

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра інтегрованих технологій машинобудування

«На правах рукопису»
УДК 621.91

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
В.А. Пасічник

(підпис)

“ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування (інженерний дизайн)
(код і назва)

на тему: Дизайн та конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення економічного міського електромобіля «ZEUS»
(комплексна магістерська дисертація)

Виконав (-ла): студент (-ка) 2 курсу, групи МІ-72мп
(шифр групи)

Кутуза Василь Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник Зав. кафедри, д.т.н., проф., Пасічник В.А.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант _____
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

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

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2018

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут (факультет) Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра інтегрованих технологій машинобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування (інженерний дизайн)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.А. Пасічник
(підпис)

« ____ » _____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Кутуза Василь Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації на тему: Дизайн та конструкторсько-технологічне
забезпечення виготовлення економічного міського електромобіля «ZEUS»

(комплексна магістерська дисертація)

науковий керівник дисертації Пасічник В.А., д.т.н. професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « ____ » _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження Процес пошуку дизайну і конструкторсько-
технологічного рішення для економічного міського електромобіля

4. Предмет дослідження Основи конструювання підвіски електромобіля,
проекування елементів підвіски і трансмісії та забезпечення по їх виготовленню.

⋮

5. Перелік завдань, які потрібно розробити На основі аналізу актуальних
технічних рішень для міського електромобіля розробити нове концептуальне
виконання елементів ходової, на основі отриманих даних, спроектувати нову
конструкцію вузлів трансмісії, передньої та задньої підвіски; створити й дослідити
макети основних деталей електромобіля; підготувати пропозицію стартап-
проекту для ринку електротранспорту.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу Виготовлення макету для одного із спроектованих механізмів, підготовка презентації.

7. Орієнтовний перелік публікацій _____

8. Консультанти розділів дисертації*

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

9. Дата видачі завдання 1.09.2017 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Сучасні тенденції проектування, розрахунку та моделювання підвіски автомобіля з підвищеними вимогами до економічності	1.10.2017	
2	Проектування і розрахунок елементів підвіски електромобіля "ZEUS"	1.01.2018	
3	Технологічне забезпечення виготовлення елементів підвіски	1.04.2018	
4	Розроблення стартап-проекту	1.08.2018	
5	Підготовка презентації, оформлення роботи	10.12.2018	

Студент _____
(підпис)

В.В. Кутуза
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації _____
(підпис)

В.А. Пасічник
(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

АННОТАЦІЯ

Кутуза В.В. Дизайн та конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення економічного міського електромобіля “ZEUS” (комплексна магістерська дисертація)

Дисертація на здобуття наукового ступеня магістра за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування (інженерний дизайн). Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». – Київ, 2018.

На основі дослідження стану розробок у автомобільній галузі, визначено, що в розвинутих країнах, а особливо у великих містах та мегаполісах набуває популярності електричний транспорт, в тому числі автомобілі. Такі технології вже доступні у більшості країн широкому загалу людей з середніми та високим рівнем достатку.

В процесі роботи було проаналізовано та спроектовано підвіску і трансмісію електромобіля. Для підтвердження доцільності спроектованих параметрів, було проведено комп'ютерну симуляцію навантажених елементів і виконаний технологічний аналіз всіх елементів.

Виготовлений у масштабі 1:1 макет диференціалу, підтвердив правильність процесу конструювання.

Ключові слова. інженерний дизайн, проектування, підвіска, трансмісія, електропривід,, електроавтомобіль, геометрія підвіски, технологічне забезпечення, автомобілебудування.

ANNOTATION

Kutuza V.V. Design and construct-technological support for the production of the economic urban electric vehicle "ZEUS" (integrated master's dissertation)

Thesis for a Master's degree in specialty 133 - Sectoral engineering (engineering design). National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute". - Kyiv, 2018.

Based on research on the state of development in the automotive industry, it has been determined that electric vehicles, including cars, are becoming popular in developed countries, and especially in large cities and metropolises. Such technologies are already available in the majority of countries to a wider range of people with middle and high levels of prosperity.

During the work, the suspension and transmission of an electric vehicle were analyzed and designed. To confirm the feasibility of the designed parameters, a computer simulation of loaded elements was performed and a technological analysis of all elements was performed.

Built on a scale of 1: 1 layout differential, confirmed the correct design process. Keywords: engineering design, designing, suspension, transmission, electric drive, electric car, suspension geometry, technological support, automotive industry.

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на тему: «Дизайн та конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення економічного міського електромобіля «ZEUS», містить __ сторінки пояснювальної записки, рисунків – 67, таблиць – 28, використаних джерел – 35, ілюстрації, що включають 43 слайди презентації графічної частини, 1 макет.

Актуальність теми

Сучасні розробки та наукові праці у автомобілебудуванні дозволяють сьогодні створювати робочі зразки машин, спрямовані на розробку найбільш економічних двигунів та заміну традиційних джерел енергії на більш економічні альтернативні. Актуальною є проблема екологічного та водночас заощадливого транспорту, створеного з легких та надійних матеріалів, на базі державних виробництв. Пошук найвигіднішого джерела енергії та методи його використання залишаються проблемами в області як державного так і світового автомобільного виробництва.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Магістерська дисертація виконана на кафедрі інтегрованих технологій машинобудування в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» у відповідності з тематичним планом науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України.

Мета дослідження. Створити проект інтегрованого у міські умови автомобіля, з покращеними економічними, екологічними, та ергономічними показниками.

Задачі дослідження:

1. На основі аналізу ринку й наявних технічних рішень міського електромобіля розробити нове концептуальне рішення конструкції підвіски і трансмісії.

2. На основі аналізу ринку й наявних технічних рішень міського електромобіля спроектувати елементи систем підвіски і трансмісії.

3. Створити макет вузла нового міського електромобіля.

4. Підготувати стартап-проект для ринку електротранспорту.

Об'єкт дослідження — процес пошуку дизайну і конструкторсько-технологічного рішення для економічного міського електромобіля

Предмет дослідження: Основи конструювання підвіски електромобіля, проектування елементів підвіски і трансмісії та забезпечення по їх виготовленню

Методи дослідження: Аналіз інженерних рішень, методи активізації пошуку інженерних рішень (мозковий штурм), системний аналіз та відбір кращих рішень за системою критеріїв, моделювання структури, компонентів та загального дизайну рішення в цілому та його компонентів спираючись на сучасні системи автоматизованого проектування, моделювання, технологічного підготовки виробництва.

Наукова новизна отриманих результатів. Удосконалення міського електромобіля за рахунок створення нової концепції, яка передбачає можливість використання сучасних силових установок, в поєднанні з принципово новою системою підвіски.

Практичне значення отриманих результатів. На базі концептуального рішення створено конструкцію нового електрокара, тривимірні моделі, та масштабні прототипи, які виготовлені з використанням технологій оброблення на верстаті з ЧПК та адитивних технологій FDM.

Ключові слова: інженерний дизайн, проектування, підвіска, трансмісія, електропривід,, електроавтомобіль, геометрія підвіски, технологічне забезпечення, автомобілебудування.

ЗМІСТ

ЗМІСТ	1
ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ, РОЗРАХУНКУ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ПІДВІСКИ АВТОМОБІЛЯ З ПІДВИЩЕНИМИ ВИМОГАМИ ДО ЕКОНОМІЧНОСТІ	12
1.1 Аналіз конструкцій підвіски автомобіля.....	12
1.1.1 Призначення і різновиди підвіски автомобілів	12
1.1.2 Основні параметри підвіски	15
1.1.3 Види підвіски, що використовуються на транспортних засобах	17
1.2 Специфічні вимоги та особливості підвіски автомобілів для Shell Eco Marathon	20
1.3 Сучасні методи аналітичних розрахунків параметрів підвіски	23
1.4 Програмне забезпечення моделювання підвіски авто	28
1.4.1. Системи автоматизованого проектування (САПР)	29
1.4.2. Спеціальне програмне забезпечення.....	32
1.4.3. Обґрунтування вибору програмного забезпечення для задач проектуванні підвіски.....	32
Висновки по розділу	33
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ І РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ПІДВІСКИ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ «ZEUS».....	34
2.1. Обґрунтування основних параметрів підвіски проекту «ZEUS».....	34
2.2. Основні зусилля, що діють в підвісці автомобіля	36
2.2.1. Зусилля, що діють на елементи задньої підвіски	37
2.2.2. Зусилля, що діють на елементи передньої підвіски	41
2.3. Проектування задньої підвіски електромобіля	43
2.3.1 Проектування трансмісії	44
2.3.2 Проектування нерозрізного мосту, його напрямних і амортизуючих елементів	51
2.4. Проектування та розрахунок передньої підвіски	55
Висновки по розділу	60
РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДВІСКИ.....	61
3.1 Технологія обробки складних деталей підвіски на верстатах з ЧПК.....	61

3.1.1	Виготовлення деталі «Маточина колеса».....	61
3.1.2	Виготовлення деталі «Корпус диференціалу»	67
3.1.3.	Обладнання та інструмент для виготовлення деталей.....	72
3.2.	Застосування адитивних технологій у виготовленні деталей проекту SET КРІ та у макетуванні	77
3.2.1.	Виготовлення макету диференціалу електромобіля	77
	Висновки по розділу	82
4.	СТАРТАП - ПРОЕКТ.....	83
4.1	Опис ідеї проекту	83
4.1.1	Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї.	84
4.2	Технологічний аудит ідеї проекту	85
4.3	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	86
4.3.1	Потенційні клієнти.....	87
4.3.2	Аналіз ринкового середовища	88
4.3.3	Аналіз пропозиції.....	89
4.3.4	Аналіз умов конкуренції в галузі	90
4.3.5	Перелік факторів конкурентоспроможності	92
4.3.6	Аналіз сильних та слабких сторін	92
4.3.7	SWOT-аналіз стартап-проекту.....	93
4.3.8	Альтернативи ринкової поведінки	93
4.4	Розроблення ринкової стратегії проекту	94
4.4.1	Визначення стратегії та охоплення ринку.....	94
4.4.2	Формування базової стратегії розвитку.....	94
4.4.3	Вибір стратегії конкурентної поведінки.....	95
4.4.4	Стратегія позиціонування	96
4.5	Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	96
4.5.1	Формування маркетингової концепції товару	96
4.5.2	Трирівнева маркетингова модель товару	97
4.5.3	Визначення цінових меж.....	98
4.5.4	Визначення оптимальної системи збуту.....	98
4.5.5	Розроблення концепції маркетингових комунікацій.....	99
4.6	Висновки	100
	Додатки.....	105

Додаток А. Партнерська пропозиція.....	106
Додаток Б. Кресленик деталі «Маточина колеса».....	107
Додаток В. Кресленик деталі «Корпус диференціалу».....	108
Додаток Г. Фрагмент керуючої програми для верстата з ЧПК, при виготовленні деталі «Корпус диференціалу».....	109
Додаток Д. Матеріали презентації.....	110

ВСТУП

Сьогодні проблема обмеженості природних ресурсів стає актуальною, як ніколи раніше. В умовах постійного росту цін на природне паливо, все більше людей починають звертати увагу на альтернативні джерела енергії і шляхи її використання. При подальшому використанні вичерпних джерел енергії, вартість їх використання буде постійно зростати. На сьогоднішній день вже розроблено багато способів створення енергії з альтернативних джерел. В більшості з них кінцевим продуктом є саме електроенергія.

За умов поступового переходу до використання електрики як основного джерела енергії, необхідно розробляти електрифіковані альтернативи звичним для нас механізмам, які використовують вичерпні джерела енергії.

Одним з основних механізмів, що працюють на природних копалинах і використовуються майже всіма жителями планети є автомобілі.

Створення енергоефективних та екологічних електромобілів є важливим завданням в переході до незалежності від природних джерел енергії. Створення прототипу такого автомобіля дасть можливість відповідати вимогам сучасного автомобілебудування. Правильність такої точки зору підтверджує перехід крупних компаній, постачальників енергії до енергоефективних технологій. Прикладом цього є організація змагань на енергетичну ефективність від компанії Shell Eco Marathon, завдяки яким знаходяться нові рішення в області використання мінімальної кількості енергії для пересування.

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ, РОЗРАХУНКУ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ПІДВІСКИ АВТОМОБІЛЯ З ПІДВИЩЕНИМИ ВИМОГАМИ ДО ЕКОНОМІЧНОСТІ

Якісне вирішення завдань конструкторсько-технологічного забезпечення виготовлення економічного міського автомобілю передбачає низку завдань, основними з яких в моїй частині дипломної роботи будуть: аналіз конструкцій підвіски автомобілів, який дасть можливість обрати найкращий варіант; виявлення специфічних вимог до підвіски автомобіля, які є критично важливими для автомобілів класу ShellEcoMarathon; проаналізувати наявні сучасні методи розрахунку елементів підвіски, а також програмне забезпечення для їх симуляції, що в сукупності дозволить спроектувати раціональні конструкції.

1.1 Аналіз конструкцій підвіски автомобіля

1.1.1 Призначення і різновиди підвіски автомобілів

Підвіска автомобіля — сукупність пристроїв, що сполучають міст чи колеса з рамою (кузовом) автомобіля, призначених для зменшення динамічних навантажень під час руху по нерівностях дороги, що забезпечують передачу всіх сил і моментів, що діють між колесами і рамою (кузовом) [1].

Для пасажирів і водія автомобіля основними вимогами до підвіски залишаються комфорт пересування і забезпечення керованості транспортного засобу. Для того, щоб максимально відповідати цим вимогам, підвіска повинна виконувати такі функції:

- фізичне з'єднання коліс або нерозрізних мостів з несучою системою автомобіля
- передача на несучу систему автомобіля сил і моментів, що виникають при взаємодії коліс з дорогою
- забезпечення необхідного характеру переміщення коліс відносно несучої системи
- передача крутного моменту від двигуна до коліс, при прискоренні

- Відповідно до призначення певних елементів підвіски, їх можна розділити на кілька груп:
- Пружні елементи - ті, що сприймають і передають нормальні сили реакції дороги (пружини, торсіони, ресори)
- Напрямні елементи - деталі, що задають характер переміщення коліс, їх зв'язок з несучою системою автомобіля і передають поздовжні і бокові сили та моменти (важелі, тяги)
- Амортизатори - слугують для гасіння коливань несучої системи, внаслідок роботи пружних елементів [2]

Залежно від того, яким чином виконані елементи підвіски, всі конструкції можна розділити на залежні і незалежні підвіски:

Залежна підвіска передбачає жорстке з'єднання двох коліс між собою суцільним корпусом півосей (нерозрізним мостом) або балкою. Такі підвіски були успадковані сучасними автомобілями ще від кінних екіпажів. Сьогодні в більшості випадків зустрічаються виключно на задній осі автомобілів, хоча можливе використання такого рішення і для поворотної осі.

В незалежній підвісці рух кожного колеса визначається виключно своїм, окремим набором важелів. Між собою, колеса однієї осі можуть бути з'єднані хіба що стабілізатором поперечної стійкості. Така підвіска використовується на більшості транспортних засобів сьогодення і є найкращою за багатьма параметрами.

Основні характеристики залежної підвіски:

- простота, економічність, простота інтеграції заднього диференціалу в корпус осей (відсутність шарнірів рівних кутових швидкостей)
- економія простору над віссю
- високий центр обертання
- однакова орієнтація коліс в просторі (однакові розвал і сходження)
- велика невідресорена маса
- безпосередній вплив руху одного колеса на інше
- відсутність динамічного розвалу і сходження

- Основні характеристики незалежної підвіски:
- зменшена невіднесена маса
- рух одного колеса не впливає на інші
- свобода налаштувань параметрів підвіски
- покращена ізоляція від шумів та вібрацій, що викликаються дорогою
- зміна деяких параметрів підвіски, таких як колія, розвал коліс, а в деяких типах і колісна база, при стисненні і відбої підвіски
- менша надійність, порівняно з залежною підвіскою

Конструкція підвіски автомобіля визначається з вимог прохідності, вантажопідйомності, комфорту та інших. Важливим фактором при виборі типу підвіски є компоновка двигуна та трансмісії. Залежно від розмірів двигуна, його потужності, та необхідного відношення мас, що приходять на різні осі можна вибрати поздовжнє, поперечне або заднє розміщення двигуна, точно так само і з віссю, на яку буде приходити крутний момент, необхідний для руху. Відсоткове відношення рішень на сьогоднішньому ринку автомобілів приведені на Рис.1.1 [3].

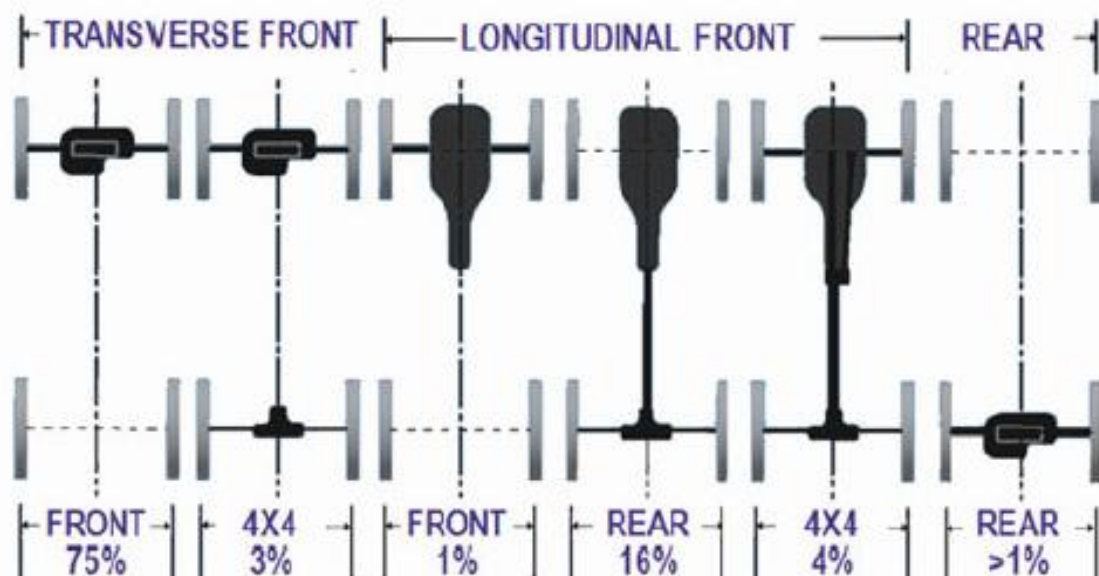


Рис. 1.1. Відсоткова частка різних типів компоновки силових агрегатів та елементів трансмісії на ринку автомобілів[3]

Відповідно до призначення автомобіля до нього висуваються вимоги з економічності, керуваності, швидкості, комфорту пересування,

вантажопідйомності, прохідності, вартості та естетики. Всі ці вимоги не можуть не впливати рішення, що приймаються при проектуванні підвіски, адже її характеристики будуть безпосередньо впливати на більшість з наведених характеристик автомобіля.

1.1.2 Основні параметри підвіски

Для того, щоб забезпечити бажані показники стійкості, комфортності, прохідності і керованості автомобіля, зменшення зносу шин і втрат енергії на тертя, в конструкцію підвіски закладаються певні установчі параметри. Їх величина залежить від навантаження і його розподілення [2].

Основними установчими параметрами підвіски є:

Колія – поперечна відстань між найвіддаленішими точками плям контакту шин з дорогою [1]. Не може перевищувати певного значення (порівняно з габаритами автомобіля), тому часто обирається конструктивно [2].

Колісна база – відстань між осями передніх і задніх коліс автомобіля. Впливає на керованість автомобілем, адже при її зменшенні, зменшується мінімальний радіус повороту [2].

Кліренс – відстань від поверхні землі до найнижчої точки центральної частини автомобіля. впливає на прохідність машини і її аеродинамічні показники [2].

До специфічних налаштувань незалежної підвіски і поворотних осей належать:

Розвал – нахил площини колеса до перпендикуляра, проставленого до площини дороги [2]. Розрізняють статичний і динамічний розвал: статичний визначається на нерухомих автомобілі, при нормальному розподіленні навантажень між осями, термін динамічного розвалу використовується в умовах автомобілю, що рухається і особливо, при проходженні поворотів, може змінювати значення відносно статичного, і може оцінюватися тільки при динамічних тестах підвіски [4].

Сходження – кут між напрямком руху і площиною обертання колеса. Забезпечує паралельність кочення коліс з урахування жорсткості напрямних елементів підвіски, налаштовується експериментально [2].

Плече обкату – розмір, що визначає відстань від центральної площини колеса до точки перетину осі повороту колеса з площиною землі. має вплив на моменти, що виникають в підвісці від ваги автомобіля, при гальмуванні і розгоні [2].

Кастор – поздовжній кут нахилу осі повороту. Найбільше впливає на стабільність автомобіля при великих швидкостях [4].

Кут поперечного нахилу осі повороту (КПІ). Впливає на динамічний розвал при проходженні поворотів [4].

Виходячи з заданих параметрів, варіанту компоновки підвіски і лінійних її розмірів можна отримати значення важливих характеристик автомобіля:

Центр поперечного нахилу (моментальний центр повороту) – це точка, розміщена у вертикальній площині, що проходить через центри коліс і при крені автомобіля, в кожний момент залишається нерухомою. При з'єднанні центрів повороту обох осей, отримуємо вісь поперечного повороту (вісь крену). Чим ближче знаходиться вісь повороту до центра мас, тим менше автомобіль буде кренитися при бокових навантаженнях [2].

Центр поздовжнього крену – точка (вісь), навколо якої здійснюється поворот кузова автомобіля при прискоренні або гальмуванні. Розраховується за схожими до поперечного нахилу схемами і також віддаленість від центру мас, вказує на схильність машини до поздовжніх кренів [2].

Ці показники дають можливість оцінити стійкість автомобіля в динаміці і на етапі проектування визначити до якого типу керування буде схильний транспортний засіб: недостатнього чи надлишкового.

Недостатня керованість – умови керування автомобілем, коли він намагається притримуватися прямолінійного руху, при повороті керованих коліс. Таким чином, недостатньо керований автомобіль змусує пілота знижувати швидкість на поворотах, що призводить до втрат енергії.

Надлишкова керованість – проявляється як прагнення автомобіля, в повороті, повернутися навколо своєї осі, шляхом проковзування задніх коліс.

Обидва явища є небажаними, тому для ефективного проходження поворотів підвіска повинна зберігати мінімальні крени і забезпечувати максимальний контакт коліс із поверхнею дорожнього покриття [4].

Принцип Акермана – визначає геометрію рульового керування, з метою забезпечення правильного кута повороту керуючих коліс при проходженні поворотів[3].

1.1.3 Види підвіски, що використовуються на транспортних засобах

Залежна підвіска застосовувалася ще в кінних екіпажах і від тої пори зазнавала багатьох змін. Найчастіше ці зміни стосувалися її кінематики, тому прийнято класифікувати залежну підвіску саме за типом напрямних елементів:

- *Поздовжні ресори* – в такому випадку ресора виконує функцію як пружного елемента так і напрямного. це один з перших видів підвіски, що використовувався в транспорті взагалі. Сьогодні найчастіше можна зустріти на крупних, низько швидкісних вантажних автомобілях

- *Напрямні важелі* – конструкція коли переміщення моста відносно шасі визначається комбінацією з різної кількості важелів. Найчастіше використовується п'яти важільна система, де в поздовжньому і вертикальному напрямку задається поздовжніми важелями а в боковому – тягою Панара або механізм Ватта. Така конструкція напрямних елементів є найбільш поширена при використанні нерозрізного моста (ВАЗ 2101-2107, Ford Mustang, Mazda MPV, Ford Ranger та інші.).

- *Упорна труба або шишло* – конструкція, де поздовжні навантаження сприймаються захисною трубою, всередині якої знаходиться карданна передача або жорстко закріпленим на мості важелем що кріпляться на шарнір біля коробки передач. Використовувалася на великогабаритних вантажівках, автобусах, автомобілях Buick 1940-х років, сьогодні майже не зустрічається.

- *Де Діон* – за принципом є перехідною схемою між залежною і незалежною підвіскою, в якій, колеса зв'язані між собою відносно легкою нерозрізною балкою а трансмісія підвішена до рами автомобіля. Основним плюсом такої

компоновки є суттєве зменшення невідресорених мас. Через свою дороговизну виготовлення зустрічається досить рідко, часто на спортивних машинах, багатьох Alfa Romeo, Rover SD1, Smart.

- *Торсіонні системи* – конструкції, де в якості напрямного і пружного елемента використовується торсіон, з'єднаний з колесами. Така схема відрізняється низькою вартістю виготовлення і низькими показниками комфорту їзди. Найчастіше використовується на дешевих автомобілях (Audi 80, Ford Fiesta, Audi A4) [3]

- *Шарнірно закріплений міст* – система, в якій відсутні пружні елементи а міст з'єднаний з рамою посередині, на шарнірі. Така схема використовується на більшості сучасних тракторів, де важливий постійний контакт всіх коліс з поверхнею землі, небажані крутні моменти в рамі, відсутня необхідність у високих показниках комфорту а швидкості не перевищують 30 км./год. Використання такого типу підвіски на одній з осей, вимагає жорсткого закріплення коліс на іншій [5].

При пошуку компромісу в технологічності, вартості та кінематиці підвіски були запропоновані рішення з незалежними одне від одного колесами. Такі рішення сьогодні набули найбільшої популярності і використовуються на всіх легкових і не тільки автомобілях. Види незалежної підвіски класифікуються за типами напрямних, пружних і комбінованих елементів:

- *На подвійних поперечних важелях* – дана підвіска представляє собою два поперечних важеля, розміщених з кожного боку автомобіля, що зв'язують шасі автомобіля і кулак колеса. Основним плюсом підвісок такого типу є можливість підібрати необхідне розміщення центрів крену і задати кутове переміщення колеса при ході на стиск та відбій. Даний вид підвіски, завдяки своїм хорошим кінематичним характеристикам, постійно використовується на гоночних автомобілях, і більшості машин таких крупних автовиробників як Audi і Volkswagen.

- *МакФерсон* – вид передньої підвіски. де використовується лише один важіль а основним направляючим елементом є шарнірно закріплена зверху амортизаторна стійка, яка виконує відразу три функції (напрямна,

амортизаційна, пружна). Основними перевагами є мала вартість виготовлення і зменшені невіднесорені маси, але водночас, такий тип володіє дещо гіршою кінематикою, меншою надійністю і складністю шумоізоляції, що обмежує її розповсюдження в автомобілі преміум класу. Тим не менше, даний тип підвіски набув широкого розповсюдження серед сучасних автомобілів середнього класу (Mercedes-Benz W124, BMW e30, Ford Siera, Audi 80)[3].

- *З півосями, що коливаються* – один з перших типів незалежної підвіски, в основі конструкції якого лежить нерухомий диференціал, до якого прикріплені півосі, що виконують функції напрямних елементів. Таких тип підвіски мав погані характеристики при проходженні поворотів і сьогодні вже не використовується [2].

- *Свічна* – підвіска, де поворотний кулак, що впирається в пружину ковзає по жорсткій циліндричній направляючій, що виконує роль шворня. Такі конструкції використовувалися на спортивних автомобілях 1910-х – 1940-х років, хоча іноді зустрічається і на сучасних колісних конструкціях, де необхідне просто переміщення колеса відносно кузова без дотримання специфічних вимог.

- *На поздовжніх важелях* – кожне колесо рухомо прикріплене до поздовжнього важеля на рамі автомобіля. Такий тип відрізняється своєю простотою а відповідно і дешевизною, але має погані показники кінематики. Використовувалася на дешевих автомобілях до середини 1950-х років (Citroen 2CV).

- *Торсіонно-важільна* – тип підвіски, де напрямним і пружним елементом виступав важіль, закріплений до шасі автомобіля через торсіон. Має такі ж кінематичні характеристики як і підвіски з поздовжніми важелями. Часто використовувався на французьких автомобілях 1990-х років Peugeot, Renault [6].

- *Багатоважільна* – була створена для покращення показників підвіски на подвійних поперечних важелях, використовується найчастіше на ведучій осі задньопривідних автомобілів і забезпечує стабільні показники під час прискорень і гальмування автомобіля. Найдорожча при виготовленні і досить складна при проектуванні. Все одно постійно встановлюється на різних

автомобілях середнього та преміум класу (Mercedes-Benz, Volkswagen, Mazda, Toyota) [3].

1.2 Специфічні вимоги та особливості підвіски автомобілів для Shell Eco Marathon

Згідно регламенту змагань [7] основною вимогою до підвіски є постійний контакт всіх чотирьох коліс із поверхнею траси. Так як ніяких вимог до прохідності, кліренсу, ходу підвіски немає, задля зменшення маси конструкції і вартості виготовлення доцільно буде максимально спростити всі елементи підвіски.

Для того, щоб розуміти тенденції при проектуванні автомобілів такого типу варто оцінити рішення, які приймають іноземні команди, які беруть участь в змаганнях:

SolarCarSolutions

Французька команда, що регулярно займає призові місця в змаганнях Shell Eco Marathon, в своєму автомобілі використовує передню підвіску МакФерсон і жорстко закріплену задню вісь. Авто має довжину 3,2 м. і вагу 96 кг [8].



Рис. 1.2 Автомобіль команди SolarCarSolutions сезону 2017-2018 року [8]

TUfast Eco Team

Команда з технічного університету Мюнхена, Німеччина. Бере участь в змаганнях розпочинаючи з 2011 року. З 2017 перейшла в клас Urban concept.



Рис. 1.3 Автомобіль команди TUfast Eco Team сезону 2017 року [9]

В 2017 році команда використовувала підвіску на поперечних важелях спереду і нерозрізний міст ззаду. Вага автомобіля склала близько 100 кг., максимальна швидкість 30 км./год а загальна довжина близько 3 м.

Для 2018 року команда підготувала новий автомобіль, в якому вже використовувався нерозрізний міст з місцями кріплення для двигуна і трансмісії на передній осі і незалежна підвіска ззаду. Вага залишилася такою ж, максимальна швидкість зросла до 45 км/год. а довжина склала близько 2,7 м. [9]



Рис. 1.4 Автомобіль команди TUfast Eco Team сезону 2018 року [9]

Evi Neuruppin

Німецька команда, що вперше взяла участь в змаганнях в 2017 році і стабільно показувала хороші результати. При побудові свого автомобіля задню вісь жорстко закріпили до рами а спереду використали поперечні важелі. Маса машини склала 97 кг[10].



Рис. 1.5 Автомобіль команди Evi Neuruppin сезону 2017-2018 року [10]

Semeru Team

Команда Semeru Team, що були дебютантами в сезоні 2018 року, використовували в своєму автомобілі жорстко прикріпленій до рами нерозрізний міст ззаду і незалежну підвіску свічного типу спереду [11].

