

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ, ТРАНСПОРТУ ТА АРХІТЕКТУРИ
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

«Розробка пристрою для збільшення автономності руху
електромобіля на прикладі Renault Fluence Z.E.»

Рівень вищої освіти перший бакалаврський
Галузь знань 27 Транспорт
Спеціальність 274 Автомобільний транспорт
Освітня програма Автомобільний транспорт

Шифр КвРАТ. 21114.01.02.00

Виконав студент 4 курсу група АТ-21-1



Підпис

Ігор ГОРБАЧУК

Керівник к.т.н., доцент каф. ТАМ



Підпис

Сергій ПОСОНСЬКИЙ

Нормоконтролер к.т.н., доцент каф. ТАМ



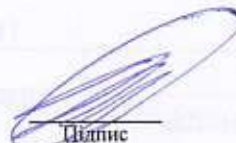
Підпис

Олег БАБАК

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри ТАМ

06.06.25

Дата



Підпис

Олександр ДИХА

Хмельницький, 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства
Рівень вищої освіти перший бакалаврський
Галузь знань 27 Транспорт
Спеціальність 274 Автомобільний транспорт
Освітня програма Автомобільний транспорт

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТАМ


Диха О.В.
2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Горбачуку Ігору Миколайовичу

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи: Розробка пристрою для збільшення автономності руху електромобіля на прикладі Renault Fluence Z.E.

керівник роботи: Посонський Сергій Феліксович, доцент каф. ТАМ.

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

Затверджено наказом університету від 07.02.2025 р. № 23 (Д 26)

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 16.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Матеріали курсових проектів, робіт, практики.

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

1) Аналіз енергозабезпечення електромобіля Renault Fluence Z.E.

2) Теоретичні аспекти розробки пристрою.

3) Проектування пристрою для збільшення автономності руху електромобіля Renault Fluence Z.E.

4) Висновки, рекомендації

5. Перелік графічного матеріалу (презентація):

Розробити презентацію у вигляді слайдів з розкриттям питань відповідно до мети роботи.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання 21. 04 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/П	Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
1	<i>Аналіз енергозабезпечення електромобіля Renault Fluence Z.E.</i>	4.05.25	вик
2	<i>Теоретичні аспекти розробки пристрою.</i>	16.05.25	вик
3	<i>Проектування пристрою для збільшення автономності руху електромобіля Renault Fluence Z.E.</i>	26.05.25	вик
4	<i>Висновки, рекомендації</i>	10.06.25	вик
5	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	12.06.25	вик
6	<i>Допуск до захисту</i>	14.06.25	вик
7	<i>Захист дипломної роботи</i>	16.06.25	

Студент


Підпис

Ігор ГОРБАЧУК

Керівник кваліфікаційної роботи


Підпис

Сергій ПОСОНСЬКИЙ

РЕФЕРАТ

Студент групи АТ-21-1 Горбачук І.М.

Структура та обсяг пояснювальної записки. Дипломна робота на тему «Розробка пристрою для збільшення автономності руху електромобіля на прикладі Renault Fluence Z.E.» складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який налічує 17 найменувань, розміщених на 2 сторінках, та 8 додатків розміщених на сторінках. Роботу викладено на 72 сторінках, з них 64 сторінок основного тексту, на яких розміщено 48 рисунків і 3 таблиці.

Сьогодні електромобілі стали реальністю і сприймаються як можлива альтернатива автомобілям з паливним двигуном. Хоча ці автомобілі мають багато переваг, у них є суттєва проблема: їхні батареї. Акумулятори для електромобілів ще недостатньо розроблені, щоб вирівнювати здатність накопичувати енергію бензину. Через проблеми, що впливають із використання акумуляторів в автомобілях плюс різниця в ціні між ними, поєднання обох ресурсів (електричний і паливний двигун) є найкраще рішення на даний момент, це гібридні автомобілі.

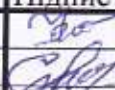
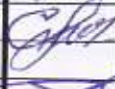

Метою цієї дипломної роботи є проектування пристрою для збільшення автономності руху електромобіля Renault Fluence Z.E.

Кінцевий результат цього проекту демонструє загальний вигляд пристрою для збільшення автономності руху (Range Extender) для Renault Fluence Z.E. Цей Range Extender складається з Mahle генератора та 40-літрового паливного бака, укладених у корпус. Система буде прикріплена до буксирного гака, попередньо встановленого та адаптованого до цього автомобіля за допомогою спеціальної системи кріплення.

Ключові слова: ЕЛЕКТРОМОБІЛЬ, АВТОНОМНІСТЬ РУХУ, ГЕНЕРАТОР, ЗЧІПНИЙ ГАК, МОДЕЛЮВАННЯ, ПРИСТРІЙ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІЗ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ RENAULT FLUENCE Z.E.	8
1.1 Забезпечення автономності руху електромобілів.	8
1.2 Електромобіль Renault Fluence Z.E.	13
1.3 Аналіз комплектуючих пристрою для збільшення автономності руху електромобіля.	18
1.3.1 Моделі електрогенераторів.	18
1.3.2 Системи кріплення.	20
1.3.3 Типи зчіпних гаків.	22
2 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ ПРИСТРОЮ	23
2.1 Моделювання в Solidworks	23
2.2 Зварювання елементів.	26
3 ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ АВТОНОМНОСТІ РУХУ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ RENAULT FLUENCE Z.E	29
3.1 Дослідження автономності Renault Fluence Z.E.	29
3.2 Вибір електрогенератора.	29
3.3 Вибір місця для розміщення двигуна.	33
3.4 Аналіз зчіпного гака.	39
3.5 Конструкція системи кріплення.	41
3.6 Проектування конструкції підтримки.	44
3.6.1 Вибір форми конструкції.	44
3.6.2 Профіль брусків.	47
3.6.3 Визначення сили.	48

КвРАТ. 21114.01.02.00									
Зм	Арк	№ Докум.	Підпис	Дата	Розробка пристрою для збільшення автономності руху електромобіля на прикладі Renault Fluence Z.E.	Літера	Аркуш	Аркушів	
Виконав		Горбачук						4	72
Перевір.		Посонський							
Н.контр. Затвер.		Бабак Диха							ХНУ АТ-21-1

3.6.4 Розв'язування задачі в Solidworks.	50
3.6.5 Оцінка системи кріплення.	58
3.7 Розрахунок зварювання конструкції.	61
3.8 Зовнішній дизайн.	65
3.8.1 Чохол.	65
3.8.2 Сигналізація системи.	66
3.8.3 Остаточний вигляд зовнішнього дизайну	67
ВИСНОВКИ	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	70
ДОДАТКИ	72

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ВСТУП

Основним джерелом палива для ДВЗ є бензин і дизель, похідні від нафти. Призначення палива - вивільняти теплотворну енергію, яку можна трансформувати в інший вид енергії. Користувачі використовують його для генерації тепла, яке перетворюється в кінетичну енергію. Через проблеми, які почали з'являтися зі зростанням витрати палива для двигунів внутрішнього згорання, потрібно було шукати нове більш стійке паливо. Основні проблеми пов'язані зі споживанням бензину є масове споживання нафти та пов'язані з цим проблеми.

В останні роки з'явилися нові альтернативні види палива. Дослідження отримали інші альтернативи бензину як біопаливо, спиртове паливо або водень. Тим не менше, всі ці альтернативи все ще мають кілька проблем, як нестабільне виробництво біопалива або складність зберігання водню.

Електрика є однією з альтернатив, які останнім часом стають все більш корисними як джерело енергії для руху автомобіля. Сьогодні електромобілі стали реальністю і сприймаються як можлива альтернатива автомобілям з паливним двигуном. Хоча ці автомобілі мають багато переваг, у них є суттєва проблема: їхні батареї. Акумулятори для електромобілів ще недостатньо розроблені, щоб вирівнювати здатність накопичувати енергію бензину. Через проблеми, що впливають із використання акумуляторів в автомобілях плюс різниця в ціні між ними, поєднання обох ресурсів (електричний і паливний двигун) є найкраще рішення на даний момент, це гібридні автомобілі.

Тим не менш, ця система передбачає наявність одного паливного двигуна, який здебільшого вимкнений. Цей факт викликає необхідність шукати рішення, яке дозволяє користувачеві електричного автомобіля встановлення паливного двигуна лише за потреби. В останні роки деякі рішення електромобілів зі знімними системами для розширення діапазону

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

автономності з'явилися на ринку. Однак ці рішення зазвичай полягають у причепі, що встановлюється в задній частині автомобіля і створює погане естетичне враження. Було б цікаво розробити пристрій, який буде встановлено в задній частині автомобіля таким чином, щоб він не використовував додаткову пару коліс.

Метою цієї дипломної роботи є проектування пристрою для збільшення автономності руху електромобіля Renault Fluence Z.E.

Завдання роботи:

- 1) Виконати аналіз енергозабезпечення електромобіля Renault Fluence Z.E.
- 2) Спроекувати систему для збільшення автономності руху електромобіля.
- 3) Виконати перевірку на міцність конструкції пристрою для збільшення автономності руху електромобіля.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ RENAULT FLUENCE Z.E.

1.1 Забезпечення автономності руху електромобілів.

Акумулятори є частиною системи руху електромобіля, яка зберігає електроенергію. Вони засновані на оборотних хімічних реакціях. Проблеми з батареями наступні:

1) Висока вартість в порівнянні з цінами на систему зберігання палива, що піднімає ціни на електромобілі. Наприклад, електрична версія Renault Fluence коштує 25000 євро, тоді як паливна версія доступна від 14000 євро [1]. Незважаючи на велику різницю в ціні, зарядка повністю електричного автомобіля набагато дешевша, ніж заправка палива двигуна автомобіля.

2) Час зарядки тривалий, тоді як заправка паливного баку займає лише кілька хвилин. Час зарядки залежить від системи, яку вибирає клієнт, але в середньому перезарядка займає близько шести годин [2].

3) Батареї займають багато місця і, як правило, дуже важкі. Наприклад в Renault Fluence Z.E. вага повної електросистеми 410 кг, тоді як система паливного двигуна важить близько 200 кг без урахування палива в баку.

4) Акумулятори мають дуже низьку щільність енергії в порівнянні з паливом. Це означає, що для вирівнювання енергії потрібен величезний об'єм акумуляторів.

Отже, основна проблема полягає в низькій автономності повністю електричних автомобілів. Ця проблема спричинена низькою щільністю енергії сучасних акумуляторів. За даними компанії Bosch необхідно втричі збільшити співвідношення потужність-вага АКБ і зниження їх вартості на 66 %, щоб бути гарною альтернативою автомобілям з паливним двигуном.

Щоб зробити електричні транспортні засоби більш привабливими на ринку, ведуться пошуки поєднання між електрикою та паливом. Це дає

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інший вид транспортних засобів, таких як гібридні транспортні засоби. Нині переважна більшість автомобілів мають двигун внутрішнього згорання. Отже, щоб зменшити велику кількість автомобілів з паливним двигуном, нові електромобілі мають досягти подібного діапазону автономності ходу. Тут важливу роль відіграють гібридні автомобілі.

Повністю електричні автомобілі мають дуже обмежену автономність, наприклад у випадку з Renault Fluence Z.E. автономність становить близько 180 км. [1].

В даний час на ринку можна знайти кілька рішень для підвищення автономності руху електромобілів. Зазвичай такі пристрої розміщені в невеликому причепі, що значно збільшує довжину автомобіля та додає додаткову пару коліс. Тим не менш, немає жодного рішення, яке б не вимагало використання додаткової пари колеса. Розробка системи для кріплення на зчпний гак без додаткових опорних точок стане набагато більш естетичним і ефективним рішенням, завдяки тому факту, що не буде втрат на тертя, спричинених додатковими колесами.

Проблема конструкції пристрою для збільшення автономності руху (з англ. «Range Extender») була вирішена раніше. Більшість рішень полягають у додаванні паливного двигуна або водневого елемента під капот. Деякі інші рішення полягають у паливному двигуні, встановленому в невеликому причепі. Однак рішення, яке полягає в кріпленні системи «Range Extender» на зчпному гаку не було розроблений раніше, тому що йому потрібна конструкція, яка витримує всю вагу пристрою. Розвиток цього рішення буде здійснюється шляхом додавання вже існуючих продуктів на ринку, тобто поєднання продуктів, уже розроблених різними компаніями.

Цей процес полягає в зміні Renault Fluence Z.E. від повністю електричного автомобіля до EREV (електричний транспортний засіб із збільшеним запасом ходу) у спосіб, на якому складається система зовнішнього пристрою, який можна знімати та монтувати за необхідності.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На сьогодні електромобілі не дуже поширені, і, принаймні на даний момент, занадто дорогі, щоб стати цікавою альтернативою для пересічного водія. Поступово ми бачимо, як автомобільні компанії додають електромобілі у свої лінійки. Ці автомобілі мають багато переваг, включаючи повне зменшення забруднення повітря в містах і залежність від нафти. З іншого боку, впровадження електромобілів має величезну проблему, таку як батареї.

Вирішити проблему низької автономності електромобілів намагаються компанії шляхом розвитку іншого типу автомобілів: гібридні транспортні засоби. Використання в гібридних автомобілів два джерела енергії для їх руху. Один на основі електричного двигуна, а інший на базі ДВЗ. Деякі з переваг гібридних електричних транспортних засобів походять із зародження електричного руху, наприклад [3]:

- Рекуперативне гальмування, що дозволяє використовувати енергію, що утворюється при гальмуванні автомобіля, щоб зарядити батареї.
- ДВЗ меншого розміру, ніж у паливному автомобілі. Це дозволяє максимально зменшити вагу автомобіля, зменшуючи втрати на тертя.
- Значне зниження споживання палива. Близько п'ятдесяти відсотків від норми споживання.
- Менше шкідливих викидів.
- Перехід на альтернативні види палива, зменшення залежності від викопного палива.

Типи конфігурації гібридних автомобілів [4]. Є 2 основні конфігурації гібридних автомобілів, паралельна конфігурація, показана на рисунку 1.1, і послідовна конфігурація, показана на рисунку 1.2. Деякі автомобілі мають систему, яка поєднує обидві конфігурації таким чином, щоб двигун міг змінити свою позицію в розкладі і працювати з найбільш вигідною системою.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

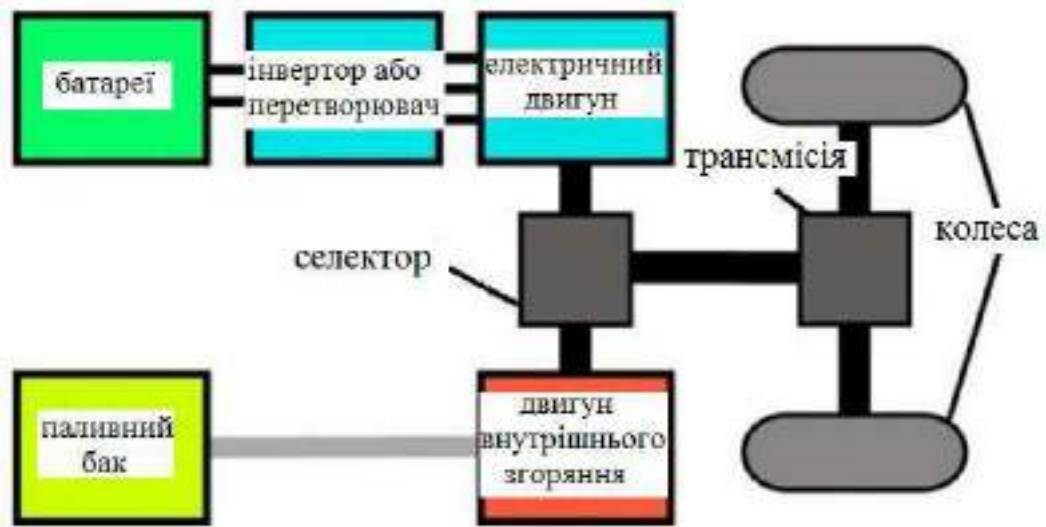


Рисунок 1.1 – Деталі паралельної конфігурації.

Головною особливістю паралельної комплектації гібридних автомобілів є наявність двигуна внутрішнього згоряння що має пряму механічну передачу з колесами, як і електродвигун. Обидва можуть працювати одночасно або чергуватися, наприклад ДВЗ працює, коли електричний двигун розрядив батареї або навіть коли потрібна додаткова потужність. Ця конфігурація має перевагу, оскільки вона може забезпечити більше потужності автомобіля завдяки тому факту, що обидва двигуни можуть працювати разом.

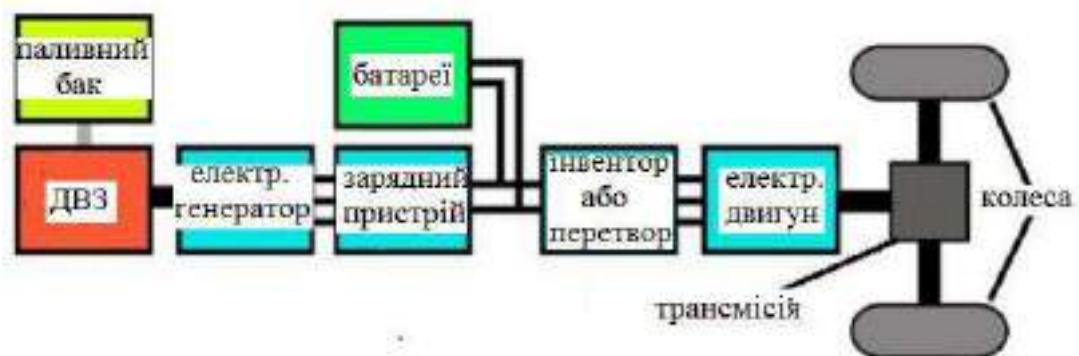


Рисунок 1.2 – Деталі послідовної конфігурації.

Гібридні автомобілі послідовної конфігурації також називають Extended Range Electric (EREV). Ці машини також мають два двигуни, але тільки електричний підключається безпосередньо до трансмісії, тому автомобіль приводиться в рух електричною тягою. Вони мають свій ДВЗ підключений до генератора для підзарядки акумуляторної батареї під час руху автомобіля. Такий гібридний автомобіль має ряд переваг: він менш складний, ніж з паралельною конфігурацією автомобіля, двигун можна розмістити де завгодно, оскільки механічна трансмісія з колесами не потрібна і двигун працює дуже ефективно. Гібридні автомобілі послідовної комплектації містять:

- Електричний двигун, тобто колеса приводяться в рух тільки за допомогою електричної тяги.

- ДВЗ, який використовується як генератор для підзарядки акумуляторів.

- Генератор, з'єднаний з двигуном внутрішнього згорання.

- Батареї для економії електроенергії.

- Регенеративні гальма. Щоб заощадити потенційні втрати енергії в фрикційних гальмах і перетворити цю енергію в електричну, яку можна використовувати підзарядки.

- Вилка для підключення до системи електропостачання для підзарядки батареї.

Зазвичай повністю заряджений електричний автомобіль має близько 90 км автономності; деякі приклади, Renault Twizy із запасом ходу 100 км або Reva, електричний автомобіль-бестселер до 2009 року з запасом ходу 80 км.

Але є деякі винятки, такі як електромобіль Volvo або Tesla Roadster. Вони можуть проїхати близько 400 км до підзарядки. Автономність різних типів автомобілів можна побачити в таблиці 1.1.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Автономність електрокарів.

Модель автомобіля	Тип автомобіля	Автономність
Renault Fluence Z.E.	Повністю електричний	180 км
Tesla Roadster	Повністю електричний	400 км
Toyota Prius	Паралельний гібрид	1200 км
Opel Ampera	Послідовний гібрид	500 км

1.2 Електромобіль Renault Fluence Z.E.

Автомобіль, обраний у цій дипломній роботі як EREV, це Renault Fluence Z.E. зображений на рисунку 1.3, це електрична версія Renault Fluence. Згідно з даними на сайті Renault, його максимальна швидкість становить 135 км/год, запас ходу 180 км за новим європейським циклом руху (NEDC).

Літій-іонний акумулятор розташований за задніми сидіннями. Вага системи батарей складає 250 кг і має енергетичну ємність 22 кВт/год при напрузі 400 В. Автомобіль можна заряджати від звичайної домашньої розетки за допомогою перехідника, але необхідно додатково придбати специфічний адаптер. Електричний двигун має потужність 70 кВт (95 к.с.) і важить 160 кг. [5].

Автономність електромобіля обчислюється методом під назвою «Новий європейський цикл руху» (NEDC) [6]. Цей метод складається з а випробування, під час якого автомобіль із пробігом від 3000 до 15 000 км поміщають у кімнату з температурою від 20 °С до 30 °С, з вимкненим двигуном щонайменше на шість годин. У цьому тесті не враховується опір повітря або нахил дороги. Тест ділиться на дві частини: міська та відкрита дорожня частини.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13



Рисунок 1.3 – Електромобіль Renault Fluence Z.E.

Повний процес – маршрут протяжністю 11 кілометрів і 7 метрів. Коли всі ці умови виконано, починають тест:

Ось кроки тесту в міській зоні:

- 1) Автомобіль увімкнено і він залишається нерухомим 40 секунд.
- 2) Його розганяють до 15 км/год, а потім зупиняють.
- 3) Після очікування 50 секунд він розганяється до 35 км/год, а потім зупиняється.

4) Після очікування ще 50 секунд швидкість розганяється до 50 км/год, а потім сповільнюється до 27 км/год і зупиняється.

5) Всі ці кроки будуть повторені чотири рази.

Ось кроки тесту у відкритій зоні дороги:

1) Автомобіль прискорюється від 0 до 70 км/год і підтримується на цій швидкості одну хвилину. Потім швидкість сповільнюється до 50 км/год і підтримується одну хвилину. Знову прискорюється до 70 км/год і підтримується ще одну хвилину. Відразу після цієї хвилини ще прискорюється до 100 км/год і втримується кілька секунд.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) Автомобіль прискорюється до 120 км/год на кілька секунд, а потім зупиняється.

Повний графік тесту для Renault Fluence Z.E. можна побачити на рисунку 1.4.

