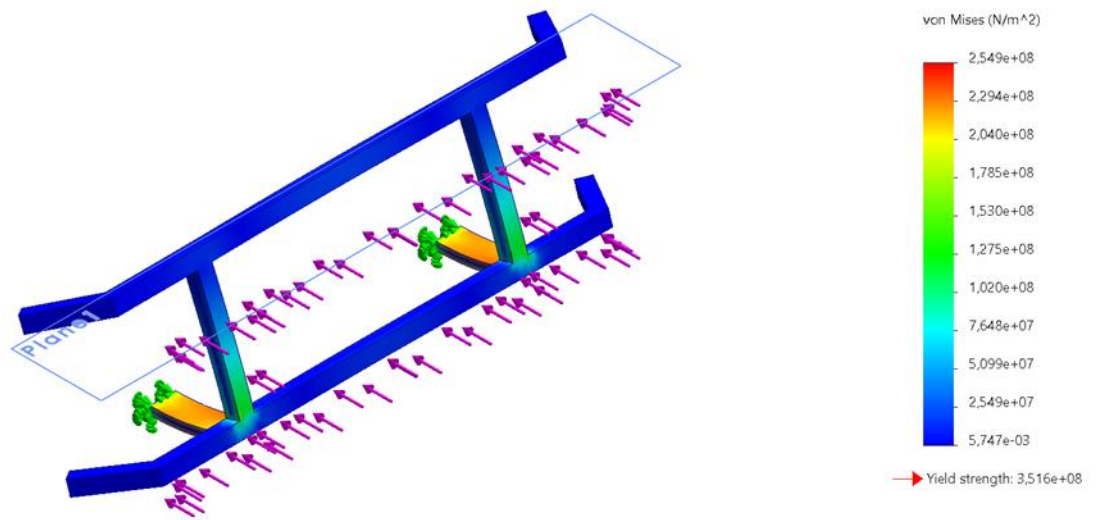


Рисунок 3.3 – Симуляція навантаження зусиллям на захисну раму електрокарта

Найбільші зусилля припадають на елементи кріплення захисного каркасу до основи конструкції електрокарта

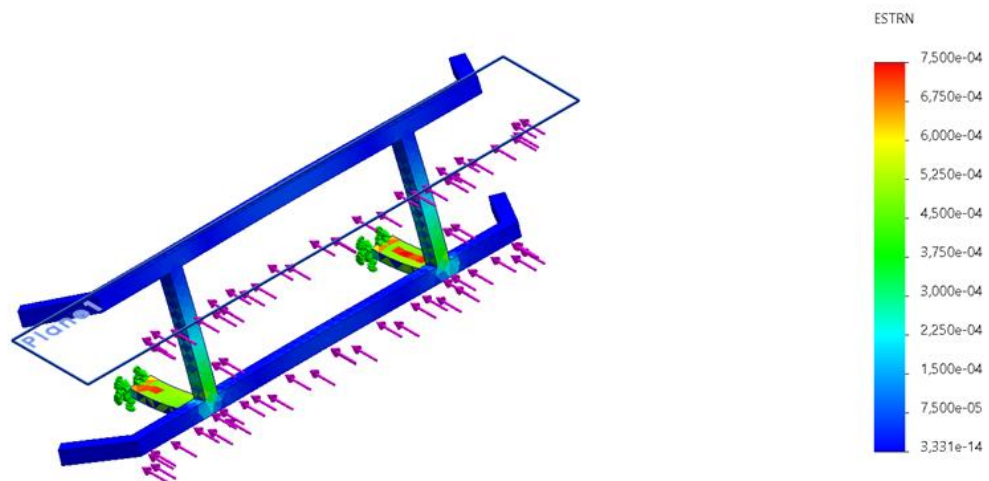


Рисунок 3.4 – Симуляція надривів на захисній рамі електрокарта

Рисунок 3.5 демонструє елементи які мають найбільше зміщення при навантаженні 200Н на захисний передній відбійник електрокарта.