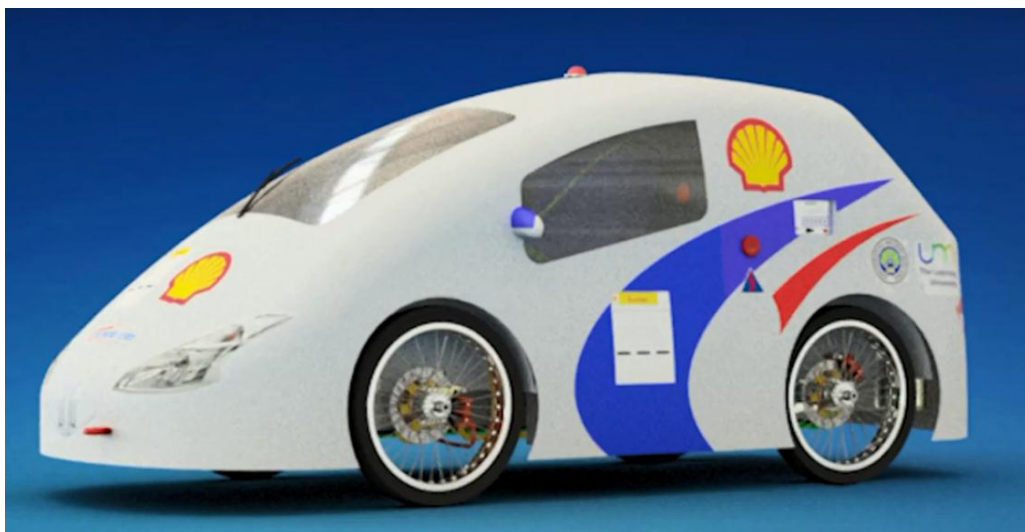


Рис. 1.6 Автомобіль команди Semeru Team сезону 2018 року [11]

Як бачимо з наведених прикладів, не існує загальноприйнятої, найвигіднішої схеми підвіски для автомобілів такого класу. Частково це пов'язано з відсутністю жорстких вимог до підвіски машин, що беруть участь в змаганнях. При виготовленні, заради зменшення маси конструкції, багато команд приймають рішення відмовитися від системи амортизації однієї осі. Це забезпечує чіткий зв'язок несучої системи автомобіля з дорогою, що в свою чергу зводить крени автомобіля до мінімуму але негативно впливає на комфорт пересування. Для забезпечення постійного контакту всіх коліс із дорожнім покриттям та часткового поглинання вібрацій, під час руху, колеса хоча б однієї осі повинні мати систему амортизації, яку кожна команда обирає для себе індивідуально.

1.3 Сучасні методи аналітичних розрахунків параметрів підвіски

Розрахунок параметрів підвіски розпочинається з прийняття або визначення початкових параметрів. На рис. 1.7. показані розміри, які визначають подальше проектування підвіски, де:

G – центр мас

h ; a_1 ; a_2 – розміщення центру мас відносно землі і коліс автомобіля

l – колісна база

t_1 – колія передньої осі

t_2 – колія задньої осі

Вхідні дані дають змогу задати статичне положення коліс в просторі, відштовхуючись від яких, з конструктивних міркувань проектується маточина і поворотний кулак або нерозрізний міст.

Під час вибору типу підвіски потрібно керуватися необхідними її характеристиками і режимами її роботи, такими як швидкість пересування, прохідність, керованість, комфорт і стійкість. Після вибору типу підвіски за її основними особливостями (п. 1.1.3.), варто розмістити її елементи в просторі та оцінити правильність кінематики переміщення та висоту центра крену і за допомогою графічного аналізу, поступово досягати потрібних параметрів [13].

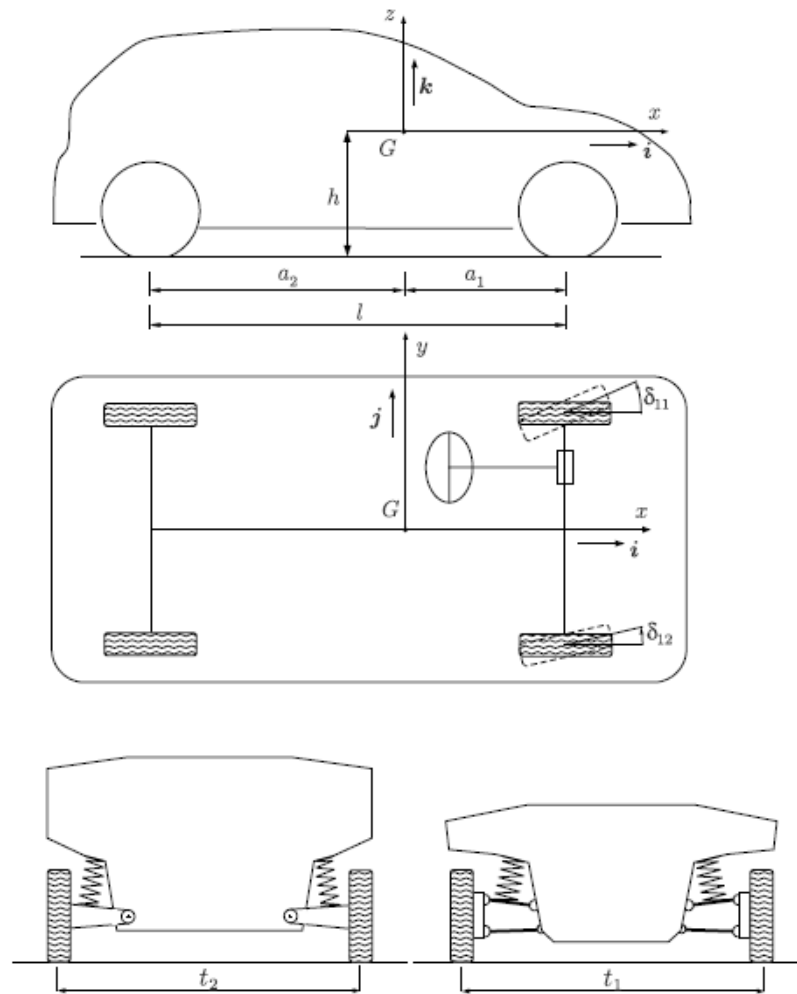


Рис 1.7. Вхідні дані для проектування підвіски [12]

При проектуванні напрямних елементів підвіски варто виконувати перевірку на міцність, за умов максимального навантаження (розгін, гальмування, проходження повороту).

Для передніх, керуючих, коліс варто визначити основні параметри осі повороту колеса (Рис. 1.8): кастер (*caster angle*), кут поперечного нахилу осі повороту (*kingpin angle*), плече обкату (*scrub radius*) і виліт осі (*trail*).

Кастер утворює виліт осі, який під час руху, забезпечує випрямлення коліс. При відсутності вильоту, керування автомобілем значно ускладнюється і стає більш непередбачуваним в поворотах [13]. Зазвичай призначається кут в 4...7 градусів і під час випробувань він коригується до бажаного значення [4].

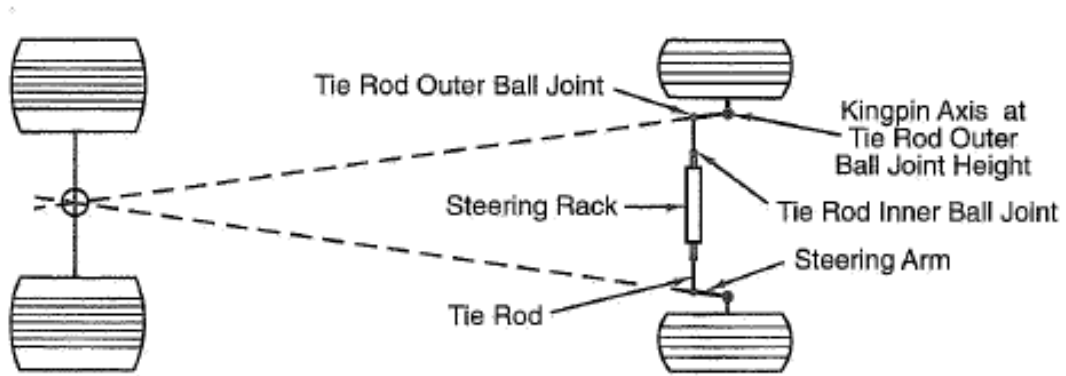


Рис 1.10 Принцип Акермана [14]

Для розрахунку на міцність півосей з відкритим диференціалом використовується момент M_3 [13]:

$$M_3 = 0,5 * M_{Д max} * i_1 * i_{гп} * \eta_{ш} k_D,$$

де:

$M_{Д max}$ – максимальний крутний момент двигуна (Н*м)

i_1 – передаточне число першої передачі

$i_{гп}$ – передаточне число головної пари

$\eta_{ш}$ – ККД трансмісії (0,92 для легкових автомобілів)

k_D – коефіцієнт динамічності (для легкових автомобілів без пружних муфт - $k_D = 2$)

Для розрахунку елементів підвіски на міцність при гальмуванні до точок контакту коліс із землею потрібно прикласти сили F_{T1} ; F_{T2} ; N_1 ; N_2 [13]:

$$F_{T1} = 0,5 * N_1 * \mu_{ш},$$

$$F_{T2} = 0,5 * N_2 * \mu_{ш},$$

де:

F_{T1} – сила гальмування переднього колеса (Н)

F_{T2} – сила гальмування заднього колеса (Н)

$\mu_{ш}$ – коефіцієнт тертя між шиною та дорогою

N_1 – реакція дорожнього покриття в точці контакту з переднім колесом (Н)

N_2 – реакція дорожнього покриття в точці контакту з заднім колесом (Н)

При гальмуванні, реакції N_1 і N_2 змінюють своє значення через перерозподіл маси автомобіля при гальмуванні:

$$N_1 = P * \left(\left(1 - \frac{a_1}{l} \right) + \frac{\mu_{ш} * h}{l} \right)$$

$$N_2 = P - N_1$$

де:

P – вага автомобіля (Н)

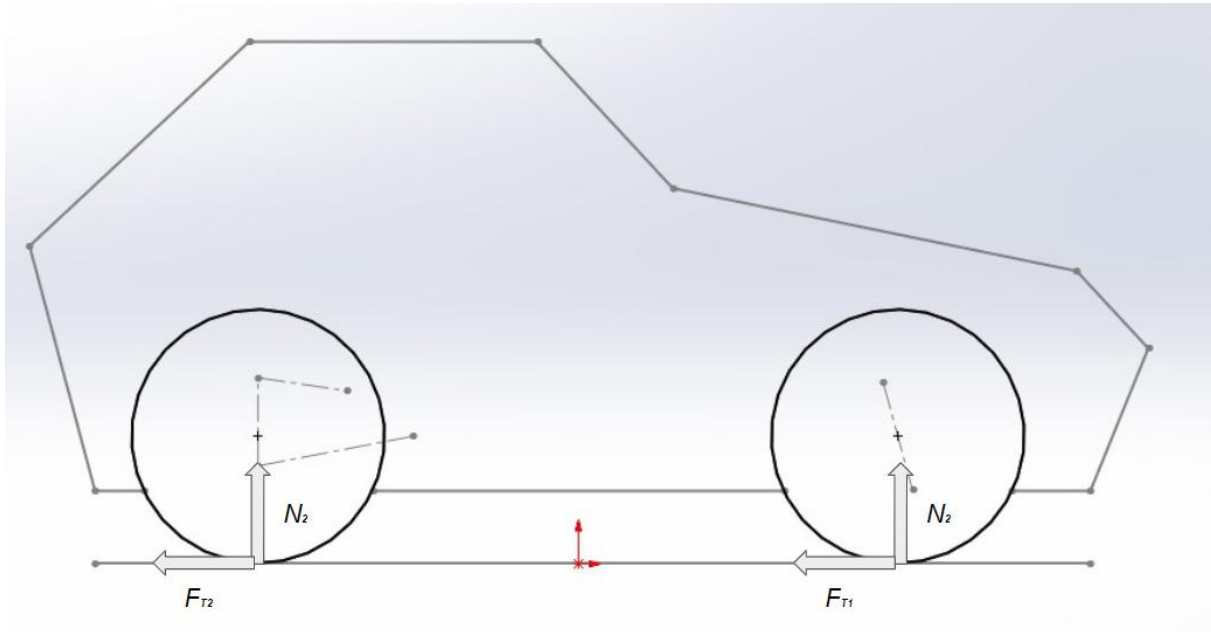


Рис. 1.11. Зусилля, що виникають при гальмуванні

При проходженні поворотів на підвіску діяти схожі зусилля як і при гальмуванні $F_{П1}$; $F_{П2}$; N_1 ; N_2 (Рис) [13]:

$$F_{П0} = 0,5 * N_0 * \mu_{ш}$$

$$N_{11} = P_1 * \left(\frac{1}{2} + \frac{\mu_{ш} * h}{t_1} \right)$$

$$N_{12} = P_1 - N_{11}$$

$$N_{21} = P_2 * \left(\frac{1}{2} + \frac{\mu_{ш} * h}{t_2} \right)$$

$$N_{22} = P_2 - N_{21}$$

де:

P_1 – вага, що приходить на передню вісь (Н)

P_2 – вага, що приходить на задню вісь (Н)

$$P_1 = \frac{a_1 * P}{l}$$

$$P_2 = P - P_1$$

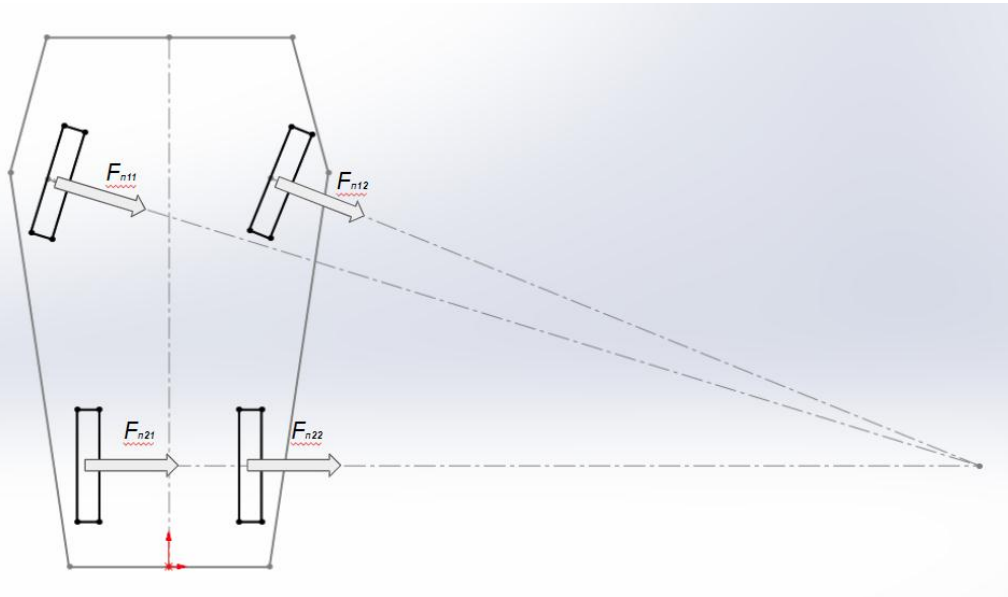


Рис. 1.12. Зусилля F_{n11} ; F_{n12} ; F_{n21} ; F_{n22} при проходженні поворотів

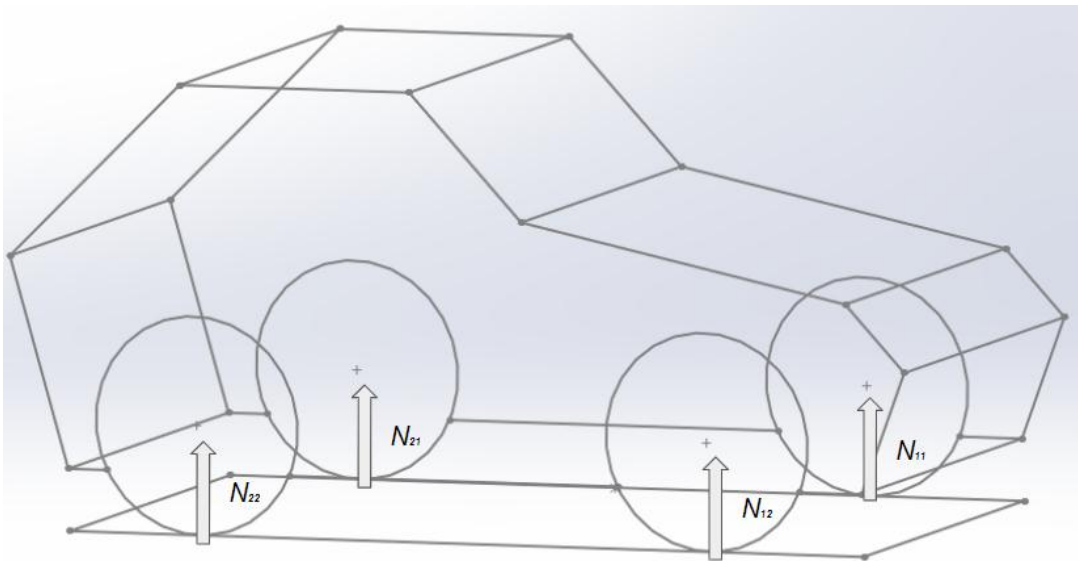


Рис. 1.13. Зусилля N_{11} ; N_{12} ; N_{21} ; N_{22} при проходженні поворотів

1.4 Програмне забезпечення моделювання підвіски авто

Виготовлення підвіски автомобіля в умовах сьогодення завжди супроводжується використанням комп'ютерних технологій. Нажаль неможливо обійтися використанням одного продукту, так як процес включає в себе

кінематичний аналіз, динамічний розрахунок механізмів, створення 3D моделі, перевірку на міцність спроектованих деталей, розробку робочих креслень та написання керуючих програм для верстатів з ЧПК.

1.4.1. Системи автоматизованого проектування (САПР)

Перевірка кінематики, динаміки механізму, створення 3D моделі деталі, її перевірка на відповідність поставленим вимогам відбуваються в системах автоматизованого проектування (САПР). Відповідно до цільового призначення САПР можна розділити на групи:

- двовимірне креслення і тривимірне геометричне проектування – CAD
- інженерний аналіз – CAE
- технологічна підготовка виробництва – CAPP
- автоматизація виробництва – CAM
- керування даними про виріб – PDM
- керування життєвим циклом виробу – PLM

На сьогоднішній день все існуюче ПЗ автоматизованого конструювання для машинобудування прийнято класифікувати за функціональною повнотою, за цією ознакою воно ділиться умовно на три рівні:

До нижнього рівня (легкі САПР) відносяться програми для автоматизації розробки і супроводу технічної документації, які реалізують 2D моделі у вигляді креслень і специфікацій, технологічних карт та відомостей, наприклад [15]:

AutoCAD LT (Autodesk),
T-Flex CAD 2D (Топ Системы),
КОМПАС-График (Аскон),
САДМЕСН (Интермех)

На середньому (середні САПР) - розташовуються програмні комплекси, які дозволяють створити тривимірні параметричні моделі, методом твердотілого моделювання, виконувати перевірочні розрахунки деталей і збірок. До числа цих програмних комплексів можна віднести [15]:

Solid Works (SolidWorks Corp.)

Inventor (Autodesk)

Fusion 360 (Autodesk)

Ansys (ANSYS, Inc.)ф

Solid Edge (Siemens PLM Software)

T-FLEX CAD / CAM / CAE / CAPP / PDM (Топ Системы)

КОМПАС-3D (Аскон)

Програмні системи наскрізного проектування і виробництва колективного користування, розташовані на верхньому рівні (важкі САПР), всі вони є результатом злиття і поглинання провідними корпораціями дрібніших компаній. На сьогоднішній день до числа важких систем відносяться всього три [15]:

CATIA (Dassault Systemes)

UNIGRAPHICS NX (Siemens PLM Software)

Creo Parametric (Pro / ENGINEER) (PTC)

Залежно від завдань етапу проектування підбирається *програмне забезпечення* (ПЗ), що максимально відповідає поставленим вимогам [15].

Короткий опис основних програм, що використовуються сьогодні:

AutoCAD – одна з перших САПР, що використовується і сьогодні, створена компанією Autodesk. Має можливість створювати 2D/3D об'єкти і керуючі програми для 3D-принтерів. Через певну складність інтерфейсу та обмежений функціонал поступово втрачає популярність серед інженерів [16].

Компас 3D – програма, для роботи з 2D кресленнями і 3D моделями та збірками від компанії Аскон. Не містить в собі функцій САМ та САЕ, має специфічний інтерфейс, зручний при роботі з оформлення технічної документації [17].

SolidWorks є продуктом компанії SolidWorks Corp., частини корпорації Dassault Systèmes, у версіях 2018-го року можна здійснювати всі види конструкторської та технологічної підготовки виробництва: від створення 3D моделей, їх аналізу (міцність, стійкість, теплопередача і т.і.), написання керуючих програм для верстатів з ЧПК до ведення документообігу [18].

Inventor – система автоматизованого проектування від компанії Autodesk, є близьким конкурентом SolidWorks на ринку, має схожий з ним функціонал, надає безкоштовні ліцензії для студентів [19].

CATIA – САПР високого рівня, що дозволяє проектувати виріб. включно з усіма етапами його життєвого циклу. Перша версія програми була створена ще у 1981 році і за період існування здобула визнання інженерів по всьому світі. Відрізняється високою точністю CAE модуля і відносно низькими системними вимогами [20].

Creo Parametric – САПР високого рівня, що була створена на базі Pro/ENGINEER, яка в поєднанні з іншими продуктами компанії PTC створює індустріальну інноваційну платформу для управління компанією з виробництва і збуту продукції [21].

Ansys – універсальна програмна система кінцево-елементного аналізу, дозволяє здійснювати побудову 3D моделей і їх інженерний аналіз в сферах міцності, тепла, гідрогазодинаміки і електромагнетизму. Користується популярністю серед фахівців у сфері автоматизованих інженерних розрахунків [22].

Fusion 360 – САПР, що працює з використанням хмарних технологій, тим самим зменшуючи навантаження на комп'ютер. Поєднує в собі максимальну кількість доступних видів моделювання, містить в собі CAE і CAM модулі [23].

Кінематичний аналіз механізму дозволяє нам визначити координати руху окремих точок механізму, їх траєкторії та швидкості, що дає можливість оцінити правильність математичних розрахунків. Для графічного кінематичного аналізу можна використовувати ескізи і 3D ескізи в CAD програмах низького та середнього рівнів: SolidWorks, Inventor, Компас 3D, AutoCAD та інші.

Сучасне ПЗ дозволяє здійснювати створення 3D моделі, перевірку на міцність спроектованих деталей, розробку робочих креслень та написання керуючих програм для верстатів з ЧПК, використовуючи лише один продукт, що для сучасного виробництва дає можливість суттєво зменшити витрату на покупку додаткового ПЗ а інженерам не витрачати час на вивчення функціоналу нових програм. До систем, що включають в себе CAD, CAE і CAM відносяться: SolidWorks, Inventor, CATIA, Creo Parametric та Fusion 360.

1.4.2. Спеціальне програмне забезпечення

Динамічний розрахунок можна проводити в тих же системах, що і кінематичний, однак це буде супроводжуватися певними труднощами, адже вони для того не пристосовані. Для спрощення і підвищення якості процесу перевірки вузлів і механізмів можна застосовувати спеціально створене ПЗ:

EULER – програмний комплекс автоматизованого динамічного аналізу багатокomпонентних механічних систем. Програмний комплекс призначений для аналізу роботи механічних систем, що включають в себе складну кінематику, великі рухи, жорсткі і деформуємі елементи конструкції, гідравлічні, пневматичні та електричні системи, системи управління та інші компоненти [24].

Часто для якісної презентації продукту необхідно отримати хороше зображення виробу. Процес отримання реалістичного зображення виробу, з 3D моделі, називається рендерингом. Часто модуль рендерингу вбудований в САД систему, що дає можливість не встановлювати додаткове ПЗ але часто функціонал стандартного модуля не відповідає вимогам користувача, тому станом на сьогоднішній день існує більше сотні різних програм, де виконується рендеринг моделей. Більшість з них мають схожий функціонал але відрізняються інтерфейсом, тому при виборі програми, користувач вибирає ту, яка для нього особисто зручна.

KeyShot – це рендерер в режимі реального часу, налаштований по відношенню до художника досить дружелюбно, що дозволяє створювати фотореалістичні рендери в рекордно короткі терміни [25].

1.4.3. Обґрунтування вибору програмного забезпечення для задач проектуванні підвіски

Оцінюючи етапи проектування підвіски та можливості програмного забезпечення можна визначити доцільність використання тої чи іншої програми.

Для математичних розрахунків доцільно використовувати РТС Mathcad, що дозволить за короткий проміжок часу виконати всі необхідні обчислення і обробку результатів.

При виконанні кінематичного і динамічного аналізу підвіски варто використовувати спеціально створене для цього програмне забезпечення, а саме EULER, завдяки чому, ми дізнаємося зусилля, що діють в елементах підвіски і перевіримо їх кінематику.

Безпосередньо проектування, включно з створенням 3D моделей, їх перевіркою, та написанням керуючих програм для верстатів з ЧПК, варто виконувати в одній системі, що виключає необхідність перекладу моделей в універсальні формати (STEP і т.і.) а відповідно зменшує ймовірність виникнення помилок при конвертуванні. Серед систем, що об'єднують можливості CAD, CAE і CAM, зупиняємося на SolidWorks, через її простий інтерфейс, широкі можливості, відносно низькі системні вимоги і високу продуктивність.

Висновки по розділу

Проведений аналіз систем підвіски дав змогу виявити всі слабкі і сильні сторони, кожної з них, показав, варіанти виконання, якими користуються команди-конкуренти, що дало можливість висунути перелік вимог, які слід поставити при проектуванні підвіски електромобіля «ZEUS».

РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ І РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ПІДВІСКИ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ «ZEUS»

Процес проектування підвіски автомобіля включає багато етапів, основними з яких є: аналіз загальних вимог до автомобіля і як наслідок формулювання вимог до окремих параметрів підвіски, визначення основних зусиль, що виникатимуть в підвісці, в процесі її експлуатації, вибір схеми приводу автомобіля, що визначить тип і основні характеристики вузла трансмісії, безпосереднє проектування систем трансмісії, передньої і задньої підвіски, з урахуванням всіх поставлених вимог, перевірка основних деталей, що сприймають навантаження методом скінченних елементів за використанням САЕ систем. Результатом проведених робіт стане повна модель підвіски і трансмісії автомобіля, готова до виготовлення і використання в заданих умовах.

2.1. Обґрунтування основних параметрів підвіски проекту «ZEUS»

Електромобіль «ZEUS» перш за все призначений для участі в змаганнях Shell Eco Marathon, тобто необхідно, щоб він повністю відповідав вимогам регламенту змагань (Табл 2.1) і використовував мінімальну кількість енергії для свого руху. Енергоефективність досягається завдяки високому ККД всіх систем автомобіля, правильному керуванню силовою установкою, використанню систем рекуперації енергії і максимальному зменшенню загальної маси машини.

Таблиця 2.1

Основні вимоги до підвіски автомобілів класу Urban Concept

Параметр	Передня вісь	Задня вісь
Коля	Не менше 1000 мм.	Не менше 800 мм.
Колісна база	Не менше 1200 мм.	
Кліренс	Не менше 100 мм.	
Колеса	Діаметр диска від 15 до 17 дюймів, ширина шини від 80 мм. до 115 мм.	

До підвіски автомобілів, що беруть участь в змаганнях Shell Eco Marathon основною вимогою є постійний контакт всіх коліс з поверхнею землі, тому часто одну вісь залишають жорстко закріпленою до рами машини, що дозволяє зменшити загальну масу, за рахунок елементів підвіски а на іншій використовують примітивну підвіску для забезпечення можливості переміщення коліс у вертикальному напрямку. У зв'язку з тим, що батарея, електроніка і тіло водія знаходиться ближче до задньої осі, для ізоляції їх від вібрацій, викликаних нерівностями дороги використаємо систему амортизації лише для задньої осі. Використання нерозрізного мосту дасть можливість встановити на одному вузлі силову установку і гальмівну систему. В якості системи амортизації доцільне буде використання подвійних поздовжніх важелів, як надійного та ремонтпридатного типу залежних підвісок.

Для зменшення ваги, передню підвіску можна виконати з жорстко закріпленими осями повороту кулаків. Така схема зменшить вплив переміщення коліс на загальну геометрію передніх поворотних кулаків і забезпечить відсутність кренів автомобіля при бокових навантаженнях. При проектуванні елементів передньої осі також важливо дотримуватися принципів Акермана, для забезпечення проходження поворотів з мінімальним радіусом 4 м.

При проектуванні кузова автомобіля і його рами, задля забезпечення кращої аеродинаміки було прийнято рішення захвати задні колеса під зовнішнє облицювання, тому колію на задній осі приймаємо мінімальну - 800 мм. В процесі конструювання, для забезпечення кінематики повороту автомобіля і достатньої кількості простору для основних елементів кокпіту, колія для передньої осі була склала 1100 мм.

Гальмівна система складатиметься з двох головних гальмівних циліндрів, магістралей, регулятора тиску, двох супортів на передніх колесах і одного супорта, спільного для двох задніх коліс.

Виходячи зі специфіки та конструкції існуючих машин, основних принципових схем підвіски, конструкції аеродинамічних елементів та рами автомобіля можна сформулювати основні вимоги та параметри, що висуваються до підвіски електромобіля «ZEUS»:

Таблиця 2.2

Основні параметри підвіски електромобіля "ZEUS"

Параметр	Передня вісь	Задня вісь
Колія	1100 мм.	800 мм.
Колісна база	1400 мм.	
Система підвіски	Жорстко закріплені поворотні кулаки	Нерозрізний міст на подвійних поздовжніх важелях
Колеса	Диски: 4/D16 ET 41 Шини: 110/70/D16	
Особливі вимоги	<ul style="list-style-type: none"> • Відповідність рульової системи принципам Аккермана • Забезпечення радіусу розвороту 4 м. 	<ul style="list-style-type: none"> • Розміщення на нерозрізному мості електродвигуна і дискових гальм • Хід колеса у вертикальному напрямку ± 30мм.

2.2. Основні зусилля, що діють в підвісці автомобіля

Перед тим, як розпочати проектування підвіски необхідно визначити, які зусилля можуть діяти у її вузлах.

1. Зусилля, що створюється крутним моментом від двигуна:

Максимальну швидкість приймаємо 60 км/год. Серед електродвигунів, що використовуються в малогабаритних засобах пересування, вибираємо APS 6384S (Рис 2.1), його основні характеристики [26]:

- Максимальна потужність: 4 кВт
- Крутний момент: 5,8 Н*м
- Максимальна сила струму: 80 А
- Максимальна напруга: 50,4 В
- Маса: 0,955 кг.



Рис. 2.1 Електродвигун
APS 6384S

Для передачі більшого моменту на колеса використовуємо редуктор, з відношенням 1:2. Розрахунковий момент:

$$M_3 = 0,5 * M_{Д max} * i_{гп} * \eta_{ш} * k_{Д} = 0,5 * 5,8 * 2 * 0,92 * 2 = 10,7 \text{ Н*м}$$

2. Зусилля від гальмування:

$$N_1 = P * \left(\left(1 - \frac{a_1}{l} \right) + \frac{\mu_{ш} * h}{l} \right) = 1600 * \left(\left(1 - \frac{780}{1400} \right) + 1 * \frac{530}{1400} \right) = 1314 \text{ Н}$$

$$N_2 = P - N_1 = 1600 - 1462 = 286 \text{ Н}$$

$$F_{T1} = 0,5 * N_1 * \mu_{ш} = 0,5 * 1 * 1314 = 657 \text{ Н}$$

$$F_{T2} = 0,5 * N_2 * \mu_{ш} = 0,5 * 1 * 286 = 143 \text{ Н}$$

Крутний момент, що створює зусилля F_{T1} в маточині:

$$M_{T1} = F_{T1} * r_{шини} = 657 * 0,28 = 184 \text{ Н*м}$$

Зусилля F_{T2} створює також момент на півосі M_{T2} :

$$M_{T2} = F_{T2} * r_{шини} = 143 * 0,28 = 40 \text{ Н*м}$$

Оскільки момент M_{T2} більший за M_3 , для розрахунків можна використовувати лише $M_{T2} = 40 \text{ Н*м}$

3. Зусилля при проходженні поворотів:

$$P_1 = \frac{a_1 * P}{l} = 780 * \frac{1600}{1400} = 891 \text{ Н}$$

$$P_2 = P - P_1 = 1600 - 743 = 709 \text{ Н}$$

$$N_{11} = P_1 * \left(\frac{1}{2} + \frac{\mu_{ш} * h}{t_1} \right) = 891 * \left(\frac{1}{2} + 1 * \frac{530}{1100} \right) = 875 \text{ Н}$$

$$N_{21} = P_2 * \left(\frac{1}{2} + \frac{\mu_{ш} * h}{t_2} \right) = 709 * \left(\frac{1}{2} + 1 * \frac{530}{800} \right) = 624 \text{ Н}$$

$$F_{П11} = 0,5 * N_{11} * \mu_{ш} = 0,5 * 1 * 875 = 437,5 \text{ Н}$$

$$F_{П11} = 0,5 * N_{11} * \mu_{ш} = 0,5 * 1 * 824 = 412 \text{ Н}$$

2.2.1. Зусилля, що діють на елементи задньої підвіски

Виходячи з основних вимог до підвіски на поздовжніх важелях, габаритів і конструктивних особливостей рами розміщуємо важелі на проекції збоку і визначаємо поздовжній центр крену (Рис. 2.2.). також визначаємо розміщення важелів в просторі (Рис. 2.3.), для оцінки на правильність розміщення елементів.