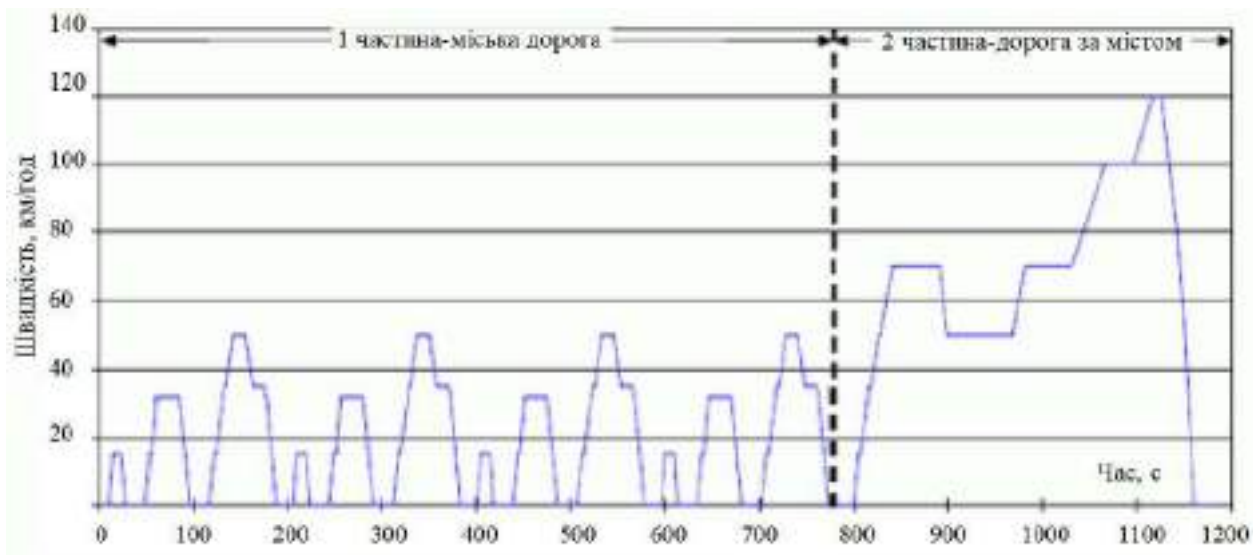


Рисунок 1.4 – Новий європейський цикл руху електромобіля Renault Fluence Z.E.

Окрім тесту автономності NEDC, було розроблено ще один більш реалістичний тест, а саме тест, який включав водіння по дорозі та місту, у якому брали участь кілька людей, тому випадкові фактори були усунені [6]. Дані, отримані під час цього тесту, показують середнє споживання 11,3 кВт/год/100 км. Цей тест був розроблений на маршруті протяжністю 60 км по місту. Однак на тій же веб-сторінці було розроблено інший тест із Kangoo Z.E., ще однією електричною моделлю Renault. Цей тест включав сильні прискорення та більш несприятливі умови для автономності акумуляторів і показав споживання 19 кВт/год/100 км. [6].

Для Renault Fluence Z.E. існує два способи заряджання [5].

1) Спосіб повільної зарядки: підключення автомобіля до звичайної електромережі (220В, 16А, ~3200Вт). Враховуючи, що ємність акумулятора 22кВт*год:

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

$$22kWh = 3.2kW \cdot x \quad (1.1)$$

цей результат становить близько 6,875 годин заряджання.

$$x = 6.875h$$

2) Швидкий спосіб зарядки: підключення автомобіля до спеціальної зарядної станції, яка забезпечує високу потужність. Це можна зробити лише в деяких країнах, які впроваджують такий вид послуг (22 кВт, 60 хв).

З'єднання з акумуляторами.

Електромобіль Renault Fluence Z.E. використовує з'єднувальний провід, розроблений компанією EV Plug Alliance. Цей зв'язок має такі особливості [5]:

- 5 роз'ємів.
- Монофазне з'єднання з адаптером.
- 250 В/ 32 А/ 22 кВт/

На рисунку 1.5 10 можна побачити штекер Renault Fluence Z.E, який використовується для зарядки акумулятора, можна побачити 5 штифтів роз'єму. Один з великих роз'ємів для фази, інший - для нуля, а решта - для захисту (заземлення). Два маленьких с роз'ємів створені для взаємозв'язку.

Загальна схема двигуна Renault Fluence Z.E. зображена на рисунку 1.5.

Він складається з кількох частин, функції яких описані нижче:

- Сполучна коробка: увесь потік енергії має проходити через цей компонент.
- Зарядний пристрій: це частина, яка відповідає за передачу електричної енергії від дроту на 220 В до акумуляторів на 400 В для їх зарядки.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

- Електронний блок живлення / перетворювач: перетворює електричну енергію в трифазну, щоб вона могла працювати з двигуном.

- Двигун / редуктор: використовує електричну енергію від акумуляторів для створення руху.

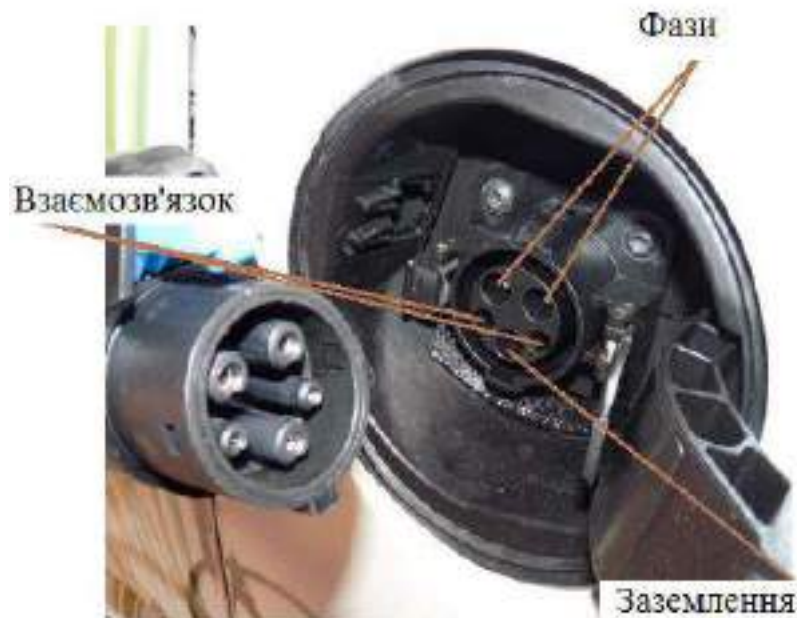


Рисунок 1.4 – Зарядний штекер Renault Fluence Z.E



Рисунок 1.5 – Компонування двигуна Renault Fluence Z.E

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Поки йде зарядка, схема така, як показано на рисунку 1.6.

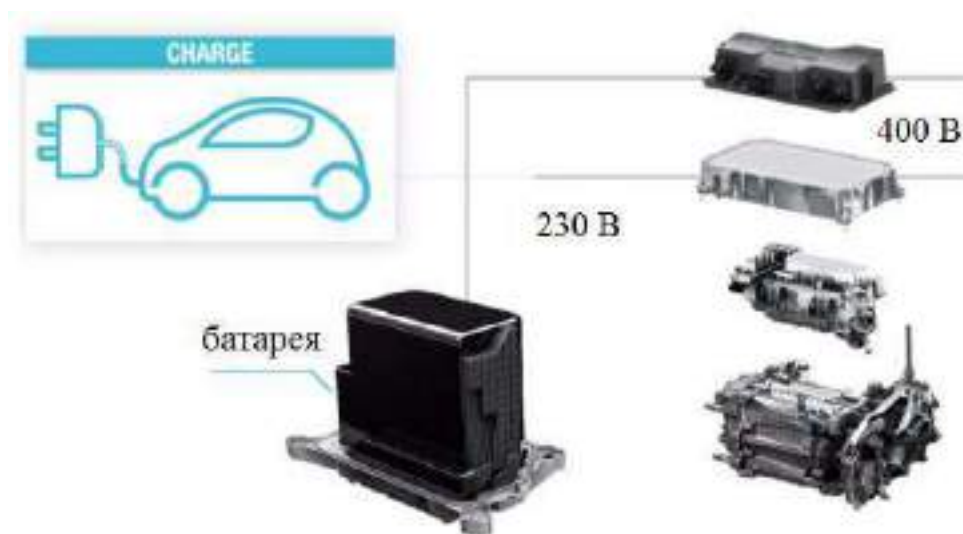


Рисунок 1.6 – Схема процесу зарядки.

Автомобіль підключено до електромережі; електрика проходить через зарядний пристрій і змінюється на 400 В. Він проходить через з'єднувальну коробку і заряджає батареї.

1.3 Аналіз комплектуючих пристрою для збільшення автономності руху електромобіля.

1.3.1 Моделі електрогенераторів.

У виробників «Honda» легко знайти кілька електричних генераторів. Для цього проекту обрано Honda ECM-10 через те, що він є найпотужнішим. Технічні характеристики та деталі можна побачити в Додатку А [7].

Крім того, зважаючи на специфікації конструкції та пов'язані з нашими потребами, в даного генератора постійне джерело живлення: 7 кВт.

Від виробників «Taigüer» найпотужніший електрогенератор на бензині - Taigüer XX8500LE. Його постійна потужність: 6 кВт. Деталі можна побачити в Додатку А. Генератор «TAIGÜER ICV840E». Цей двигун також з

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

серії «Taigüer», це дизельний двигун з робочим об'ємом 836 см³. Його автономність здатна досягати 8 годин при запасі 25 літрів палива. Він постійно працює на 3000 об/хв, а також має електричний запуск. Він важить 200 кг і має розміри: 870x780x830 мм. [8]. Має постійну потужність 8 кВт.

Mahle GmbH є одним із 30 найбільших постачальників автомобільної продукції в усьому світі. Ця компанія розробила механізм для роботи спеціально як Range Extender для електромобілів. Це Mahle Range Extender. Після звернення до компанії по електронній пошті була отримана детальна інформація про цей подовжувач та його технічні характеристики. Цей механізм показано на рисунку 1.7 [9].



Рисунок 1.7 – Mahle Range Extender – 30.

Цей двигун має робочий об'єм 900 см³. Це рядний 2-циліндровий 4-тактний бензиновий двигун. Він призначений для роботи на 4000 об/хв, виробляючи максимальну потужність 30 кВт. Його розміри складають 327x416x481 мм, а вага - 70 кг (без паливного бака). Якщо додати паливний бак на 40 літрів і контролер, його вага досягає 130 кг. Його середнє споживання становить 240 г/кВт-год при виробленні 15 кВт і 250 г/кВт-год при виробленні 30 кВт. [9]. Renault Fluence Z.E. може заряджатися при максимальній потужності 22 кВт, середнє споживання буде прийнято 245 г/кВт-год.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.2 Системи кріплення.

Кріплення Opel Flexi. Виробник Opel представив спосіб легкого транспортування велосипедів. Система являє собою невеликий лоток позаду автомобіля, який можна заховати, коли він не використовується. Це кріплення дозволяє перевозити велосипеди без необхідності купувати причіп. Цей лоток може витримати навантаження близько 40 кг. тому буде взято до уваги розробку подібного лотка, але більш стійкого, для розміщення двигуна внутрішнього згоряння. Система flexi fix показана на рисунку 1.8.



Рисунок 1.8 – Opel Flexi fix.

Одними з можливих переваг цієї системи є передбачуваний низький опір повітря та можливість встановлення двигуна на такій висоті.

Буксирна коробка «Towbox» це назва бренду нової транспортної системи, яка використовує переваги зчпного гака, який можна встановити в задній частині автомобіля. Ця система складається з металевої конструкції, в якій розміщений накопичувальний простір. Існують різні варіанти складського рішення в залежності від потреб замовника:

- Буксирувальний ящик (Towbox): пластиковий кейс для транспортування будь-яких матеріалів.

- Вантажний буксир (Towbox Cargo): відкритий транспортний майданчик для всіх видів матеріалів. Приклад можна побачити в Додатку Б.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Буксирна коробка для собак (Towbox Dog): спеціальна пластикова клітка для транспортування собак та інших домашніх тварин. Цей варіант можна побачити в Додатку Б.

- Буксирна платформа (Towbox Ciclos): багатофункціональна платформа для транспортування 3 велосипедів. Це рішення можна побачити в Додатку Б.

Щоб мати можливість встановити цю систему, єдиною необхідною умовою є наявність зчіпного гака (фар копу) в задній частині автомобіля. За допомогою важеля можна активувати систему замка, яка включає в себе захисну застібку.

Як показано на рисунку 1.9 і в Додатку В, система Towbox має кілька сигнальних вогнів, щоб зробити її видимою для інших водіїв і, отже, безпечною. Ці ліхтарі розміщені з урахуванням європейського нормативу 74/483/СЕЕ (Комісія Європейського Співтовариства), в якому пояснюються реквізити сигналізації знімних систем для автомобіля.



Рисунок 1.9 – Система кріплення буксирної коробки.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

1.3.3 Типи зчіпних гаків.

На ринку є кілька зчіпних гаків, які можна прикріпити до транспортних засобів. Деякі з них [10]:

- Стационарний зчіпний гак. Підходить для роботи з невеликим навантаженням, як невеликі причепа. Їх не можна від'єднувати.

- Змішаний гак: вони зазвичай використовуються в автомобілях 4x4. Вони містять невеликий циліндр для кріплення спеціальних причепів.

- Пластинчастий зчіпний гак. Дуже підходить при роботі з великими вертикальними навантаженнями. Їх не можна від'єднувати. Характеристики моделі гака з пластиною: значення «D»: 17 кН і значення «S»: 205 кг.

Де «значення D» означає максимальне горизонтальне навантаження, яке він здатний витримати. «Значення S» означає максимальне вертикальне навантаження.

На рисунку 1.10 наведено приклад пластинчастого зчіпного гака.



Рисунок 1.10 – Пластинчастий зчіпний гак.

У Додатку Г можна знайти більше інформації про цей гак та його розміри.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ ПРИСТРОЮ

2.1 Моделювання в Solidworks.

Solidworks - це програмне забезпечення для автоматизації механічного проектування, яке працює в Microsoft Windows. Це простий у освоєнні інструмент, який дає змогу розробникам механіки швидко накидати свої ідеї, експериментувати з операціями і розмірами та створювати моделі з детальними кресленнями [11].

Solidworks Simulation - це система аналізу дизайну, повністю інтегрована в Solidworks. Він призначений для наступних видів аналізу: напруження, частота, прогин, термічний вплив та оптимізація [11].

Моделювання Solidworks використовує метод кінцевих елементів (FEM). FEM прийнято як стандартний метод аналізу через його загальність і сумісність для впровадження в комп'ютерах. FEM ділить модель на численні невеликі прості фрагменти, які називаються «елементами», які ефективно замінюють складну проблему багатьма простими задачами, які потрібно розв'язувати одночасно. Процес поділу моделі відомий як створення сітки. Поведінка кожного елемента добре відома в усіх ситуаціях можливих опор і навантажень. FEM використовує різні форми елементів.

Відповідь елемента в будь-який час інтерполюється з відповіді всіх вузлів елемента. Кожен вузол детально описується для певної кількості параметрів, залежно від типу аналізу або використовуваного елемента. Для структурного аналізу відповідь вузла описується, як правило, для трьох перекладів. Це ступені свободи вузла.

Це програмне забезпечення пропонує різні типи досліджень:

- Статичне дослідження.
- Частотне дослідження.
- Динамічне дослідження.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Дослідження продольності.
- Термічне дослідження.
- Проектне дослідження.
- Нелінійне дослідження.
- Вивчення втоми.

Статичні дослідження (або дослідження натягу) обчислюють переміщення, сили реакції, унітарні деформації, натяги та розподіл коефіцієнта міцності.

При генерації сітки моделі програма створює такі сітки:

1) Суцільна сітка: програма створює суцільну сітку з тривимірними тетраедричними елементами для всіх суцільних елементів ескізу. Цей тип сітки підходить для товстих твердих предметів.

2) Оболонкова сітка: програма автоматично створює оболонкову сітку для металевих листів з однаковою глибиною та геометрією поверхні.

3) Балкова сітка: Програма автоматично використовує балкову сітку та визначає з'єднання елементів конструкції, які дотикаються, або тих, які не дотикаються, але знаходяться на певній відстані.

4) Змішана сітка. Програма автоматично використовує змішану сітку, якщо в моделі є різні геометрії.

Залежно від активних параметрів сітки, програма генерує один із наступних типів сіток:

- Чорнова сітка якості: програма генерує суцільні тетраедральні лінійні елементи.

- Високоякісна сітка: програма генерує суцільні тетраедральні параболічні елементи.

Лінійні елементи називаються «елементами першого порядку» або «елементами нижчого порядку». Його форму можна побачити на рисунку 2.1. Лінійний тетраедричний елемент визначається чотирма кутовими вузлами,

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з'єднаними шістьма прямими ребрами. Кожен вузол має три ступені свободи, які представляють трансляції в трьох ортогональних напрямках.

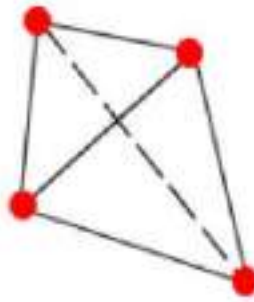


Рисунок 2.1 – Лінійний тетраедричний елемент.

Параболічні елементи також називають «елементами другого порядку» або «елементами вищого порядку». Цей вид елемента зображено на рисунку 2.2. Параболічний тетраедричний елемент визначається кутовими вузлами, шістьма центральними вузлами та шістьма ребрами.

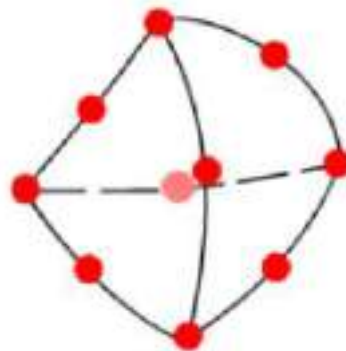


Рисунок 2.2 – Параболічний тетраедричний елемент.

Як правило, за однакової щільності сітки (кількості елементів) параболічні елементи дають кращі результати, ніж лінійні елементи, тому що: 1) вони точніше представляють ребра кривих і 2) вони створюють кращі математичні наближення. Однак параболічні елементи вимагають більше обчислювальних ресурсів.

Важливим параметром, яким можна керувати в цій програмі під час створення сітки, є точки «якобіана», тобто кількість точок, розміщених

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

усередині елементів, які додають більшої точності, оскільки кожна з цих точок додає ступені свободи. Параболічні елементи можуть повторювати геометрію кривої набагато точніше, ніж лінійні елементи того самого розміру. Центральні вузли ребер елемента розміщуються в реальній геометрії моделі. Від країв до вигнутих, розміщення центральних вузлів у реальній геометрії може генерувати спотворені елементи з краями, що перетинаються між собою. Верифікація «Якобіана» базується на кількості точок, розміщених у кожному елементі. Це програмне забезпечення пропонує можливість вибору між 4, 16 або 29 точками «Якобіана» або у вузлах. Враховуючи, що параболічний тетраедричний елемент має 4 вузли на вершинах і 6 точок на ребрах, для 4 точок якобіана достатньо мати 14 точок на кожному елементі, що забезпечує хорошу точність пропорцій [11].

2.2 Зварювання елементів.

Зварювання - це процес, під час якого два пластмасові або металеві предмети з'єднуються за допомогою плавлення. Це злиття можна здійснити шляхом розплавлення обох об'єктів, які потрібно з'єднати, або додавання матеріалу для злиття. Зварювання, що використовується в цьому проекті, є дуговим зварюванням, під час якого електростанція подає електроенергію, яка проходить через плавлений матеріал, підвищуючи його температуру до точки плавлення. Розплавлений матеріал осідає між двома об'єктами для з'єднання, і коли він охолоне, він залишається твердим, утворюючи з'єднання, яке можна розглядати як жорстке з'єднання для подальших розрахунків.

Для правильного визначення розмірів зварного шва необхідно знати напруження, створювані в зварному шві. На рисунку 2.3 ці напруження представлені на кутовому зварному валику.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

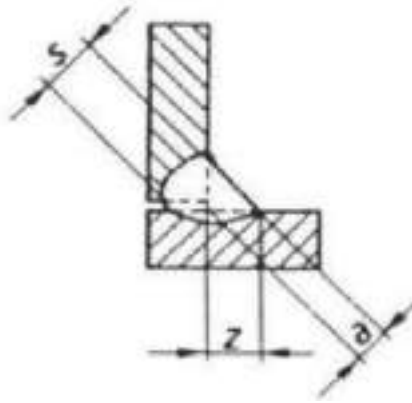


Рисунок 2.3 – Зварювальні розміри:

S – фактична глибина зварного шва, a – теоретична глибина зварного шва, Z – теоретична ширина зварного шва.

Розміри зварного шва повинні бути визначені з розрахунку розміру «а».

Ці напруження створюються зусиллями (осьовими, згинальними та скручуючими), яких зазнають зварювані деталі. Використовуючи рівняння, напруження будуть:

$$t_{SHEAR} = \frac{F}{A}, \quad (2.1)$$

$$t_{TORSION} = \frac{M_T}{I_p} * \vec{r}, \quad (2.2)$$

$$n = \frac{M_y}{I_y} * \vec{z} + \frac{M_z}{I_z} * \vec{y}. \quad (2.3)$$

Де: t – дотичні напруження, n – нормальні напруження, \vec{r} - відстань від центру маси зварного шва до точки зварного шва, де розраховуються напруження, F - сила, а M_y , M_z і M_t - відповідні моменти на кожній площині.

Для використання цього рівняння потрібна площа «А» зварного шва та моменти інерції « I_y » та « I_z » від центру маси зварного шва.

Два дотичних напруження потрібно підсумувати, враховуючи напрямки кожного напруження. Після розрахунку тангенціального та

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нормального натягів вони переводяться в систему координат, перпендикулярну до площини зварювання, як показано на рисунку 2.4.

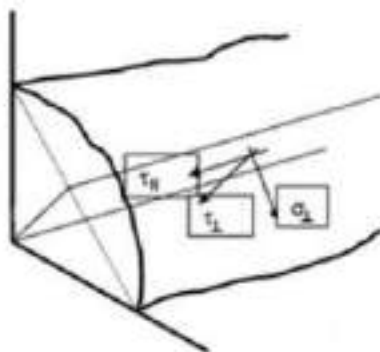


Рисунок 2.4 – Зварювальні напруження:

τ_{\perp} - дотичне напруження перпендикулярно до зварного шва, σ_{\perp} - нормальне напруження перпендикулярно до зварного шва, τ_{\parallel} - дотичне напруження паралельно зварному шву.

Визначення розмірів здійснюється шляхом порівняння напружень, створених силами, з максимально допустимим напруженням матеріалу, вибраного для зварювання.

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq S_y \quad (2.4)$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} * (n + t_y) \quad (2.5)$$

$$\tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} * (n + t_y) \quad (2.6)$$

S_y - межа текучості матеріалу, використаного для зварювання, помножена на коефіцієнт безпеки. Коефіцієнт безпеки, коли конструкція не підтримує людей, вважається 1,25. Оскільки напруження залежать від зусиль, а зусилля залежать від розміру «а», це можна визначити в рівнянні (2.6).

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

3 ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ АВТОНОМНОСТІ РУХУ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ RENAULT FLUENCE Z.E

3.1 Дослідження автономності Renault Fluence Z.E.

Щоб мати можливість підібрати відповідний паливний двигун для автомобіля цієї проблеми, необхідно знати середню витрату автомобіля. Цикл NEDC не надає корисної інформації для цього проекту через те, що цей тест розробляється за стандартних умов. Для цієї проблеми з Renault Fluence Z.E. буде зроблено оцінку на основі тесту з Renault Kangoo. Ця оцінка передбачає споживання 20 кВт-год/100 км при 100 км/год, що призводить до середньої потреби в електроенергії 20 кВт.