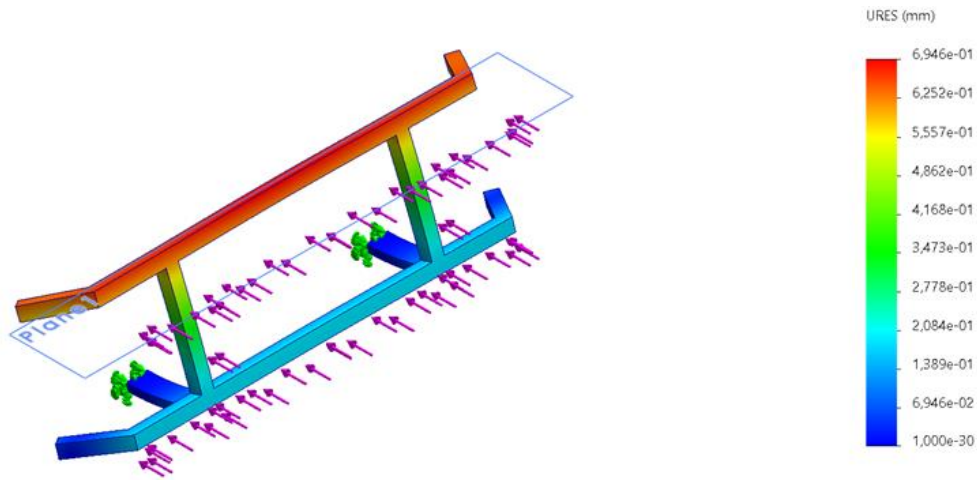


Рисунок 3.5 – Симуляція зміщення елементів захисної рами електрокарта

Результати аналізу показали, що рама електрокарта витримує передбачувані навантаження, проте є декілька зон з підвищеним напруженням, які можна оптимізувати для покращення загальної міцності та надійності конструкції.

В таблиці 3.3 вказана відстань та напрям зміщення чотирьох основних вузлів на які приходить зусилля в момент зіткнення електрокарта

Таблиця 3.3 – Параметри зміщення основних вузлів захисної рами.

Node	X(mm)	Y(mm)	Z(mm)	N/m <sup>2</sup>
1	-86,72	23,12	7,92	50,52
2	-29,48	23,11	7,92	50,52
3	-29,45	23,12	6,85	50,65
4	-86,78	23,12	6,85	50,73

### 3.2 Оцінка ефективності електрокарта.

Оцінка ефективності електрокарта.

Оцінка ефективності електрокарта є важливим етапом у розробці та аналізі його конструкції. Цей розділ розглядає різні аспекти ефективності електрокарта, включаючи енергетичну ефективність, економічність, екологічні переваги та практичність використання. На основі проведених раніше розрахунків та додаткових досліджень буде здійснено комплексну оцінку ефективності електрокарта.

Енергетична ефективність.

Енергетична ефективність електрокарта визначається як відношення запасу ходу до витраченої енергії. Як було розраховано в попередньому розділі, наш електрокарт має такі параметри:

- Напруга акумулятора: 12 В
- Ємність акумулятора: 100 А·год
- Потужність одного мотор-колеса: 500 Вт
- Кількість мотор-колес: 2
- Максимальна швидкість: 50 км/год
- Загальна маса: 150 кг

Сумарна потужність електрокарта становить 1000 Вт, а струм, споживаний мотор-колесами, дорівнює 83.34 А. Це дозволяє електрокарту працювати приблизно 1.2 години на повному заряді акумулятора, що забезпечує запас ходу в 60 км.

Енергоефективність електрокарта становить 0.05 км/Вт·год, що є хорошим показником для рекреаційних електричних транспортних засобів. Це означає, що електрокарт може проїхати 50 метрів на кожну витрачену ват-годину електроенергії.

Економічність.

Оцінка економічної ефективності електрокарта включає аналіз вартості

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

експлуатації та обслуговування. Основні складові витрат включають вартість заряду акумулятора. Припустимо, що середня вартість електроенергії становить 0.13 USD за кВт·год. Для зарядки акумулятора ємністю 100 А·год при напрузі 12 В необхідно 1.2 кВт·год. Таким чином, повний заряд акумулятора коштує приблизно 0.16 USD. Вартість обслуговування. Електричні транспортні засоби мають менше рухомих частин порівняно з бензиновими або дизельними транспортними засобами, що знижує вартість обслуговування та ремонту.

#### Екологічні переваги.

Електрокарти мають значні екологічні переваги, включаючи. Відсутність викидів вуглекислого газу під час роботи, що сприяє зниженню рівня забруднення повітря. Зниження шумового забруднення, оскільки електричні двигуни працюють значно тихіше за традиційні двигуни внутрішнього згорання.

#### Практичність використання.

Електрокарти є зручними та практичними для рекреаційного використання завдяки таким характеристикам. Легкість управління та маневрування, що робить їх ідеальними для використання в парках розваг, туристичних зонах та на приватних територіях. Відносно низька швидкість забезпечує безпечність для користувачів, особливо для дітей та підлітків. Швидкий заряд акумулятора дозволяє використовувати електрокарт протягом дня з короткими перервами на зарядку.

#### Додаткова інформація та перспективи.

Для подальшого покращення ефективності електрокарта можна розглянути такі заходи. Використання акумуляторів з вищою енергетичною щільністю, що дозволить збільшити запас ходу без значного збільшення маси. Впровадження систем рекуперації енергії, які дозволять частково повертати енергію під час гальмування. Використання легших матеріалів для конструкції рами та інших елементів, що дозволить знизити загальну масу електрокарта та підвищити його ефективність.