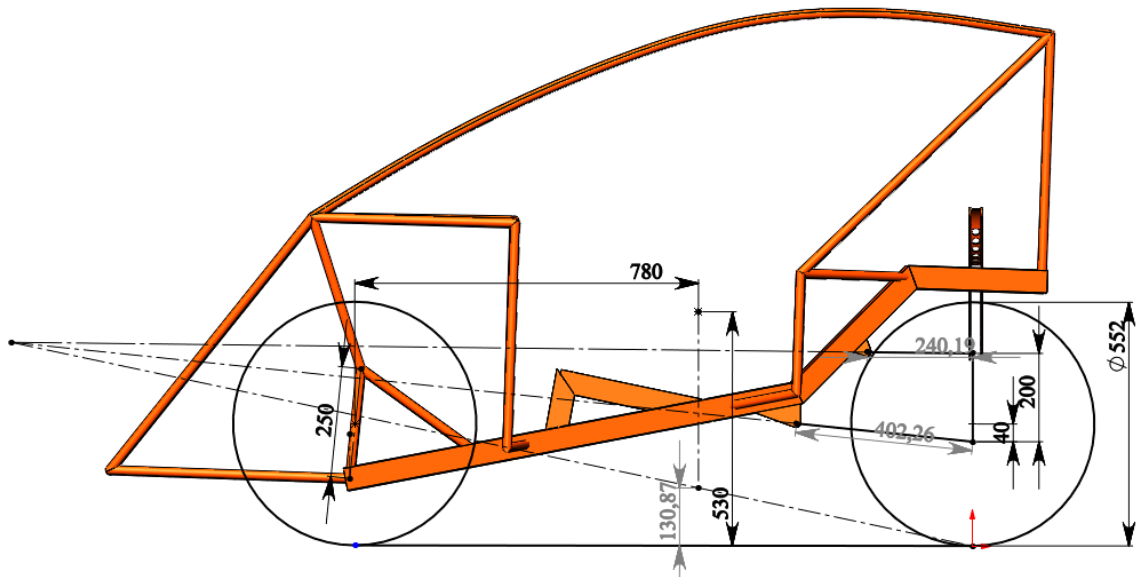


Рис. 2.2. Точки підвіски автомобіля на виді збоку

Для забезпечення прямолінійного руху моста у вертикальному напрямку використаємо механізм Уатта (Рис. 2.4) При всьому ході підвіски, переміщення моста у горизонтальному напрямку становить 2,7 мм. Саме два важелі механізму Уатта сприймають навантаження $F_{П21}$.

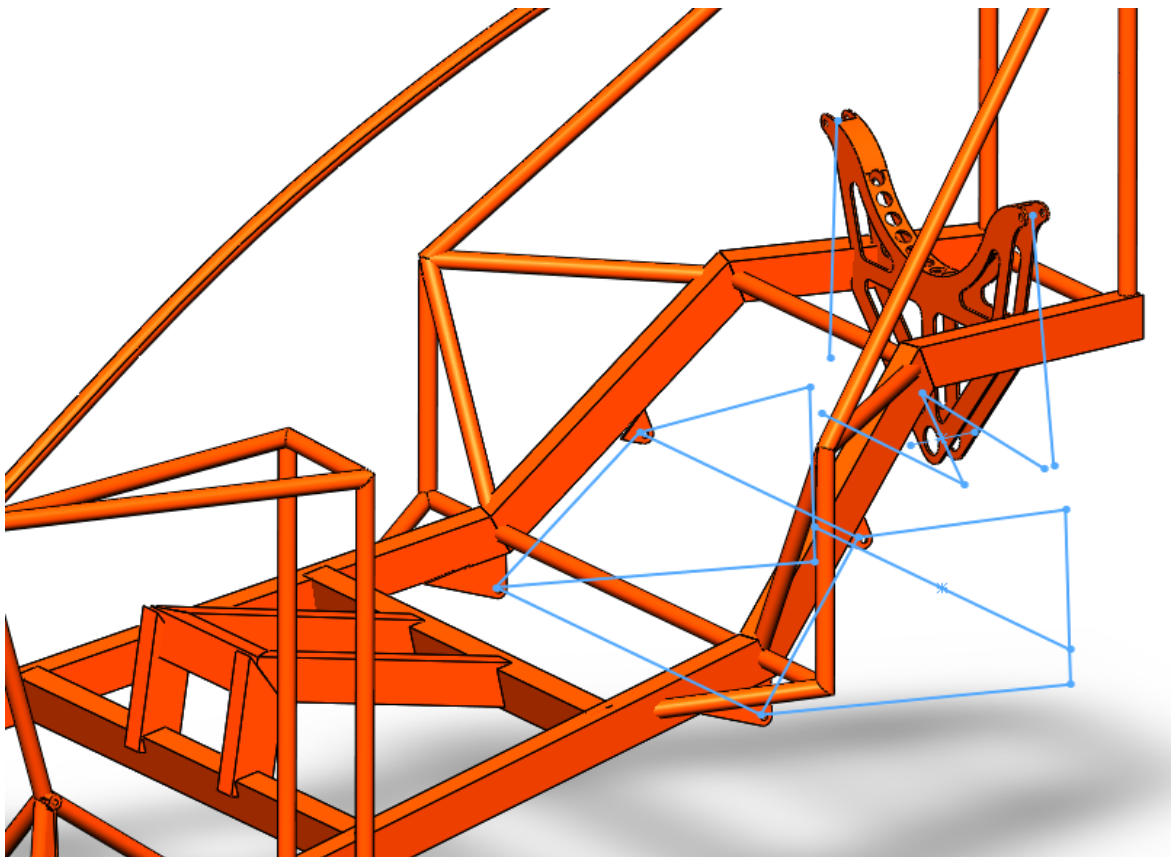


Рис. 2.3. Поздовжні важелі і механізм Уатта у просторі

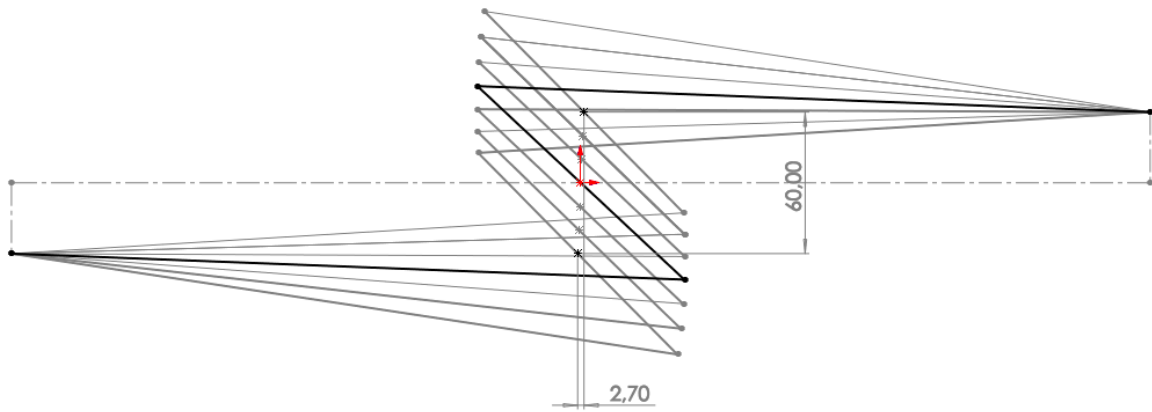


Рис.2.4. Кінематика механізму Уатта

На поздовжні важелі максимальними навантаженнями будуть реакції важелів при гальмуванні $F_{BB} = -R_{BB}$ та $F_{HB} = -R_{HB}$, викликані силою гальмування F_{T2} , їх можна визначити з рівняння моментів:

$$\begin{aligned}
 M_0 &= R_{BB} * 160 + R_{HB} * 39,8 - F_T * 276 = 0 \\
 M_A &= R_{BB} * 160 + R_{HB} * 234,75 = 0 \\
 R_{BB} &= R_{HB} * 234,75436 \\
 R_{HB} &= \frac{(F_{T2} * 276 - R_{HB} * 234,75436 * 160)}{39,8} = \\
 &= \frac{143 * 276 - R_{HB} * 234,75436 * 160}{39,8} = 991,66 - 2,164 * R_{HB} \\
 R_{HB} &= 458,2 \text{ Н} \\
 R_{BB} &= 458,2 * 234,75436 = 246 \text{ Н}
 \end{aligned}$$

Маса машини створює постійне навантаження на нерозрізний міст (Рис. 2.6.), залежно від умов пересування значення зусиль можуть змінюватися:

- в стані спокою (Рис. 2.7.а)

та частина маси автомобіля, що приходить на задню вісь передається на міст через амортизатори, при цьому: $N_{21} = N_{22} = P_2/2 = 709/2 = 354,5 \text{ Н}$, $R_{21} = R_{22} = 354,5 \text{ Н}$. Максимальний згинальний момент становить $M_{max} = 56,36 \text{ Н*м}$

- при проходженні поворотів (Рис. 2.7.б)

за рахунок відцентрової сили маса перерозподіляється: внутрішнє колесо розвантажується, зовнішнє - навпаки: $N_{21} = 624$ Н, $N_{22} = P_2 - N_{21} = 709 - 624 = 85$ Н, $R_{21} = 801,8$ Н, $R_{22} = -92,8$ Н. Максимальний момент становить $M_{max} = 99,2$ Н*М

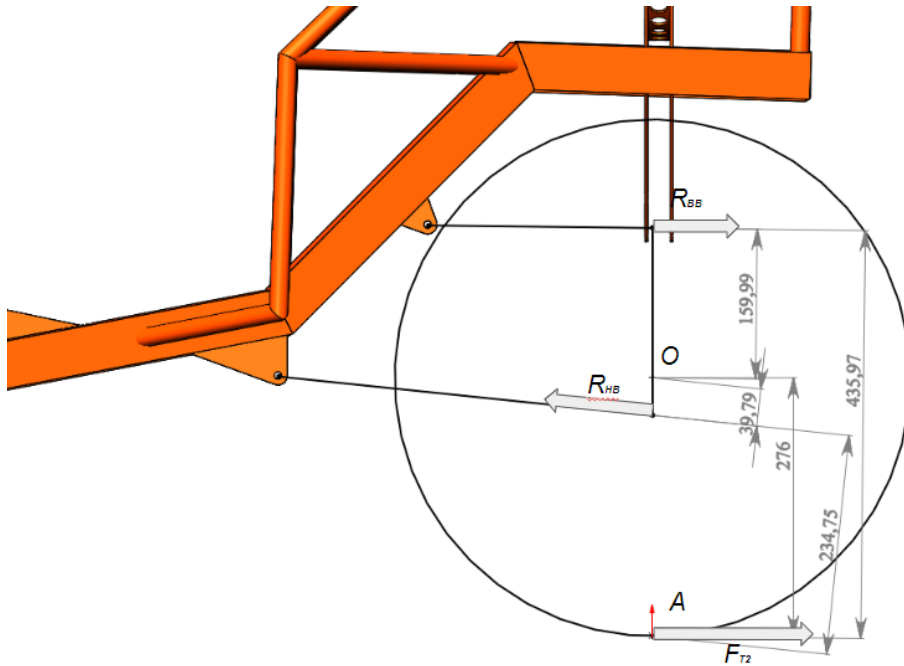


Рис. 2.5 Зусилля, що створюються при гальмуванні в нерозрізному мості

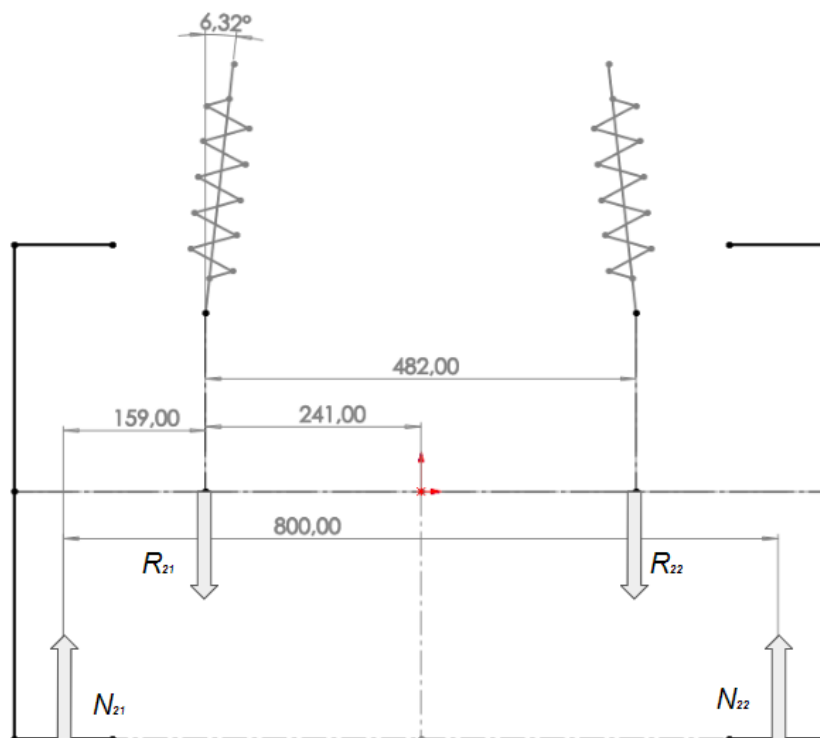


Рис. 2.6 Зусилля, що утворюються в нерозрізному мості під вагою машини

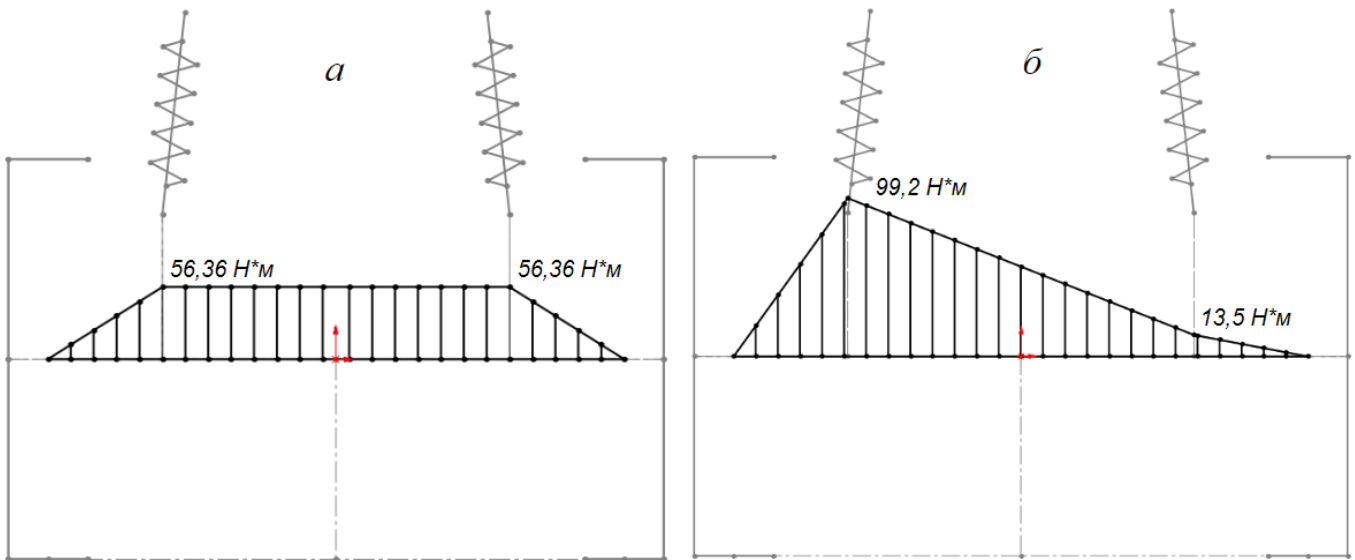


Рис. 2.7. Епюри згинальних моментів в нерозрізному мості в стані спокою (а) і при проходженні повороту (б)

2.2.2. Зусилля, що діють на елементи передньої підвіски

Розмістивши точки передніх поворотних кулаків в просторі, можна обрахувати, які зусилля діють на його елементи. поворотний кулак сприймає навантаженні від своєї маси: N_{11} та N_{12} при проходженні поворотів, гальмуванні і в стані спокою, бокове навантаженні при проходженні поворотів $F_{П11}$ і $F_{П12}$ та зусилля F_{T1} , при гальмуванні.

Порівнявши значення навантажень, що створюються масою автомобіля, вибираємо найбільше і приймаємо його як розрахункове:

- в стані спокою:

$$N_{11} = N_{12} = \frac{P_1}{2} = \frac{891}{2} = 445,5 \text{ Н}$$

- при проходженні повороту:

$$N_{11} = 875 \text{ Н}$$

$$N_{12} = P_1 = N_{11} = 16 \text{ Н}$$

- при гальмуванні:

$$N_{11} = N_{12} = \frac{N_1}{2} = 657 \text{ Н}$$

Як бачимо, найбільше вертикальне навантаження сприйматиметься кулаком при проходженні повороту: $N_{11} = 657 \text{ Н}$

Під час гальмування сила F_{T1} створює реакції в місцях кріплення поворотного кулака (Рис. 2.8.). З рівняння моментів можна визначити їх значення:

$$M_C = F_{T1} * 151,32 - R_B * 250 = 0$$

$$M_B = F_{T1} * 400,68 - R_C * 250 = 0$$

$$R_B = F_{T1} * 151,3225 = 657 * 151,32225 = 397 \text{ Н}$$

$$R_C = F_{T1} * 400,725 = 657 * 400,725 = 1053 \text{ Н}$$

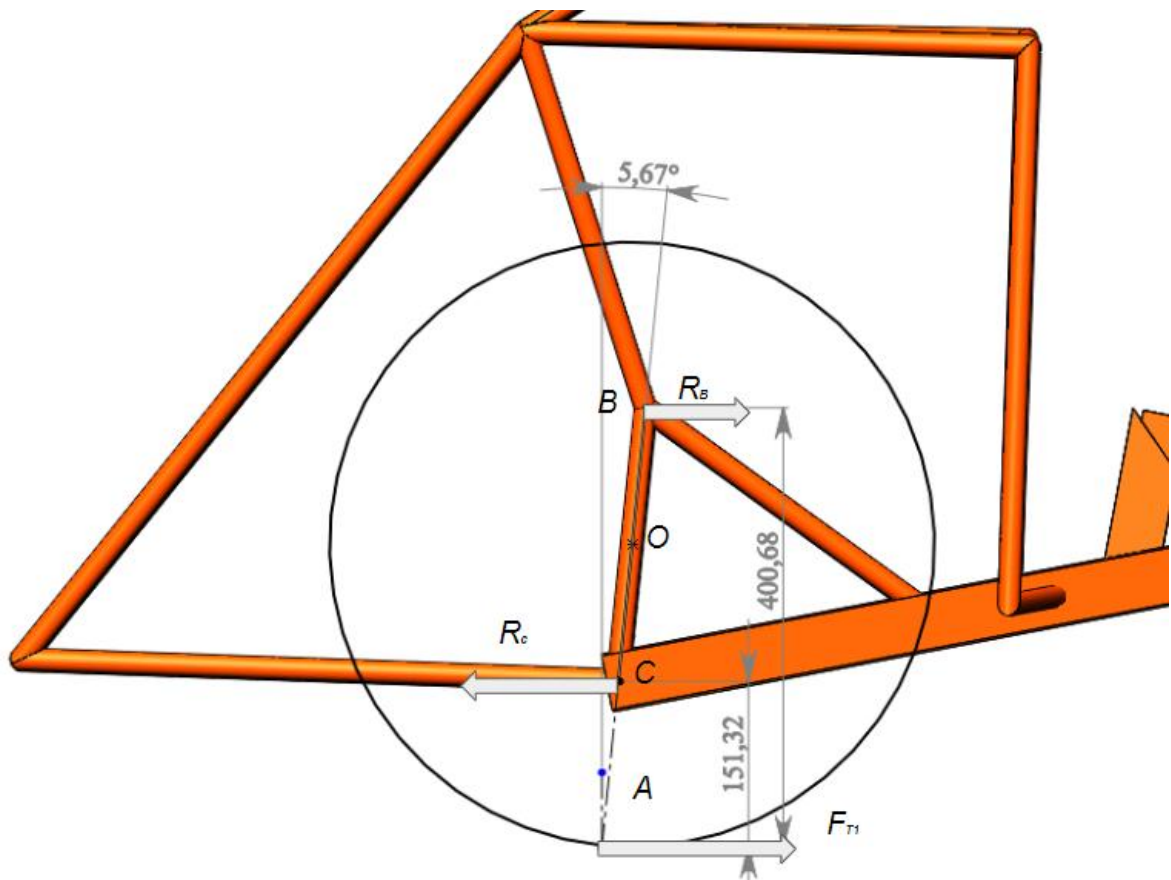


Рис. 2.8. Реакції опор поворотного кулака на силу F_{T1} при гальмуванні

Під час проходження поворотів утворюється сила $F_{П11}$ яка також викликає реакції в опорах поворотного кулака:

$$M_C = F_{П11} * 151,32 - R_B * 250 = 0$$

$$M_B = F_{П11} * 400,68 - R_C * 250 = 0$$

$$R_B = F_{П11} * 151,3225 = 437,5 * 151,32225 = 265,81 \text{ Н}$$

$$R_C = F_{П11} * 400,725 = 437,5 * 400,725 = 701,22 \text{ Н}$$

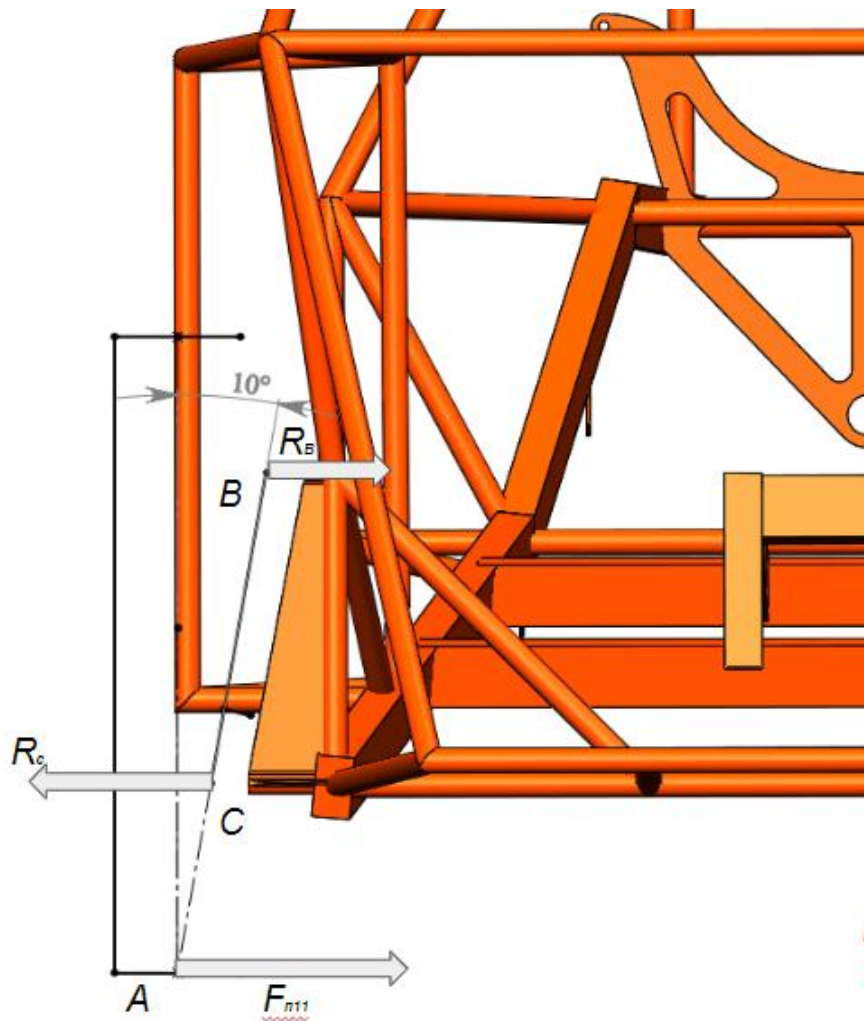


Рис. 2.9. Реакції опор поворотного кулака на силу F_{n11} при проходженні поворотів

2.3. Проектування задньої підвіски електромобіля

Загалом проектування підвіски можна розділити на кілька етапів:

- проектування трансмісії

Включає визначення загальної компоновки, проектування редуктора головної пари, диференціалу та гальмівної системи в єдиному корпусі

- проектування нерозрізного мосту

Включає проектування балки, півосей і маточин

- проектування напрямних і амортизуючих елементів

Включає проектування важелів підвіски і розрахунок жорсткості пружин амортизаторів

2.3.1 Проектування трансмісії

Трансмісія автомобіля (Рис.2.10.) складається з корпусу 1, до якого кріпиться електродвигун 9 і гальмівна система 6. Крутний момент, що створюється двигуном з вхідного валу 2, через шестерні 4 і 5, передається на корпус диференціалу 3 і з нього через сателіти 8 на осьові шестерні 7, всередині яких виконані шліци, для з'єднання з півосями.

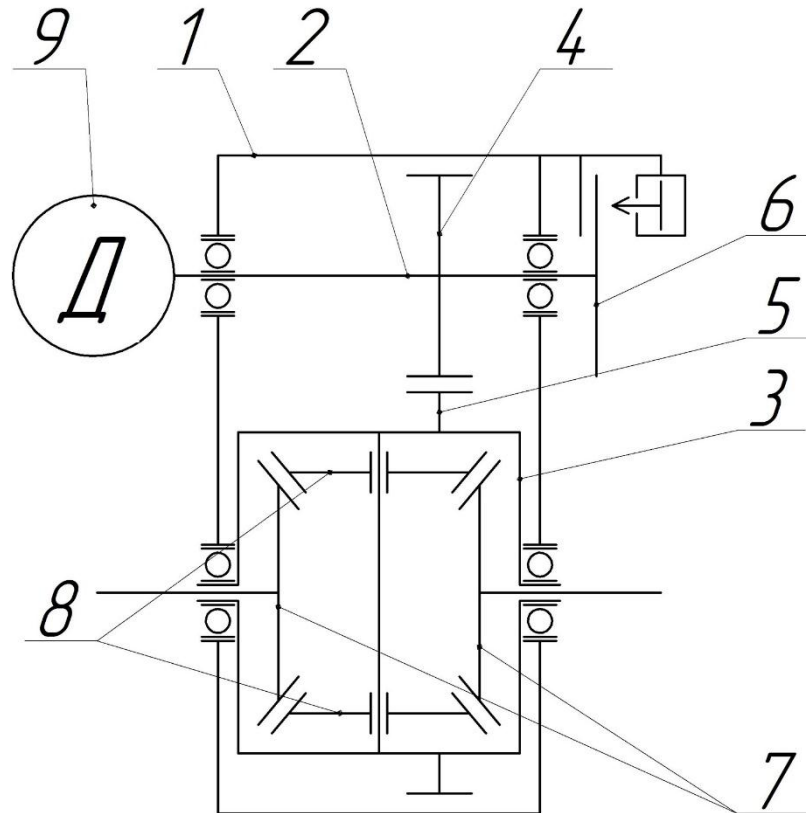


Рис 2.10. Схема трансмісії електромобіля

Передаточне відношення головної пари $u = 2$. Оскільки всередині більшої шестерні знаходиться корпус диференціала з сателітами, проектування трансмісії варто розпочати з них.

Виготовлення кінчних шестерень є складною операцією з великою вартістю. Для зменшення кінцевої ціни автомобіля доцільно буде використати осьові шестерні і сателіти від серійного малогабаритного автомобіля. Серед представлених на ринку вибираємо диференціал від автомобіля вітчизняного виробництва Daewoo Matiz (Рис.2.11.). Шестерні цього диференціалу виготовлені з легованої сталі із спеціальним покриттям і здатні передавати

крутний момент 800 Н*м , тому перевіряти їх на міцність для нашого випадку не потрібно [27].



Рис 2.11. Вал, осьові шестерні і сателіти з диференціала автомобіля Daewoo Matiz

Наступним етапом є проектування корпусу, який передаватиме крутний момент з шестерні на вал і навпаки а також кришок диференціала, які забезпечуватимуть співвісність осьових шестерень, шестерні і корпусу диференціала (Рис.2.12).

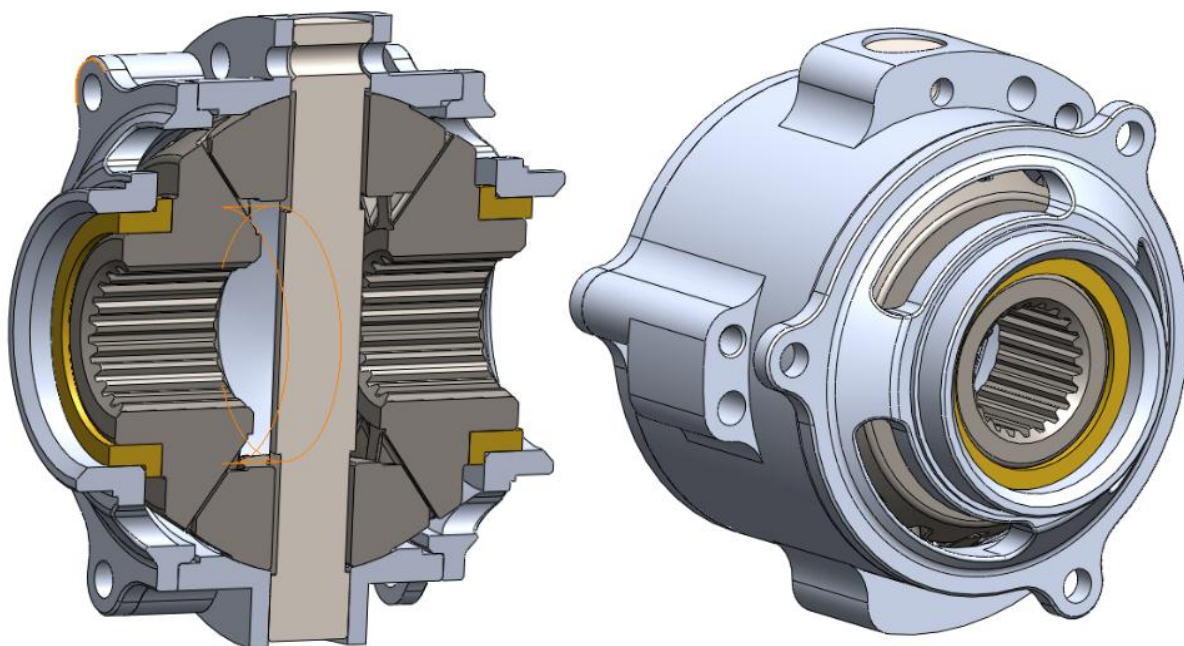


Рис 2.12 Корпус, кришки та втулки диференціалу, спроектовані під шестерні серійного автомобіля

Необхідно також перевірити спроектований корпус на міцність при передачі крутного моменту гальмування двома колесами задньої осі $M_D = 2 * M_{T2} = 80 \text{ Н*м}$ з валу сателітів на шестерню диференціалу (Рис.2.13). В якості матеріалу для виготовлення корпусу та кришок використовується алюмінієвий сплав Д16Т6, втулки ковзання виконані із бронзи БрАЖ9-4.