Оскільки швидкість продовжує зменшуватися, споживання також зменшується. Для розрахунків менш сприятливим є той випадок, який буде досліджуватися. Отримані результати середнього споживання відображають дуже високе значення середнього споживання. Це значення може не бути досягнуто, якщо ведеться ефективно водіння або якщо автомобіль не несе великої ваги в багажнику чи всередині. Тим не менш, це хороший результат для розрахунків проблеми, оскільки додавання розширювача діапазону передбачає додаткове споживання електроенергії, і, крім того, добре використовувати найбільш несприятливий випадок, щоб перевірити, чи виконано мінімально необхідну автономність. Після оцінки середнього споживання здійснюється пошук паливного двигуна, який забезпечує необхідну потужність.

3.2 Вибір електрогенератора.

У випадку цього проекту підбирається двигун із якомога більшою потужністю, щоб скоротити шість годин нормального електропостачання.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для цього необхідно провести дослідження продажів електрогенераторів. Коли буде відоме середнє споживання електрокара, можна провести остаточне порівняння потужності кожного двигуна, щоб вибрати найпотужніший. Резюме потужності кожного двигуна можна побачити в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Значення потужності генераторів.

Модель	Потужність, кВт
TAIGÜER XX8500LE	6
HONDA ECM-10	7
TAIGÜER ICV840E	8
MAHLE RANGE EXTENDER	30

Завдяки своїй максимальній потужності та хорошому співвідношенню ваги й потужності, Mahle Range Extender буде двигуном, обраним для досліджуваної проблеми.

Максимальна ємність підзарядки Renault Fluence Z.E. становить 22 кВт, це означає, що Mahle Range Extender може працювати на максимальній потужності. Після того, як відомі споживання палива та зарядна ємність Range Extender, ми можемо визначити період часу, протягом якого Range Extender може працювати з 40 літрами бензину, щоб дізнатися про додаткову автономність автомобіля з установленим Range Extender. Характеристики зарядної ємності та питомого споживання палива Range Extender описані в минулому розділі. Ці дані включають втрати, викликані в процесі зарядки, тому для цих розрахунків додаткові втрати не враховувалися. Для розрахунку остаточної автономності розроблені деякі розрахунки. Питома витрата палива - це кількість палива, що витрачається на кожну кВт годину. Якщо ми помножимо це значення на зарядну ємність, то отримаємо кількість споживаного палива за кожну годину:

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$\frac{245g}{kWh} \times 22kW = 5390g/h$$

Щогодини споживається близько 5,4 кг палива. Оскільки щільність бензину становить 680 г/л, то:

$$\frac{5390g/h}{680g/l} = 7.92l/h$$

щогодини витрачається близько 8 літрів бензину.

Оскільки паливний бак має ємність 40 літрів:

$$\frac{40l}{7.92l/h} = 5.05h$$

Цей двигун здатний працювати на зарядній потужності 22 кВт протягом 5,05 годин до витрачених 40 літрів палива.

Щоб розрахувати автономність автомобіля з цим подовжувачем дальності, необхідно знати, коли подовжувач дальності буде ввімкнено, але можна оцінити наближення, припустивши, що підзарядка буде виконана, коли батареї повністю розряджені. Різні кроки, які беруть участь у процесі, можна побачити на рисунку 3.1. На початку процесу батареї знаходяться в точці 1 із максимальною ємністю 22 кВт/год. Оскільки споживання енергії мало бути 20 кВт, а батареї мають ємність 22 кВт/год:

$$\frac{22 kWh}{20 kW} = 1.1$$

Це 1,1 години, поки батареї не розрядяться. Оскільки швидкість повинна бути 100 км/год:

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$1.1 \text{ hours} * \frac{100 \text{ km}}{h} = 110 \text{ km}$$

Є 110 км автономності на 100 км/год, доки батарея не розрядиться в точці 2. Після того, як батарея розрядиться, нова стадія займає частини, де Range Extender заряджається на 22 кВт, а електричний двигун споживає енергію з батареї на 20 кВт. Оскільки загальна ємність акумуляторів становить 22 кВт/год:

$$-20 * x + 22 * x = 22 \quad (2.1)$$

$$x = 11 \text{ годин.}$$

Оскільки двигун здатний працювати максимум 5,05 години, це означає, що за ці 5,05 години батареї будуть заряджені на 10,1 кВт/год.

На даний момент Range Extender не може заряджати більше часу, оскільки паливний бак порожній, тому ці 10,1 кВт дадуть автономність ще на 50,5 км, точка 4.

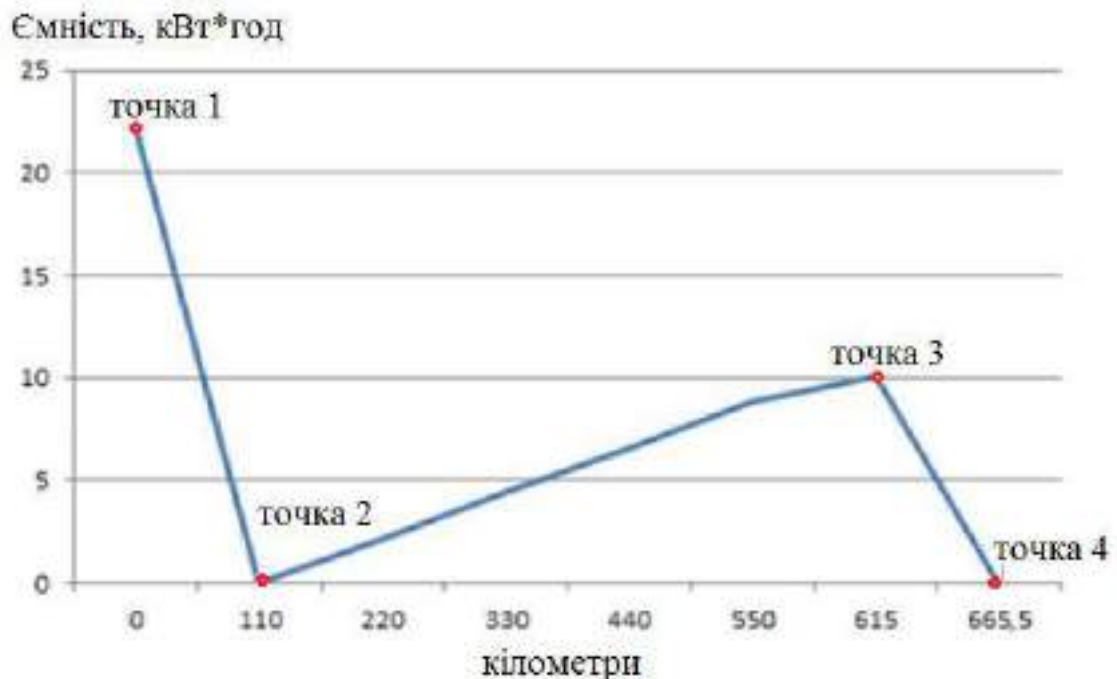


Рисунок 3.1 – Цикли роботи електромобіля з Mahle Range Extender.

Беручи до уваги, що під час подорожі споживання буде нерегулярним, а також використання системи кондиціонування повітря чи опалення, яка може передбачати додаткове споживання 2 кВт/год, автономність буде зменшена. Хоча споживання залежить від способу водіння, оцінки показують, що буде хороша автономність, і цей двигун цілком придатний для вирішення проблеми. Як видно з розрахунків у цьому розділі, середнє споживання (20 кВт) нижче, ніж зарядна ємність Range Extender (22 кВт). Маючи ці дані, можна припустити, що автомобіль можна керувати лише енергією, яку виробляє Range Extender. Однак 20 кВт – це середнє споживання, і в ситуаціях, коли потрібна велика потужність, машині потрібно більше потужності. Ось чому електричний двигун Renault Fluence може забезпечити 70 кВт потужності, як описано в розділі вище.

3.3 Вибір місця для розміщення двигуна.

У цьому розділі буде пояснено процес вибору положення знімного двигуна внутрішнього згорання. Будуть враховані всі можливі варіанти; ті, які є нездійсненними, будуть видалені, а все, що може бути цікавим для вивчення або розробки, буде вибрано за допомогою дерева класифікації. Щоб спростити проблему, параметри будуть розділені на два поля, всередині та зовні шасі. Нижче будуть розглянуті всі варіанти кожної можливості з урахуванням переваг і недоліків, а неможливі варіанти будуть відкинуті. Перш за все, будуть пояснені деякі вказівки щодо шасі.

Шасі - це частина транспортного засобу, яка підтримує весь вантаж і захищає його від ударів. Залежно від форми їх можна розділити на кілька видів. Це конфігурація з трьох ящиків з окремими відсіками для двигуна, пасажирів і вантажу, як показано на рисунку 3.2. На рисунку 3.3 наведено всі можливі положення для ДВЗ.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33



Рисунок 3.2 – Зони автомобіля.

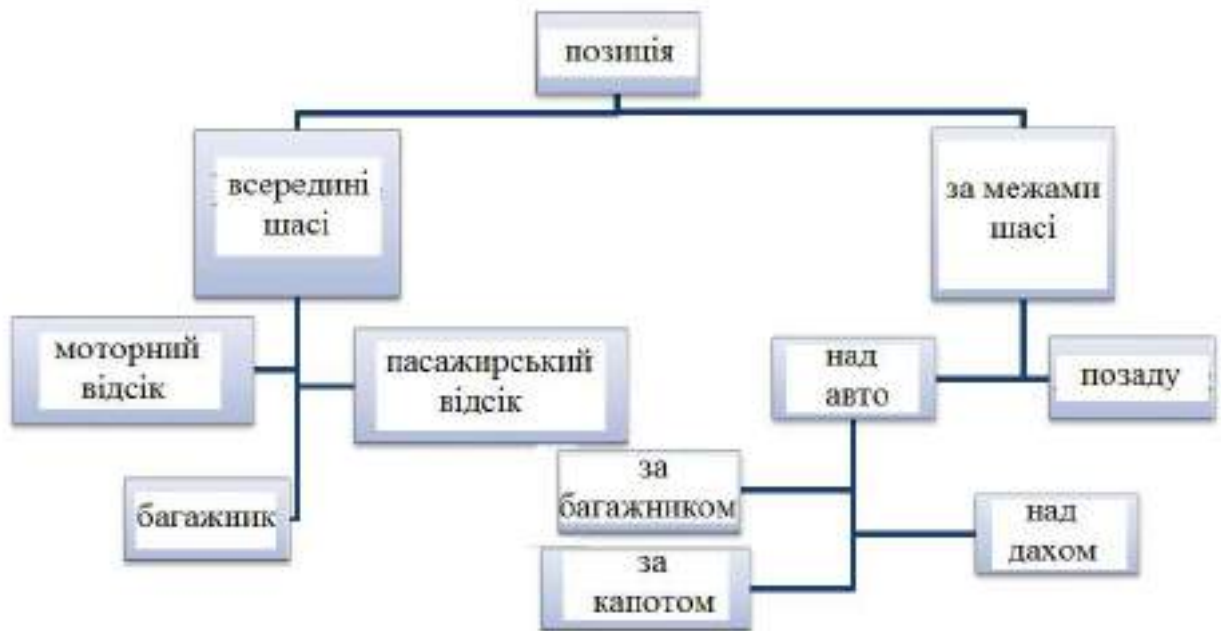


Рисунок 3.3 – Можливі позиції встановлення додаткового генератора.

Можливості всередині корпусу можна розділити на три відсіки. Електричний двигун, як і електрична система, знаходиться в моторному відсіку автомобіля, тому немає достатньо місця для встановлення іншого двигуна в цьому відсіку, якщо не змінити всю конфігурацію електричного двигуна. Однак це виходить за рамки цієї дипломної роботи. Наступний варіант знаходиться всередині салону; це недійсний варіант, оскільки він відкидається, оскільки це позбавляє пасажирів необхідного місця. Останній варіант знаходиться в вантажному відсіку, тобто в багажнику. Встановлення ДВЗ тут означав би значну втрату простору для багажу. Однак передбачається, що замовник буде використовувати двигун внутрішнього

згоряння здебільшого для тривалих поїздок, коли простір багажника стане більш корисним. Отже, установка ДВЗ в багажник - не найкращий варіант. Напрошується висновок, що установка двигуна всередину шасі є поганим варіантом і буде відкинута. Крім того, немає можливості зробити це без модифікації шасі.

Тепер будуть вивчені різні можливості встановлення двигуна поза шасі. Автомобіль розділено на три чотирикутні призми, як показано на рисунку 3.2.

Насправді двигун може бути встановлений у 2 місцях: зверху та позаду автомобіля. Варіант встановлення з одного боку відкидається, оскільки це порушило б аеродинаміку автомобіля, спричинивши величезну втрату енергії на тертя. Крім того, додавання боксу з одного боку транспортного засобу в решті-решт може бути небезпечним для безпеки пасажирів та інших людей на дорозі, оскільки водій повинен звикнути до нового виміру транспортного засобу та може спричинити аварію.

Продовжуючи варіант установки двигуна зверху, можливо розмістити його над дахом або над багажником. Варіант розміщення його на верхній частині капота відкидається, оскільки це передбачає проблему для видимості водія та, отже, для безпеки. Однак установка двигуна над дахом або над багажником може бути двома цікавими варіантами для ретельного аеродинамічного дослідження, незважаючи на те, що він має деякі недоліки, такі як підвищення центру маси, що може становити загрозу для безпеки через те, що високий підйом центру мас може спричинити нестійкість і проблеми з керуванням автомобіля. Останній зовнішній варіант знаходиться позаду, тобто за належним автомобілем у місці, яке дозволяє нормально відкривати багажник. Тут недоліки, такі як підвищення центру маси або аеродинаміка, не є проблемою, але шасі не витримує двигун. Тому необхідно розробити спосіб його утримання.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Щоб вирішити, яке положення двигун займе остаточно, буде вивчено вплив аеродинаміки, яка передбачає положення, де буде розміщено двигун, і зміну положення центру мас. Якщо припустити, що двигун буде супроводжуватися паливним баком об'ємом 40 літрів, приблизні розміри кінцевого пристрою, який буде розміщено, можна побачити на рисунку 3.4. Ці два компоненти були змодельовані як тверді тіла, жорстко прикріплені до поверхні платформи. Кожне з цих двох твердих тіл застосовує свою вагу в найнесприятливіших умовах, ударах і поворотах. Розміри Range Extender були взяті з технічних характеристик генератора, 327x416x481 мм, а розміри паливного баку були розраховані шляхом розробки коробки з такими ж розмірами висоти та ширини, що Range Extender, і досягає 40 літрів, тобто 327x416x294 мм. Вся система повинна бути укладена в якийсь корпус.

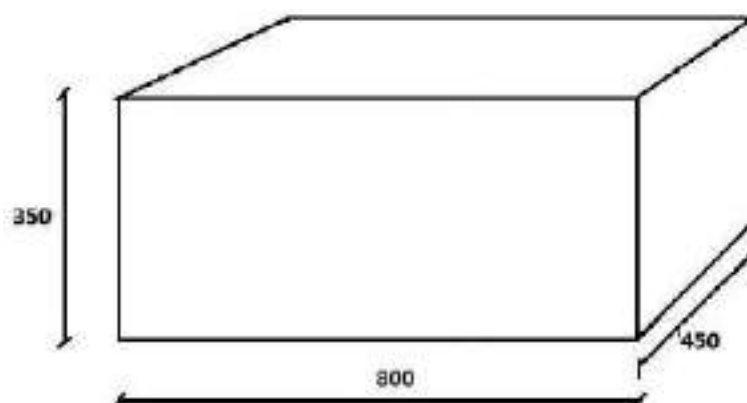


Рисунок 3.4 – Розміри загального корпусу.

Коли будуть відомі приблизні розміри двигуна, бака та розміри автомобіля, можна створити CAD-модель транспортного засобу для дослідження аеродинамічного впливу системи та зміни центру маси автомобіля.

Розміщення над дахом. У положенні, показаному на рис. 3.5, автомобіль зберігає свою повну функціональність. Це означає, що встановлення системи не вплине на нормальну роботу автомобіля. Однак

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

центр мас буде сильно піднятий над своїм початковим положенням. Це може означати проблему стабільності та, отже, безпеки пасажирів. Крім того, поверхня контакту з фронтальним вітром буде збільшена, що означатиме велику кількість втрат на тертя і, отже, більше споживання енергії. Крім того, підйом двигуна кожного разу, коли його потрібно приєднати, потребує розробки складної системи або, натомість, високого людського потенціалу. З усіх цих причин цей варіант відкидається.

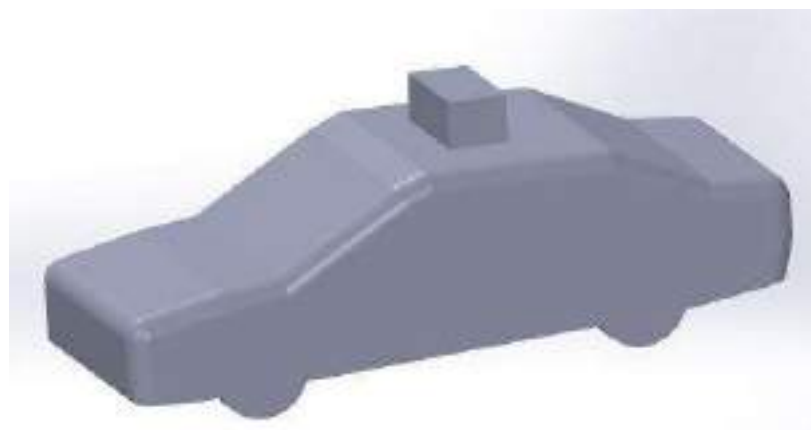


Рисунок 3.5 – Розміщення системи над дахом.

Над багажником. У положенні, показаному на рис. 3.6, центр ваги зміщений вгору, але не так сильно, як у першій конфігурації. Втрати на тертя через опір повітря також менші, ніж у першому випадку. Однак застосування цієї системи означає, що багажник неможливо відкрити, поки він встановлений. Основне використання системи, коли водієві потрібно подолати велику відстань, і це також у цих випадках, коли водієві потрібен простір у багажнику. Крім того, розміщення двигуна над багажником передбачає проблему для безпеки, оскільки блокує видимість для водія. Ось чому ця конфігурація відкидається.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.6 – Розміщення системи над багажником.

У положенні, показаному на рис. 3.7, двигун майже не впливає на висоту центру маси, оскільки він розташований у дуже низькому положенні. Крім того, у цій конфігурації транспортний засіб приймає більш схожу форму краплі, що є ідеальною формою, яку може мати транспортний засіб з точки зору аеродинаміки [12]. З двигуном у такому положенні автомобіль може бути підданий недостатній або надмірній поворотності, коли автомобіль має тенденцію виконувати поворот за траєкторією, відмінною від очікуваної. Це явище може бути викликане поганим розподілом ваги автомобіля. Якщо додавання Range Extender передбачає велику вагу, це може призвести до поганого розподілу ваги.



Рисунок 3.7 – Розміщення системи позаду електромобіля.

Для цієї позиції необхідно врахувати, що багажник повинен нормально відкриватися. Однак, завдяки дизайну Renault Fluence Z.E., додавання Range Extender позаду не є проблемою для відкриття багажника. Через ці причини ця конфігурація буде використана для цієї дипломної роботи.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

У варіанті встановлення пристрою в задній частині автомобіля є різні можливості. Однак більшість з них вимагає модифікації шасі або додавання певних доповнень для цієї моделі автомобіля. Через це було обрано варіант кріплення системи на звичайний зчіпний гак, систему, схожу на буксирну коробку. Зчіпний гак можна встановити практично в будь-якій механічній майстерні, і це опція, яка дозволяє власнику використовувати його для більшої кількості цілей, наприклад, для монтажу причепа.

Конструкція спеціальної системи для кріплення Range Extender до автомобіля може бути гарним вибором, коли шукаєте естетичний варіант. Однак, кріплення на зчіпному гаку було вибрано, оскільки його можна використовувати для більшої кількості цілей, а Range Extender можна адаптувати до більшої кількості електромобілів із меншою кількістю модифікацій у конструкції.

3.4 Аналіз зчіпного гака.

Для вирішення проблеми було обрано пластинчастий зчіпний гак через високе вертикальне навантаження, яке він здатний витримати. Вибір цього гака обумовлений його особливостями в порівнянні з іншими моделями. Між різними моделями немає великої різниці у вазі, але є різниця у вертикальному навантаженні, яке здатний витримати кожен гачок.

Можливості кріплення зчіпного гака на Renault Fluence Z.E. не відомі. Однак цей тип зчіпного гака можна адаптувати до кожного шасі за допомогою рами, як у Додатку Г. Розміри зчіпного гака можна знайти в Додатку Д. Оскільки вибраний зчіпний гак здатний витримувати горизонтальне тягове навантаження 17 кН, момент, створюваний цією силою, становить 1360 Нм, як показано на рисунку 3.8.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

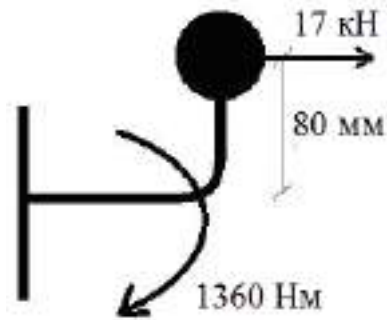


Рисунок 3.8 – Діючий момент на зчіпний гак.

Якщо гіпотетичну вагу 200 кг розташувати на 225 мм як центр мас системи двигун плюс бак, то типову схему можна зобразити у вигляді рисунка 3.9.

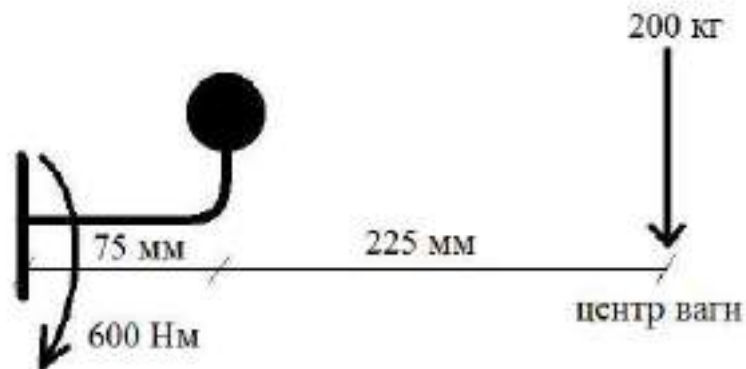


Рисунок 3.9 – Схема дії моменту.

Оскільки створюваний момент нижчий за допустимий, показаний на рис. 3.8, цей зчіпний гак є дійсним варіантом для побудови системи, у якій 200 кг вантажу знаходиться на відстані 225 мм від краю зчіпного гака. Вважається, що цей зчіпний гак призначений для динамічних умов, яким піддається автомобіль, тобто ударів, поворотів і гальмувань.