Оцінка ефективності електрокарта показує, що даний транспортний засіб має значний потенціал для використання в рекреаційних цілях. Він є

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

економічним, екологічно чистим та практичним у використанні, що робить його привабливим вибором для широкого кола споживачів.

### 3.3 Рекомендації щодо використання електрокарта.

У цьому розділі розглянемо ключові аспекти, які слід врахувати при використанні електрокарта. Правильне використання електрокарта не тільки забезпечить його тривалий термін служби, але й сприятиме безпечній та ефективній експлуатації.

#### Підготовка до експлуатації.

Перед використанням електрокарта необхідно провести наступні підготовчі дії. Перевірка стану акумулятора: Переконайтеся, що акумулятор повністю заряджений. Недостатньо заряджений акумулятор може призвести до зниження продуктивності та запасу ходу електрокарта. Огляд механічних частин: Проведіть візуальний огляд рами, підвіски та рульового механізму. Переконайтеся, що всі деталі знаходяться в належному стані та добре закріплені. Технічне обслуговування - перевірте рівень мастила в підшипниках, стан шин та наявність механічних пошкоджень. Регулярне технічне обслуговування дозволить уникнути поломок та забезпечить безпеку користування.

#### Правила експлуатації.

Під час використання електрокарта дотримуйтеся наступних правил. Дотримання швидкісного режиму, не перевищуйте максимальну швидкість, встановлену виробником. Це забезпечить безпеку як для водія, так і для оточуючих. Використовуйте гальмівну систему належним чином, уникаючи різкого гальмування, що може призвести до втрати контролю над електрокартом. Маневрування: При здійсненні маневрів будьте уважні до оточуючих об'єктів та людей. Уникайте різких поворотів на високій швидкості.

#### Зарядка та зберігання акумулятора.

Для забезпечення тривалого терміну служби акумулятора дотримуйтеся наступних рекомендацій.

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Використовуйте тільки зарядні пристрої, рекомендовані виробником. Уникайте перезарядки та розрядки акумулятора до нуля. Зберігання акумулятора: Зберігайте акумулятор у сухому, прохолодному місці. Уникайте тривалого зберігання при низьких температурах або в умовах високої вологості. Для забезпечення безпеки під час експлуатації електрокарта дотримуйтеся наступних правил. Захисне спорядження: використовуйте захисне спорядження, таке як шолом, наколінники та налокітники, особливо при використанні електрокарта на високих швидкостях. Дотримуйтеся правил дорожнього руху та сигналів. Не використовуйте електрокарт на дорогах загального користування, якщо це заборонено. Забезпечте, щоб електрокарт не використовували діти без нагляду дорослих або без відповідного навчання.

#### Технічне обслуговування.

Регулярне технічне обслуговування є ключовим фактором для забезпечення тривалого терміну служби та ефективності електрокарта. Проводьте регулярні огляди електрокарта на наявність зношених або пошкоджених деталей. Своєчасно замінійте зношені або пошкоджені деталі, такі як шини, підшипники та гальмівні колодки. Оновлення програмного забезпечення: Якщо ваш електрокарт оснащений електронними системами, слідкуйте за оновленнями програмного забезпечення та прошивки [17].

Дотримання вищенаведених рекомендацій щодо використання електрокарта допоможе забезпечити його безпечну, ефективну та тривалу експлуатацію. Правильний догляд, регулярне технічне обслуговування та дотримання правил безпеки є ключовими факторами для максимального використання потенціалу вашого електрокарта.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У цій бакалаврській роботі було розглянуто та детально проаналізовано процес розробки конструкції електрокарта, а також проведено розрахунки, що підтверджують його працездатність. Під час роботи було досягнуто наступних результатів.

У першому розділі було проведено огляд сучасних технологічних та технічних рішень, які використовуються в електрокартингу. Було розглянуто основні компоненти електрокартів, такі як мотор-колеса, акумуляторні батареї, контролери та рульові системи. Також було проаналізовано переваги та недоліки різних типів двигунів та акумуляторів, використання яких є доцільним для різних типів електрокартів (рекреаційних, спортивних тощо). В результаті було визначено оптимальні компоненти та технології для розробки ефективного електрокарта.

Другий розділ був присвячений детальному опису розробки конструкції електрокарта. Було розглянуто всі основні елементи конструкції, такі як рама, гальмівна система та рульовий механізм. Було проведено аналіз різних конструктивних рішень та вибрано оптимальні варіанти з урахуванням вимог до міцності, надійності та безпеки. Особливу увагу було приділено вибору матеріалів для рами та інших компонентів, що забезпечують легкість та довговічність конструкції. Було розроблено креслення та схеми, що відображають всі аспекти конструкції електрокарта.