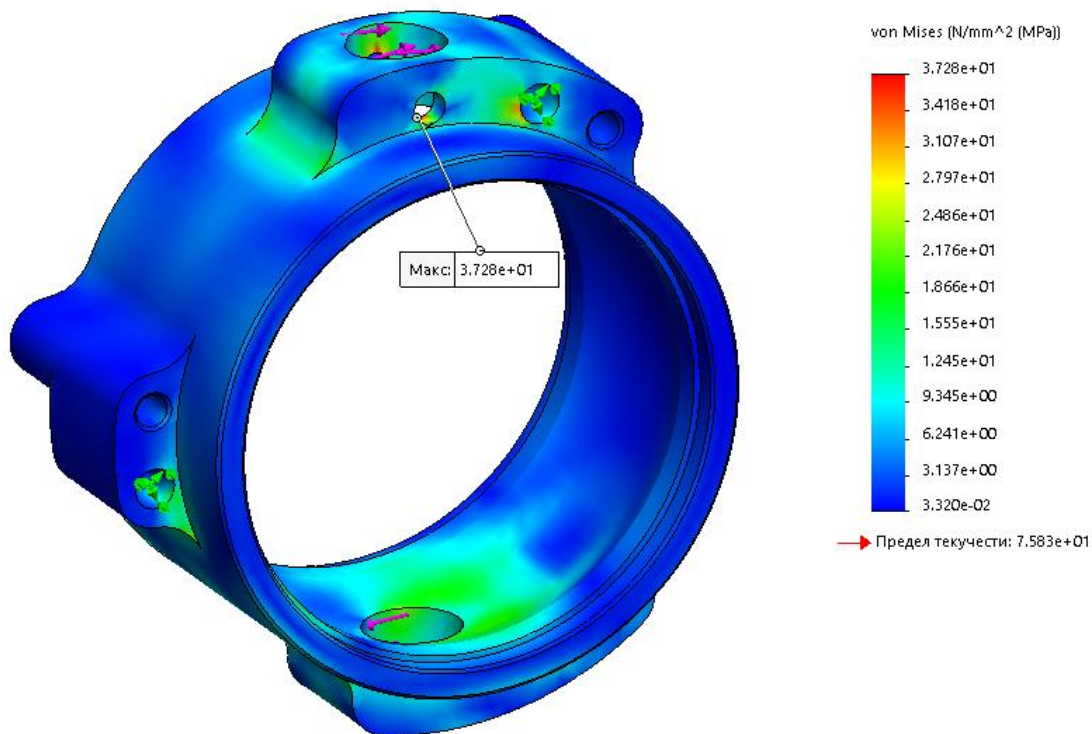


Рис 2.13 Аналіз напружень в корпусі диференціалу

Виходячи з розмірів корпусу, вибираємо мінімальний розмір шестерні диференціалу так, аби діаметр западин був на 5-6 мм. більший за зовнішній розмір корпусу а ширина маточини дорівнювала ширині відповідного посадочного місця на корпусі. Отримуємо шестерню товщиною 14 мм., з модулем 2 мм., 58 зубами і ділильним діаметром 116 мм. Шестерня виготовляється з сталі 40Х. Після компоновки з метизами і підшипниками вага диференціалу склала 2,08 кг (Рис 2.14) а зміщення центру мас не перевищує 0,05 мм.

Виходячи з параметрів шестерні диференціала, проектується шестерня вхідного валу, при $u = 2$, вона матиме такі параметри: $m = 2 \text{ мм.}$ $z = 29$ $d = 58 \text{ мм.}$ Вал повинен з'єднати електродвигун, шестерню і маточину гальмівного диска та обертатися на підшипниках, рознесених так само як і на диференціалі (Рис.2.15).

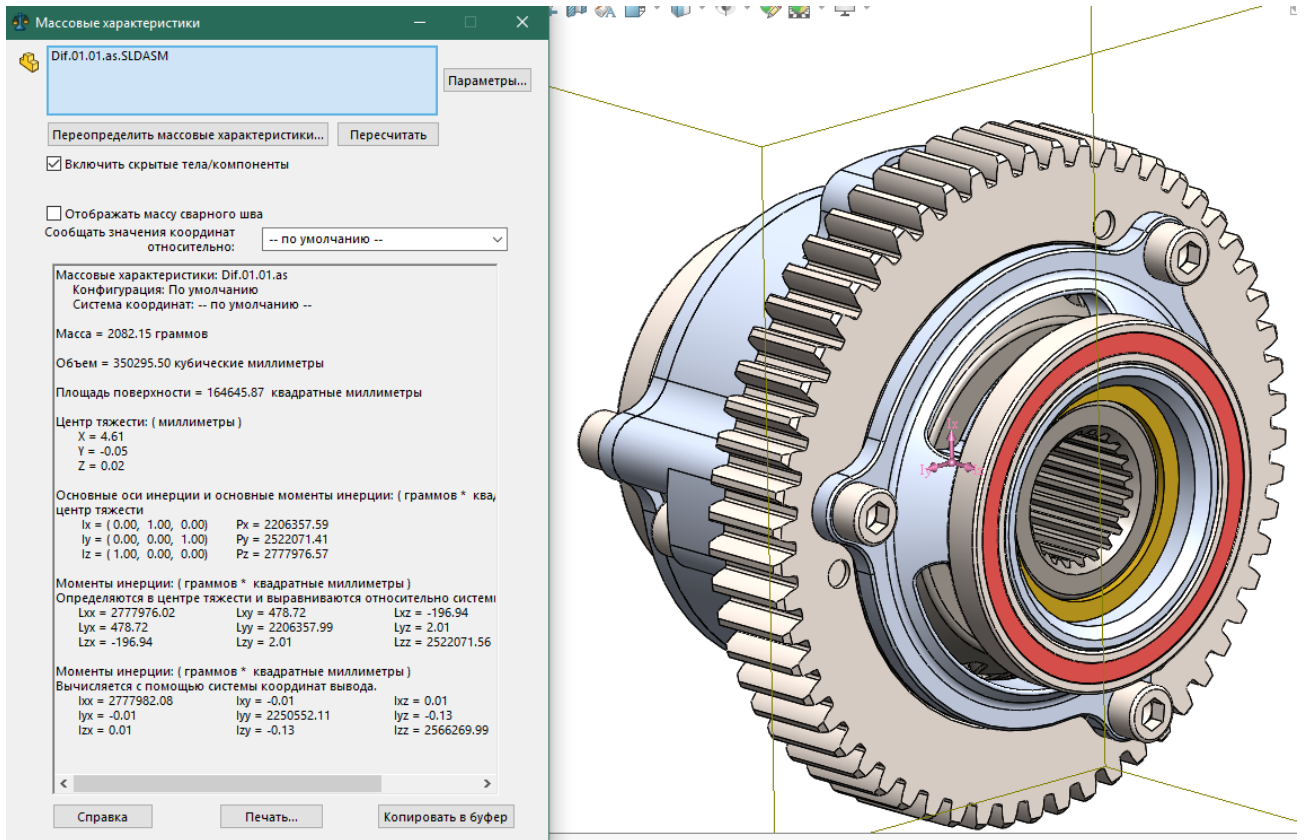


Рис 2.14 Массово-інерційні характеристики диференціалу електромобіля

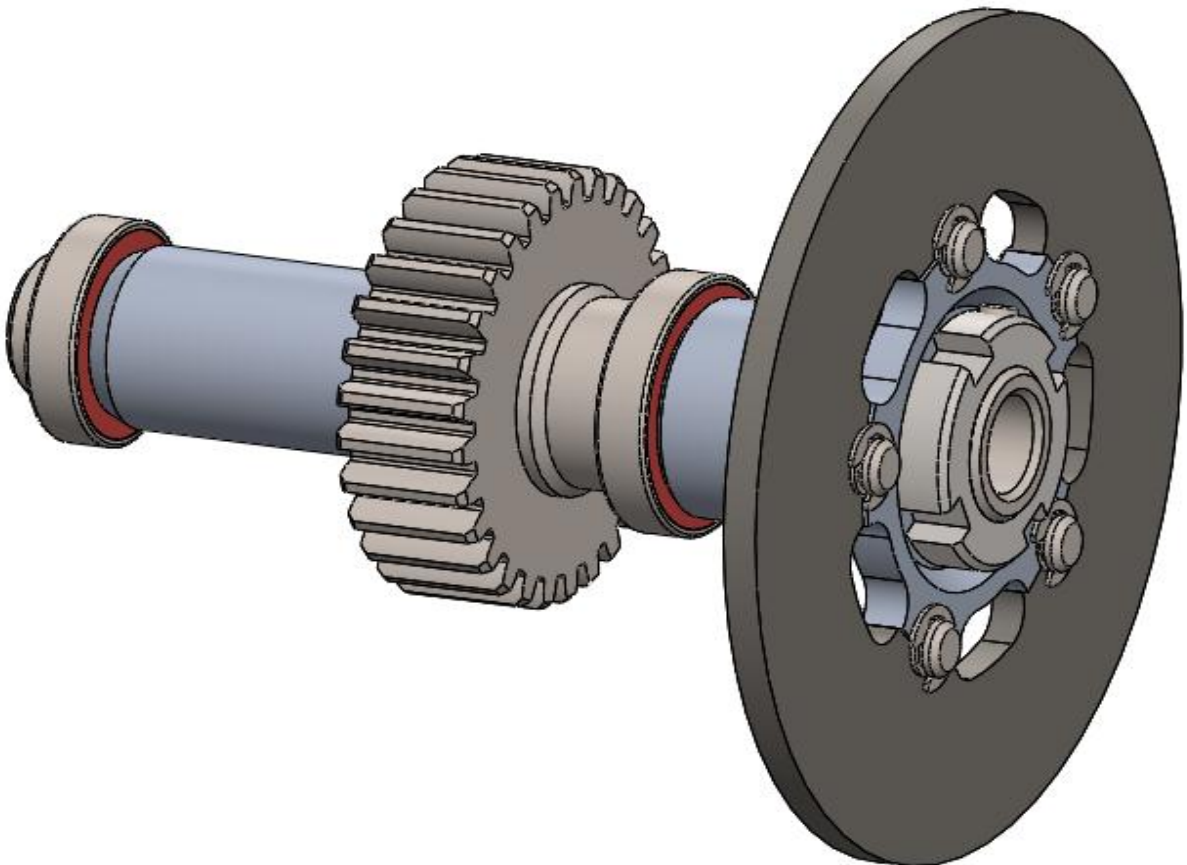


Рис.2.15 Вхідний вал з шестернею і гальмівним диском на маточині

З'єднання валу з двигуном виконується через шпонку, малий діаметр валу двигуна дозволяє відійти від використання муфти і продовжати шпонпаз у валі, таке рішення дозволить зменшити габарити і спростити складання. Шестерня передаватиме крутний момент на вал через шпонку а маточина гальмівного диска через шліцьове з'єднання [26].

При розрахунку валу і маточини на міцність потрібно враховувати моменти при гальмуванні між шестернею і маточиною гальмівного диска та прискоренні між валом двигуна і шестернею. Через передаточне відношення зубчастого зачеплення $u = 2$ момент від гальмування на вхідному валі становитиме $M_{ВВ} = M_{Д2} = 40 \text{ Н*м}$ (Рис. 2.17), двигун передаватиме на шестерню $5,8 \text{ Н*м}$ (Рис. 2.16). В якості матеріалу для виготовлення валу і використовується сталь 40Х, маточина гальмівного диска виготовляється з алюмінієвого сплаву Д16Т6, сам гальмівний диск виготовлений зі сталі 65Г, через специфічні вимоги до пар тертя для гальмівних колодок.

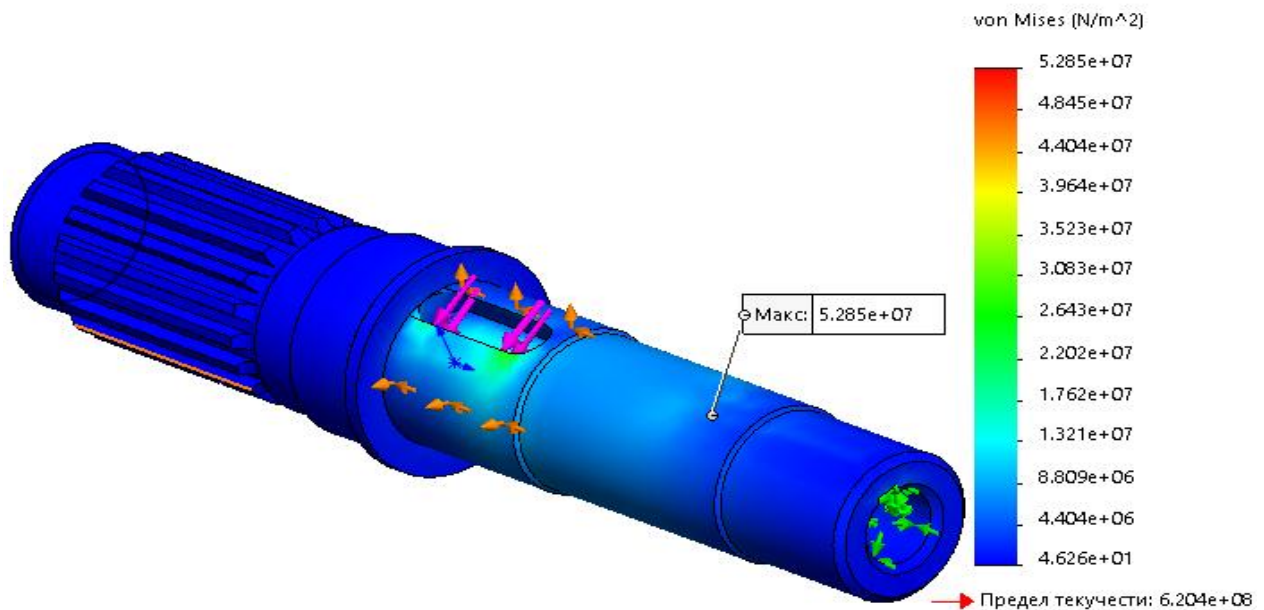


Рис. 2.16 Напруження у вхідному валі під дією крутного моменту двигуна

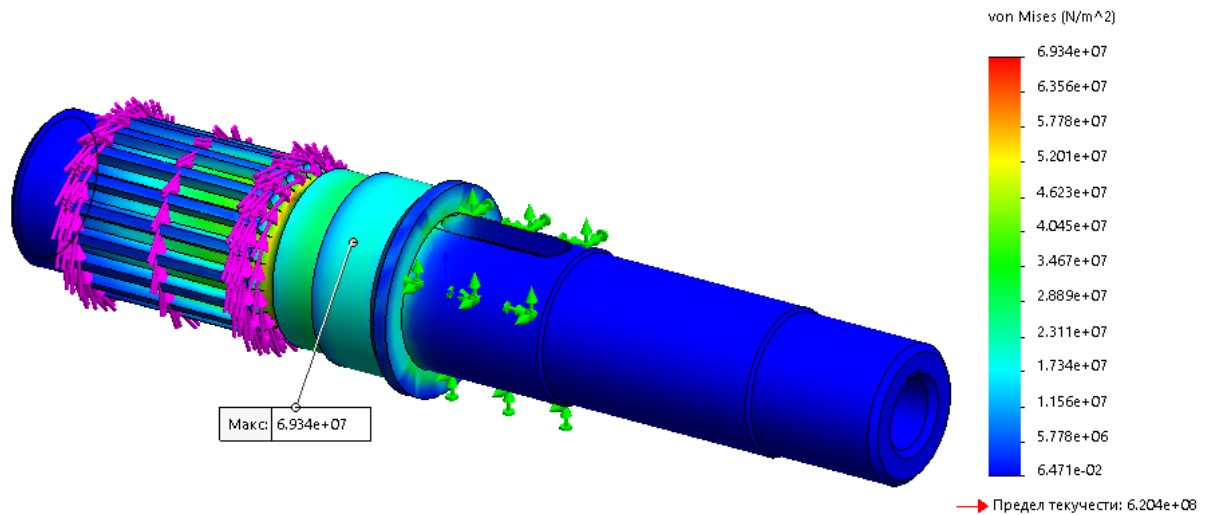


Рис. 2.17 Напруження у входному валі під дією крутного моменту при гальмуванні

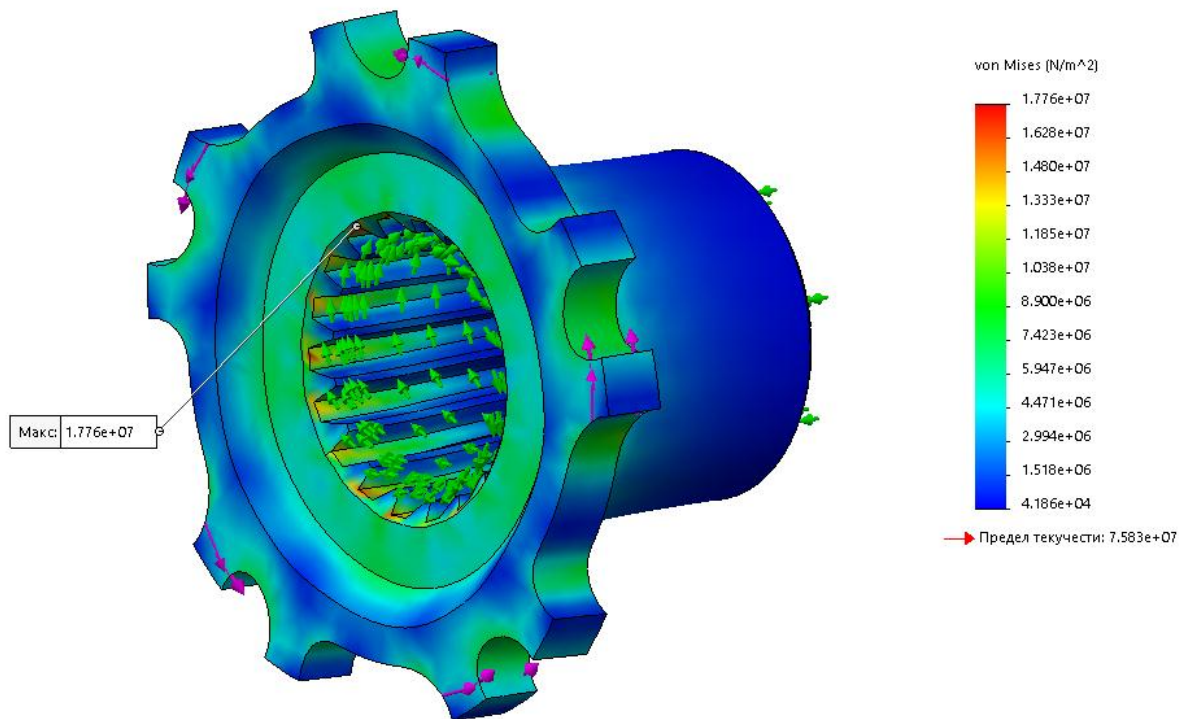


Рис. 2.18. Напруження, що створюються крутним моментом в маточині гальмівного диска

Коли вхідний вал і диференціал спроектовані, потрібно спроектувати корпус, який забезпечуватиме необхідну міжосьову відстань між валами, фіксуватиме двигун і гальмівний супорт (Рис 2.19). В якості матеріалу використовується алюмінієвий сплав Д16Т6.

Кришка, до якої кріпиться гальмівний супорт також сприймає крутний момент, який він створює (Рис. 2.20). При створенні повної складальної одиниці «Трансмiсія» (Рис 2.21.), модель також перевіряється на інтерференцію, тобто чи не перетинаються деталі одні з одними.

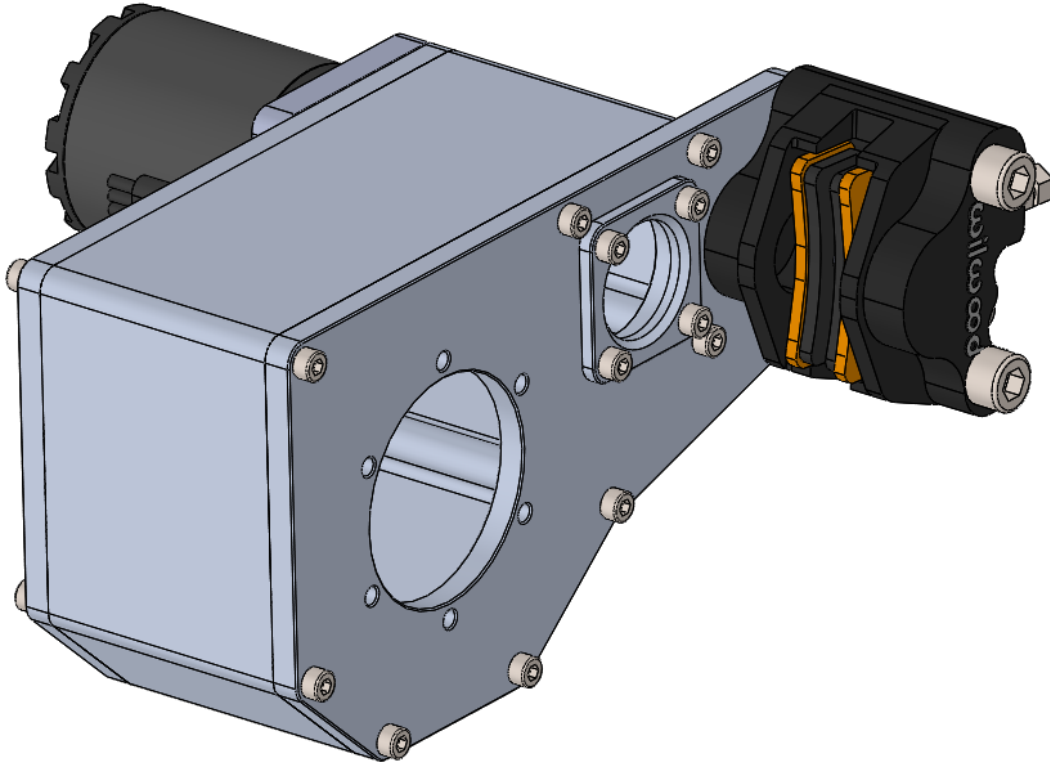


Рис. 2.19 Корпус трансмісії з встановленими гальмівним супортом і двигуном

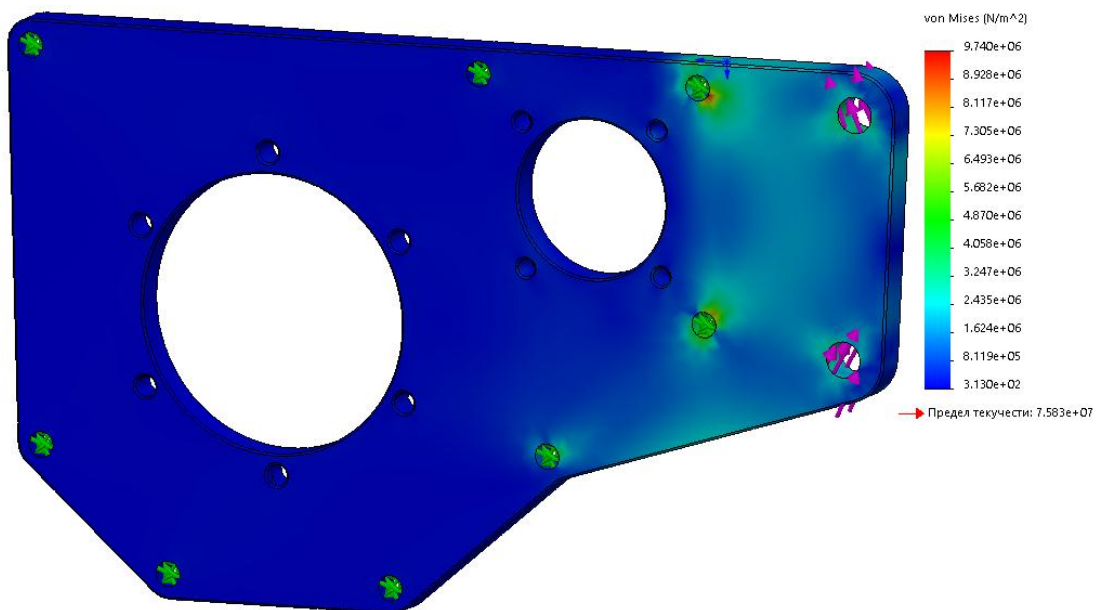


Рис. 2.20 Напруження в кришці корпусу трансмісії, створені крутним моментом при гальмуванні

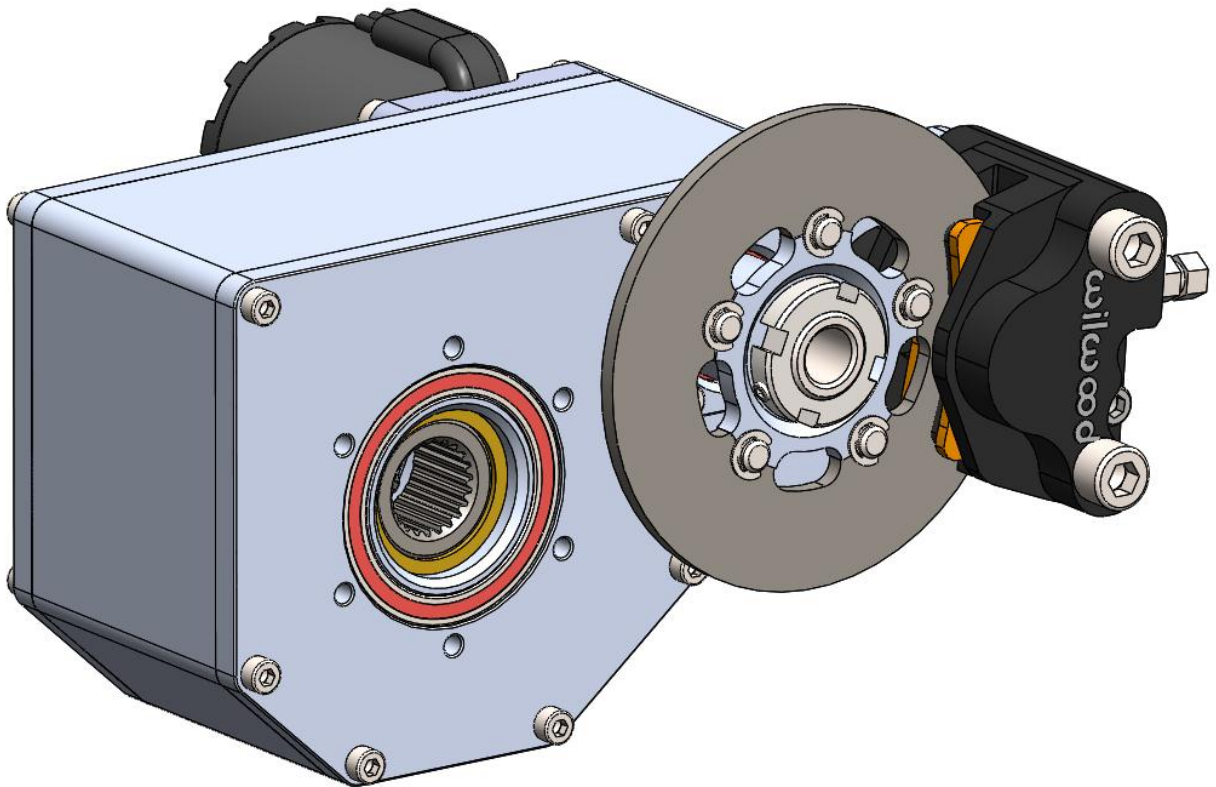


Рис. 2.21 3D модель складальної одиниці “Трансмісія електромобіля”

2.3.2 Проектування нерозрізного мосту, його напрямних і амортизуючих елементів

Нерозрізний міст пов’язує колеса з трансмісією, і системою підвіски. Він передає крутний момент від осьових шестерень диференціалу, через півосі до маточин коліс, які обертаються на підшипниках в зовнішній трубці, яка сприймає згинальні моменти (Рис 2.22)

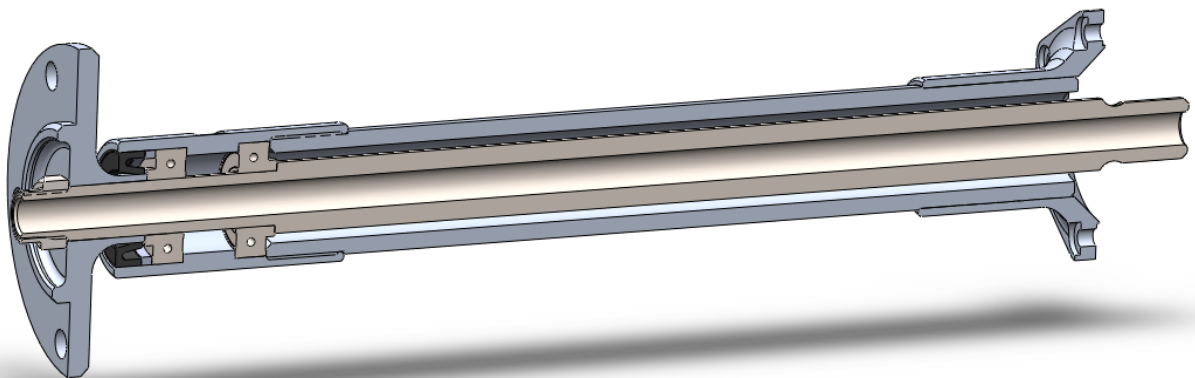


Рис.2.22. Механізм передачі крутного моменту з трансмісії на колеса

Необхідно спроектувати піввісь та маточину, які б витримували крутний момент гальмування $M_{T2} = 40 \text{ Н*м}$ і зовнішню трубу з фланцем, для кріплення до трансмісії, місцем під маточинні підшипники та кронштейнами важелів, яка буде витримувати моменти як на рис. 2.7.

Піввісь виконується із сталі 40Х, маточина колеса і стакан підшипників з алюмінієвого сплаву Д16Т6 основна труба, фланець і та елементи кронштейну, через необхідність їх зварювання, з алюмінієвого сплаву АВ [28]. Після перевірки на міцність елементів мосту (Рис. 2.23, 2.24, 2.25), можна перевірити складальну одиницю “Нерозрізний міст” на інтерференцію (Рис. 2.26).