Зазвичай системи, які використовують зчіпний гак як частину з'єднання з автомобілем, також використовують систему кріплення, подібну до тієї, яку можна побачити в Додатку Е. Це гарне рішення, коли вантаж встановлено на іншій опорній точці, системі, подібній до системи причепа,

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

описаної в Додатку Е. Звичайна система кріплення блокує горизонтальне переміщення, а також вертикальне переміщення, але вона не підтримує високі навантаження, оскільки причіп додає додаткову пару коліс для розподілу ваги. Тим не менш, у випадку цього проекту вимоги зовсім інші. Оскільки ця дипломна робота зосереджена на проектуванні опорної конструкції без додаткових коліс, необхідно розробити іншу систему кріплення.

3.5 Конструкція системи кріплення.

З'єднання між кріпильною системою та опорою розглядатиметься як циліндр через те, що воно буде знімним, тобто для його кріплення кріпильна деталь буде ковзати від верху до низу зчіпного пристрою, як показано на рис. 3.10.

Вимоги до рухів, які потрібно блокувати в досліджуваній задачі:

1) Горизонтальний рух. (Цей рух генерується прямолінійним прискоренням у вигляді поворотів або гальмувань), рисунок 3.11.

2) Обертальний рух навколо циліндра. (Цей рух генерується по черзі), рисунок 3.12.

3) Обертальний рух. (Створюється шляхом поділу прикладеного навантаження та точки опори), рисунок 3.12.

4) Обертальний рух. (Створюється в пандусах і гальмах), рисунок 3.12.

5) Вертикальний рух. (Створено для власної ваги системи та протилежних ударів), рисунок 3.12.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

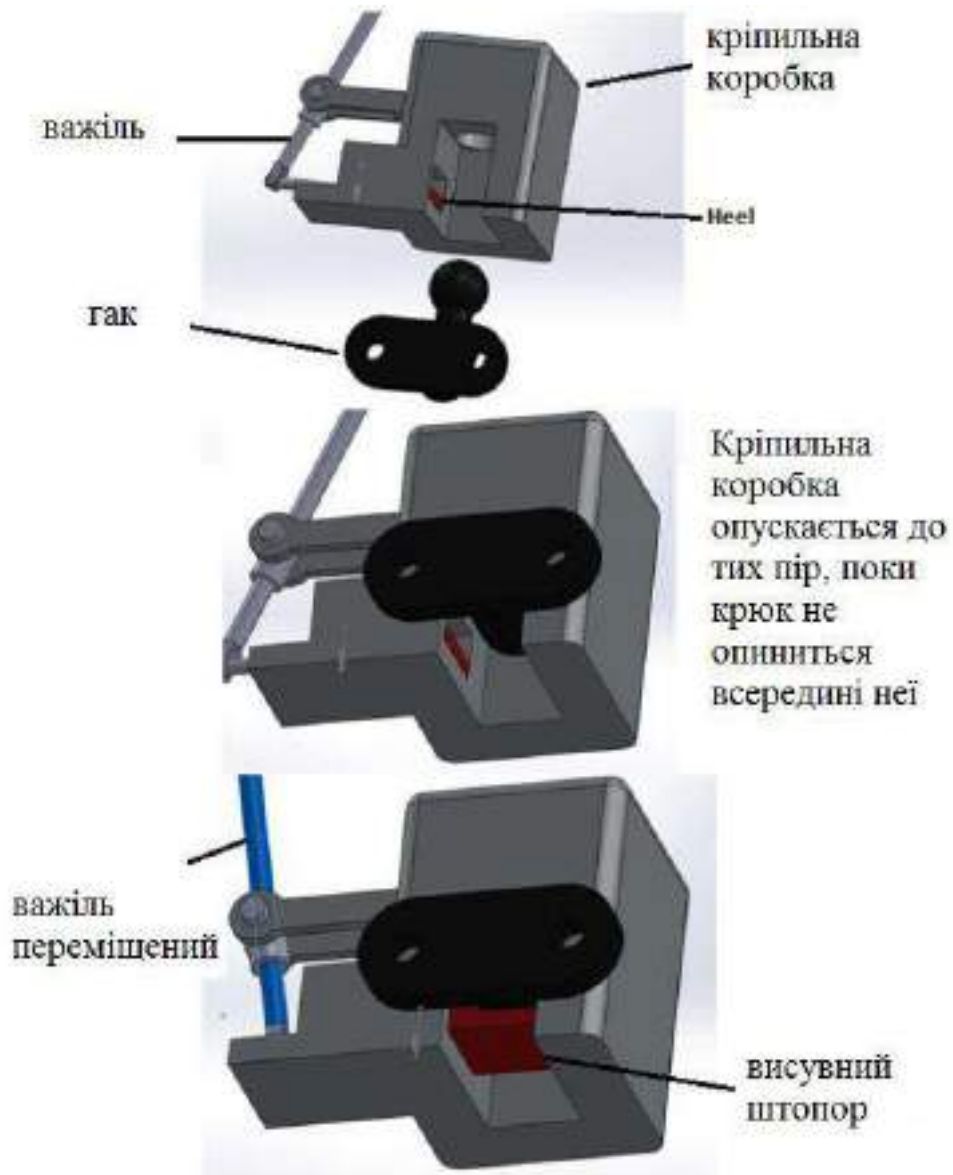


Рисунок 3.10 – Деталі системи кріплення.

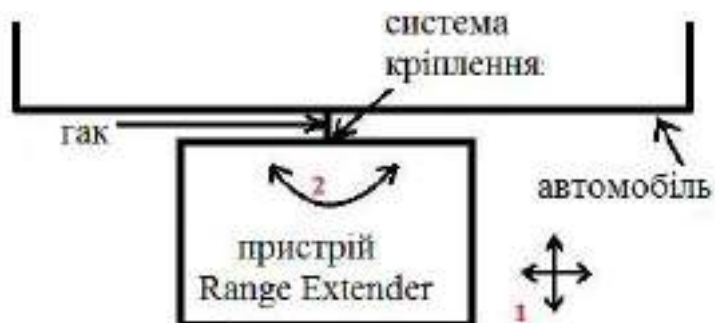


Рисунок 3.11 – Вид зверху для обмеження рухів.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

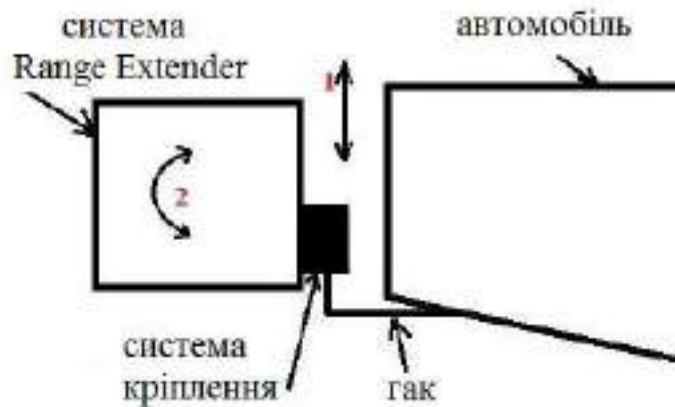


Рисунок 3.12 – Вид збоку для обмеження рухів.

Враховуючи всі ці вимоги, було знайдено рішення, адаптоване до пластинчастого зчіпного гака. Це рішення було досягнуто шляхом пошуку схожості з системою кріплення буксирувальної коробки. Оскільки внутрішній механізм Towbox невідомий, отримане рішення було розроблено в пошуках рішення, яке відповідає вимогам руху. Тривимірну модель рішення можна побачити на рисунку 3.10.

Остаточне рішення системи кріплення полягає в коробці з чотири стержневою зв'язкою для блокування рухів, важелем і п'ятою. Конструкція балок і система кріплення будуть ковзати вниз таким чином, щоб гак зчіпки збігався з отвором для кулі. Після того, як нижня частина внутрішньої частини кріпильної системи торкнеться зчіпного гака, користувач потягне важіль, щоб витягнути п'яту і таким чином заблокувати вертикальний рух. Цей важіль буде базуватися на механізмі ручного гальма, тобто рейкового механізму. Щоб звільнити важіль назад, власник системи повинен використовувати ключ.

Це також запобіжить викраденню або випадковому вимкненню системи. Крім того, рухомі частини потрібно змащувати, щоб підтримувати їх рухливість.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Усі деталі системи кріплення виготовляються за допомогою процесу формування, який потребує попереднього виготовлення форм. Усі деталі сконструйовані таким чином, що не буде проблемою заповнити форму.

Розроблена система повністю ручна і вимагає зусиль користувача для блокування. Це дуже просто, але ефективно. Система не містить електричних або електронних компонентів, які можуть вийти з ладу та вимагати заміни.

3.6 Проектування конструкції підтримки.

У цьому розділі описано процес отримання рішення для системи підтримки. Він складається з чотирьох основних кроків: вибір форми конструкції, вибір найбільш підходящого профілю для цієї проблеми, матеріалу, з якого вона виготовлена, і визначення розмірів цього профілю.

3.6.1 Вибір форми конструкції.

Після розробки системи кріплення наступним кроком є розробка шасі, яке фактично підтримуватиме двигун. Концепції конструкцій повинні контактувати принаймні з 3 точками коробчатого двигуна плюс бака, щоб отримати гарну стійкість, і вони повинні бути такими ж глибокими та широкими, як уся система, щоб усі компоненти вмістилися в коробці, тобто 800x450 мм. Було розроблено чотири концепції. Ці чотири концепції будуть представлені для порівняння, у якому довжина матеріалу є ознакою для оцінки. Концепція, яка використовує менше матеріалів, буде обрана.

1. Еліпсоподібна конфігурація.

Ця конфігурація описана в Додатку Ж.

Щоб розрахувати необхідну довжину, вважається, що профіль повторює половину еліпса. Для цієї конфігурації потрібен лише брусок. Процес виготовлення простий, тому що його потрібно лише зігнути. Однак

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

процес згинання може додати до сталі залишкове напруження, що згодом може стати проблемою для конструкції та її довговічності.

2. Прямокутна конфігурація.

Зовнішній вигляд цієї конфігурації можна побачити в Додатку Ж.

Перевага цієї конфігурації полягає в тому, що вона проста у виготовленні, оскільки необхідно з'єднати три стрижні. Тим не менш, у цій конфігурації потрібно використати багато матеріалу.

3. Паралельна конфігурація.

Ця конфігурація описана в Додатку Ж. Ця конфігурація представляє перевагу, оскільки має багато точок контакту з двигуном системи плюс баком. Однак виробничий процес може бути складним, оскільки потрібно зробити багато з'єднань між основними та другорядними брусками. Крім того, необхідно використовувати два різних типи профілів і багато матеріалу.

4. Трикутна конфігурація.

Ця конфігурація та її основні розміри описані в Додатку Ж. Беручи до уваги основний розмір цієї конфігурації, використання матеріалу призведе до 568,5 мм, тобто червона лінія, показана на рисунку 3.13, помножена на два, що дає приблизно 1100 мм.

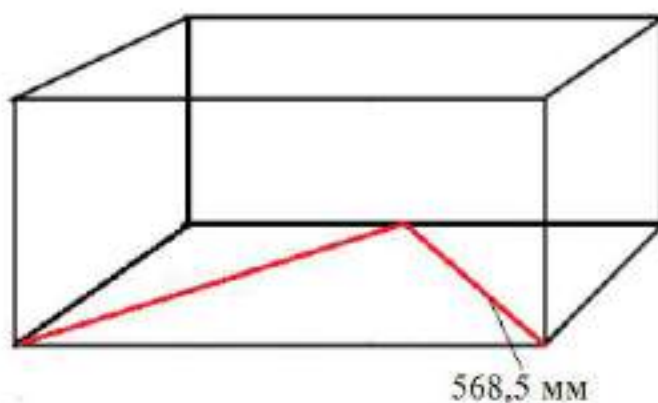


Рисунок 3.13 – Довжина трикутної конфігурації.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

У таблиці 3.2 можна побачити довжину матеріалу, який використовується в кожній конфігурації.

Таблиця 3.2 – Довжина матеріалу для різних конфігурацій.

Конфігурація	Довжина матеріалу (мм)
Трикутна	1100
Еліпсоподібна	1250
Прямокутна	1600
Паралельна	1500

Після опису всіх систем можна побачити, що та, яка використовує меншу довжину матеріалу, є трикутною конфігурацією, тому цю конфігурацію вибрано для проблеми.

Ця трикутна конфігурація складається з двох балок, зварених перпендикулярно до трикутної частини з'єднання; цей елемент з'єднання приварюють до системи кріплення.

Після того, як відомо, що трикутна конфігурація з постійною формою є тією, для якої потрібно менше матеріалу, наступним кроком буде вибір стрижневого профілю. Є деякі комерційні форми, які є більш поширеними, а згодом дешевшими та легкими для придбання. Повна конструкція розділена на дві основні балки (рис. 3.14).

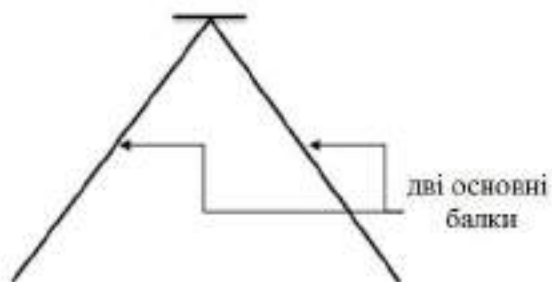


Рисунок 3.14 – Трикутна конфігурація.

Балки з'єднуються системою кріплення за допомогою зварного шва. Над головними балками залишиться платформа, яка витримує всю вагу системи подовжувача дальності руху електромобіля.

3.6.2 Профіль брусків

На ринку існує кілька рішень щодо вибору профілю для брусків. Вибраний профіль для цієї проблеми – квадратний трубчастий профіль, тому що це дуже поширений профіль на ринку, а отже, він дешевий. Цей профіль має масу переваг, як легкість, так і високий момент інерції в горизонтальному і вертикальному напрямках [13].

Для конструкції вибрано розмір 50x50 мм і товщину 3 мм. Це комерційні розміри квадратних трубчастих профілів. Ці профілі виготовляються з гарячекатаної сталі AISI 1010 (Ст 10) [14], властивості якої є в базі даних Solidworks, рис. 3.15.

Properties	
Material:	AISI 1010 Bar hot rolled steel beam
Model:	Isotropic linear elastic
Error criterion:	Von Mises maximum stress criterion
Elastic limit:	180 Mpa
Elastic modulus:	200 Gpa
Poisson's coefficient:	0.29
Density:	7870 kg/m ³

Рисунок 3.15 – Фрагмент з властивостями сталі AISI 1010 в Solidworks.

Крім того, ця сталь має хорошу зварюваність через низький рівень вуглецю, що є необхідною властивістю для цієї проблеми через те, що два

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пругки будуть приварені до кріпильної деталі, а кріпильна деталь – до кріпильної системи [15].

3.6.3 Визначення сили.

Щоб визначити розміри сили, необхідно взяти до уваги елементи, які складатимуть систему над балками:

1) Вага двигуна системи плюс бак: 130 кг.

2) Вага кожуха: уся система буде закрита в захисний кожух, щоб запобігти зовнішнім агентам, таким як дощ або каміння, його вага становитиме близько 3 кг.

3) Вага ліхтарів і номерного знака: на корпусі будуть ліхтарі та сигнали. Ці компоненти важать близько 2 кг.

Усі ці компоненти додають загальну вагу близько 135 кг.

При проектуванні елемента для транспортного засобу необхідно враховувати дуже важливу подію – нерівності. Удари припускають перевантаження в певний момент. Коли автомобіль наїжджає на вибоїну на дорозі, це створює вертикальні коливання в структурі подовжувача запасу ходу. У той момент, коли це коливання знаходиться в найнижчій точці своєї амплітуди, сила тягарця вважається рівною 0, рис. 3.16. Коли коливання знаходиться в найвищій точці своєї амплітуди, сила вдвічі перевищує вагу. Оскільки це ґрунтується на ідеалізації динамічної системи, яка має вивчатися як статична система, буде додано коефіцієнт міцності. Коефіцієнт міцності, який потрібно додати, становить 1,5 через бажання виготовити довговічний продукт. Вищий коефіцієнт міцності не розглядатиметься, оскільки він передбачає витрату більше матеріалу, ніж потрібно. Але фактор ризику потрібен, оскільки якщо реальні сили вищі за розрахункові, система призведе до поломки з ризиком нещасних випадків для користувача або водіїв навколо неї.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

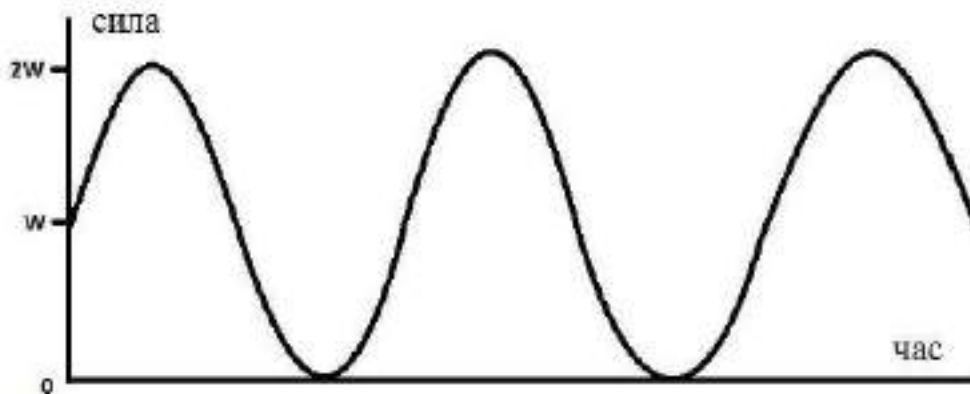


Рисунок 3.16 – Динамічна система.

Отже, оскільки найбільша сила, показана на рис. 3.16, дорівнює подвоєній вазі, ця сила, помножена на коефіцієнт безпеки, дає потрібну вагу, 3 W.

$$2 + 135kg * 1.5 + 9.8 \frac{m}{s^2} = 3969N$$

Щоб мати можливість спроектувати структуру для системи, яка відповідає вимогам автомобіля, необхідно враховувати сили, які створюються, коли автомобіль гальмує або коли він повертає.

1) Вага: 135 кг, помножена на три, через вивчення динамічної системи як статичної системи; 405 кг.

2) Повороти: 135 кг. Небезпечним можна вважати рульове керування, коли поперечне прискорення становить 0,5G [16]. Припускаючи, що транспортний засіб цього дослідження може збільшити це значення, бічне прискорення було прийнято рівним 1G для більшої безпеки, тобто 135 кг. Рульове управління може бути справа або зліва. Оскільки структура є симетричною, для дослідження не має значення напрямку керування.

3) Гальмування: 135 кг. Небезпечним уповільненням можна вважати 0,66G [16]. Однак, оскільки умови для експерименту різні, максимальне уповільнення буде вважатися 1G, тобто 135 кг.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Щоб побачити найгірший випадок, були розраховані можливі комбінації сил. Він включає три різні випадки:

- 1- Комбінація трьох сил (вага, поворот і гальмування).
- 2- Сила, створена вагою.
- 3- Сила, створена вагою плюс сила, створена поворотом.

Аналізуючи кожен із трьох випадків і знецінюючи мінімальні зусилля, такі як стиснення та кручення, видно, що згинальний момент, який створюється гальмуванням балки, протилежний тому, який створює вага. Отже, найбільш несприятливим буде третій випадок (сила, створена вагою, плюс сила, створена поворотом).

3.6.4 Розв'язування задачі в Solidworks.

Для цієї проблеми використовуватиметься статичне дослідження. Щоб вирішити проблему, аналіз був заснований на найбільш несприятливому випадку. Найбільш несприятливий випадок, коли діють сила, створена вагою, і сила, створена поворотом. Процес пошуку відповідного рішення в Solidworks буде таким:

- 1- Введення структури в Solidworks.
- 2- Введення граничних умов і навантажень.
- 3- Статичний аналіз конструкції.

Якщо вибрані брусків профілі відповідають вимогам навантаження, це буде правильним рішенням.

- 1- Введення структури, яка підтримує розширювач діапазону.

Стандартний профіль, обраний для впровадження в Solidworks, - це 50x50 мм і товщина 3 мм.

Поява точок із високим напруженням було помічено після попереднього аналізу стрижнів із кутовим зрізом на одному кінці, як показано на рисунку 3.17. Як показано на рис. 3.18, трикутна з'єднувальна

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

деталь була розроблена для перпендикулярного кріплення балок і уникнення високих напружень у точці 1 через кут зрізу. Цю частину можна побачити на рис. 3.19.

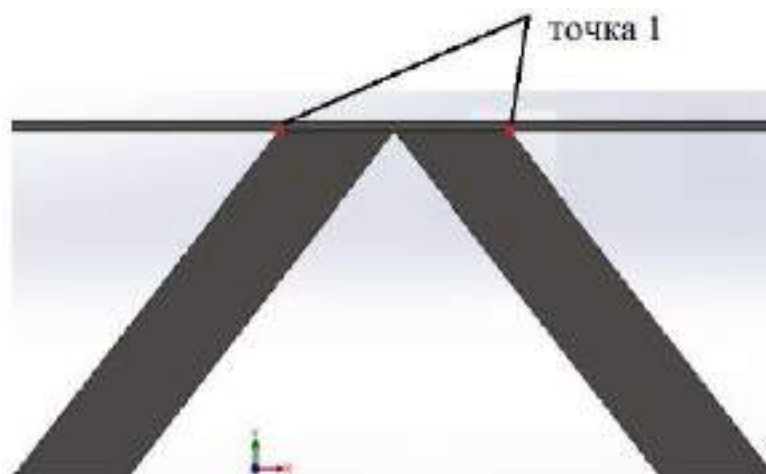


Рисунок 3.17 – Вид зверху кутового різь.



Рисунок 3.18 – Конструкція з платформою.



Рисунок 3.19 – Трикутна сполучна частина.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Двигун системи плюс бак залишаються над платформою, і ця платформа над балками додає жорсткості, до системи додається сталева платформа товщиною 5 мм. Ця платформа виготовлена з AISI 1010 як балки через її низьку ціну та хороші характеристики, такі як зварюваність. Її вага близько 15 кг. Ця платформа додасть стержням жорсткість на кручення і огордить систему. З'єднання між балками та платформою розглядатиметься як суцільне з'єднання як варіант у масивних роботах, що означає, що всі деталі вважаються однаковими, оскільки дві балки будуть приварені до платформи вздовж усієї контактної поверхні, тому це дуже міцне з'єднання. На рисунку 3.18 можна побачити конструкцію балок, з'єднання та платформи.

2) Статичний аналіз профілю.

Для статичного аналізу конструкції необхідно врахувати, що над платформою залишаються два основних компоненти: паливний двигун і паливний бак. Ці два компоненти були розміщені разом і зосереджені над платформою.