У третьому розділі було проведено розрахунки, що підтверджують працездатність розробленої конструкції електрокарта. Було розраховано основні технічні характеристики, такі як потужність двигунів, ємність акумулятора, максимальна швидкість та запас ходу. Оцінено енергоефективність електрокарта та його економічність. Було визначено оптимальні параметри для забезпечення балансу між потужністю та тривалістю роботи на одному заряді акумулятора. Розрахунки підтвердили, що розроблена конструкція електрокарта є ефективною та відповідає заданим вимогам.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В цілому, проведена робота продемонструвала можливість створення ефективного та надійного електрокарта, що відповідає сучасним вимогам до рекреаційного транспорту. Використання сучасних технологій та ретельний аналіз конструктивних рішень дозволили розробити проект, який поєднує в собі енергоефективність, безпеку та економічність. Отримані результати можуть бути використані для подальших досліджень та вдосконалення конструкцій електрокартів, а також для практичної реалізації проекту.

					<i>БРМА24.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		55

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Картинг - вид технічних видів спорту. [Електронний ресурс]. Режим доступу:

<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B3> (дата звернення: 3.06.2024р.).

2. Андреев, О.В. Сучасні технології в електрокартингу: аналіз та перспективи розвитку // Науковий вісник – 2022. – Вип. 12. – С. 45-58.

3. Принцип дії електродвигуна і його устрій. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://moyaosvita.com.ua/fizuka/princip-di%20%D1%97-%20elektrodviguna-i-jogo-ustrij/>. (дата звернення: 3.06.2024р.).

4. Принцип дії електродвигуна. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://ni.biz.ua/8/8\\_12/8\\_129448\\_printsip-deystviya-elektrodivigatelya.html](http://ni.biz.ua/8/8_12/8_129448_printsip-deystviya-elektrodivigatelya.html). (дата звернення 4.06.2024)

5. Козак, В.А. Електричні двигуни для електротранспорту: типи та характеристики // Журнал електротехнічних наук – 2022. – № 4. – С. 78-84.

6. Мельник, О.С. Технології акумуляторних батарей для електричних транспортних засобів // Вісник машинобудування – 2021. – Т. 5, № 9. – С. 199-206.

7. Чумак, О.В. Проектування рами для електричних картів // Конструкторські рішення – 2021. – № 11. – С. 105-112.

8. Кузьмін В.О. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://af.khadi.kharkov.ua/fileadmin/F-AUTOMOBILE/%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%BE%D1%97\\_%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%BB%D1%83%D0%B0%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97\\_%D1%82%D0%B0\\_%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B2%D1%96%D1%81%D1%83\\_%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%B9/Student\\_science/2021/TESA\\_Kuzmin\\_2021.pdf](https://af.khadi.kharkov.ua/fileadmin/F-AUTOMOBILE/%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%BE%D1%97_%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%BB%D1%83%D0%B0%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97_%D1%82%D0%B0_%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B2%D1%96%D1%81%D1%83_%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%B9/Student_science/2021/TESA_Kuzmin_2021.pdf). (дата звернення: 10.06.2024р.).

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Electric Kart Motors and Controllers. (2023). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.kartingworld.com/electric-kart-motors-and-controllers/>. (дата звернення: 11 червня 2024 р.).

10. Bosh electric go-cart. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://www.motorauthority.com/news/1104137\\_bosch-creates-electric-go-kart](https://www.motorauthority.com/news/1104137_bosch-creates-electric-go-kart). (дата звернення 11.06.2024)

11. Electric transportation. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.bestbuy.com/site/electrictransportation/electric-go-karts/pcmcat1615569815819.c?id=pcmcat1615569815819>. (дата звернення: 15.06.2024 р.).

12. Electric Go-Kart Performance Analysis. (2022). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.kartperformance.com/electric-go-kart-performance-analysis/>. (дата звернення: 15.06. 2024 р.).

13. Рекуперативне гальмування. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%BA%D1%83%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B5\\_%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BC%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%BA%D1%83%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B5_%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BC%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F). (дата звернення: 16.06.2024р.).

14. Загальна будова гальмівної системи з гідравлічним приводом. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://vseosvita.ua/lesson/zahalna-budova-halmivnoi-systemy-z-hidravlichnym-pryvodom-592866.html>. (дата звернення 19.06.2024р.).

15. Бойко, І.М. Розробка конструкції та технічні рішення для електрокартів // Технічні науки – 2021. – Т. 3, № 7. – С. 123-130.

16. Energy Efficiency of Electric Vehicles. (2022). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.energy.gov/eere/electricvehicles/energy-efficiency-electric-vehicles> (дата звернення: 19.06.2024 р.).

17. Optimizing Electric Go-Kart Performance. (2023). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.optimalkartperformance.com/optimizing-performance/> (дата звернення: 16.06.2024 р.).

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58