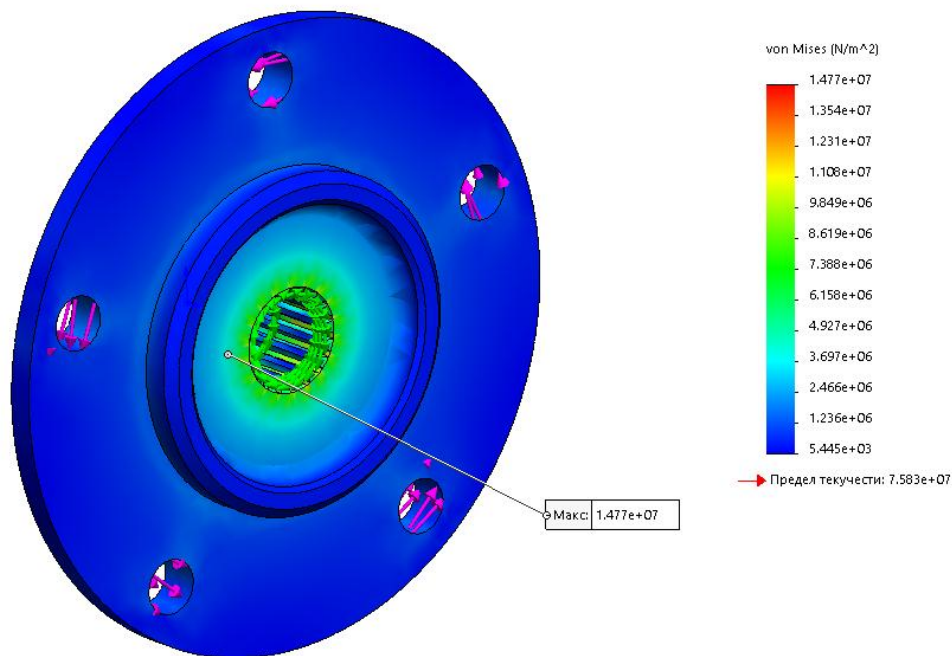


Рис.2.23. Статичний аналіз маточини колеса при гальмуванні

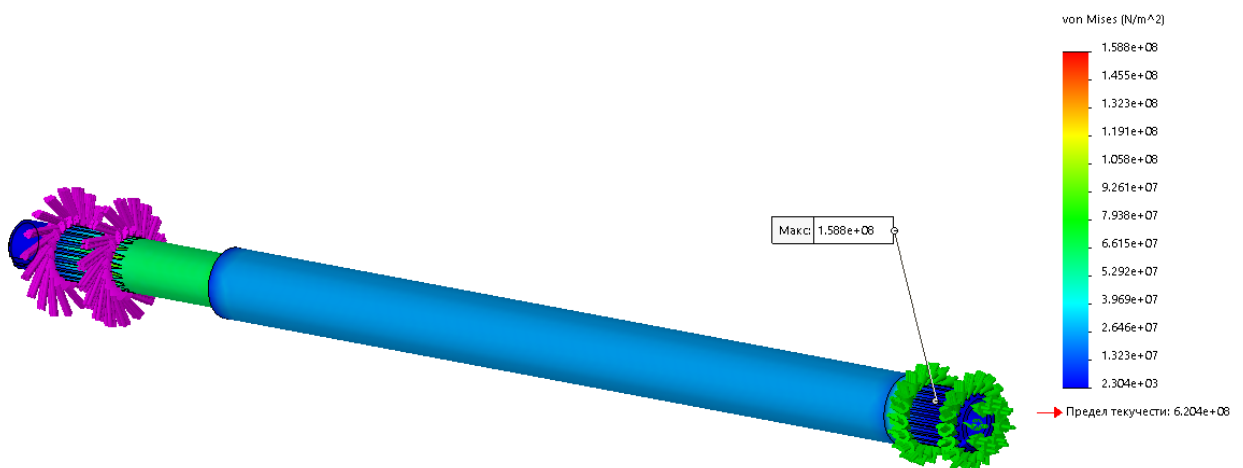


Рис.2.24.Статичний аналіз півосі при гальмуванні

скии 11-110 умолчанию)
: напряжение Напряжение1

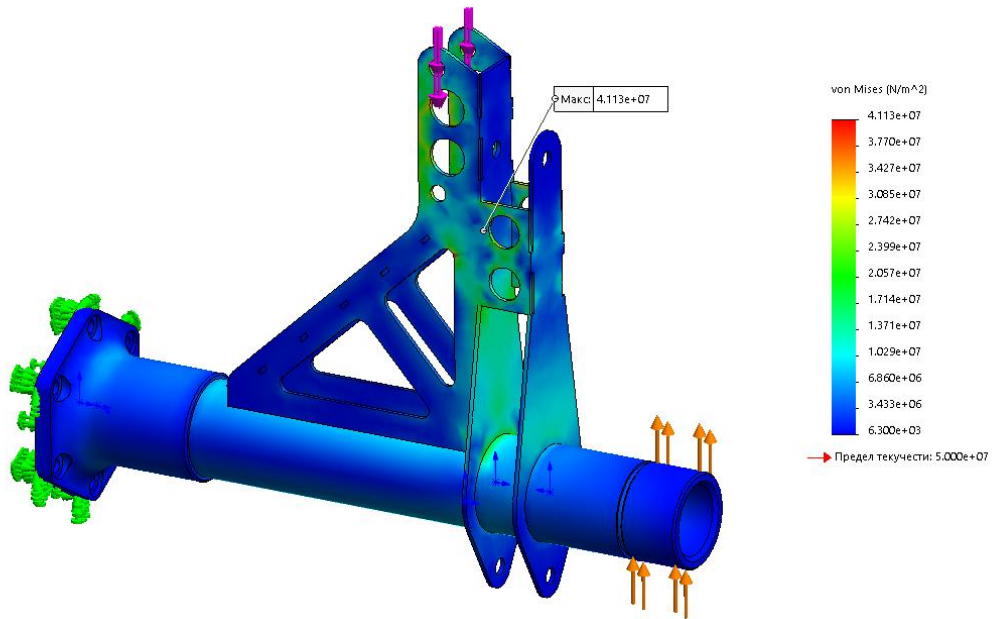


Рис.2.25. Статичний аналіз зовнішньої труби та кронштейну при проходженні повороту

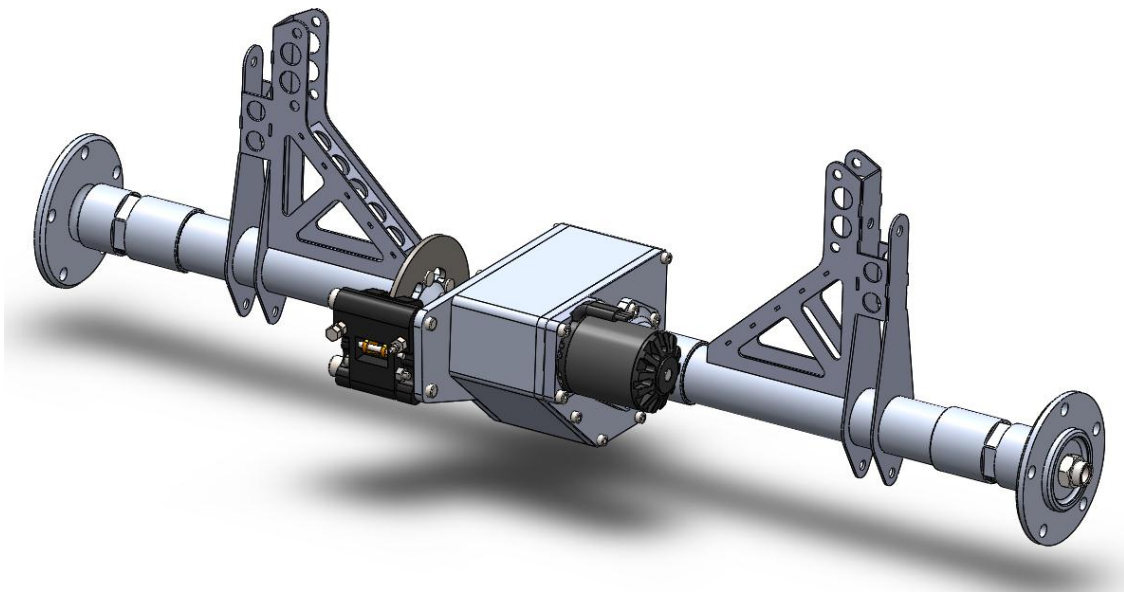


Рис.2.26. Загальний вид складальної одиниці “Нерозрізний міст”

Для збільшення кількості уніфікованих деталей всі важелі будемо виготовляти з алюмінієвого сплаву АВ, за допомогою зварювання, тому варто визначити найбільші навантаження, що сприймають важелі, для їх аналізу.

Важелі механізму Уатта сприймають навантаження на стиск і розтяг, що дорівнюють $F_y = 0,5 * F_{П21} = 0,5 * 412 = 206$ Н. Порівнявши всі зусилля у важелях, приймаємо розрахункові зусилля:

- на стиск: $F_{СТ} = R_{ВВ} = 246 \text{ Н}$
- на розтяг $F_{СТ} = R_{НВ} = 458,2 \text{ Н}$

Важелі виготовлятимуться із алюмінію 6061 шляхом зварювання труби 20x2 і різьбових втулок. За результатами статичного аналізу (Рис. 2.6.) напруження не перевищує допустимі.

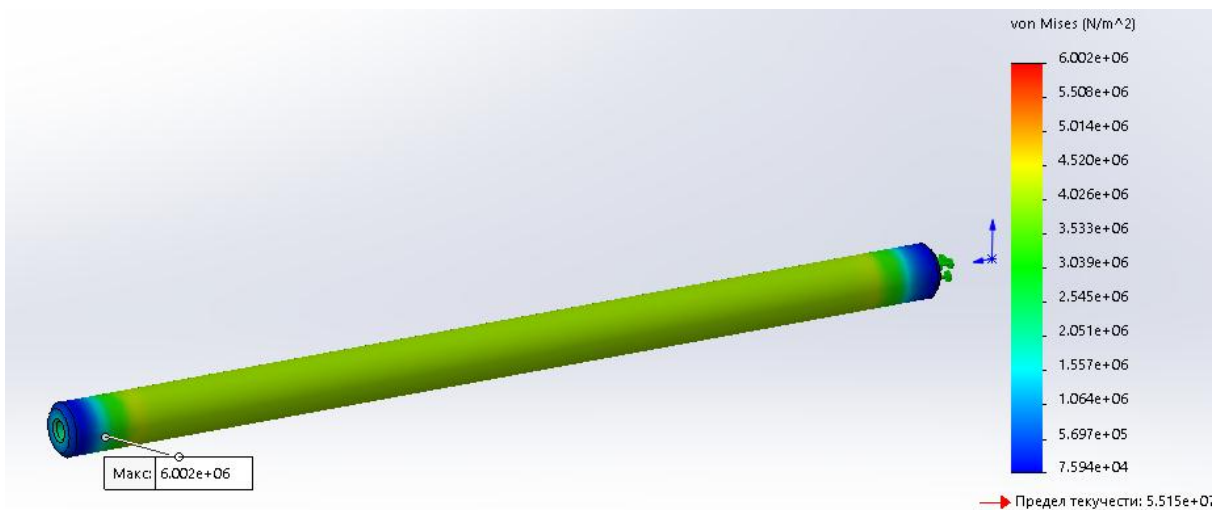


Рис. 2.27. Статичний аналіз важеля

Спроектвавши всі елементи задньої підвіски необхідно оцінити їх комплексно, на наявність перетинів або зазорів, зібравши їх на рамі (Рис.2.28).

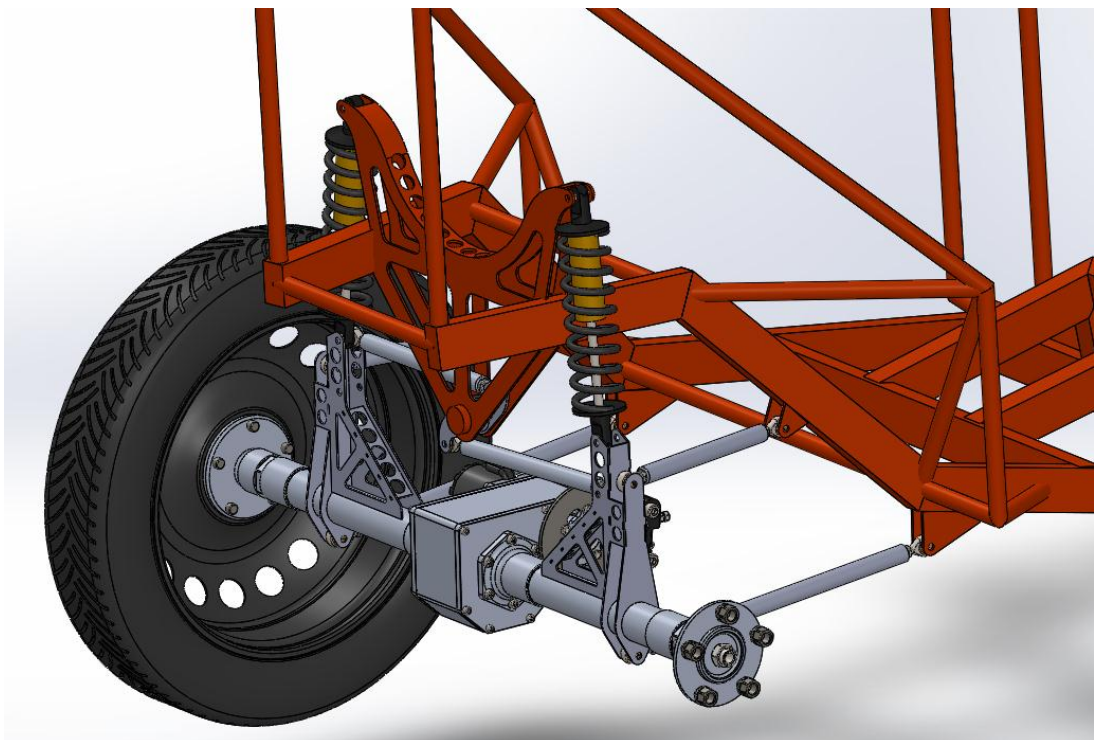


Рис. 2.28. Системи задньої підвіски і трансмісії, встановлені на рамі

2.4. Проектування та розрахунок передньої підвіски

Проектування елементів передньої підвіски розпочинається з розміщення колеса в просторі, відповідно точок поворотного кулака, колії і колісної бази.

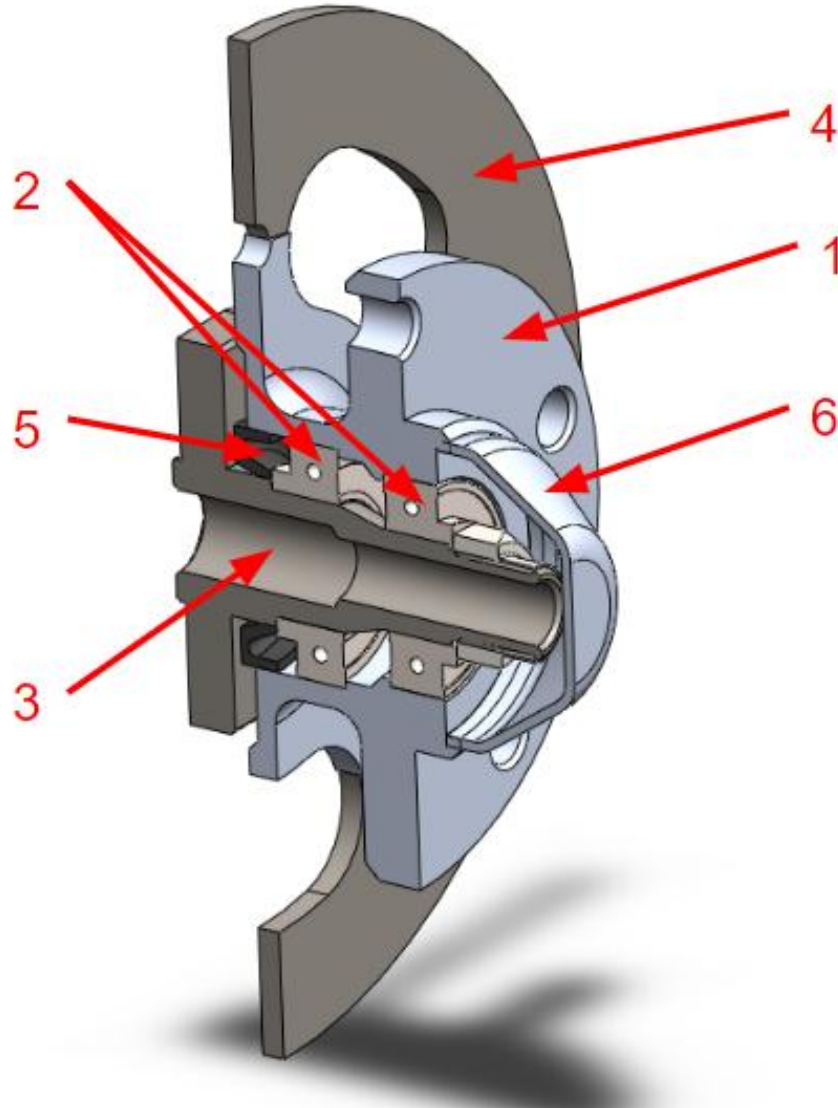


Рис. 2.29. Маточинний вузол переднього поворотного кулака

Всередині колеса проектується маточинний вузол (Рис 2.29), до якого входять: маточина колеса (1), маточинні підшипники (2), вал маточини (3), гальмівний диск (4) манжета (5) та кришка маточини (6), для захисту від пилу.

Маточина, виготовлена з алюмінієвого сплаву Д16Т6, повинна передавати крутний момент $M_{T1} = 184 \text{ Н*м}$, при гальмуванні, від колеса на гальмівний диск (Рис. 2.30). Вал зі сталі 40Х має витримувати зусилля $N_{11} = 875 \text{ Н}$ (Рис. 2.31).

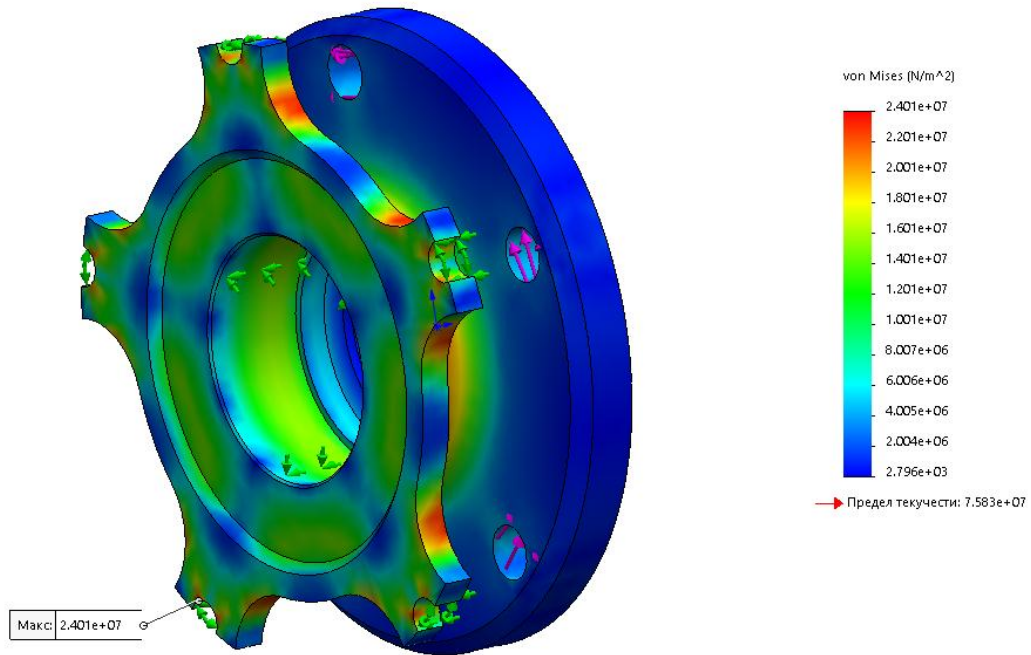


Рис. 2.30. Напруження в маточині, при гальмуванні

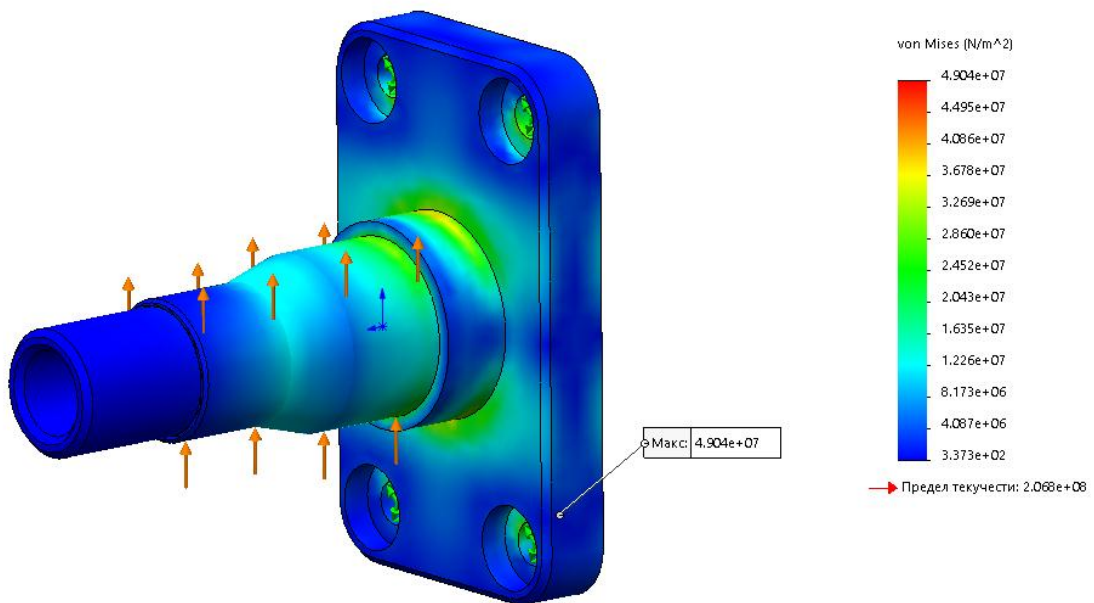


Рис. 2.31. Напруження у валі маточини, при проходженні поворотів

До спроектованого маточинного вузла, відповідно до точок передньої підвіски, проектується поворотний кулак, який повинен мати місця для кріплення до рами, для кріплення гальмівного супорта і рульової сошки, точки якої повинна відповідати принципу Аккермана (Рис 2.32.).

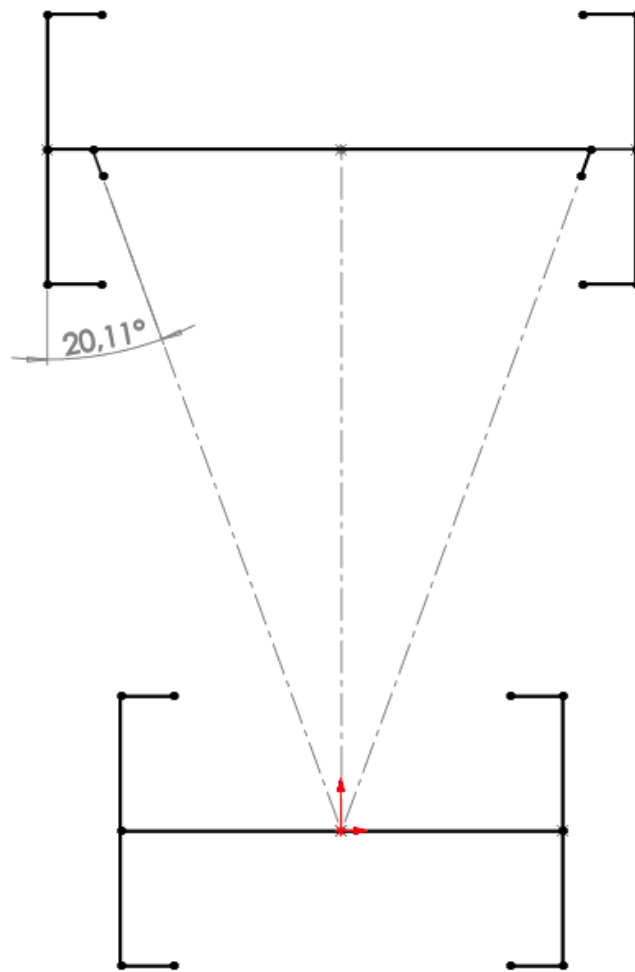


Рис. 2.32. Принцип Аккермана для геометрії рульових сошок

Поворотний кулак повинен витримувати навантаження при проходженні поворотів (Рис. 2.33.) та при гальмуванні (Рис. 2.34.), забезпечувати відповідність заданій геометрії та виконувати функції повороту колеса.

Завдяки окремій рульовій сошці, весь поворотний кулак має симетричну форму, завдяки чому всі деталі лівого кулака, аналогічні деталям правого. Корпус кулака і рульова сошка виконуються з алюмінієвого сплаву Д16Т6, верхній кронштейн, через збільшені навантаження, з сталі 40Х.

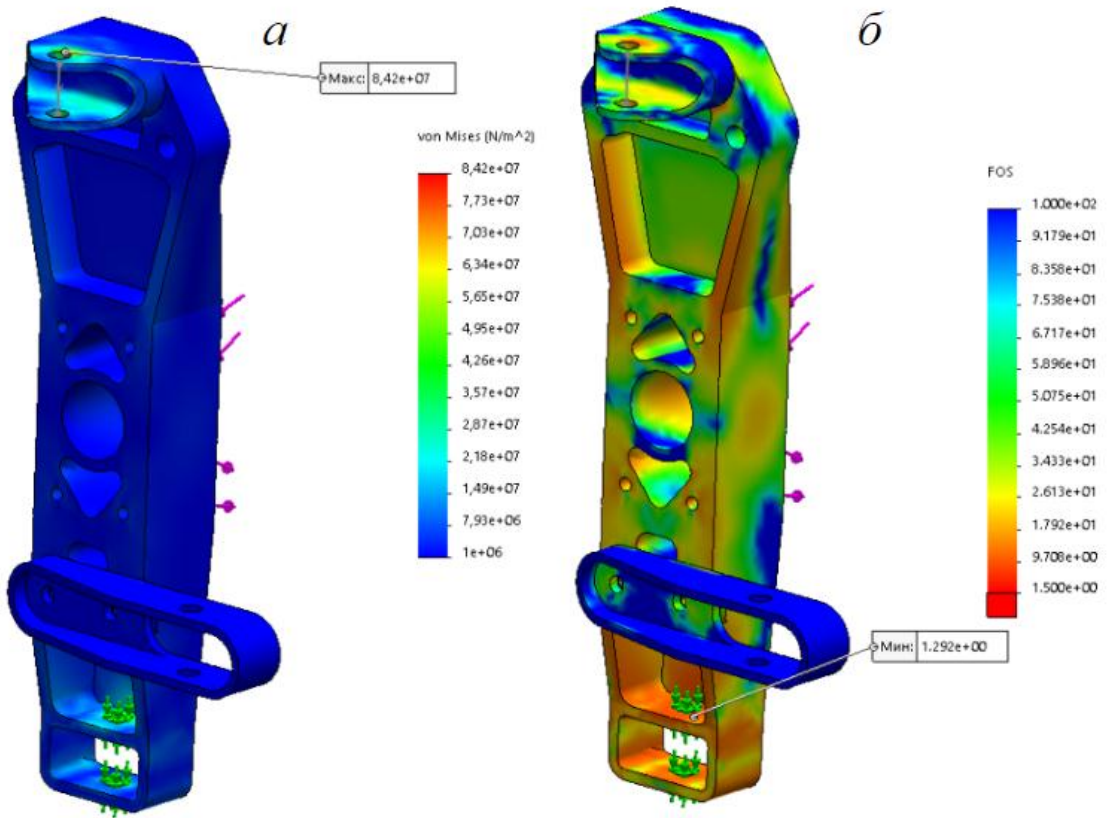


Рис. 2.32. Напруження (а) і запас міцності (б), що виникають в поворотному кулаці при проходженні поворотів.

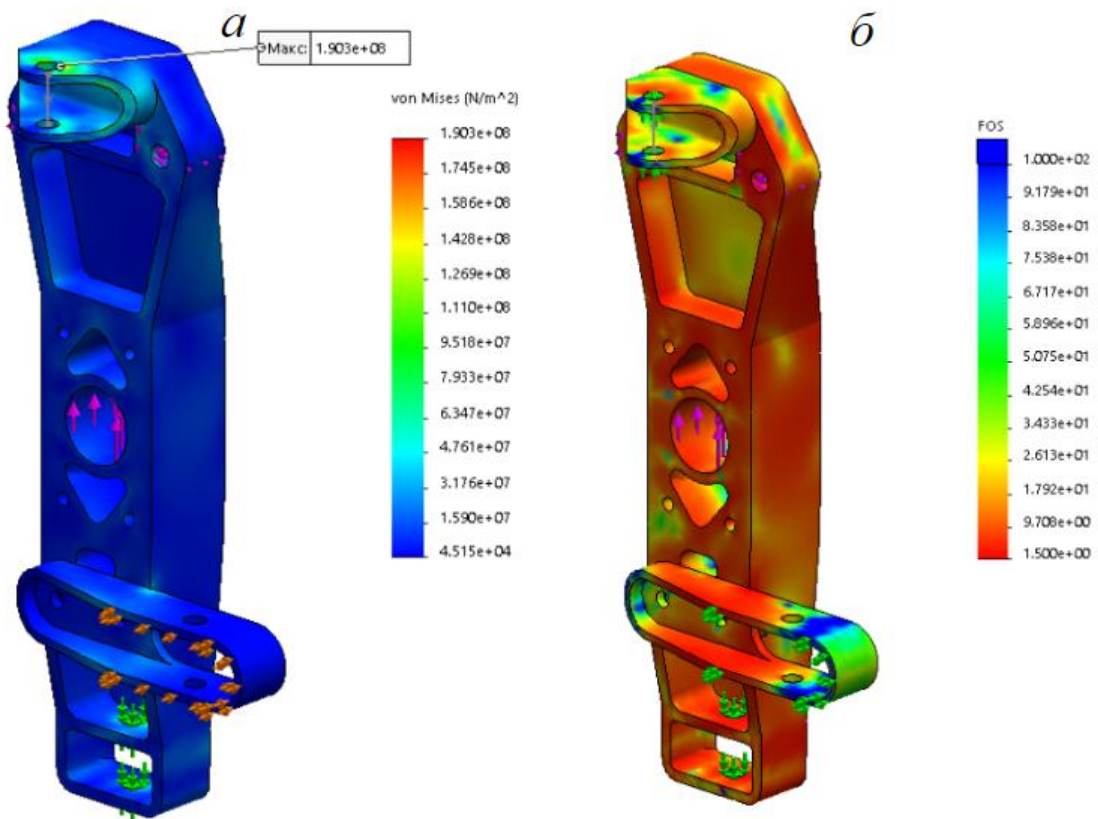


Рис. 2.33. Напруження (а) і запас міцності (б), що виникають в поворотному кулаці при гальмуванні.

Зібраний кулак, разом з маточинним вузлом і гальмівним супортом кріпиться до рами автомобіля через шарові наконечники (Рис. 2.34), завдяки чому можна здійснювати регулювання кута поперечного нахилу осі обертання кулака, таким чином впливати на величину динамічного розвалу, при налаштуванні параметрів підвіски.