Вага пристрою становить 82,5 кг, тобто 70 кг його власної ваги і 12,5 кг корпусу, компонентів сигналізації та підключення. Паливний бак отримав вагу 52,5 кг.

Подовжувач запасу ходу та паливний бак додають свою вагу як вертикальне навантаження, так і вагу як горизонтальне навантаження. Однак вони не додають більшої жорсткості системній моделі, оскільки як варіант у Solidworks вони розглядаються для розрахунків як віддалена маса, нанесена на верхню поверхню платформи.

Зовнішній вигляд конструкції з платформою та двома коробами, що представляють подовжувач запасу ходу та паливний бак, можна побачити на рис. 3.20.

Кришка та фари не представлені на 3D-моделі, оскільки їх вага амортизована порівняно з іншими частинами системи.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

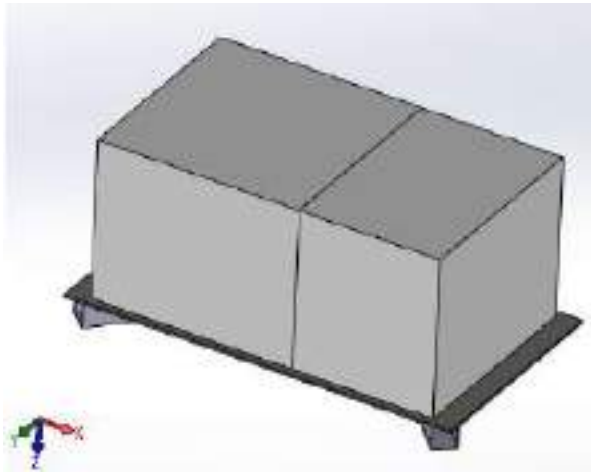


Рисунок 3.20 – Зовнішній вигляд конструкції.

Модель SolidWorks, яку потрібно проаналізувати, піддається прискоренню в 3G, тоді як горизонтальне прискорення (вздовж осі X) від ваги компонентів становить 1G. Ці прискорення можна побачити на рисунку 3.21.



Рисунок 3.21 – Навантаження на модель.

Граничні умови, застосовані до конструкції, стосуються того, щоб з'єднувальний елемент був повністю обмежений, оскільки він буде

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

приварений до системи кріплення. Деталі граничних умов можна побачити на рис. 3.22.

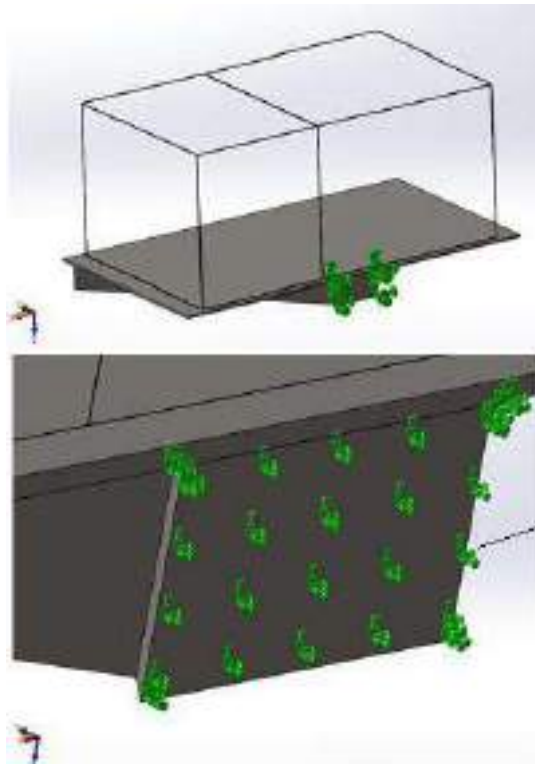


Рисунок 3.22 – Граничні умови.

Дослідження конвергенції.

Для визначення сітки було проведено дослідження конвергенції, щоб дізнатися, який розмір елемента є найкращим для використання. Для розробки цього дослідження конвергенції квадратний стрижневий профіль було подано на статичний аналіз, оскільки всю систему неможливо піддати дослідженню конвергенції через обмеження використовуваного комп'ютера. Стержень, представлений у дослідженні, є консольною балкою 50x50 мм і довжиною 1000 мм з навантаженням 100 Н на кінці, як можна побачити на рис. 3.23, з використанням параболічних тетраедричних елементів.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

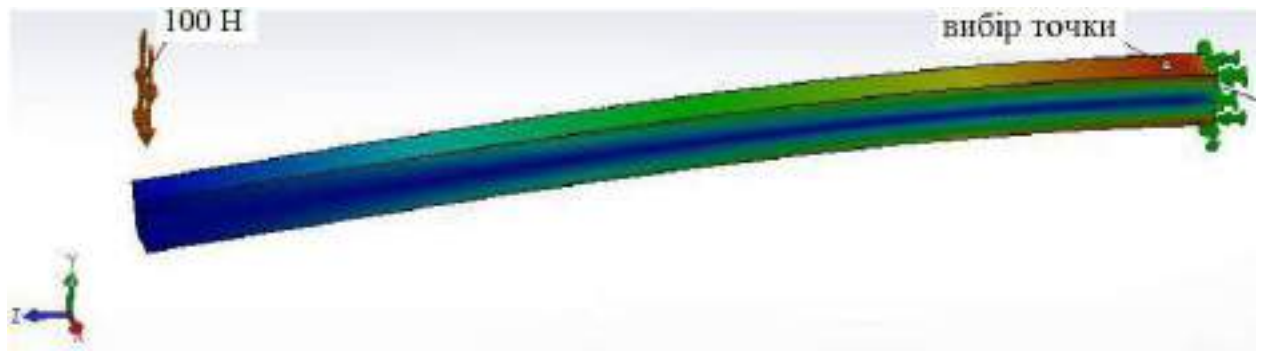


Рисунок 3.23 – Балка консольна напружена з розміром елементів 17 мм.

Вибрана точка трохи відокремлена від кінця балки, оскільки точки поблизу гострого кута збільшують своє напруження все вище і вище, ніколи не вирівнюючись і не зближуючись [13]. Результати графіка конвергенції можна побачити на рисунку 3.24.

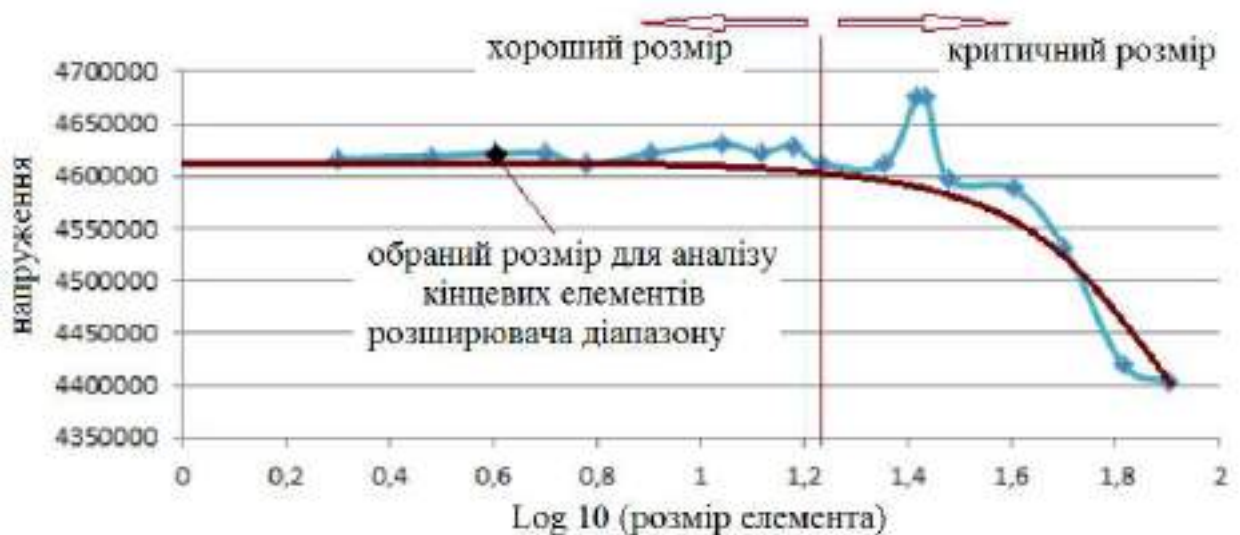


Рисунок 3.24 – Дослідження конвергенції.

Як показують результати, зі зменшенням розміру елементів напруження сходиться до певного значення. Графік демонструє збіжність приблизно при розмірі елемента 17 мм. Як показано на рисунку 3.24, використання розміру елемента більше 17 мм не дає точного результату. Обране значення сходиться до напруження приблизно 46,3 МПа. Якщо вибраний розмір елемента становить 4 мм, тобто $\log_{10}(4) = 0,602$, то

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

напруження для цього розміру елемента становить 46,21 МПа, що означає похибку:

$$Accuracy = \left(1 - \frac{|Convergence\ stress\ value - Chosen\ size\ stress\ value|}{Convergence\ stress\ value} \right) * 100$$

Якщо обраний розмір елемента 4 мм, то точність становить:

$$Accuracy = \left(1 - \frac{46.3 - 46.21}{46.3} \right) * 100 = 99\%$$

Дуже висока точність досягається при використанні сітки з елементами розміром 4 мм, однак це не означає, що результати аналізу методом кінцевих елементів є абсолютно точними, оскільки використана модель не повністю відображає реальну систему, а є її наближенням.

Менший розмір елемента не було обрано через обмеження обчислювальних ресурсів для обробки сітки.

Для виконання статичного аналізу конструкції, яка підтримує систему Range Extender, було застосовано контроль сітки. Контроль сітки полягав у створенні більш дрібної сітки в найбільш навантажених зонах. Найкритичніші зони в цій конструкції знаходяться в місцях з'єднання з'єднувального елемента, платформи та балок. У цих зонах найменший розмір елемента, що використовувався, становив 4 мм - значення, отримане з дослідження збіжності як точне.

Отримані наступні результати статичного аналізу. Максимальне напруження становить приблизно 110 МПа на елементі, як показано на рисунку 3.25, що не досягає межі текучості матеріалу. Модель складається з близько 7200 елементів. Найбільш напружену зону можна побачити на рисунку 3.26.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

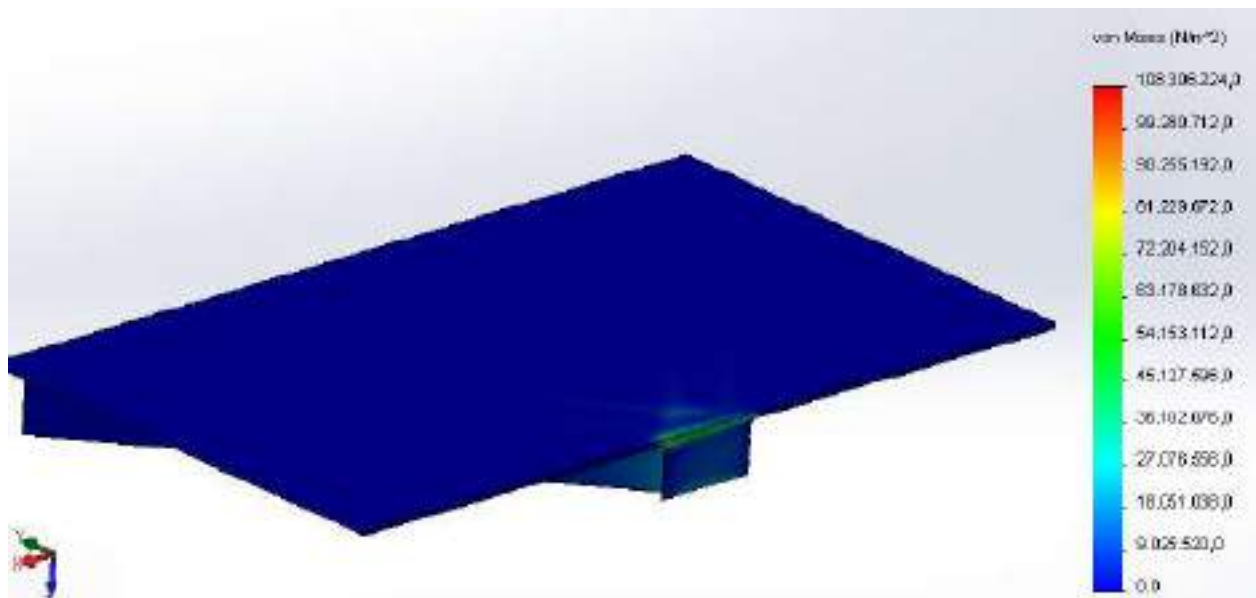


Рисунок 3.25 – Напруження за Мізесом.

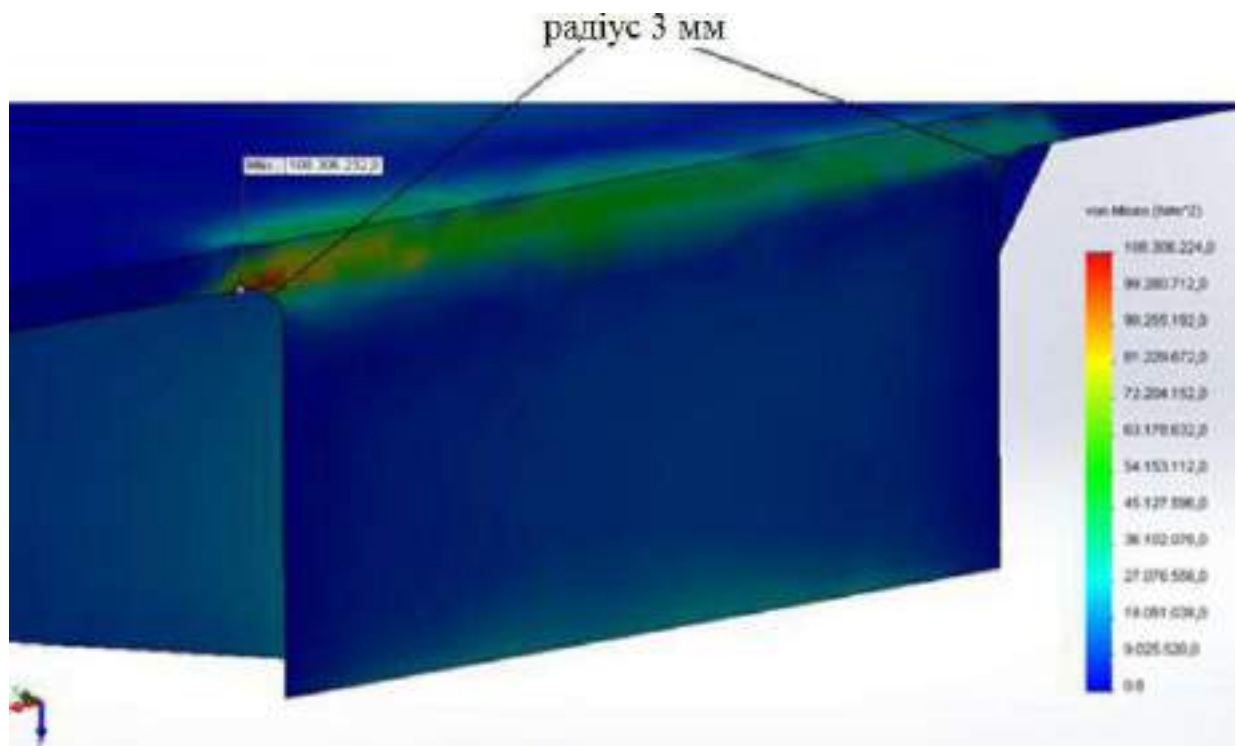


Рисунок 3.26 – Деталізація зони максимального напруження.

Як показано на рисунку 3.26, максимальне напруження зосереджене в куті. На верхньому ребрі з'єднувального елемента було додано фаску радіусом 3 мм, щоб уникнути зон концентрації напружень.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

За результатами цього дослідження, сили, що діють на закріплену поверхню, тобто на грань з'єднувального елемента, яка контактує із системою кріплення, становлять:

$$F_x = 1,4 \text{ кН}, M_x = - 930 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$F_y = 0 \text{ Н}, M_y = - 470 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$F_z = - 4,2 \text{ кН}, M_z = - 310 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Ці значення будуть застосовані до поверхні системи кріплення у її статичному дослідженні.

3.6.5 Оцінка системи кріплення.

Аналіз системи кріплення було виконано окремо в SolidWorks через обмеження кількості елементів, які може обробити комп'ютер. Було перевірено навантаження, яке має витримувати система кріплення.

Вибраний матеріал – сталь AISI 1010. Вага системи кріплення (без урахування важеля) становить приблизно 15 кг.

Граничні умови, застосовані до елемента, можна побачити на рисунку 3.27.

Граничні умови застосовані до внутрішньої верхньої грані та верхньої грані п'ятки, де закріплення є повністю жорстким, а також до внутрішньої напівсферичної поверхні, де використано ковзне закріплення. Такий тип закріплення не дозволяє переміщення в напрямку, перпендикулярному до поверхні.

У цьому аналізі використана сітка, що складається з параболічних тетраедричних елементів. Вона поділяє систему кріплення приблизно на 19 000 елементів.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Навантаження, враховані в цьому аналізі, відповідають найбільш несприятливому випадку: силі, створеній вагою, та силі, що виникає під час повороту. Їхні значення взяті з реакційних сил попереднього аналізу балок, платформи та з'єднувального елемента. Вони прикладені до прикріпленої поверхні лише по контуру зварного шва, як показано на рисунку 3.28.

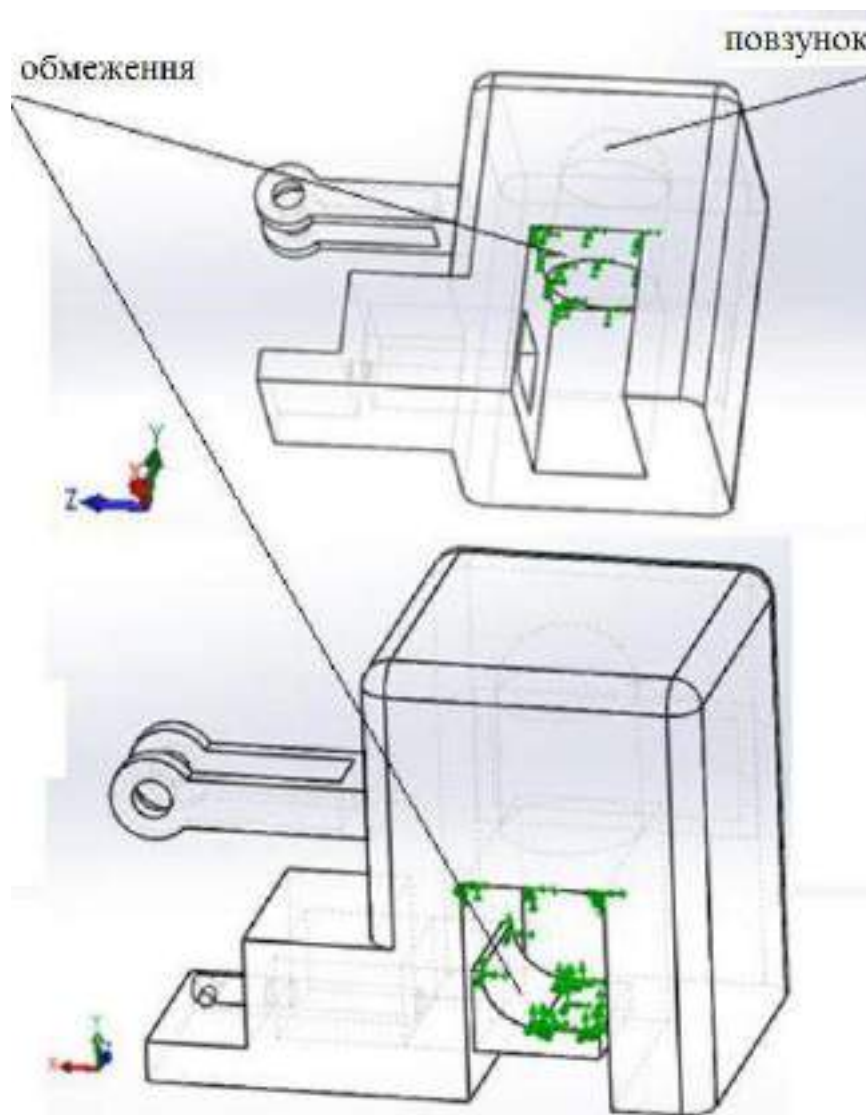


Рисунок 3.27 – Граничні умови в системі кріплення.

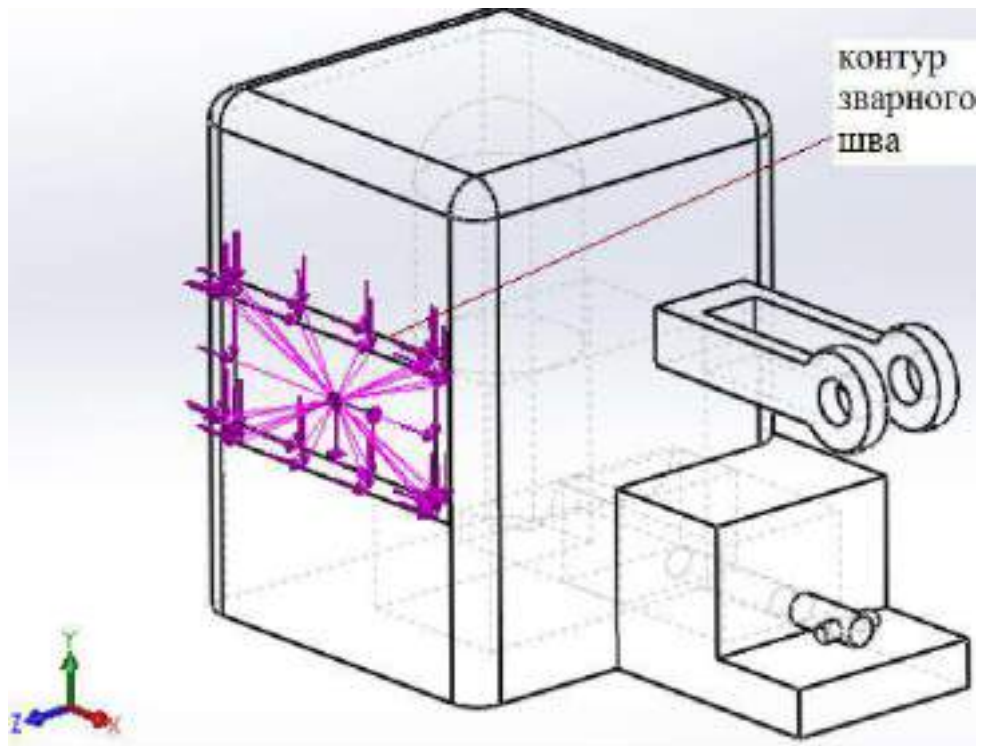


Рисунок 3.28 – Навантаження на систему кріплення.

На рисунку 3.29 можна побачити результати максимального напруження.

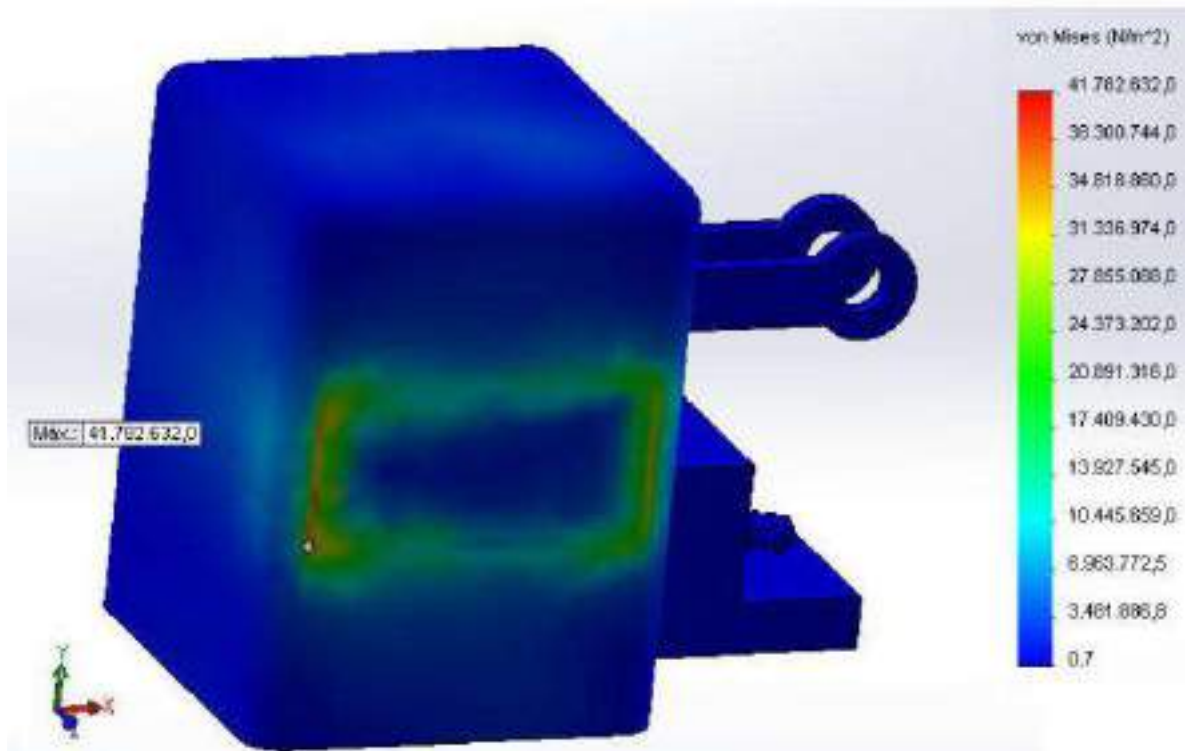


Рисунок 3.29 – Аналіз системи кріплення.

Як показано в результаті, отримане максимальне значення напружень (35 МПа) є набагато нижчим за допустиме напруження (180 МПа), це означає, що деталь може бути об'єктом майбутньої роботи з метою оптимізації конструкції та зменшення використання матеріалу. Розміри кріпильної системи завищені, тобто глибший аналіз може зробити цю систему дешевшою, оскільки вона може виконувати свою функцію з меншою кількістю матеріалу.

3.7 Розрахунок зварювання конструкції.

Різні частини конструкції, яка підтримує систему Range Extender, будуть з'єднані за допомогою зварювання. Ці частини - це дві балки до платформи, дві балки до з'єднувальної деталі та з'єднувальна частина для системи кріплення. Обираємо дугове зварюванням і матеріалом зварного шва буде сталь S275, оскільки це найпростіший та найдешевший матеріал і має гарну межу текучості (430 МПа), якої достатньо для цієї проблеми. Найбільш критична точка буде обрана для розрахунку зварювання, оскільки вона піддається вищим навантаженням. Зварювання виконуватиметься по всьому краю з'єднувального елемента, який контактує з системою кріплення. Схему зварювання для з'єднання штуцера з системою кріплення можна побачити на рисунку 3.30.

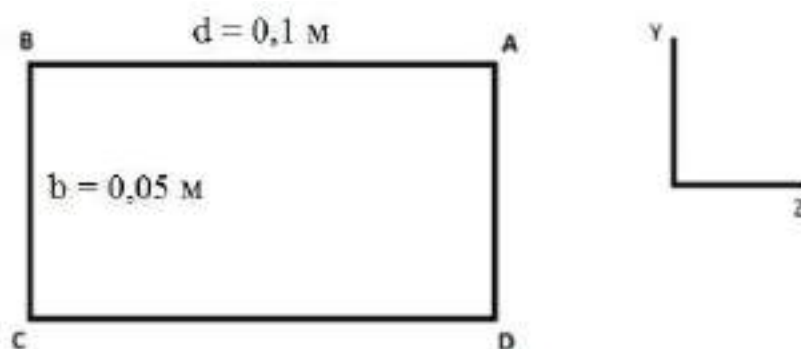


Рисунок 3.30 – Схема зварювання.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Мірою зварювання, яку необхідно розрахувати, є глибина зварного шва, «а». Вона буде розрахована шляхом порівняння напружень, створених силами, з розрахунковим напруженням кутових зварних швів. Вимоги полягатимуть у тому, щоб напруження, створювані силами, не перевищували допустимі.

Зріз: $V_y = 4200 \text{ Н}$; $V_z = 1400 \text{ Н}$.

Кручення: $M_x = 470000 \text{ Нмм}$.

Згинання: $M_y = 310000 \text{ Нмм}$; $M_z = 930000 \text{ Нмм}$.

Щоб обчислити напруження, створені силами та моментами, будуть використані рівняння рівноваги (2.2 – 2.4), які зв'язують сили з напруженнями.

А площа та інерція зварювання:

$$A = (100 + 100 + 50 + 50) \cdot a \text{ мм}^2$$

$$I_y = 145000 \cdot a \text{ мм}^4$$

$$I_z = 416000 \cdot a \text{ мм}^4$$

$$I_p = I_y + I_z = 561000 \cdot a \text{ мм}^4$$

Усе буде залежати від «а», даних, які будуть обчислені.

Дотичні напруження створюються зсувом (1) і крученням (2), а нормальні напруження створюються згинальними моментами. Точки А, В, С і D є критичними, оскільки мають більші напруження кручення.

Зсув:

$$\tau_y = \frac{4557 \text{ Н}}{300 + a \text{ мм}^2}; \quad \tau_z = \frac{1519 \text{ Н}}{300 + a \text{ мм}^2}$$

Кручення. Дотичні напруження, створені крученням, можна побачити на рисунку 3.31.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

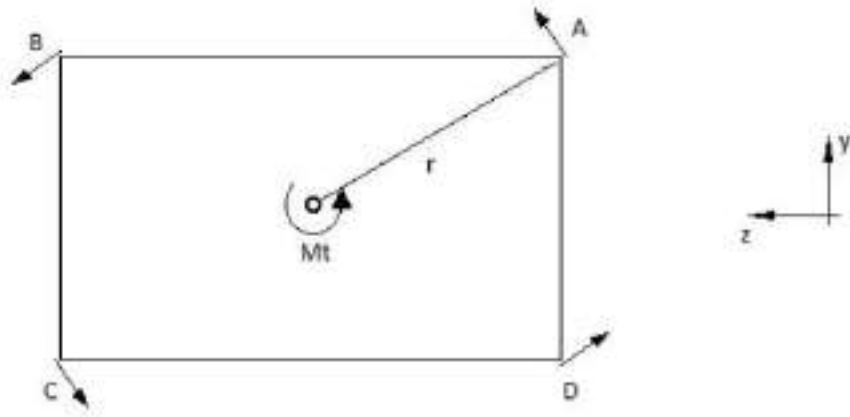


Рисунок 3.31 – Дотичні напруження, створювані крученням.

Тепер дотичні напруження кручення додаються до дотичних напружень зсуву.

А:

$$\tau_y = -\frac{15.19}{a} + \frac{23.01}{a} = \frac{7.82}{a} \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

$$\tau_z = \frac{5.063}{a} + \frac{11.5}{a} = \frac{16.563}{a} \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

Б:

$$\tau_y = -\frac{15.19}{a} - \frac{23.01}{a} = -\frac{38.2}{a} \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

$$\tau_z = \frac{5.063}{a} + \frac{11.5}{a} = \frac{16.563}{a} \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

В:

$$\tau_y = -\frac{15.19}{a} - \frac{23.01}{a} = -\frac{38.2}{a} \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

$$\tau_z = \frac{5.063}{a} - \frac{11.5}{a} = -\frac{6.437}{a} \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

Г:

$$\tau_y = -\frac{15.19}{a} + \frac{23.01}{a} = \frac{7.82}{a} \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

$$\tau_z = \frac{5.063}{a} - \frac{11.5}{a} = -\frac{6.437}{a} \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Нормальні напруження створюються згинальними моментами M_y і M_z .

А:

$$n = \frac{179.46}{a} + 2.41 \frac{H}{\text{мм}^2}$$

Б:

$$n = -\frac{56.232}{a} + 0.0535 \frac{H}{\text{мм}^2}$$

В:

$$n = -\frac{179.46}{a} - 2.41 \frac{H}{\text{мм}^2}$$

Г:

$$n = \frac{56.232}{a} - 0.0535 \frac{H}{\text{мм}^2}$$

Тепер, коли всі напруження розраховані, час змінити їх на систему координат, перпендикулярну зварному шву. Пам'ятаючи, що:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq S_y \quad (3.1)$$

Замінивши в рівнянні рівняння 2.2 – 2.4, і взявши S_y , межу текучості зварного шва, як 430 МПа, поділену на коефіцієнт надійності 1,25, отримане «а» є меншим за мінімальну товщину безпеки, тому остаточне «а» буде прийнято рівним 3 мм, оскільки це мінімальна товщина зварного шва при будівництві конструкції.

Оскільки зварювання було розраховано для найбільш критичних точок, з'єднання балок із з'єднувальним елементом буде розглядатися зі зварюванням однакової товщини.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.8 Зовнішній дизайн.

У цьому розділі буде розроблено зовнішній вигляд системи. Це включає в себе футляр для покриття, сигнали та світло, які він повинен мати для руху по відкритій дорозі, систему безпеки на випадок аварії та розриву з'єднання між подовжувачем радіусу дії та автомобілем, та електричне з'єднання ліхтарів з автомобілем.

3.8.1 Чохол.

Остаточна система повинна бути закрита у футлярі, який забезпечує хорошу вентиляцію двигуна та його доступ, водночас захищаючи двигун від зовнішніх агентів, таких як дощ, сніг або каміння.

Матеріал, який буде використано для вирішення цієї проблеми, має бути стійким до тепла, оскільки він буде дуже близько до двигуна. Тим не менш, міцність не є необхідною характеристикою, оскільки він не повинен нести вагу або витримувати високі навантаження.

Беручи до уваги всі ці вимоги, матеріалом, який найкраще підходить для вирішення цієї проблеми, є поліпропілен (PP) [17], оскільки цей вид пластику витримує температуру до 150 °C і стійкий до корозійних продуктів. Він також дуже стійкий до ударів і в той же час легко згинається, що дуже доречно, якщо, наприклад, кришка отримує удар каменем. Корпус також має кілька невеликих отворів, щоб забезпечити хорошу вентиляцію двигуна. Ці отвори також дозволять двигуну пропускати повітря для роботи та охолодження. Розміри цих отворів невідомі, оскільки невідомі вимоги до охолодження або необхідний потік повітря для роботи, тому конструкція отворів є приблизною. Щільність поліпропілену 0,9 г/см³. При наближенні розмірів корпусу до розмірів двигуна плюс бака 800x450x350 мм і товщини кришки 3 мм вага кришки становитиме 3,34 кг.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Крім того, у верхній частині буде місце для кришки, з'єднаної з паливним баком, щоб заповнити його. Ця кришка матиме замок, який дозволить власнику автомобіля відкрити кришку ключем, коли необхідно заправити бак. Крім того, на кінцях балок будуть додані дві пластикові кришки, щоб уникнути гострих кутів. Ці дві пластикові кришки будуть подібні до тієї, як показано на рис. 3.32.



Рисунок 3.32 – Пластикова кришка для балок.

3.8.2 Сигналізація системи.

Оскільки цю систему передбачається встановлювати на відкритій дорозі, вона повинна відповідати чинному законодавству, в даному випадку, передбаченому Комісією Європейського Співтовариства.

Вона включає два червоних задні світловідбивачі, один помаранчевий світловідбивач з кожного боку, номерний знак і вогні, які включають: білий ліхтар для номерного знака, габаритний ліхтар, ліхтар задньої передачі, два стоп-сигнали і два габаритних пробліскових вогні.

Ліхтарі будуть з'єднані з автомобілем за допомогою дроту та перехідника, які попередньо повинні бути встановлені в автомобілі та мають форму таку як на рисунку 3.33.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.33 – Розетка для підключення світильників.

Цей адаптер схожий на ті, які зазвичай встановлюються при кріпленні причепа до автомобіля. Додавання сигнальних вогнів є реквізитом, який можна вважати дуже корисним. Це допомагає системі бути видимою для інших водіїв і, отже, безпечною. З'єднання фар з автомобілем здійснюється за допомогою дроту і перехідника, що дуже просто і дешево.

3.8.3 Остаточний вигляд зовнішнього дизайну.

Кінцевий результат корпусу та зовнішньої обробки можна побачити на рисунку 3.34.

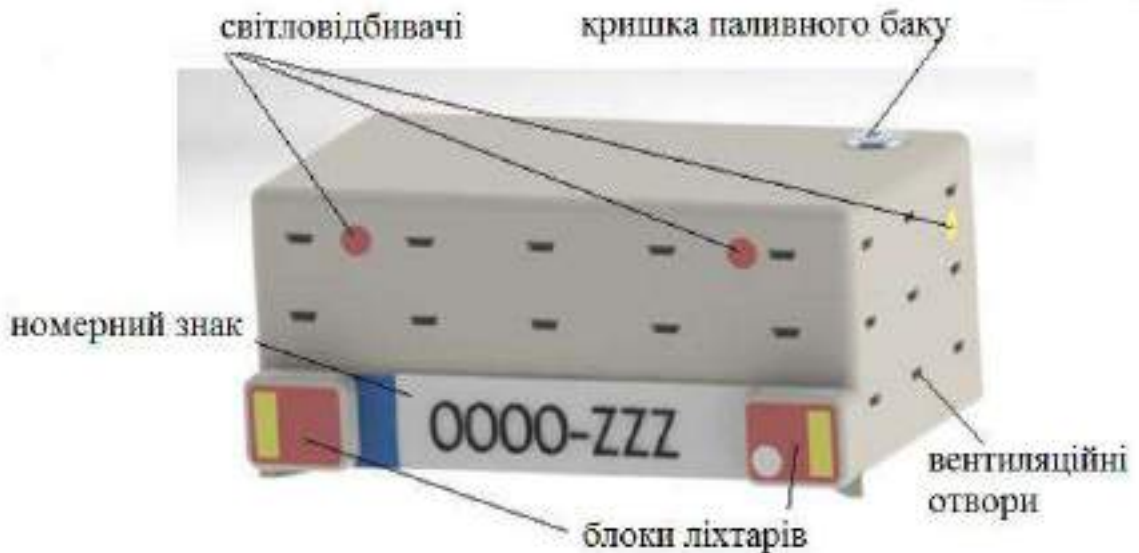


Рисунок 3.34 – Остаточний вигляд зовнішнього дизайну.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Як показано, маленькі отвори для вентиляції розташовані по всьому корпусу, щоб забезпечити доступ повітря до двигуна. У задній частині розташовані два основних стоп-сигнали, а також два світловідбивачі. З боків помаранчеві відбивачі вказують на ширину системи. У верхній частині можна побачити кришку для заповнення бака з механізмом замка.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

ВИСНОВКИ

1) Mahle Range Extender є кращим рішенням для створення електромобіля з подовженим запасом руху (EREV), ніж інші комерційні електрогенератори, завдяки його малій вазі, компактним розмірам і високій потужності, він забезпечує запас руху 650 км.

2) За результатами комп'ютерного моделювання встановлено, що задня частина автомобіля це найкраще місце для встановлення Range Extender. Окрім того, таке розташування не впливає на видимість водія та не підвищує центр ваги автомобіля.

3) Вибрані балки та платформа для несучої конструкції, а також їхнє розташування, виявилися відповідним рішенням. Результати аналізу в SolidWorks показали, що жодна з деталей конструкції не перевищує межу текучості матеріалу.

4) При проектуванні були враховані певні елементи, такі як вентиляційні отвори для аспірації та охолодження, а також заливна горловина.

5) Кінцевий результат цього проєкту демонструє загальний вигляд Range Extender для Renault Fluence Z.E. Цей Range Extender складається з Mahle Range Extender та 40-літрового паливного бака, укладених у корпус. Система буде прикріплена до буксирного гака, попередньо встановленого та адаптованого до цього автомобіля за допомогою спеціальної системи кріплення.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.renault.ua/> (дата звернення 18.04.2025)
2. Міський електромобіль в Україні / В. Б. Павлов, О. В. Попов, В. С. Павленко та ін. // Технічна електродинаміка : нук-техн. журнал. – Київ, 2011. – Темат. вип. (ч. 1). – С. 127–131.
3. Транспортні енергетичні установки : навч. посіб. / О. М. Артюх, О. В. Дударенко, В. В. Кузьмін та ін. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 264 с.
4. Hybrid Vehicles, Electric Vehicles, Fuel Cell Electric Vehicles, Kazuki Shimamura, Masatoshi Kuwada, Yoshiyuki Hashimasa, Society of Automotive Engineers of Japan[текст], SAE International, 2013.
5. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://hevcars.com.ua/renault/fluence-ze-22kwh/> (дата звернення 10.05.2025)
6. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://e-auto.in.ua/shho-take-cikli-nedc-wtlp-epa-ta-yak-poraxuvati-zapas-xodu/> (дата звернення 10.05.2025)
7. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://ua-honda.com/products/generator-honda-ecm> (дата звернення 10.05.2025)
8. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.taiguergeneradores.com> (дата звернення 10.05.2025)
9. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.mahle.com/en/products-and-services/> (дата звернення 10.05.2025)
10. Автомобілі: робочі процеси та основи розрахунку : навчальний посібник / Ю. А. Буренніков, А. А. Кашканов, В. М. Ребедайло.– Вінниця: ВНТУ, 2013. –283 с. ISBN 978-966-641-515-1
11. Комп'ютерна графіка: SolidWorks : навч. посібник / М.М. Козяр, Ю.В. Фещук, О.В. Парфенюк. – Херсон: Олді-плюс, 2018. – с. 252

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

12. Тягній В. Г. Основи аеродинаміки та динаміки польоту. Частина І. Аерогідрогазодинаміка / В. Г. Тягній, В. В. Ємець ; МВС України, Харків. нац. ун-т внутр. справ, Кременчуцьк. льотний коледж. – Харків : ХНУВС, 2023. – 280 с.

13. Опір матеріалів: Підручник / В. І. Шваб'юк. — К. : Знання, 2016. — 407 с.

14. Матеріалознавство та технологія металів : підручник для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти / А. М. Власенко. – Київ : Літера ЛТД, 2019. – 224 с.

15. Матеріалознавство: підручник / С.С. Дяченко, І.В. Дощечкіна, А.О. Мовлян,. Е.І. Плешаков; за ред. проф. С.С. Дяченко. – Харків: ХНАДУ, 2007. – 440 с.

16. Теорія руху автомобіля : підручник / В.П. Волков, Г.Б. Вільський. – Суми: Університетська книга, 2015. – 320 с. ISBN 978-966-680-541-9

17. Верещака С. М. Механіка композиційних матеріалів : навчальний посібник / С. М. Верещака. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 160 с.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Додаток А – Електричні генератори



Honda ECM-10.



TAIGÜER XX8500LE.



TAIGÜER ICV840E.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73



Буксир вантажний



Буксир для транспортування тварин

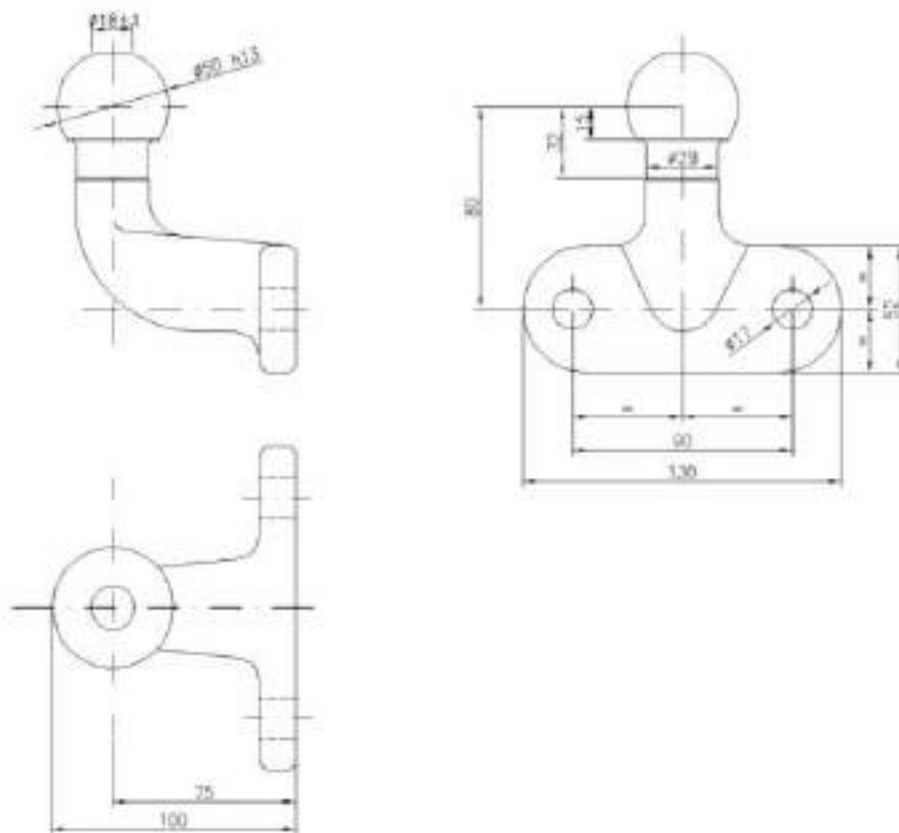


Буксир для транспортування велосипедів

Додаток Г – Адаптивна рама для зчіпного гака.



Додаток Д – Розміри зчіпного гака



					КВРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Додаток Е – Штатні системи кріплення.



Звичайна система кріплення.



Причіпна система.