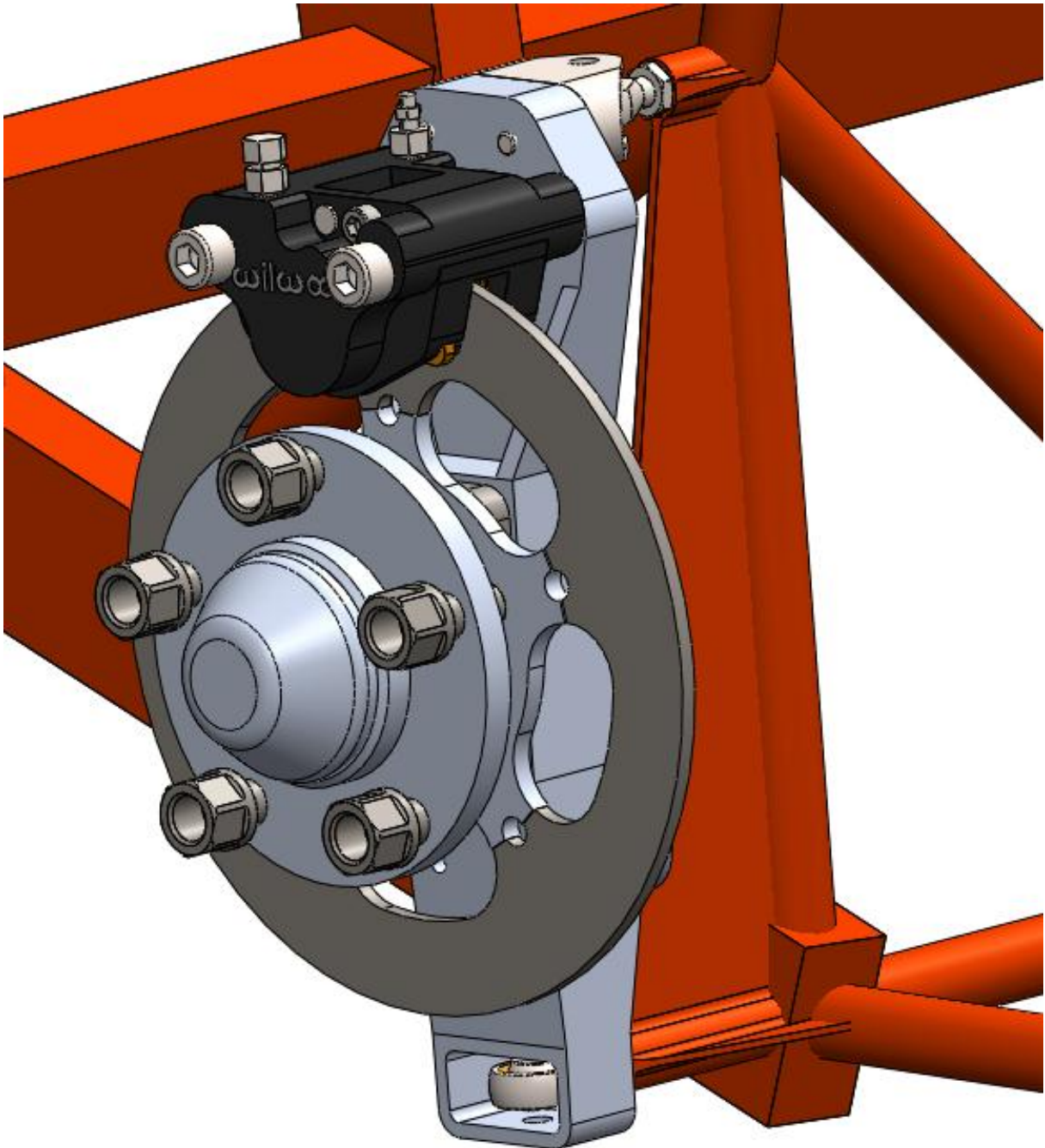


Рис. 2.34. Складальна одиниця “Поворотний кулак”, встановлена на рамі автомобіля

Висновки по розділу

В ході роботи над розділом була спроектована і розрахована трансмісія електромобіля, яка включає диференціал, редуктор головної пари і гальмівна система.

Також була розроблена геометрія підвіски електромобіля “ZEUS”, відповідно до якої створені 3D моделі елементів підвіски та проведені розрахунки на міцність навантажених елементів.

Всі елементи були спроектовані відповідно до основних вимог економії маси та збільшення ККД всього автомобіля і у відповідності із конструкцією рами (Рис. 2.35.).



Рис. 2.35. 3D модель рами, в зборі з елементами підвіски і трансмісії

РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДВІСКИ

Невід’ємною складовою проектування є забезпечення технологічності виготовлення спроектованих вузлів. Технологічне забезпечення дає змогу оцінити можливість і складність виготовлення деталі різними методами, призначити обладнання та інструмент, підібрати режими обробки та написати керуючу програму для верстату з ЧПК.

3.1 Технологія обробки складних деталей підвіски на верстатах з ЧПК

3.1.1 Виготовлення деталі «Маточина колеса»

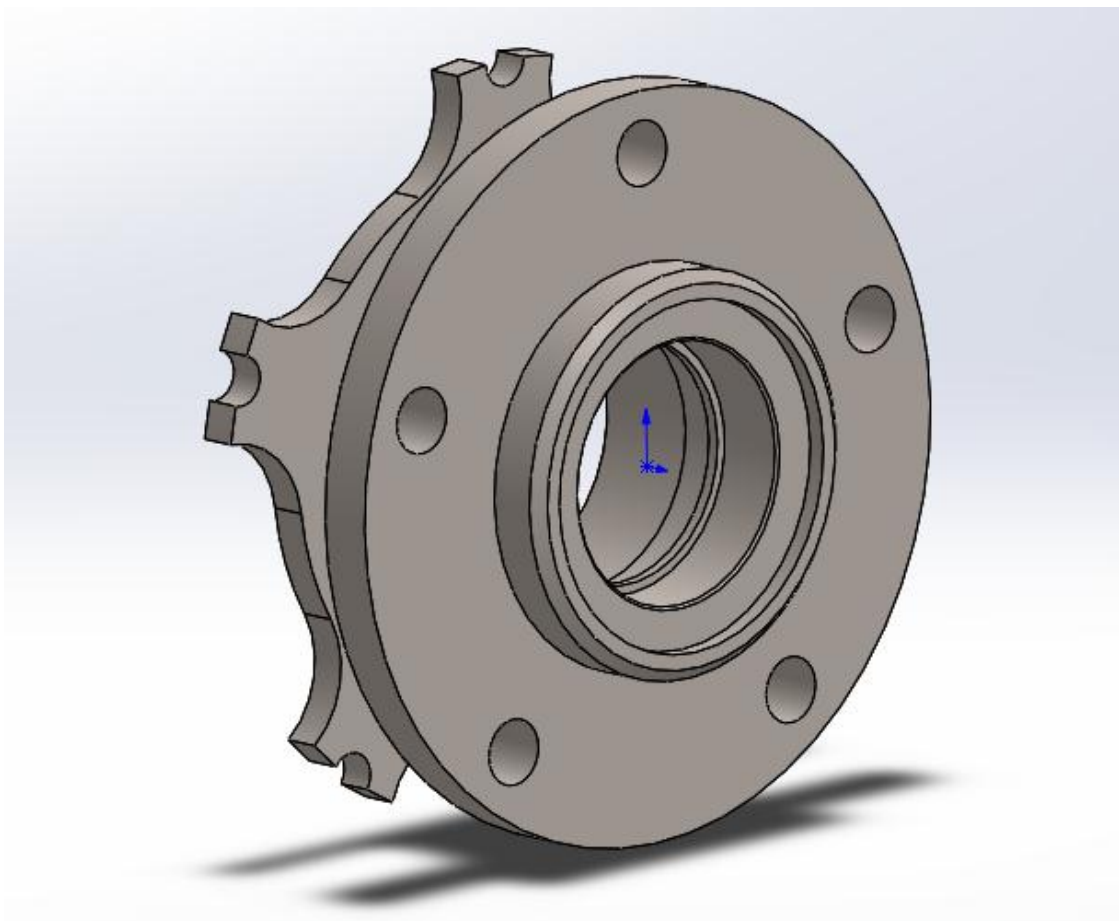


Рис. 3.1. 3D модель деталі «Маточина колеса»

«Маточина колеса» відноситься до класу «Деталі – тіла обертання». Має дві точні внутрішні циліндричні поверхні $\varnothing 42H8$ та $\varnothing 47H8$, призначені для

встановлення підшипників кочення. Має два фланці, один з яких із складним контуром, в іншому в виконанні п'ять отворів з нарізками M12×1.5 (Кресленик в додатку Б)

«Маточина колеса» є базовою деталлю складальної одиниці вузла невідвісних мас підвіски автомобіля. Призначена для надійного закріплення диску колеса, та забезпечення його обертання, навколо своєї вісі. Також, дана деталь є основою для закріплення робочої частини гальмівної системи, а саме гальмівного диску.

Деталь працює в умовах динамічних навантажень. Це навантаження моментом згину, від реакції, в місці плями контакту покришки колеса. Циклічні ударні навантаження, під час гальмування.

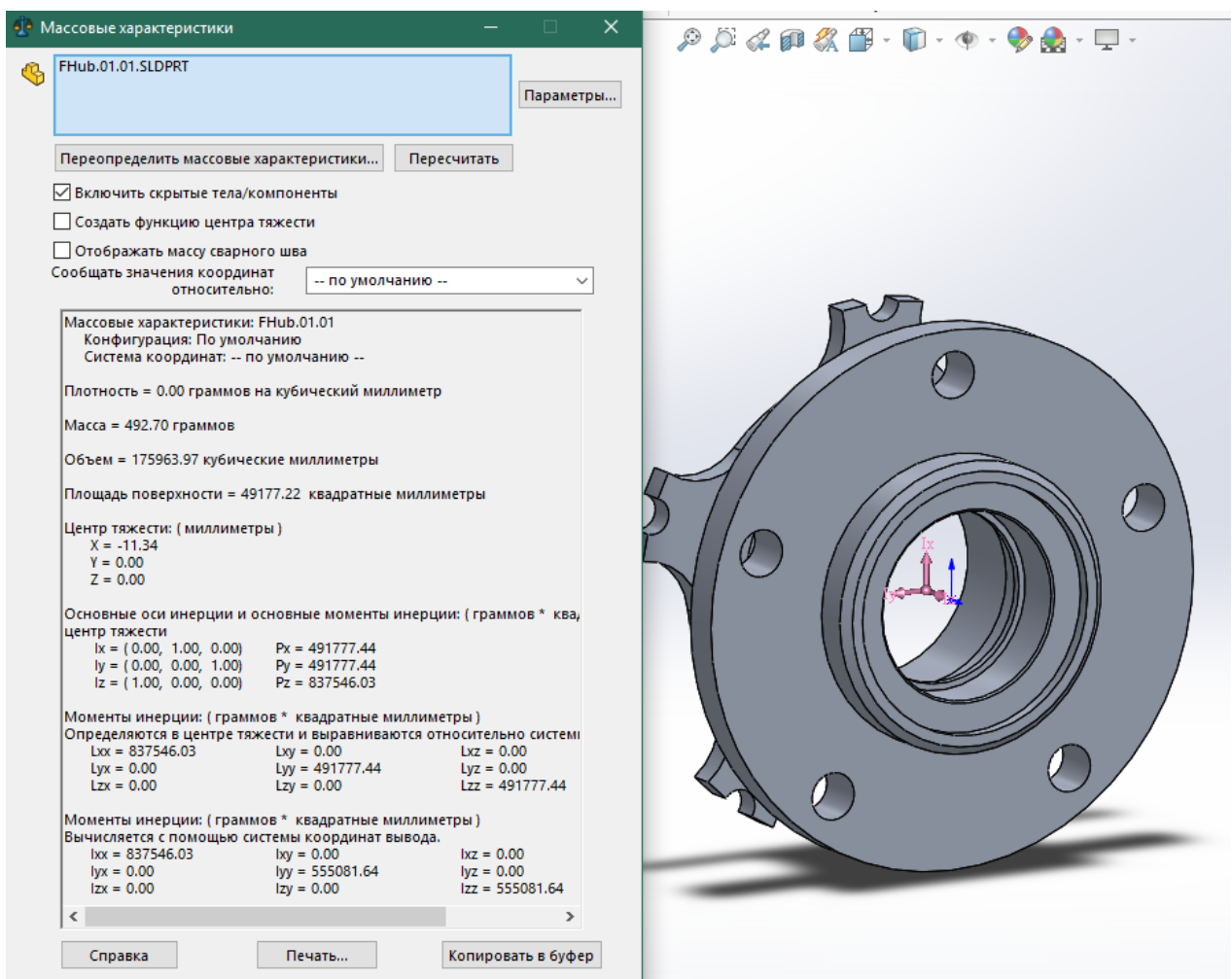


Рис. 3.2. Масово-інерційні характеристики деталі «Маточина колеса», розраховані в програмі «SolidWorks»

В якості матеріалу виготовлення деталі прийнято сплав Д16Т6 ГОСТ 4784-97. Це конструкційний деформівний алюмінієвий сплав. Його застосовують для виготовлення силових елементів конструкцій в авіатехніці: деталей обшивки, шпангоутів, нервюр, тяг управління, лонжеронів.

Д16Т6 має високу міцність та широкий діапазон робочих температур, від -230 до +120 °С. Добре піддається обробці різанням. Не схильний до накопичення внутрішніх напружень і відповідає вимогам до механічних характеристик матеріалу деталі [29].

Згідно з ГОСТ, приймаючи до уваги габаритний діаметр деталі Ø120, обираємо із сортаменту прокат з такими характеристиками [30]:

- Діаметр прокату нормальної точності – Ø125_{-1.6} мм;
- Площа поперечного перерізу – 121,153 см²;
- Маса 1м профіля – 34,52 кг;

Приймаємо спосіб відділення сортового прокату – відрізання на стрічковій пилі, таке рішення прийнято з урахуванням вимог до точності взаємного розташування поверхонь заготовки.

Оскільки заготовкою деталі є пруток то можливі дві типові схеми базування. Графічні зображення і структурні формули цих схем наведені в таблиці 3.1 [31].

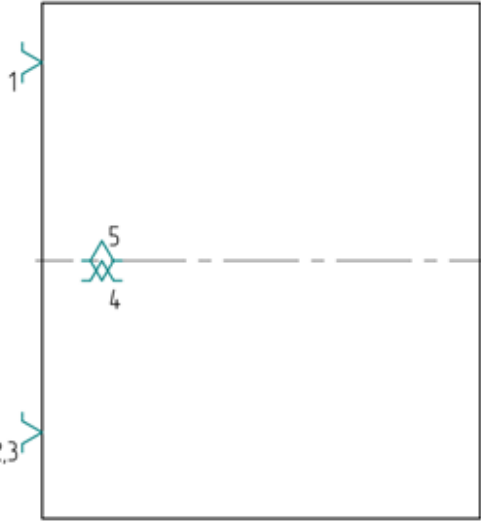
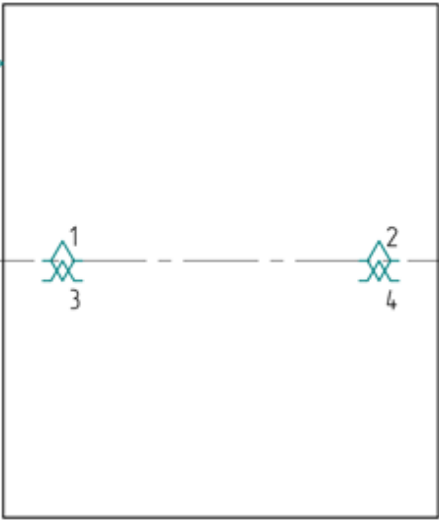
Проаналізувавши можливості конструктивної реалізації схем, наведених в таблиці 3.1 можна стверджувати, що:

«Схема 2» є недоцільною, оскільки не дозволяє обробити всі поверхні деталі. Це викликано тим, що дана схема реалізується трьохкулачковим самоцентрівним патроном з довгими кулачками. При базуванні коротких валів ($l/D \approx 0.85$) довгі кулачки закривають більшу частину зовнішньої циліндричної поверхні деталі, і відкритою для обробки залишається тільки торцева поверхня.

«Схема 1» дозволяє виконати повну обробку всіх поверхонь деталі. Оскільки, базування по торцю і короткій ділянці циліндричної поверхні залишає відкритою для обробки більшу частину зовнішньої циліндричної поверхні. Тому остаточно приймаємо «Схему 1» для базування заготовки на першій ТО

Таблиця 3.1

Типові схеми базування для першої ТО

Схема 1	Схема 2
	
СБ _{тв} =>У(3)+ПО(2)	СБ _{тв} =>ПН(4)+О(1)

Проектування технологічних операцій:**005 Заготівельна**

Optimum S150G Vario

010 Токарна

Верстат багатоцільовий токарного типу HAAS ST-10 з ЧПК

010.01 Точити торцеву поверхню, витримуючи розмір 1;

010.02 Точити зовнішню ступінчасту циліндричну поверхню, з підрізанням торця та виконанням фаски, витримуючи розміри 1, 2, 6, 5 ;

010.03 Свердлити внутрішню циліндричну поверхню, витримуючи розмір 11;

010.04 Точити внутрішню ступінчасту циліндричну поверхню з підрізанням торців і виконанням фасок витримуючи розміри 8, 9, 10, 12, 13, 14;

010.05 Точити канавку з підрізанням торця та виконанням радіусів і фаски, витримуючи розміри 3, 4, 7, 17;

010.06 Свердлити п'ять отворів, витримуючи розміри 15, 16.

010.07 Виконувати нарізі, витримуючи розміри 15, 16

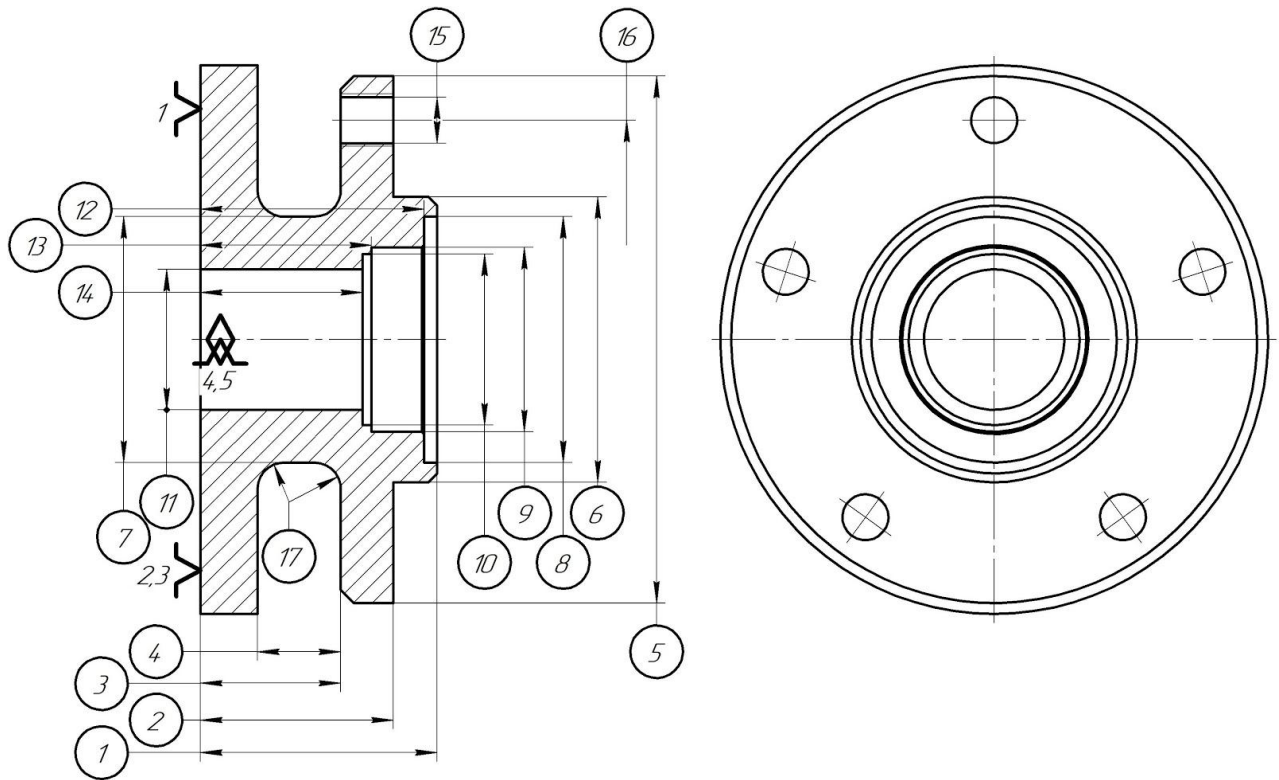


Рис. 3.3. Технологічна операція 010 Токарна

015 Токарна

Верстат багатоцільовий токарного типу HAAS ST-10 з ЧПК

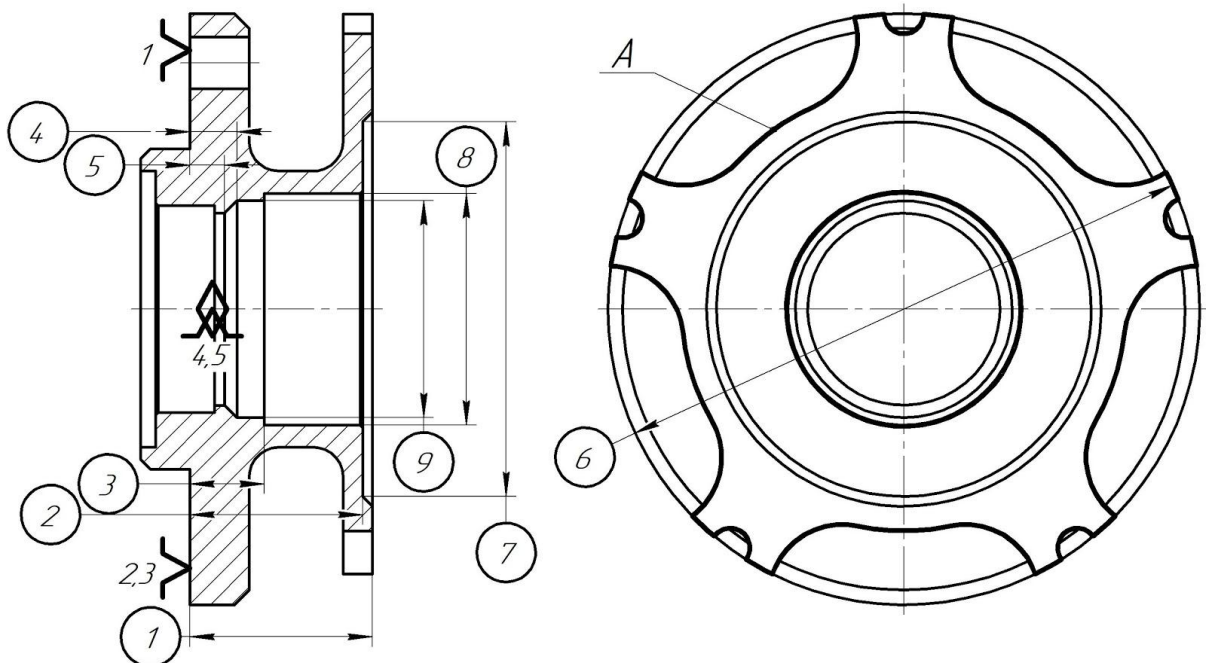


Рис. 3.3. Технологічна операція 015 Токарна

015.01 Точити торцеву поверхню, витримуючи розмір 1

015.02 Точити зовнішню циліндричну поверхню, витримуючи розмір 6

015.03 Точити внутрішню ступінчасту поверхню, витримуючи розміри 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9

015.04 Фрезерувати зовнішній складний контур А

020 Мийочна

025 Контрольна

Контроль розмірів за креслеником деталі.

Генерація і візуалізація (Рис. 3.4 3.5) керуючої програми відбувалася в середовищі SolidCAM, з урахуванням рекомендованих режимів різання (Табл. 3.1)

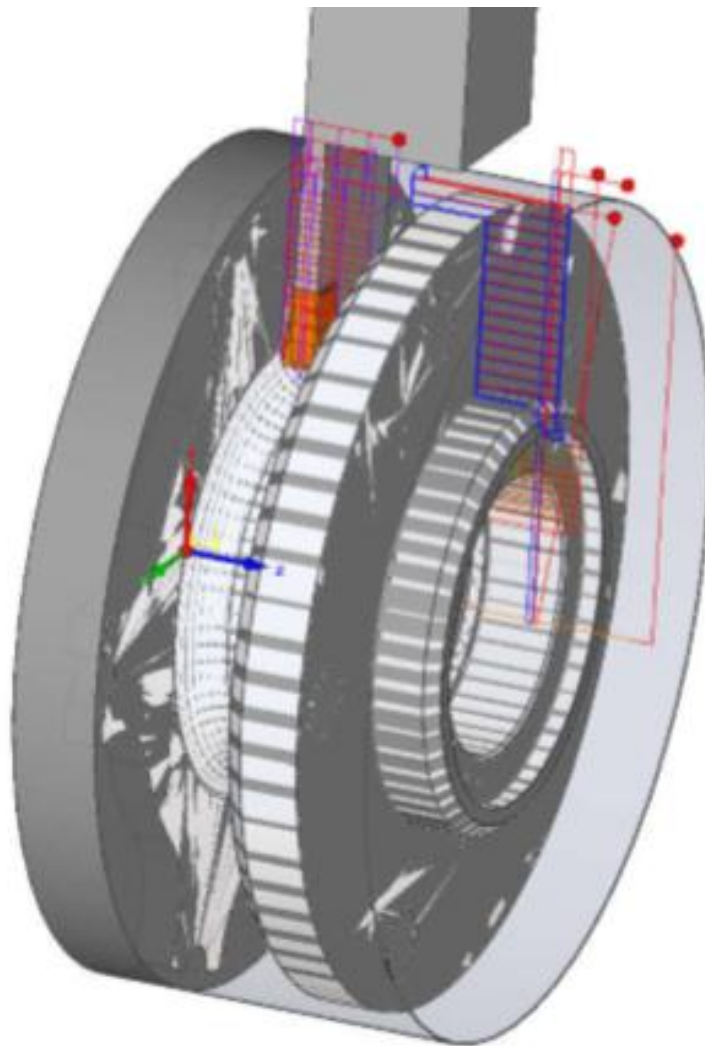


Рис. 3.4. Візуалізація фрагменту керуючої програми для 010 ТО

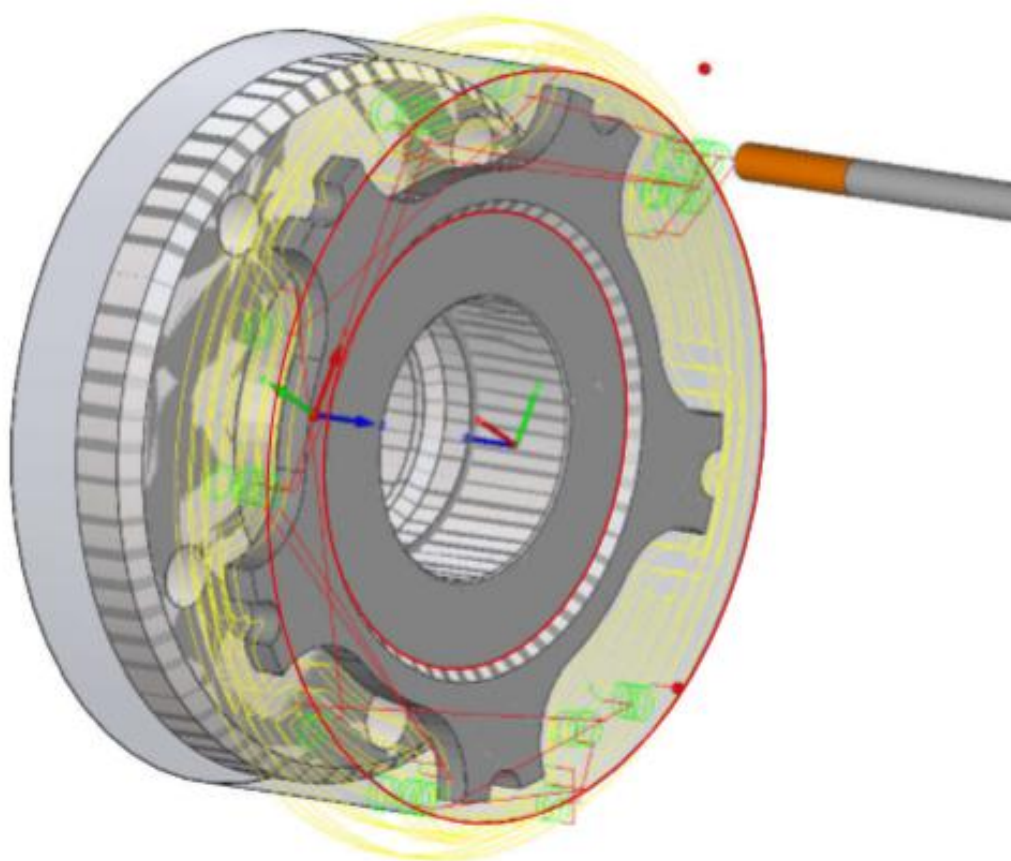


Рис. 3.5. Візуалізація фрагменту керуючої програми для 015 ТО

3.1.2 Виготовлення деталі «Корпус диференціалу»

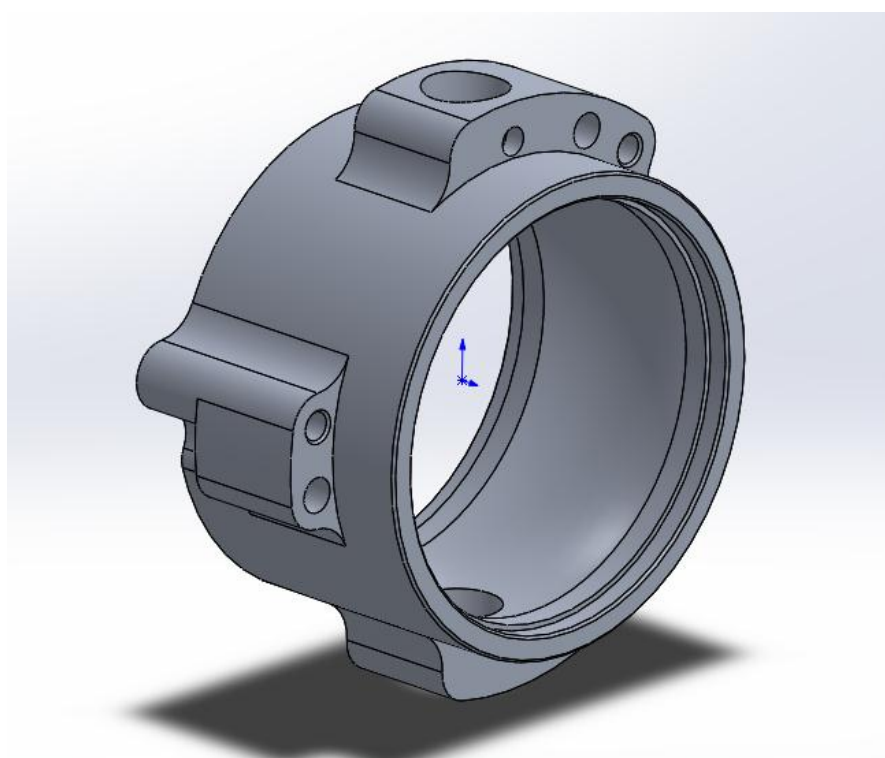


Рис. 3.5. 3D модель деталі «Корпус диференціалу»

«Корпус диференціалу» відноситься до класу «Деталі – тіла обертання». Має дві точні внутрішні циліндричні поверхні $\varnothing 75H8$, призначені для встановлення кришок корпусу, точні отвори $\varnothing 15H8$, для встановлення валу сателітів, $\varnothing 5H8$, для штифта, що фіксує вал сателітів і зовнішній розмір $\varnothing 84h7$, що центрує зовнішню шестерню. зовнішній контур має складну форму, наскрізні отвори і отвори з нарізями (Кресленик в додатку).

«Корпус диференціалу» є базовою деталлю складальної одиниці диференціалу трансмісії автомобіля. Призначений для передачі крутного моменту від шестерні головної пари трансмісії, через сателіти, до шестерень півосей і навпаки.