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

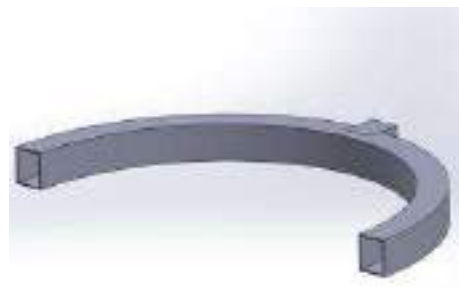
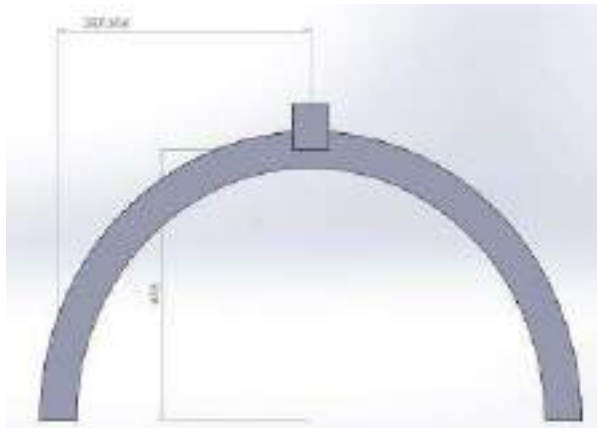
Додаток Ж – Конфігурації структури.



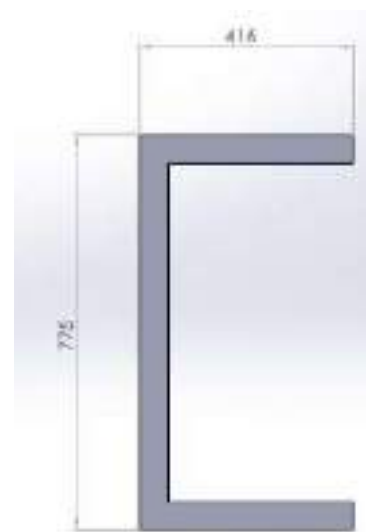
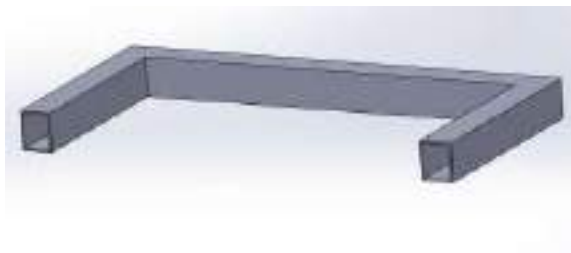
Трикутна конфігурація. Розмір трикутної конфігурації.



Паралельна конфігурація.



Розміри круглої конфігурації. Кругова конфігурація.



Прямокутна конфігурація. Розміри прямокутної конфігурації.

$$L=2 \times 416 + 775 = 1607 \text{ мм.}$$

					КвРАТ. 21114.01.02.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

***Розробка пристрою для
збільшення
автономності руху
електромобіля на
прикладі
Renault Fluence Z.E.***



Виконав ст. гр. АТ-21-1:

Горбачук Ігор Миколайович

Науковий керівник: к.т.н., доц. каф. ТАМ:

Посонський Сергій Феліксович

Renault Fluence Z.E.



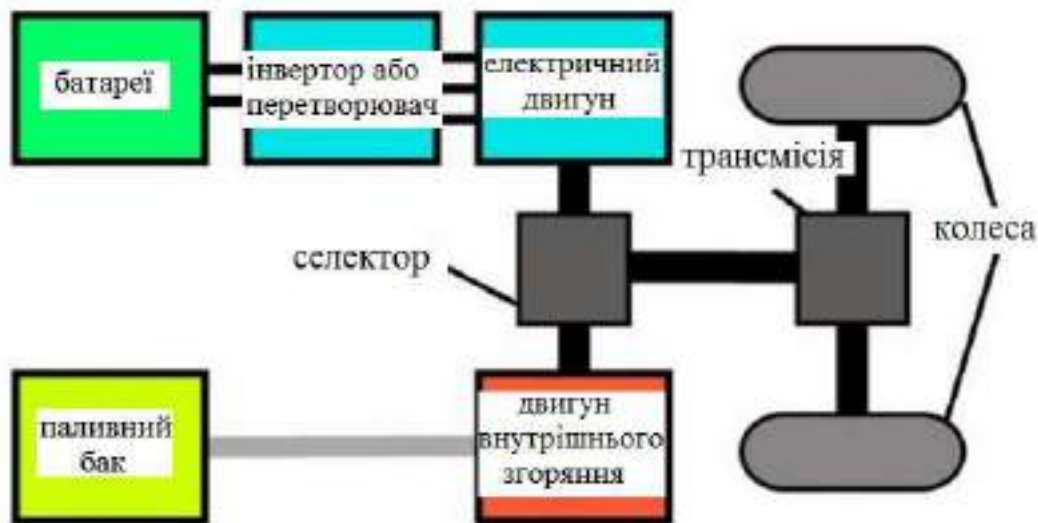
Марка	Renault
Модель	Fluence Z.E.
Тип кузова	Седан
Вид	Електролюбиль
Двигун	Електричний
Потужність електродвигуна	95 к.с. / 70 кВт
Батарея	22 кВт•год
Автономність руху (NEDC/EPA/WLTP)	185 км
Тривалість зарядки АКБ (220В/380В/DC)	6-8 год. / - / -
Розгін 0-100 км/год.	13 с.
Максимальна швидкість	135 км/год.

Метою цієї дипломної роботи є проектування пристрою для збільшення автономності руху електромобіля Renault Fluence Z.E.

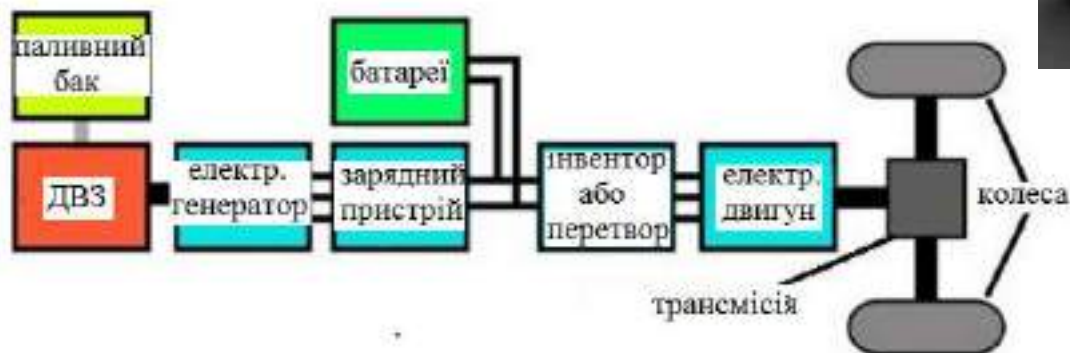
Завдання роботи:

- 1) Виконати аналіз енергозабезпечення електромобіля Renault Fluence Z.E.
- 2) Спроекувати систему для збільшення автономності руху електромобіля.
- 3) Виконати перевірку на міцність конструкції пристрою для збільшення автономності руху електромобіля.

Вирішити проблему низької автономності електромобілів намагаються компанії шляхом розвитку іншого типу автомобілів: гібридні транспортні засоби.



Деталі паралельної конфігурації.

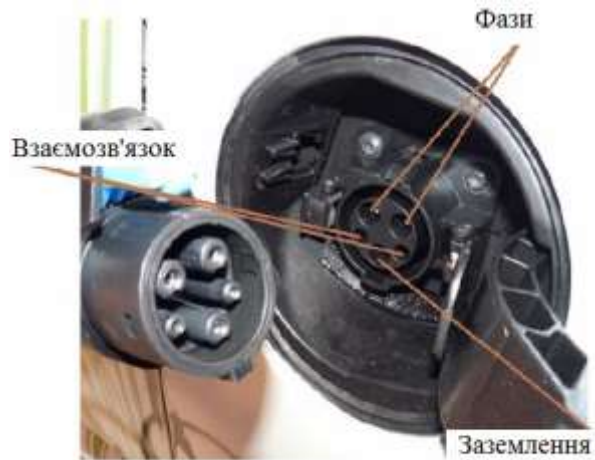


Деталі послідовної конфігурації.

Модель автомобіля	Тип автомобіля	Автономність
Renault Fluence Z.E.	Повністю електричний	180 км
Tesla Roadster	Повністю електричний	400 км
Toyota Prius	Паралельний гібрид	1200 км
Opel Ampera	Послідовний гібрид	500 км



способи заряджання



Зарядний штекер Renault Fluence Z.E

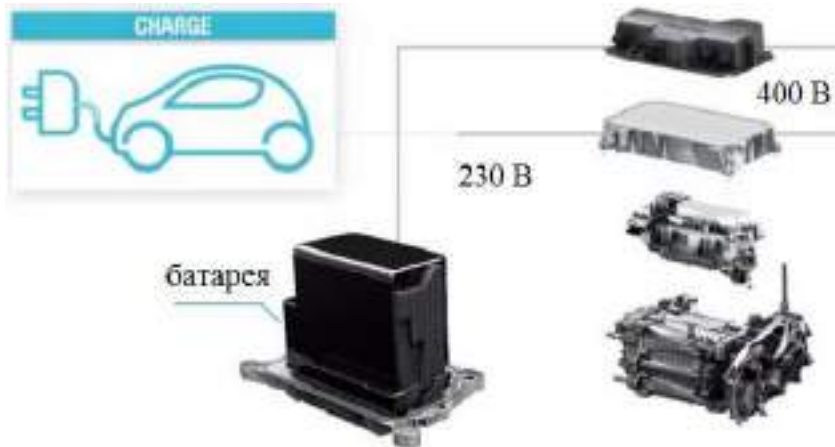


Схема процесу зарядки.

з'єднувальна
коробка



зарядний
пристрій



електронний
силовий блок /
конвертор



двигун / редуктор



Компонування двигуна Renault Fluence Z.E

Системи кріплення буксирів



Opel Flexi fix.



Система кріплення буксирної коробки.



Буксир вантажний



Буксир для транспортування велосипедів



Буксир для транспортування тварин

Вибір генератора



Honda ECM-10.



TAIGÜER ICV840E.



TAIGÜER XX8500LE.



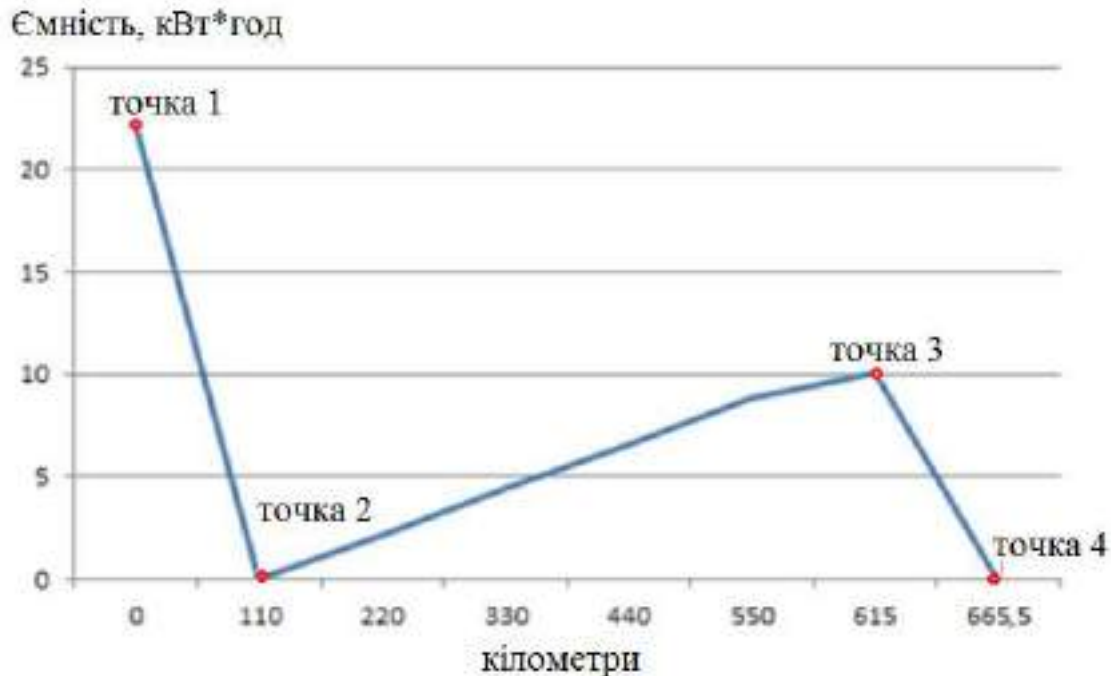
Mahle Range Extender – 30.

кроки, які беруть участь у процесі заряджання АКБ від Mahle Range Extender з баком на 40 л. палива

На початку процесу батареї знаходяться в точці 1 із максимальною ємністю 22 кВт/год. $\frac{22 \text{ kWh}}{20 \text{ kW}} = 1.1$
Оскільки споживання енергії мало бути 20 кВт, а батареї мають ємність 22 кВт/год:

Це 1,1 години, поки батареї не розрядяться. Оскільки швидкість повинна бути 100 км/год: $1.1 \text{ hours} * \frac{100 \text{ km}}{\text{h}} = 110 \text{ km}$

Є 110 км автономності на 100 км/год, доки батарея не розрядиться в точці 2. Після того, як батарея розрядиться, нова стадія займає частини, де Range Extender заряджається на 22 кВт, а електричний двигун споживає енергію з батареї на 20 кВт. Оскільки загальна ємність акумуляторів становить 22 кВт/год:



$$-20 * x + 22 * x = 22$$

$$x = 11 \text{ годин.}$$

Оскільки двигун здатний працювати максимум 5,05 години, це означає, що за ці 5,05 години батареї будуть заряджені на 10,1 кВт/год.

На даний момент Range Extender не може заряджати більше часу, оскільки паливний бак порожній, тому ці 10,1 кВт дадуть автономність ще на 50,5 км, точка 4.

Вибір місця для розміщення пристрою

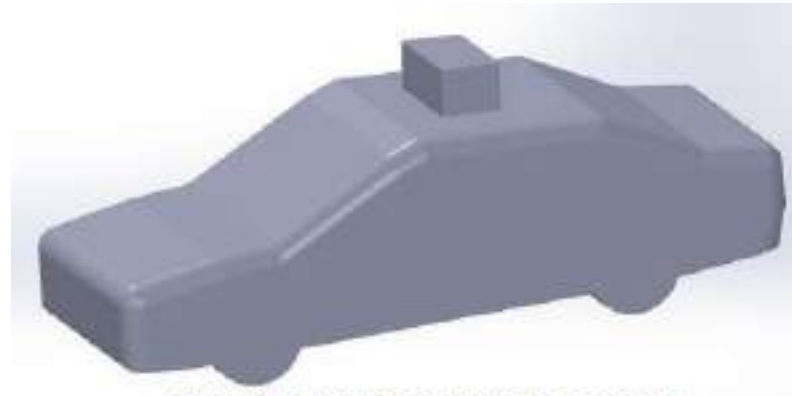


Зони автомобіля.

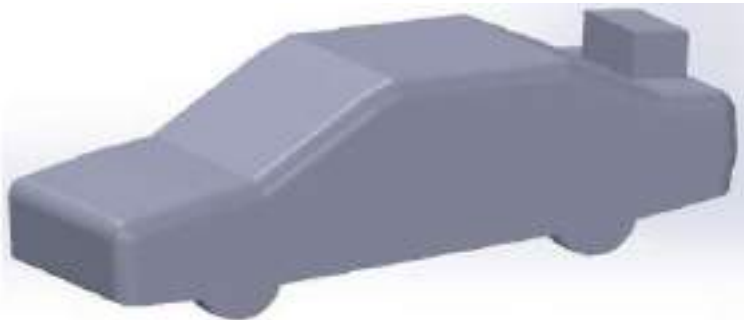


Можливі позиції встановлення додаткового генератора.

Аналіз розміщення пристрою



Розміщення системи над дахом.

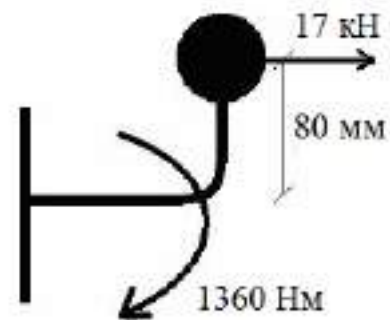


Розміщення системи над багажником.



Розміщення системи позаду електромобіля.

Аналіз зчіпного гака



Діючий момент на зчіпний гак.

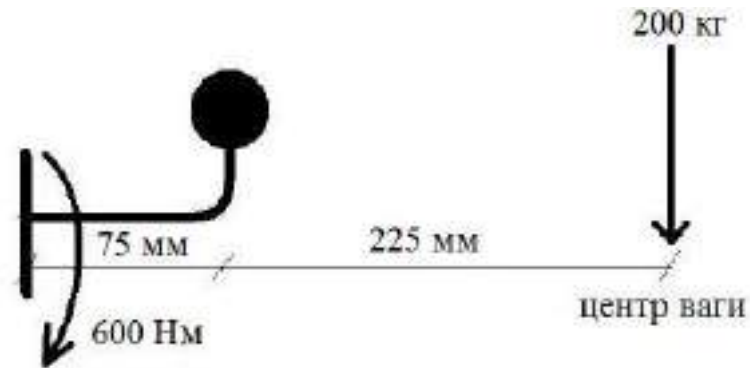
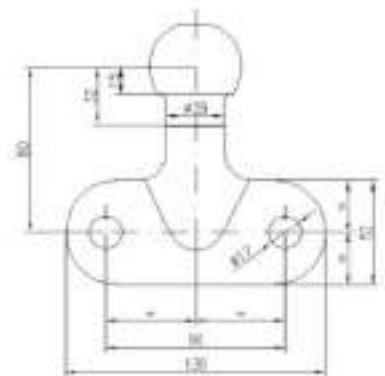
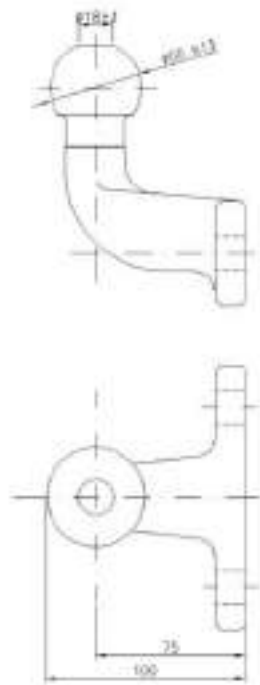
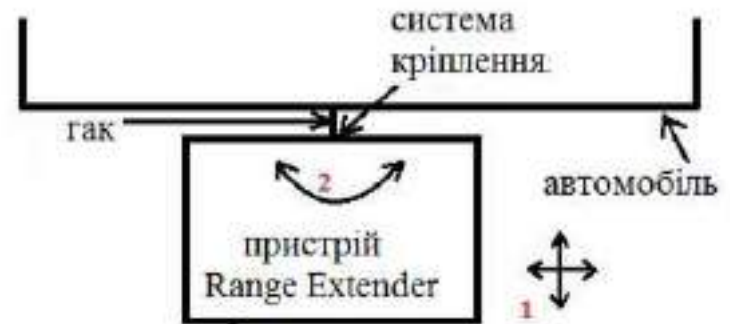
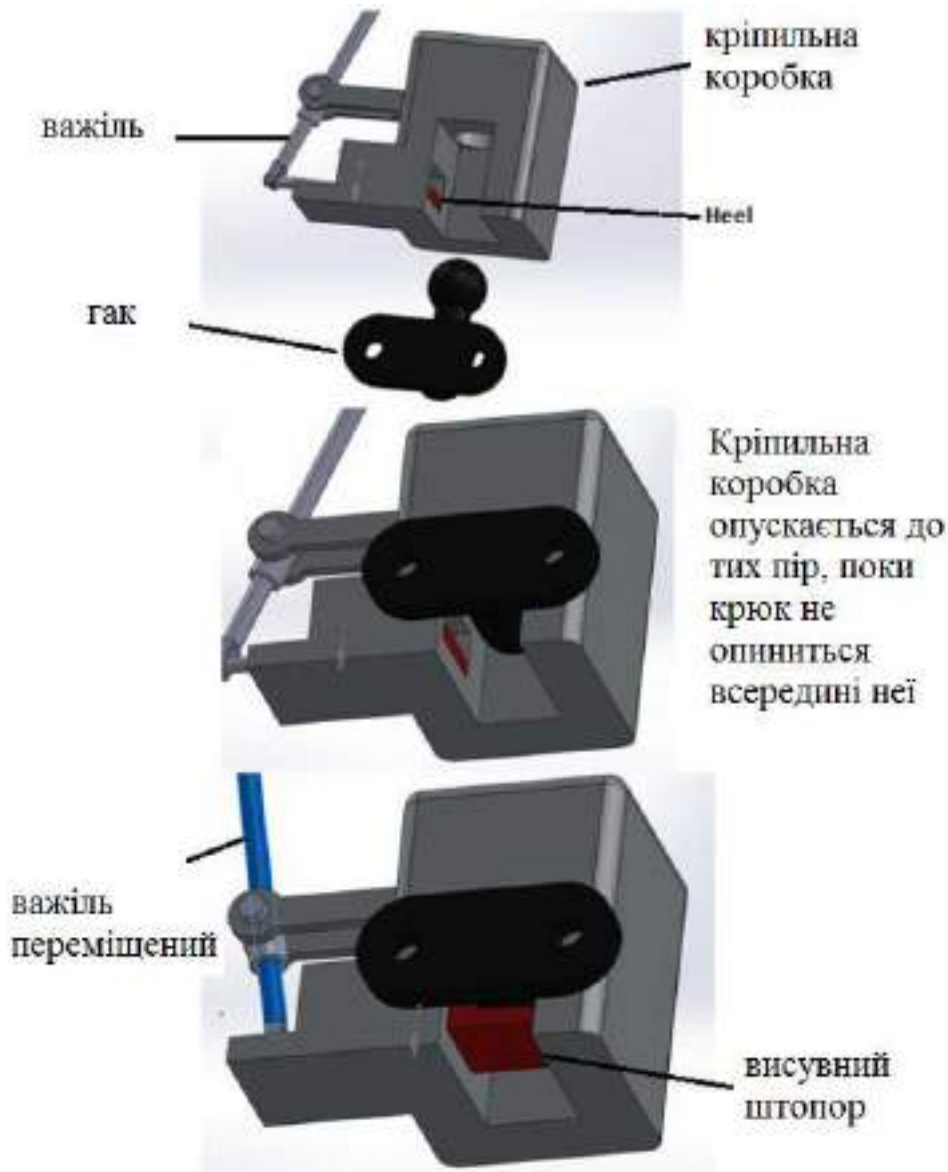
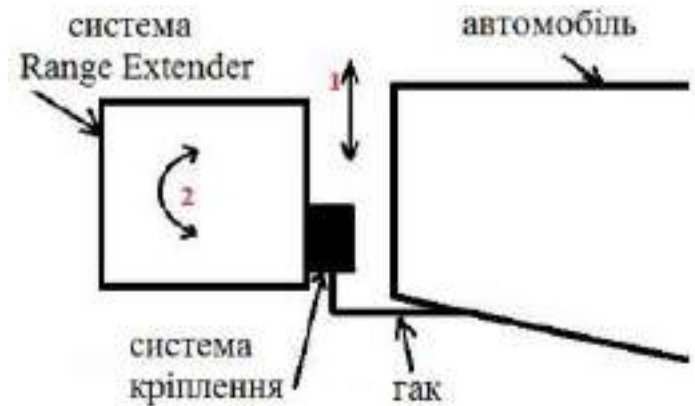


Схема дії моменту.