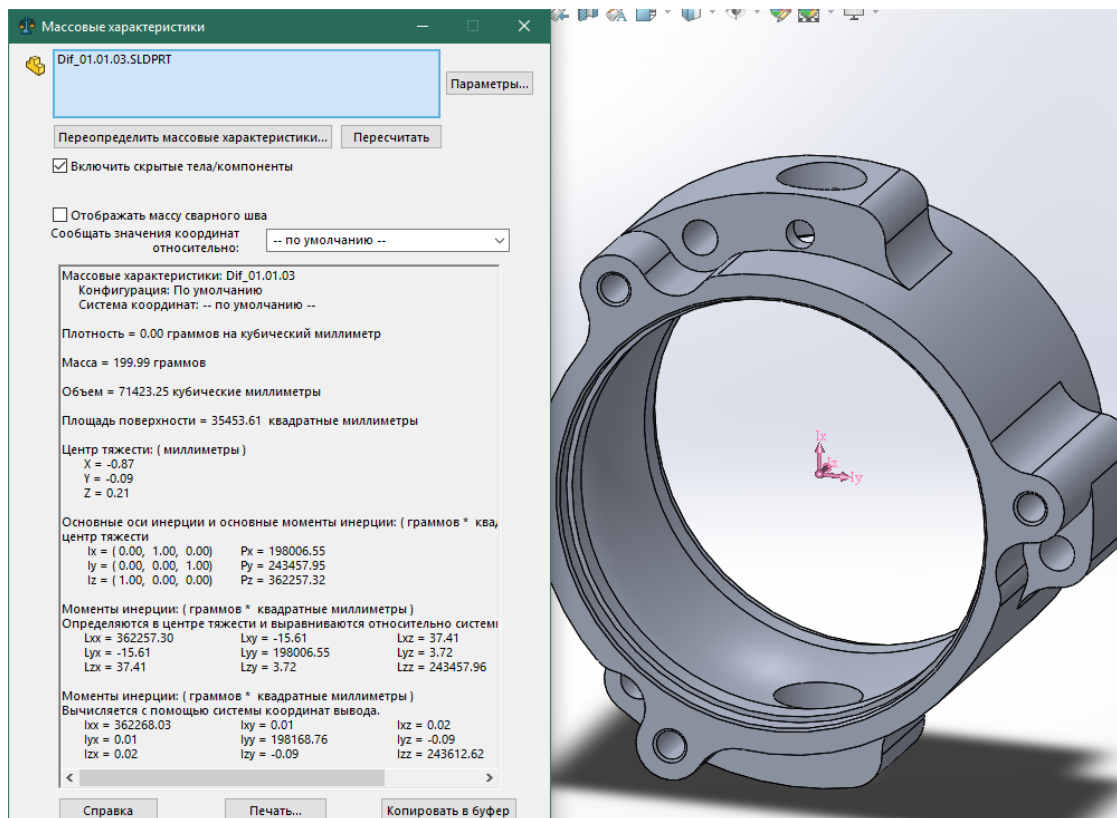


Рис. 3.6. Масово-інерційні характеристики деталі «Корпус диференціалу», розраховані в програмі «SolidWorks»

В якості матеріалу виготовлення, так само як і для попередньої деталі прийнято сплав Д16Т6 ГОСТ 4784-97. Відповідно ГОСТ, приймаючи до уваги габаритний діаметр деталі $\varnothing 104$, обираємо із сортаменту прокат з такими характеристиками [30]:

- Діаметр прокату нормальної точності – $\varnothing 110_{-1.4} \text{ мм}$;
- Площа поперечного перерізу – $93,82 \text{ см}^2$;
- Маса 1м профіля – $26,74 \text{ кг}$;

Оскільки заготовка має схоже відношення діаметру до довжини як в попередньої деталі, схема базування заготовки залишається така ж: «Схема 1» (Табл. 3.1)

Проектування технологічних операцій:

005 Заготівельна

Optimum S150G Vario

010 Токарна

Верстат багатоцільовий токарного типу HAAS ST-10 з ЧПК

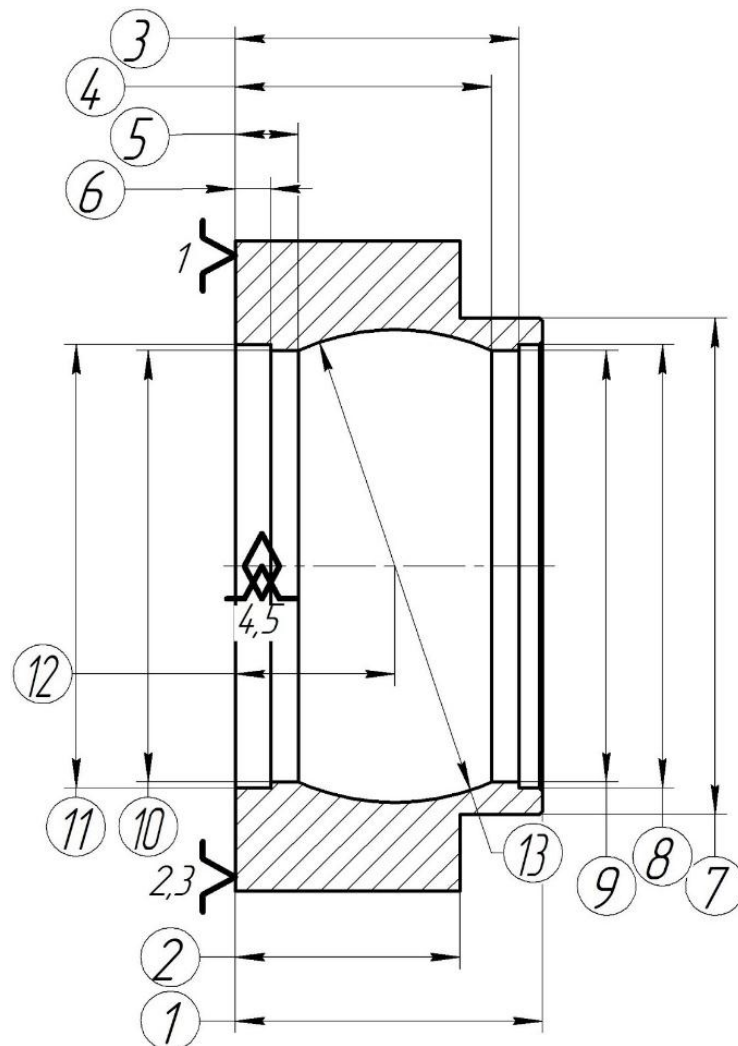


Рис. 3.7. Технологічна операція 010 Токарна

- 010.01 Точити торцеву поверхню, витримуючи розмір 1;
- 010.02 Точити зовнішню ступінчасту циліндричну поверхню, з підрізанням торця та виконанням фаски, витримуючи розміри 2, 7 ;
- 010.03 Свердлити внутрішню циліндричну поверхню, витримуючи розмір 10;
- 010.04 Точити внутрішню ступінчасту циліндричну поверхню з підрізанням торців і виконанням фасок витримуючи розміри 8, 9, 10, 3;
- 010.05 Точити канавку з підрізанням торця та виконанням фаски, витримуючи розміри 6, 11;
- 010.06 Точити внутрішню сферичну поверхню, витримуючи розміри 12,13, 4, 5.

015 Фрезерна

Верстат багатоцільовий токарного типу HAAS ST-10 з ЧПК

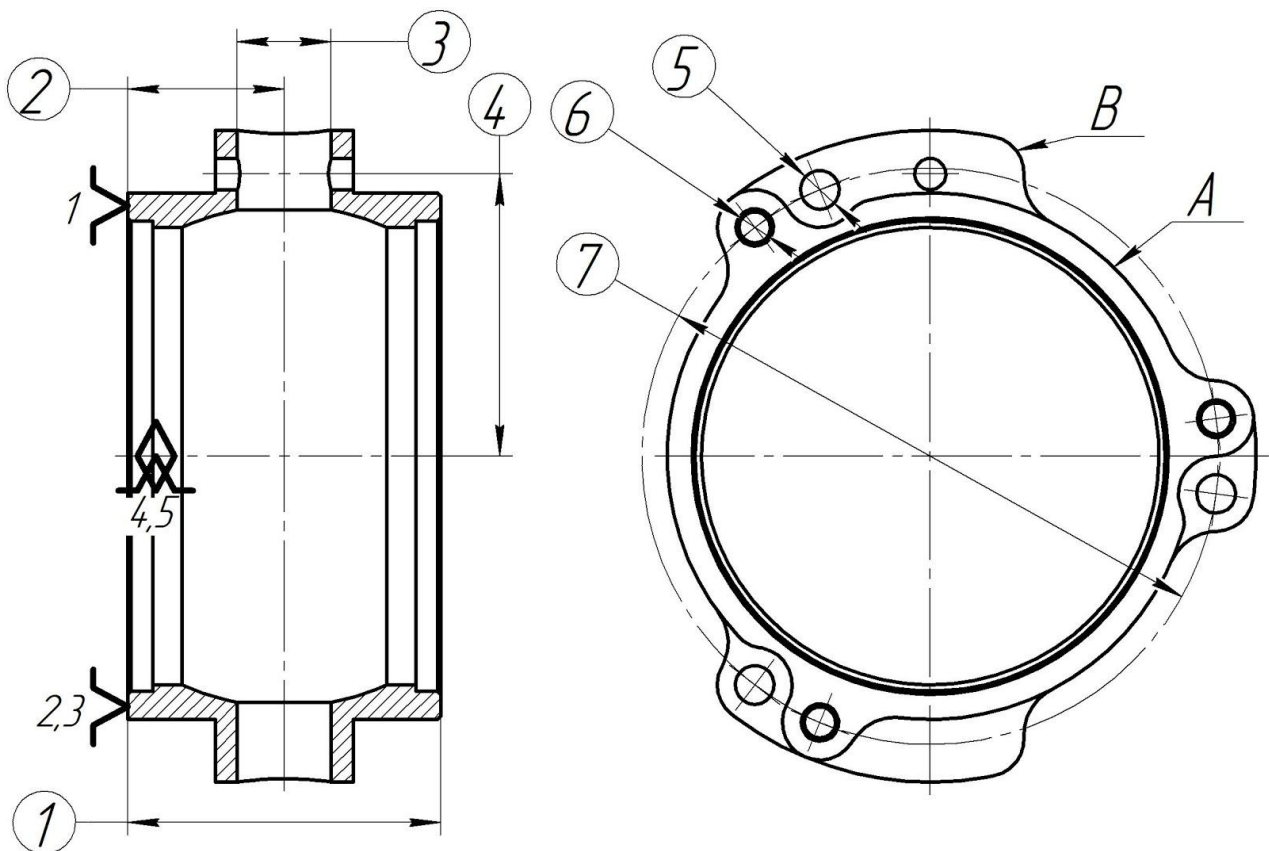


Рис. 3.8. Технологічна операція 015 Фрезерна

- 015.01 Точити торцеву поверхню, витримуючи розмір 1;

- 015.02 Фрезерувати зовнішній складний контур В;
- 015.03 Фрезерувати зовнішній складний контур А;
- 015.04 Свердління отворів, витримуючи розміри 7, 6, 5, 4;
- 015.05 Фрезерування отворів, витримуючи розміри 2,3

020 Мийочна

025 Контрольна

Контроль розмірів за креслеником деталі (Додаток В).

Фрагмент керуючої програми знаходиться в додатку Г.

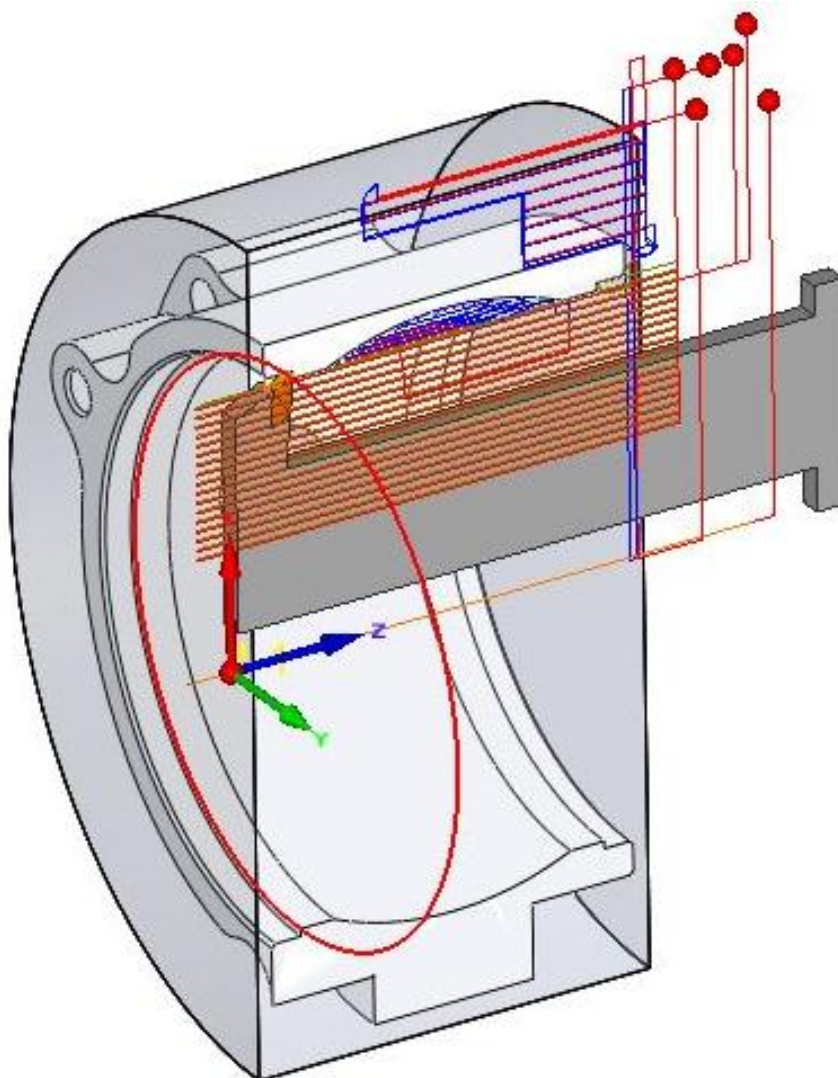


Рис. 3.9. Візуалізація фрагменту керуючої програми для 010 ТО

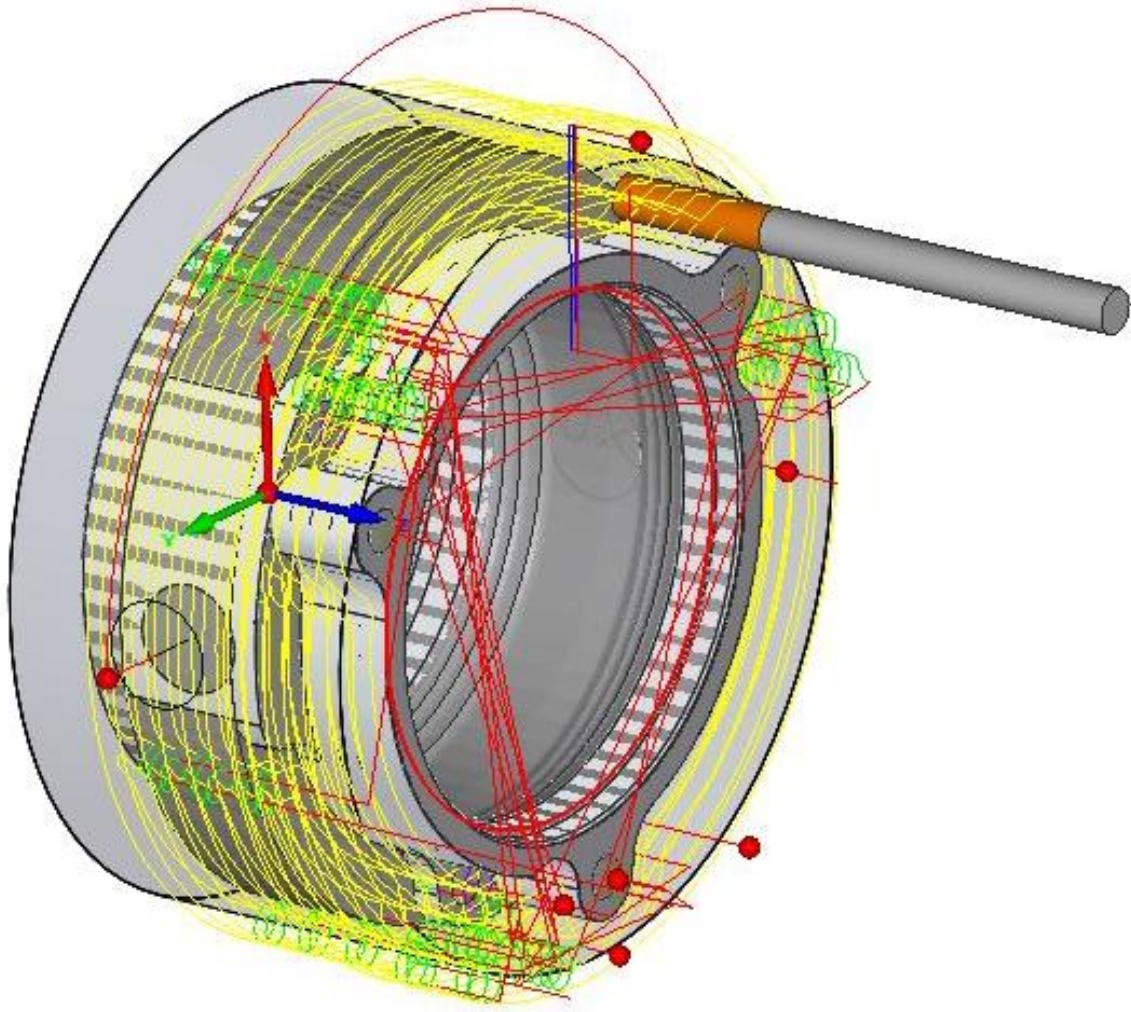


Рис. 3.10. Візуалізація фрагменту керуючої програми для 015 ТО

3.1.3. Обладнання та інструмент для виготовлення деталей

Для здійснення заготівельних операцій використовуємо стрічкову пилу Optimum S150G Vario (Рис 3.11). Таке рішення повністю задовольняє вимоги до точності взаємного розташування поверхонь заготовки та її розмірів для обох деталей.

Характеристики пили[32]:

- Потужність – 1,1 кВт
- Макс. діаметр круглої заготовки – 150 мм.
- Макс розмір прямокутної заготовки – 150x160 мм.
- Швидкість різання – 20...65 м./хв.



Рис. 3.11. Стрічкова пила Optimum S150G Vario

Виходячи з розмірів деталі та можливостей сучасних верстатів, для виготовлення деталі «Маточина колеса» та «Корпус диференціалу» використаємо верстат з ЧПК HAAS ST-10 (Рис. 3.12.) [33]



Рис. 3.12. Верстат HAAS ST-10

Токарний центр з ЧПК HAAS ST-10 має наступні паспортні дані [54]:

- Макс. Місткість: 356 x 356мм, прутка 44 мм
- Діаметр оброблюваного виробу 16,25 " (413 мм)
- Переміщення по X: 200.2мм
- Переміщення по Y: 365мм
- Потужність головного приводу: 11,2 кВт
- Максимальна частота обертання шпинделя: 6000 об / хв
- Максимальний крутний момент: 102Нм (1200об/хв)
- Шпиндель: A2-5 ,
- Патрон: 6,5 "(165 мм) ,
- 12-позиційна револьверна головка

Для вибору інструменту використаємо програмний онлайн продукт компанії Sandvik: ToolGuide [34] (Рис. 3.13.).



CoroDrill 880

	880-D3200L40-02 Инструмент	
	880-06 04 W08H-P-MS N124 периферийная пластина	
	880-06 04 06H-C-LM N134 Центральная пластина	

Cylindrical shank (ISO9766 drill shank with flange) - metric: 40

Стойкость, дет. TLIFEC	8410 Отверстия
Время обработки на элемент TMF	00:05,280 мин:с

 10

ШАГИ 1

СВЕРЛЕНИЕ СВЕРЛАМИ С АСИММЕТРИЧНОЙ ВЕРШИНОЙ

Скорость резания VC	402 m/min
Подача на оборот FN	0.17 mm
Минутная подача VF	680 mm/min

[Показать подробности](#)

[Информация](#) 

Рис. 3.13. Результат підбору інструменту за допомогою ToolGuide

Таблиця 3.2.

*Інструмент, що використовується при виготовленні
деталі «Маточина колеса»*

Вид інструменту	Назва інструменту або пластини	Рекомендовані режими обробки	Операція
Прохідний різець	Інструмент: SCLCR 2020K 09 Пластина: CCGX 09 T3 04-AL H10	Швидкість різання: 2000 (2500-250) м./хв. Подача: 0,2 (0,1-0,3) мм./об. Глибина різання 1,5 (0,5-5) мм.	010.01 010.02 015.01 015.02
Розточний різець	Інструмент: A20S-SDXCR 11-R Пластина: DCGX 11 T3 08-AL H10	Швидкість різання: 2000 (2500-250) м./хв. Подача: 0,25 (0,12-0,6)мм./об. Глибина різання 1,5 (0,5-5) мм.	010.04 015.03
Канавочний різець	Інструмент: N123J55-25A2 Пластина: N123J2-0500-0004-TF H13A	Швидкість різання: 1500 (1900-190) м./хв. Подача по осі Z: 0,18 (0,08-0,3)мм./об. Подача по осі X: 0,16 (0,08-0,26)мм./об.	010.05
Свердло Ø32	Інструмент: 880-D3200L40-02 Периферійна пластина: 880-06 04 W08H-P-MS N124 Центральна пластина: 880-06 04 06H-C-LM N134	Швидкість різання: 460 (600-250) м./хв. Подача: 0,17 (0,1-0,22)мм./об.	010.03
Свердло Ø10,5	Інструмент: 860.1-1050-032A1-NM H10F	Швидкість різання: 280 (320-220) м./хв. Подача: 0,8 (1.5-0,2)мм./об.	010.06
Мітчик M12x1,5		Швидкість різання: 10 м./хв.	010.07
Фреза Ø6	Інструмент: R216.T4-06030BAS10N 1620	Швидкість різання: 300-320 Подача: 0,15-0,2 мм/об	015.04

Таблиця 3.3.

*Інструмент, що використовується при виготовленні
деталі «Корпус диференціалу»*

Вид інструменту	Назва інструменту або пластини	Рекомендовані режими обробки	Операція
Прохідний різець	Інструмент: SCLCR 2020K 09 Пластина: CCGX 09 T3 04-AL H10	Швидкість різання: 2000 (2500-250) м./хв. Подача: 0,2 (0,1-0,3) мм./об. Глибина різання 1,5 (0,5-5) мм.	010.01 010.02 015.01
Розточний різець	Інструмент: A20S-SDXCR 11-R Пластина: DCGX 11 T3 08-AL H10	Швидкість різання: 2000 (2500-250) м./хв. Подача: 0,25 (0,12-0,6)мм./об. Глибина різання 1,5 (0,5-5) мм.	010.04
Канавочний різець	Інструмент: N123J55-25A2 Пластина: N123J2-0500-0004-TF H13A	Швидкість різання: 1500 (1900-190) м./хв. Подача по осі Z: 0,18 (0,08-0,3)мм./об. Подача по осі X: 0,16 (0,08-0,26)мм./об.	010.05
Розточний різець	Інструмент: A25T-SVUBR 16HP-DR Пластина: VCGX 16 04 12-AL H10	Швидкість різання: 2000 (2500-250) м./хв. Подача: 0,25 (0,12-0,6)мм./об. Глибина різання 1,5 (0,5-5) мм.	010.06
Свердло Ø32	Інструмент: 880-D3200L40-02 Периферійна пластина: 880-06 04 W08H-P-MS N124 Центральна пластина: 880-06 04 06H-C-LM N134	Швидкість різання: 460 (600-250) м./хв. Подача: 0,17 (0,1-0,22)мм./об.	010.03
Свердло Ø5	Інструмент: 860.1-500-032A1-NM H10F	Швидкість різання: 280 (320-220) м./хв. Подача: 0,3 (0.5-0,05)мм./об.	015.04
Фреза Ø6	Інструмент: R216.T4-06030BAS10N 1620	Швидкість різання: 300-320 Подача: 0,15-0,2 мм/об	015.02 015.03 015.05

3.2. Застосування адитивних технологій у виготовленні деталей проекту SET KPI та у макетуванні

Використання адитивних технологій дає можливість використовувати в конструкції деталі складної конфігурації, що допомагає зменшити загальну масу автомобіля і покращити деякі експлуатаційні характеристики. В якості матеріалу для виготовлення відповідальних деталей необхідно використовувати метали і сплави, використання яких в адитивному виробництві є дуже дорогим. До адитивних технологій, доступних команді відноситься FDM (Fused Deposition Modeling) друк. За його допомогою можна створювати деталі, що не несуть конструктивних навантажень, такі як накладки руля, корпус панелі приладів, корпуси приладів світлової індикації, вентиляційні елементи та інші. FDM друк також можна використовувати при макетуванні відповідальних елементів для перевірки конфігурації та можливості збирання вузла або його попередньої демонстрації.

3.2.1. Виготовлення макету диференціалу електромобіля

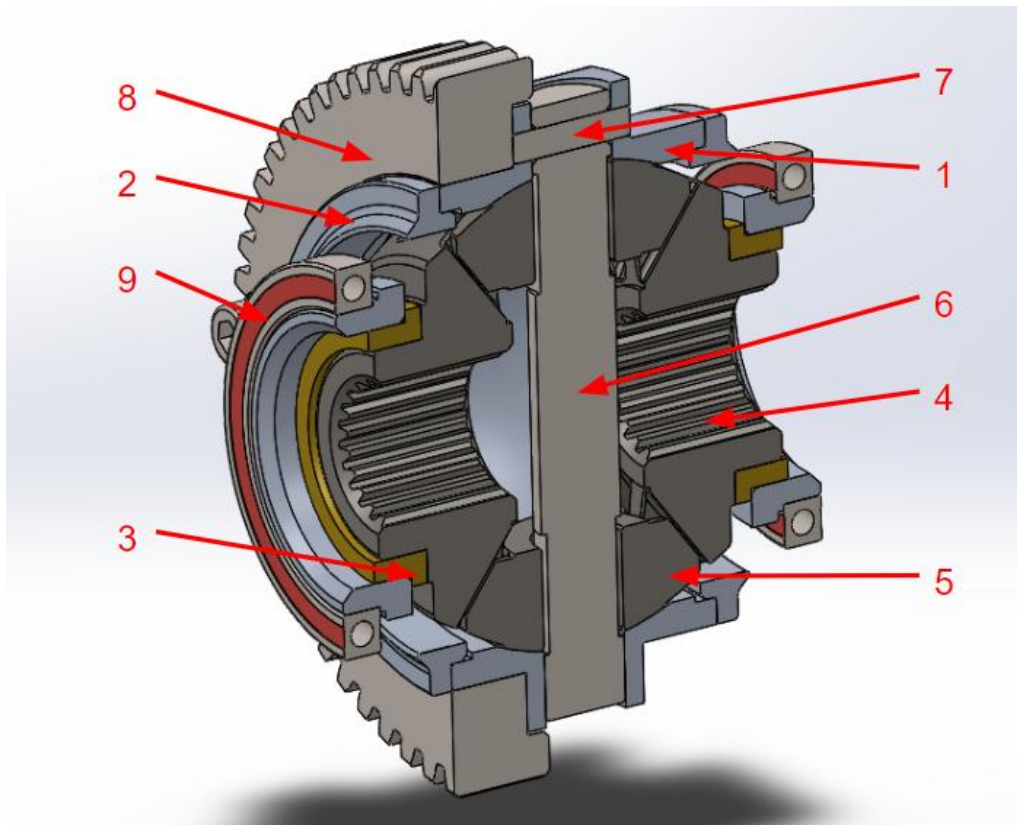


Рис. 3.14 3D модель диференціалу

Диференціал (Рис. 3.14.) складається з таких елементів:

1. Корпус диференціалу
2. Кришка диференціалу
3. Втулка осьової шестерні
4. Осьова шестерня
5. Сателіт
6. Вал сателітів
7. Штифт валу сателітів
8. Шестерня диференціалу
9. Підшипник 61810

Оскільки за основу взятий диференціал від існуючого автомобіля, немає необхідності виготовляти такі деталі як осьові шестерні, сателіти і вал сателітів. Для створення макету необхідно виготовити корпус диференціалу, кришки, зовнішню шестерню і втулки осьових шестерень, купити гвинти, штифт і підшипники.

Для друку використаємо 3D принтер Ultimaker Original+ (Рис. 3.15) і PLA пластик.

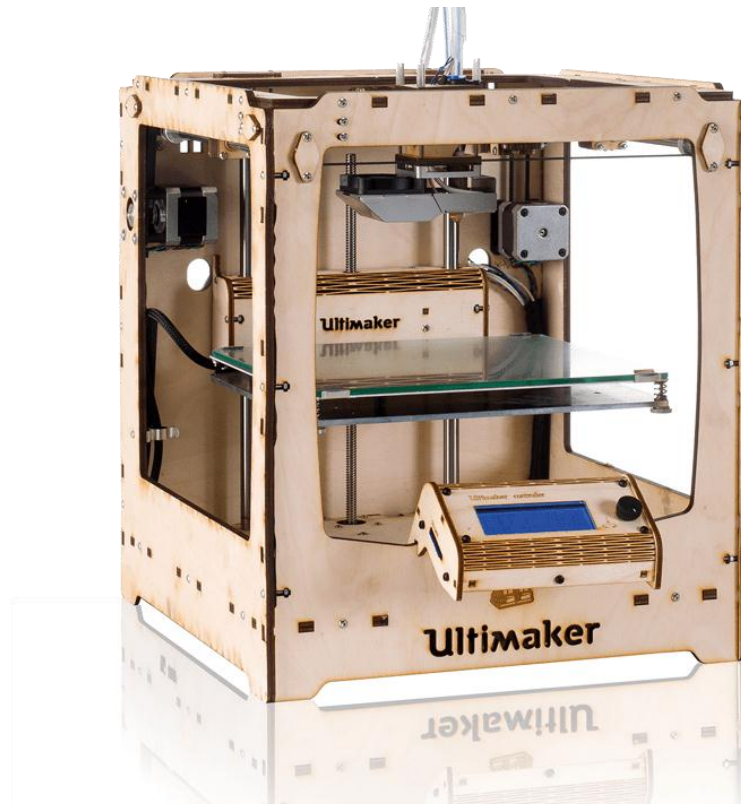


Рис. 3.15. 3D принтер Ultimaker Original+

Характеристики принтера [35]:

- Розміри принтера – 357x342x388 мм.
- Область побудови деталі – 210x210x205 мм.
- Діаметр сопла – 0,4 мм.
- К-ть друкуючих головок – 1
- Температура стола – 50...100°C
- Розширення друку – 20 мкм

Керуючі програми для процесу друку створюються в САМ програмі Ultimaker Cura, де задаються основні параметри друку:

- Висота шару – 0,2 мм.
- Температура сопла – 200°C
- Товщини стінок – 0,4 мм.
- Заповнення – 40%

З САМ програми отримуємо параметри процесу друку:

- Для деталі «Корпус диференціалу» час друку становить 5 год.11 хв., на створення деталі буде використано 47 г. (6,7 м.) пластику (Рис. 3.16.).

- Для деталі «Кришка диференціалу» час друку становить 2 год. 10 хв., на створення однієї деталі буде використано 20 г. (2,9 м.) пластику (Рис.3.17.).

- Для деталі «Зовнішня шестерня» час друку становить 4 год. 16 хв., на створення деталі буде використано 42 г. (5,9 м.) пластику (Рис.3.18.).