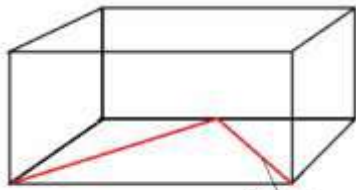
Конструкція системи кріплення



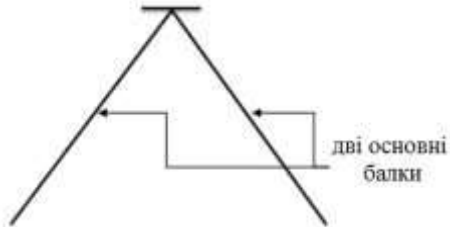
Вид зверху для обмеження рухів.



Вид збоку для обмеження рухів.



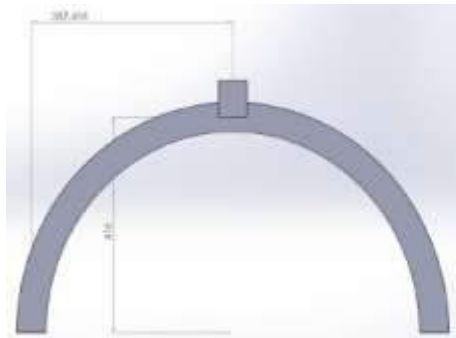
Довжина трикутної конфігурації.



Вибір форми конструкції

Конфігурація	Довжина матеріалу (мм)
Трикутна	1100
Еліпсоподібна	1250
Прямокутна	1600
Паралельна	1500

Ця трикутна конфігурація складається з двох балок, зварених перпендикулярно до трикутної частини з'єднання; цей елемент з'єднання приварюють до системи кріплення.



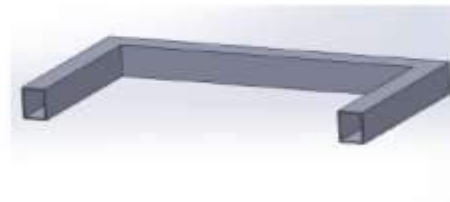
Розміри круглої конфігурації. Кругова конфігурація.



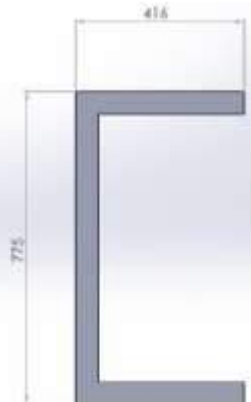
Трикутна конфігурація. Розмір трикутної конфігурації.



Паралельна конфігурація.

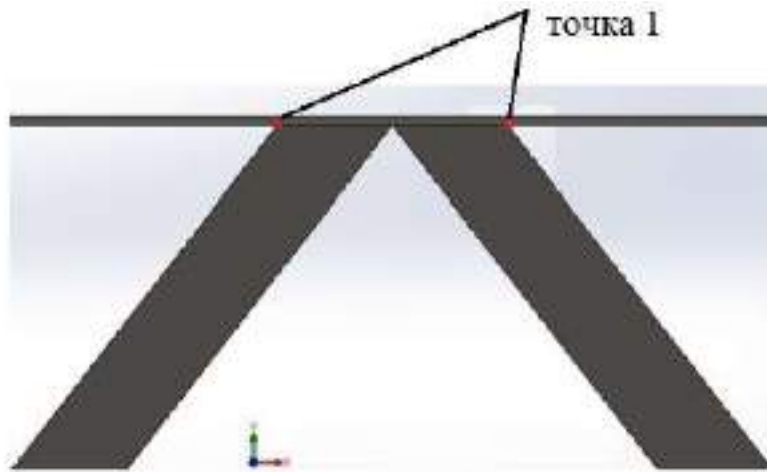


Прямокутна конфігурація. Розміри прямокутної конфігурації.



Розв'язування задачі в Solidworks

Поява точок із високим напруженням було помічено після попереднього аналізу стрижнів із кутовим зрізом на одному кінці, як показано на рисунку. Трикутна з'єднувальна деталь була розроблена для перпендикулярного кріплення балок і уникнення високих напружень у точці 1 через кут зрізу.



Вид зверху кутового різну.

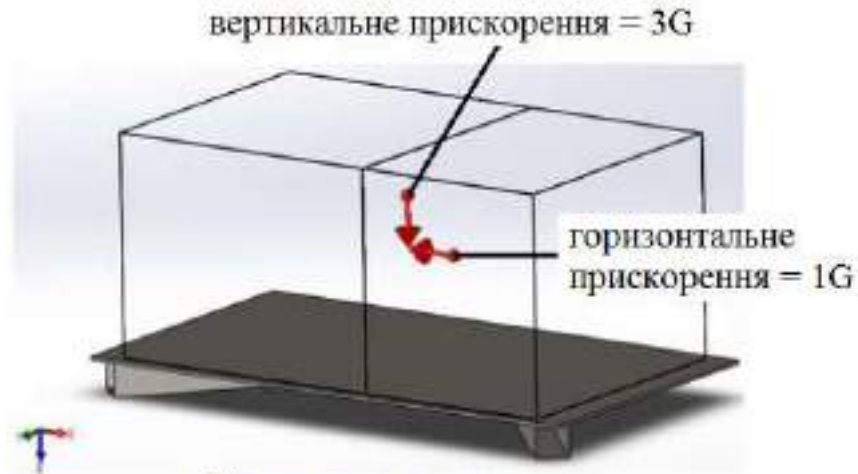


Конструкція з платформою.

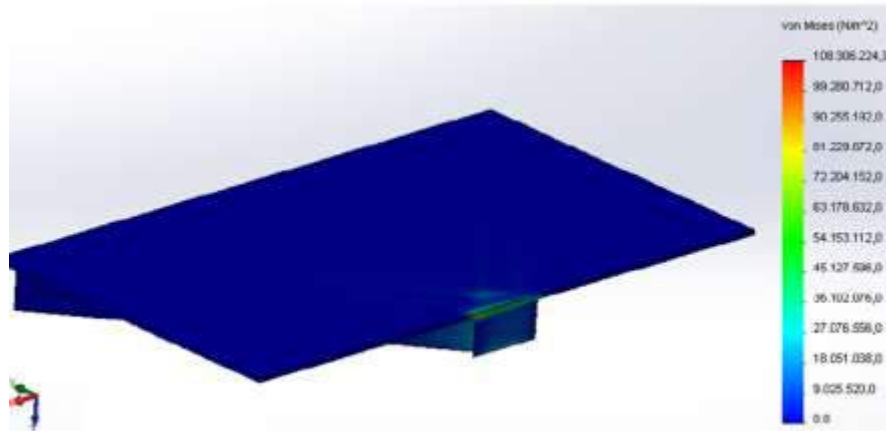
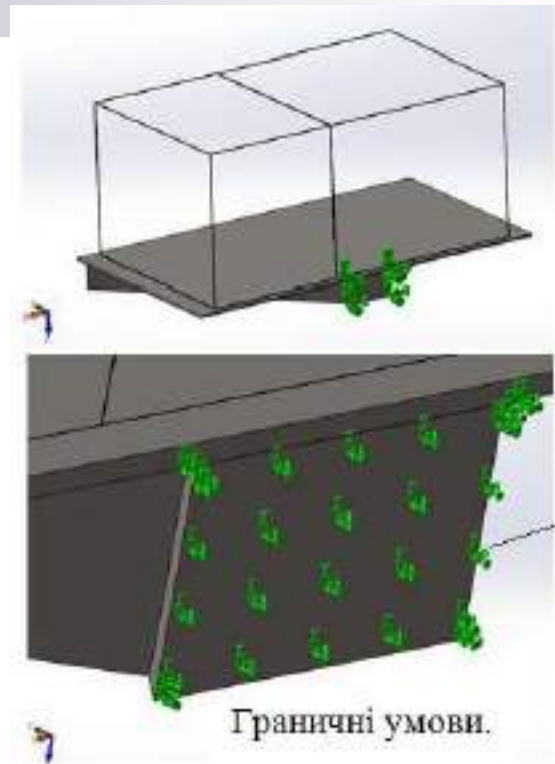


Трикутна сполучна частина.

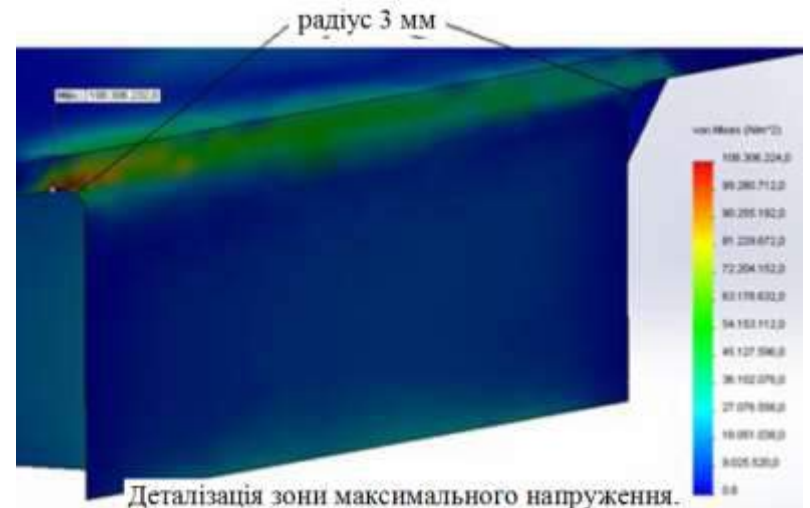
Модель SolidWorks



Навантаження на модель.

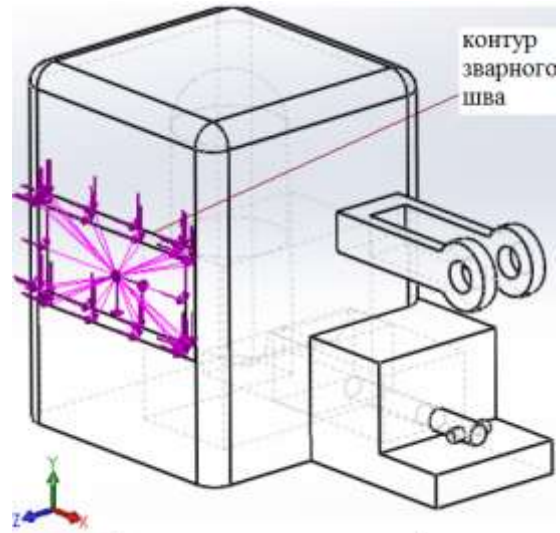
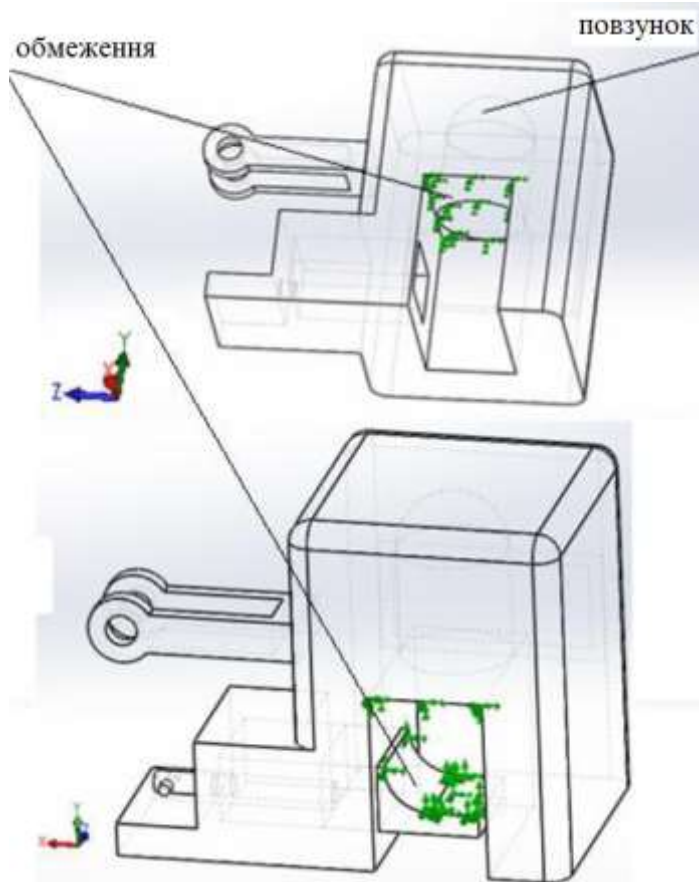


Напруження за Мізесом.

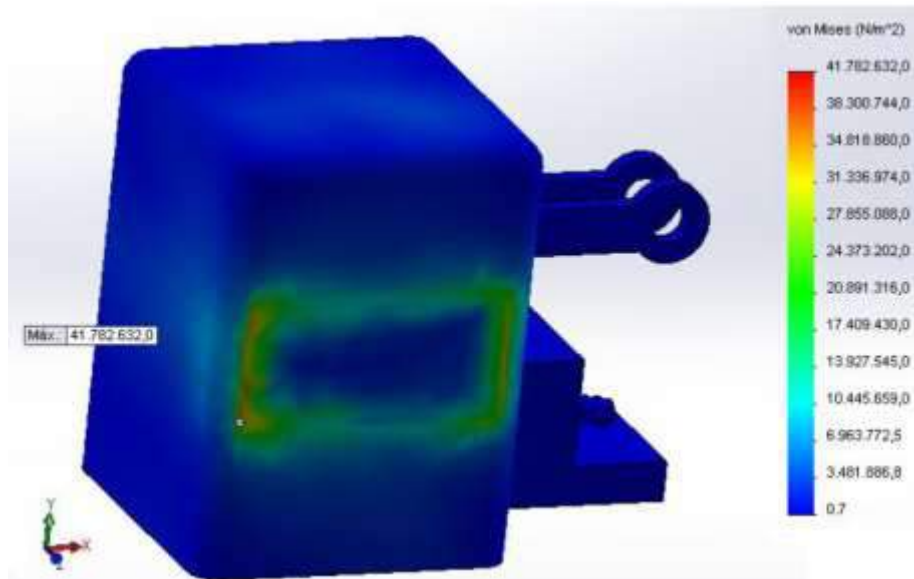


Деталізація зони максимального напруження.

Оцінка системи кріплення.



Навантаження на систему кріплення.



Розрахунок зварювання конструкції



дотичні напруження кручення додаються до дотичних напружень зсуву

$$\text{А: } \begin{aligned} t_y &= -\frac{15.19}{a} + \frac{23.01}{a} = \frac{7.82}{a} \text{ Н/мм}^2 \\ t_z &= \frac{5.063}{a} + \frac{11.5}{a} = \frac{16.563}{a} \text{ Н/мм}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Б: } \begin{aligned} t_y &= -\frac{15.19}{a} - \frac{23.01}{a} = -\frac{38.2}{a} \text{ Н/мм}^2 \\ t_z &= \frac{5.063}{a} + \frac{11.5}{a} = \frac{16.563}{a} \text{ Н/мм}^2 \end{aligned}$$

$$\text{В: } \begin{aligned} t_y &= -\frac{15.19}{a} - \frac{23.01}{a} = -\frac{38.2}{a} \text{ Н/мм}^2 \\ t_z &= \frac{5.063}{a} - \frac{11.5}{a} = -\frac{6.437}{a} \text{ Н/мм}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Г: } \begin{aligned} t_y &= -\frac{15.19}{a} + \frac{23.01}{a} = \frac{7.82}{a} \text{ Н/мм}^2 \\ t_z &= \frac{5.063}{a} - \frac{11.5}{a} = -\frac{6.437}{a} \text{ Н/мм}^2 \end{aligned}$$

Дотичні напруження створюються зсувом (1) і крученням (2), а нормальні напруження створюються згинальними моментами. Точки А, В, С і D є критичними, оскільки мають більші напруження кручення.

$$\text{Зсув: } t_y = \frac{4557 \text{ Н}}{300 \times a \text{ мм}^2}; \quad t_z = \frac{1519 \text{ Н}}{300 \times a \text{ мм}^2}$$

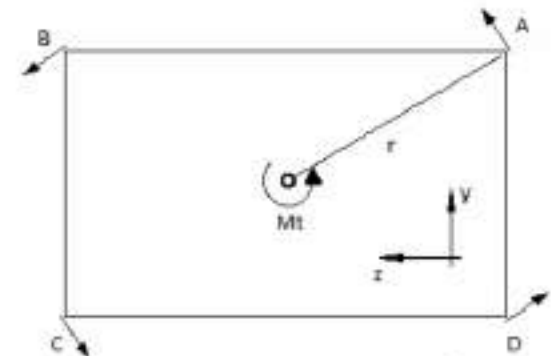
Нормальні напруження створюються згинальними моментами M_y і M_z .

$$\text{А: } \sigma = \frac{179.46}{a} + 2.41 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

$$\text{Б: } \sigma = -\frac{56.232}{a} + 0.0535 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

$$\text{В: } \sigma = -\frac{179.46}{a} - 2.41 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

$$\text{Г: } \sigma = \frac{56.232}{a} - 0.0535 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$



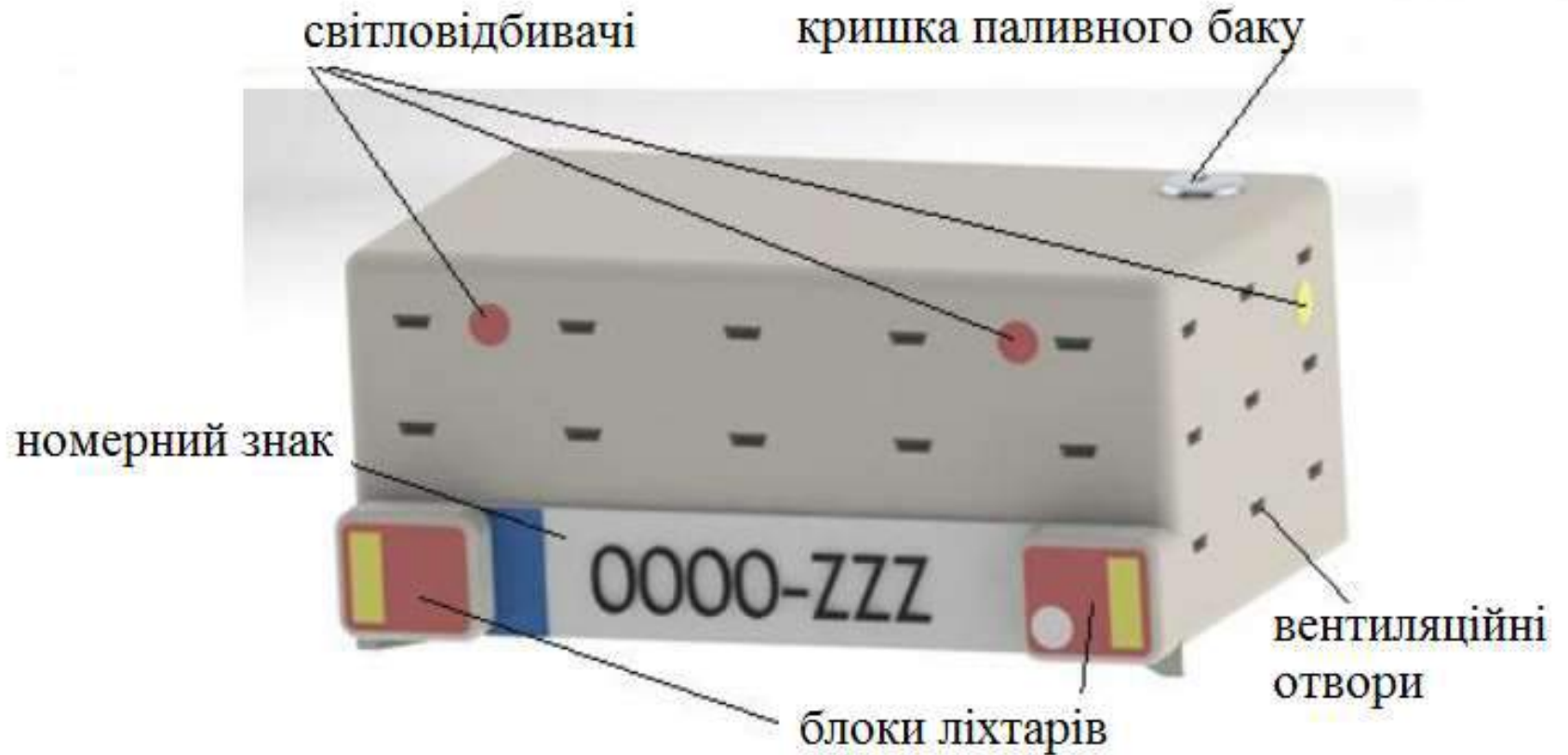
Дотичні напруження, створені крученням.

Умова міцності

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq S_y$$

взявши S_y , межу текучості зварного шва, як 430 МПа, поділену на коефіцієнт надійності 1,25, отримане «а» є меншим за мінімальну товщину безпеки, тому остаточне «а» буде прийнято рівним 3 мм

Зовнішній дизайн.



ВИСНОВКИ

- 1) Mahle Range Extender є кращим рішенням для створення електромобіля з подовженим запасом ходу (EREV), ніж інші комерційні електрогенератори, завдяки його малій вазі, компактним розмірам і високій потужності, він забезпечує запас ходу 650 км.
- 2) За результатами комп'ютерного моделювання встановлено, що задня частина автомобіля це найкраще місце для встановлення Range Extender. Окрім того, таке розташування не впливає на видимість водія та не підвищує центр ваги автомобіля.
- 3) Вибрані балки та платформа для несучої конструкції, а також їхнє розташування, виявилися відповідним рішенням. Результати аналізу в SolidWorks показали, що жодна з деталей конструкції не перевищує межу текучості матеріалу.
- 4) При проєктуванні були враховані певні елементи, такі як вентиляційні отвори для аспірації та охолодження, а також заливна горловина.
- 5) Кінцевий результат цього проєкту демонструє загальний вигляд Range Extender для Renault Fluence Z.E. Цей Range Extender складається з Mahle Range Extender та 40-літрового паливного бака, укладених у корпус. Система буде прикріплена до буксирного гака, попередньо встановленого та адаптованого до цього автомобіля за допомогою спеціальної системи кріплення.



Дякую за увагу !