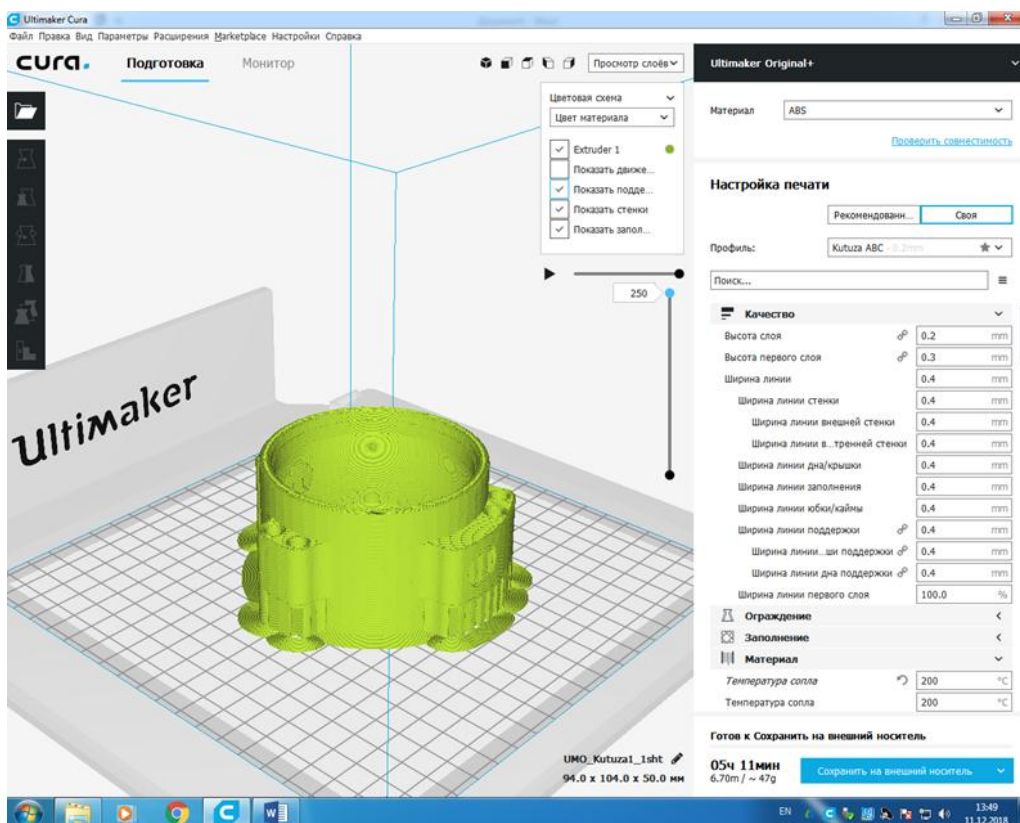


Рис. 3.16. Основні параметри друку деталі "Корпус диференціалу", задані в програмі Ultimaker Cura

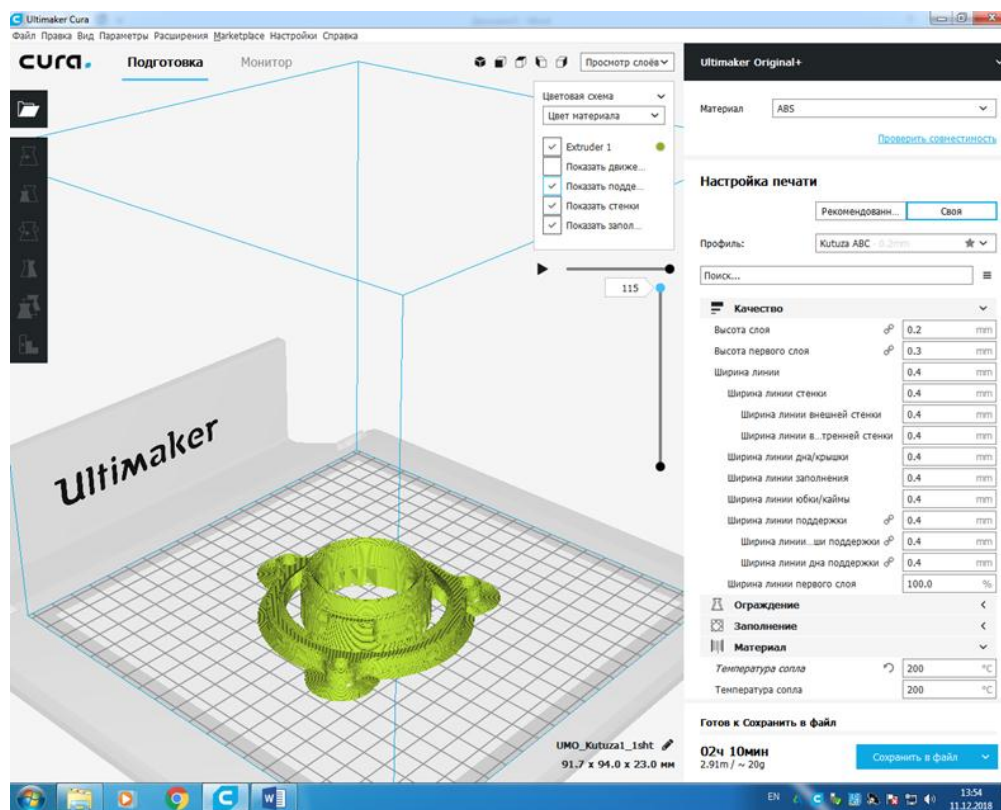


Рис. 3.17. Основні параметри друку деталі "Крышка диференціалу", задані в програмі Ultimaker Cura

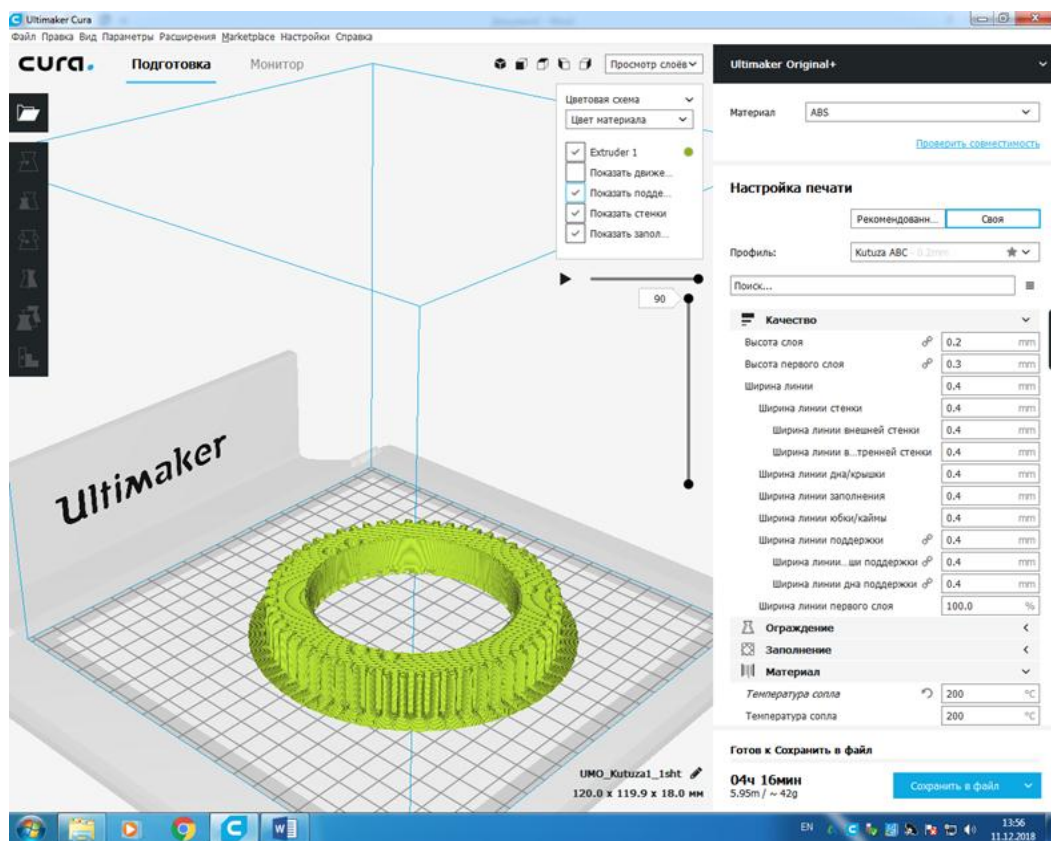


Рис. 3.18. Основні параметри друку деталі “Зовнішня щестерня”, задані в програмі Ultimaker Cura



Рис. 3.19 Фото виготовленого макету складальної одиниці “Диференціал”

Висновки по розділу

В розділі було проаналізоване технологічне забезпечення виготовлення деталей: «Маточина колеса» і «Корпус диференціалу». Результатом процесу макетування стала виготовлена за допомогою адитивних технологій складальна одиниця диференціалу електромобіля.

4. СТАРТАП - ПРОЕКТ

Стартап як форма малого підприємництва впродовж останнього десятиліття набула широкого розповсюдження у світі через зниження бар'єрів входу в ринок: із появою Інтернету як інструменту комунікацій та збуту стало простіше знаходити споживачів та інвесторів, займатись пошуком ресурсів, перетинати кордони між ринками різних країн. Стартап-проект вважається однією із наріжних складових інноваційної економіки, оскільки за рахунок мобільності, гнучкості та великої кількості стартап-проектів загальна маса інноваційних ідей зростає. Проте створення та ринкове впровадження стартап-проектів відзначається підвищеною мірою ризику, ринково успішними стає лише невелика частка, що за різними оцінками складає від 10% до 20%. Головне завдання стартап проекту - перетворення ідеї проекту у працюючу бізнес-модель, що починається із формування концепції товару (послуги) для визначеної клієнтської групи за наявних ринкових умов. Розроблення та виведення стартап-проекту на ринок передбачає здійснення низки кроків, в межах яких визначають ринкові перспективи проекту, графік та принципи організації виробництва, фінансовий аналіз та аналіз ризиків і заходи з просування пропозиції для інвесторів.

4.1 Опис ідеї проекту

Пропонується створити економічний та екологічний транспорт для участі у перегонах Shell Eco Marathon урбаністичного концепту. Автомобіль створюється для зручного пересування у міських умовах транспортного руху, який може бути задіяний як персональний транспорт, так і транспорт для перевезення малогабаритного вантажу. Даний продукт має вигоди, які зацікавлять користувача: не споживає багато ресурсу, компактність транспортного засобу, відносна дешевизна порівняно з конкуруючими фірмами, функціональність та зручність у використанні (ергономічність).

Таблиця 4.1

Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Створення екологічно чистого, економічного та ергономічного транспорту	1. Персональний транспорт	1. Не споживає багато ресурсу (економічність).
	2. Транспорт для змагань	2. Компактність
	3. Доставка малогабаритних товарів	3. Відносна дешевизна
		4. Функціональність
		5. Зручне використання

4.1.1 Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї.

Серед техніко-економічних властивостей транспортного засобу можна виділити чотири основних: максимальна швидкість руху; коефіцієнт аеродинамічного опору; потужність силової установки; матеріал корпусу.

В якості прямих конкурентів було розглянуто топ 3 автомобіля, які брали участь в SHELL ECO-MARATHON та використовували електричні двигуни.

Таблиця 4.2

Прямі конкуренти [8]

Ранг	Номер №	Назва команди	Країна	Організація	Тип закладу	Категорія змагання	Вид енергії	Найкраща спроба (км/кВтг)	Спроба 1 (км/кВтг)	Спроба 2 (км/кВтг)	Спроба 3 (км/кВтг)
1	701	SolarCar Solutions	Франція	ISEN Toulon	University	Urban Concept	Battery - electric	186.9	155	174.3	186.9
2	714	TUfast Eco Team	Німеччина	Technische Universitaet Muenchen	University	Urban Concept	Battery - electric	162.4		162.4	
3	702	Evi Neuruppin	Німеччина	Evangelische Shule Neuruppin	School	Urban Concept	Battery - electric	138.8		138.8	

Порівняльний аналіз показників є підґрунтям конкурентоспроможність нашого виробу перед товаром конкурентів. Наш проект має сильну сторону тільки у максимальній швидкості руху – 30 км/год. Також нейтральні сторони відзначаємо у коефіцієнті аеродинамічного опору – показник 0,28 та у потужності силової установки - два двигуна, потужністю по 0,25 кВт кожна. Маємо також слабку сторону - це матеріал корпусу, а саме скловолокно.

Таблиця 4.3

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Наш проект	Конкурент 1	Конкурент 2	Конкурент 3			
1.	Макс. швидкість руху, км\год	40	25	20	28	-	-	+
2.	Коефіцієнт аеродинамічного опору, Cd	0.35	0.25	0.37	0.25	-	+	-
3.	Потужність силової установки, кВт	0.9	0.7	2x0.4	2x0.2	-	-	+
4.	Матеріал корпусу	Скловолокно	Карбон	Монок (пластик)	Скловолокно	+	-	-

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

За допомогою проведення аудиту технології можна реалізувати ідею проекту (технології створення товару). Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту:

При виготовленні екологічного автомобіля головною задачею виступає зниження викидів продуктів горіння в атмосферу. Проблема викидів у атмосферу

вирішується шляхом заміни двигунів внутрішнього згорання на електричний двигун. Такі технології вже існують та доступні для реалізування.

При виготовленні економічного автомобіля головними задачами виступають зниження кількості дорогих деталей, використання продукції вітчизняних виробників, зниження споживання двигуном електроенергії. Основна проблема споживання вирішується шляхом оптимізації конструкції двигуна. Така технологія наявна і доступна, але потребує доопрацювання.

При виготовленні ергономічного автомобіля головною проблемою є недосконалість форм корпусних та функціональних деталей, що знижує привабливість продукту. Така проблема вирішується підлаштуванням цих форм під середній показник потреб покупця в ергономіці автомобіля. Така технологія наявна та доступна, але потребує доопрацювання.

Таблиця 4.4

Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Зробити екологічний автомобіль	Заміна ДВЗ на електричний двигун	Наявні	Доступні
2.	Зробити економічний автомобіль	Оптимізація конструкції двигуна	Наявні, але необхідно модифікувати	Доступні
3.	Зробити ергономічний автомобіль	Підлаштування конструкції форм корпусних та функціональних деталей під зручність споживача	Наявні, але необхідно модифікувати	Доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: усі три технології доступні та наявні на ринку				

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Наразі, в Україні, попит на електрокари дещо низький, через цінову політику постачальників. Також, не створені зручні умови для заряджання таких

автомобілів. Але ключовим фактором привабливості даного продукту є більш низька вартість електроенергії. Загальний обсяг продаж 18 млн USD в рік, причому динаміка ринку зростає. Обмеженнями для входу на ринок - єдині вимоги до конструкції та технічного стану колісних транспортних засобів, що експлуатуються. Середня норма рентабельності на ринку є 10%. Тож, ринок є доволі привабливим для входження за попереднім оцінюванням. Серед специфічних вимог, виділимо вимоги для колісних засобів групи L6 - Чотириколісний транспортний засіб, маса якого без вантажу та/або пасажирів не перевершує 350 кг без урахування маси акумуляторних батарей (у разі електричної силової установки), максимальна проектна швидкість якого, за будь-якої силової установки, не перевершує 45 км/год і робочий об'єм двигуна якого, у разі двигуна внутрішнього згоряння з іскровим (примусовим) запалюванням не перевершує 50 см³, або максимальна потужність (нетто) не перевершує 4 кВт, у разі інших типів двигуна внутрішнього згоряння, або чия максимальна потужність нетто не перевершує 4 кВт у разі електричних двигунів. [27]

Таблиця 4.5

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	5-10
2	Загальний обсяг продаж, USD	18 млн в рік(Україна)
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Єдині вимоги до конструкції та технічного стану колісних транспортних засобів, що експлуатуються
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Вимоги для колісних засобів групи L6 [33]
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	10%

4.3.1 Потенційні клієнти

Потенційними групами клієнтів є люди з розвинутих країн, великих міст та кожна людина, зацікавлена в збереженні своїх коштів. Споживачі що потребують екологічний та компактний транспорт, висувають такі вимоги, як

якість продукту, гарантійне обслуговування, дешевизна та невеликі габарити. Щодо економічності, то насамперед, вимогою є низька витрата енергії.

Таблиця 4.6

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Екологічність	Люди з розвинутих країн	Прискіпливість до технічних показників	Якість, гарантія, дешевизна, малі габарити
2	Компактність	Люди з великих міст	Різність у думці щодо основних габаритних розмірів	
3.	Економічність	Кожна людина, зацікавлена в збереженні коштів, особливо важливо на змаганнях	Різність у сприйнятті економічних показників як ефективних	Мале використання енергії

4.3.2 Аналіз ринкового середовища

Маючи інформацію про потенційних груп клієнтів, визначаємо фактори, що перешкоджають ринковому впровадженню продукту. Загрозами цих факторів є потреба значних коштів у обслуговуванні автомобіля, неможлива подорож на далекі дистанції цим транспортом, наявність тільки одного місця в машині, не вподобання зовнішніх форм потенційним покупцем та конкуренція серед зростаючого ринку виробників та постачальників електромобілів.

Таблиця 4.7

Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Обслуговування автомобіля	Потребує значних коштів	Підвищення рівня використання стандартизованих деталей
2.	Мала ємність батареї	Неможлива подорож на далекі дистанції	Встановлення власних електрозаправок між містами
3.	Пасажирський фактор	Наявність тільки одного місця в машині	Вдосконалення конструкції салону

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
4.	Дизайн автомобіля	Не вподобання зовнішніх форм	Детальний аналіз вподобань клієнтів, потужна рекламна компанія
5.	Конкуренція	Зростаючий ринок електромобілів	Підвищення якості товару

Фактори що сприяють ринковому впровадженню продукту та їх можливості:

- збільшення продажів через популяризацію електротранспорту різними шляхами;
- вихід на міжнародний ринок, та набуття брендом популярності серед населення.

Кожен з факторів означає можливості забезпечити необхідні темпи обороту капіталу та здатність впливати на інших агентів ринку, диктуючи їм власні умови співпраці.

Таблиця 4.8
Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Збільшення продажів	Наявність шляхів популяризації електротранспорту	Створення мережі електрозаправок
2.	Міжнародний ринок	Можливість продажу автомобіля на територіях інших країн	Збільшення обсягів виробництва, сертифікація, згідно вимог локального ринку
3.	Популярність	Набуття брендом популярності серед населення	Розширення модельного ряду, створення нових модифікацій, збільшення виробничих потужностей

4.3.3 Аналіз пропозиції

Загальні риси конкуренції на ринку: Внутрішньогалузева міжнаціональна олігополія, з ціновими конкурентними перевагами та не марочною інтенсивністю.

Таблиця 4.9

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції - монополія/олігополія/ монополістична/чиста	Олігополія. Проявляється у наявності великої кількості компаній-виробників.	Головним критерієм, що буде вдовольняти покупця - якість продукції (Використання якісного матеріалу та точного обладнання)
2. За рівнем конкурентної боротьби - локальний/національний/...	Міжнаціональний.	Створення потужної бази для виходу на міжнародний ринок. Посилення маркетингової та рекламної кампаній
3. За галузевою ознакою- міжгалузева/ внутрішньогалузева	Внутрішньогалузева	Вдосконалення зовнішніх параметрів
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно- родова - товарно- видова - між бажаннями	Між бажаннями	Закріплення товару на ринку як впевненої марки для покупця
5. За характером конкурентних переваг - цінова / нецінова	Цінова	Оптимізації конструкції, тим самим буде знижена вартість
6. За інтенсивністю - марочна/не марочна	Не марочна	-

4.3.4 Аналіз умов конкуренції в галузі

Після аналізу конкуренції проводимо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі. У висновку отримуємо, що дуже інтенсивна конкурентна боротьба за споживача та техніко-економічні показники серед прямих конкурентів, терміни виходу на ринок приблизно однакові – початок змагань, постачальники диктують на ринку умови якості виготовлення продукту, його ціну та дизайн, клієнти також диктують умови роботи на ринку (Ціна, комфорт). І серед товарів-

замінників є загрози, такі як недовіра клієнтів до нових технологій та недостатня їх ознайомленість з маркою та компанією нового виробу.

Таблиця 4.10

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	- ISEN Toulon; - Technische Universitaet Muenchen; - Evangelische Schule Neuruppin	- Невеликий об'єм виробництва; - Велика конкуренція; - Слабке стимулювання бюджету, законодавчі обмеження, наявність товарних знаків, доступ до каналів розподілу, розмір капіталовкладень	- Перевірена марка або компанія; - Гарантія якості продукту, диференція ція витрат, змінні витрати постачальників, значення розміру поставок для постачальників	- Диференція ція витрат, змінні витрати постачальників, концентрація постачальників, значення розміру поставок для постачальників	- Лояльність споживачів, ціни, змінні витрати
Висновки :	Дуже інтенсивна конкурентна боротьба за споживача та техніко-економічні показники	- є можливості входу в ринок - є потенційні конкуренти, приблизно однакові строки виходу на ринок, на початок змагань	- Постачальники диктують умови роботи на ринку. Умови якості виготовлення продукту, його ціну та дизайн	Клієнти також диктують умови роботи на ринку. Ціна, комфорт	- Недовіра клієнтів до нових технологій; - Недостатня ознайомленість з маркою та компанією

4.3.5 Перелік факторів конкурентоспроможності

Таблиця 4.11

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Економічність	Більш легка конструкція автомобіля, забезпечує меншу витрату енергії
2.	Ергономічність	Обтікання форми корпусу
3.	Енергоємність	Ємкість батареї автомобіля

4.3.6 Аналіз сильних та слабких сторін

По балах видно, що рейтинг товару по економічності найнижчий, середню позицію має показник ергономічності, а найбільшу кількість балів має енергоємність автомобіля.

Таблиця 4.12

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товару-конкурента у порівнянні з Evangelische Shule Neuruppin						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Економічність	3		+		+		+	+
2	Ергономічність	4				+	+		+
3	Енергоємність	5			+		+	+	+

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних та слабких сторін, загроз та можливостей на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін). Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складався на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення.

4.3.7 SWOT-аналіз стартап-проекту

Таблиця 4.13

SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> - економічність; - екологічність; - ергономічність 	<ul style="list-style-type: none"> - обслуговування автомобіля; - енергоємність; - наявність тільки одного місця в машині
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> - вихід на міжнародний ринок; - подальша оптимізація автомобіля; - наявність шляхів популяризації електротранспорту 	<ul style="list-style-type: none"> - зростаючий ринок електромобілів; - не вподобання зовнішніх форм.

4.3.8 Альтернативи ринкової поведінки

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок. Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів.

Таблиця 4.14

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Олігополія	Просто та ймовірно	Короткі

Для виведення стартап-проекту на ринок електрокарів, пропонується альтернативна ринкова поведінка – олігополія. При такій поведінці просто та ймовірно отримати ресурси в умовах широкої конкуренції та коротких строках.

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

4.4.1 Визначення стратегії та охоплення ринку

Цільовими групами, на які націлений наш електрокар, виходячи конструктивних параметрів, та аналізу попередніх розділів, можна вважати:

- Люди, що проживають у містах;
- Люди з активним способом життя (підприємці, робітники служб доставки);
- Люди одинаки

Таблиця 4.15

Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Люди, що проживають у містах	Повна готовність сприйняти продукт	Зараз спостерігається зростаюча тенденція	Кількість конкурентів постійно зростає	Вихід у сегмент доволі складний але реальний
2.	Люди з активним способом життя (підприємці, робітники служб доставки)	Часткова готовність сприйняти продукт	Зараз спостерігається зростаюча тенденція	Кількість конкурентів зростає в невеликій кількості	Вихід у сегмент дуже складний
3.	Люди одинаки	Недостатня готовність сприйняти продукт	Зараз спостерігається спадаюча тенденція	Кількість конкурентів залишається стабільна	Вихід у сегмент доволі складний але реальний
Які цільові групи обрано: люди, що проживають у містах					

4.4.2 Формування базової стратегії розвитку

Базовою стратегією розвитку була вибрана стратегія диференціації, оскільки в даному проекті команда надає автомобілю відмінних властивостей та параметрів, відмінних від конкурентів та які задовольняють потреби цільових груп потенційних споживачів. Вибрана стратегія розвитку – ринкове позиціонування.

Таблиця 4.16

Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1.	Надання товару важливих з точки зору споживача відмітних властивостей, які роблять товар відмінним від товарів конкурентів	Ринкове позиціонування	Знижує ступінь замінності товару, посилює прихильність марці, зменшує чутливість до ціни і тим самим підвищує рентабельність	Стратегія диференціації

4.4.3 Вибір стратегії конкурентної поведінки

Вибрана стратегія пояснюється виходом на ринок продукту, який спроможний конкурувати з лідером. Теоретично можна прийняти два стратегічні рішення: атакувати лідера у боротьбі за частку ринку або ж йти за лідером. Рішення атакувати лідера є досить ризикованим. Для його реалізації потрібні значні фінансові витрати, know-how, краще співвідношення «ціна-якість», переваги в системі розподілу і просування і т. д. У разі не реалізації цієї стратегії, компанія може бути відкинута на аутсайдерські позиції на досить довгий час. Тому реалізація цієї стратегії вимагає детального опрацювання по наступних напрямках: аналіз сильних і слабких сил своїх і фірми-лідера; виявлення можливих напрямів атаки; ревізія власних сил і ресурсів; аналіз можливих дій конкурентів і розробка методів захисту.

Таблиця 4.17

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1.	Проект не є «першопрохідцем»	Компанія буде розвиватися та шукати нових споживачів	Ні, компанія не буде копіювати характеристики конкурентів	Стратегія виклику лідера

4.4.4 Стратегія позиціонування

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляємо стратегія позиціонування, що полягає у формуванні ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати торговельну марку.

Таблиця 4.18

Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1.	Зручність	Стратегія диференціації	Ергономічність	
2.	Швидкість руху	Стратегія спеціалізації	Оптимальна швидкість руху	
3.	Ціна	Стратегія диференціації	Порівняно низька ціна на ринку електрокарів	

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

4.5.1 Формування маркетингової концепції товару

В цій таблиці формуємо першочергові потреби та вигоди товару. Основною потребою є створення екологічного, екологічного компактного, функціонального автомобіля.

Таблиця 4.19

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Екологічний транспорт	Економія на екологічному ресурсі	Техніко-експлуатаційні характеристики
2.	Компактний транспорт	Компактність	
3.	Економічний транспорт	Дешевизна товару і експлуатації	
4.	Функціональний транспорт	Функціональність	

4.5.2 Трирівнева маркетингова модель товару

Ідея продукту у створенні доступного екологічного, економічного та ергономічного автомобіля, доступного цільовим групам споживачів. Його фізичними складовими є корпус, рама, система шасі та двигун. Особливостями процесу його надання є пакування та гарантійні строки обслуговування автомобіля.

Таблиця 4.20

Опис трьох рівнів моделей товару

Рівні товару	Сутність та складові		
1.Товар за задумом	Споживач потребує значних вигод у ціні та якості, вдовольняючи потреби у екологічному, економічному та ергономічному автомобілі.		
2.Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх/Тл/Е/Ор
	1.Економічні	Нм	Тл/Ор
	2.Технологічні	Нм	Тл/Ор
	3.Ергономічні	Нм	Тл/Ор
	4.Естетичні	Нм	Тл/Ор
	5.Транспортабельності	Нм	Тл/Ор
6.Екологічні	Нм	Тл/Ор	

Рівні товару	Сутність та складові
	Якість: Загальні правила Shell Eco Marathon частина 1, стандарти, нормативи, параметри тестування тощо
	Пакується у дерев'яну коробку з пінопластом всередині для фіксації продукту.
	Марка: Організація-розробник "SET KPI", назва продукту "ZEUS".
3.Товар із підкріпленням	До продажу - підкріплюється гарантією на 12 місяців Після продажу - обслуговується по гарантії на протязі 12 місяців
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: буде захищено патентом на корисну модель, назву, на окремі вузли автомобіля, емблему.	

4.5.3 Визначення цінових меж

Цінові межі вартості товару - від 13 599\$ до 18 999\$, що є приблизно однаковими для товарів аналогів, але дорожче за товари замітники.

Таблиця 4.21

Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари замітники	Рівень цін на товари аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1.	Товари замітники дешевше за ціною, але дорожче в експлуатації	Ціни є приблизно однакові	Рентабельність близько 7-13%	Ціна на товар мінімальна - 13 599\$; максимальна - 18 999\$

Визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення

4.5.4 Визначення оптимальної системи збуту

Виконуючи такі функції збуту, як транспортування та зберігання товару, є доречним залучити сторонніх посередників (залучена система збуту). Ринок збуту включає в себе як і «e-commerce» так і окремі продовольчі точки, що дозволить отримати глибокий. Посередниками будуть вибрані компанії перевізники з арендованим місцем зберігання (склад, ангар, приміщення під зберігання).

Таблиця 4.22

Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Споживачі товарів широкого призначення	Транспортування, зберігання	Ринок збуду розкиданий на великій території	Багатоканальній розподіл

4.5.5 Розроблення концепції маркетингових комунікацій

Для позиціонування товару, ключовою позицією вибрано нагадування, тобто регулярне ознайомлення споживача з товаром, будь-якими змінами у вигоді його придбання.

Таблиця 4.23

Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для Позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
	Суворі техніко-експлуатаційні вимоги до товару на фоні різноманітності товарів-замінників	Інтернет - сайти, соціальні мережі, інтернет-магазини,	Нагадування	Поширити товар у маси	Реклама тільки через інтернет

Ринкова маркетингова програма товару:

Основною потребою цільових споживачів є створення доступного екологічного, екологічного компактного та функціонального автомобіля, що водночас є і ідеєю створення продукту. Його фізичними складовими є корпус, рама, система шасі та двигун.

Цінові межі вартості товару – від 13 599\$ до 18 999\$, що є приблизно однаковими для товарів аналогів, але дорожче за товари замітники. Такі межі приймаємо лише за попереднім аналізом ціноутворення. Якість складових автомобіля, їх виготовлення та збут, прямо відображають вартість товару. Виконуючи такі функції збуту, як транспортування та зберігання товару, є доречним залучити сторонніх посередників (залучена система збуту).

Ринок збуту включає в себе як і «e-commerce» так і окремі продовольчі точки, що дозволить отримати глибокий. Посередниками будуть вибрані компанії перевізники з арендованим місцем зберігання (склад, ангар, приміщення під зберігання).

4.6 Висновки

– є можливість ринкової комерціалізації проекту, наявний попит, динаміка ринку росте;

– є перспективи впровадження з огляду на потенційні групи клієнтів, бар'єри входження, кількість конкурентів завжди росте, конкурентоспроможність проекту доволі висока;

– доцільно обрати олігополію для ринкової реалізації проекту;

– є доцільною подальша імплементація проекту.

Список використаної літератури

1. ДСТУ 2947-94 Автотранспортні засоби. Підвіски автомобілів. Терміни та визначення.
2. Й. Раймпель. Шасси автомобиля / М.: Машиностроение, 1983. — Т. I. — С. 356
3. Bernd Heißing, Metin Ersoy. Chassis Handbook. Fundamentals, Driving Dynamics, Components, Mechatronics, Perspectives./ ATZ, 2011. 590p. ISBN 978-3-8348-0994-0
4. Дэс Хаммилл Подвеска и тормоза. Как построить и модифицировать спортивный автомобиль / Перевод с английского. - М.: Легион-Автодата, 2005.- 96с.
5. Шарипов В.М. Устройство тракторов / Шарипов В.М. Городецкий К.И. Маринкин А.П. МГТУ МАМИ, 2007. - 320 с.
6. Й. Раймпель, Шасси автомобиля. Конструкции подвесок. / М.: Машиностроение, 1989. — Т. I. — 328 с.
7. Shell Eco-marathon Europe 2017 Final results: UrbanConcept Battery-electric 26/09/2017 (дата звернення - 10.09.2018)
8. SolarCarSolution [Електронний ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступу <http://solarcarsolutions.com/ylona2.php> (дата звернення 10.09.2018) – Назва з екрана
9. TUfast ECO TEAM [Електронний ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступу <http://tufast-eco.de/en/vehicles/muc017/> (дата звернення 10.09.2018) – Назва з екрана
10. E-fish team [Електронний ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступу <https://www.e-fish.online/das-auto> (дата звернення 10.09.2018) – Назва з екрана
11. Semeru Team Urban Concept for Shell Eco-Marathon Asia 2018 [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Режим доступу https://www.youtube.com/watch?v=Ck_8LOh3YAY (дата звернення 10.09.2018) – Назва з екрана

12. Guiggiani M. The Science of Vehicle Dynamics. Handling, Braking, and Ride of Road and Race Cars. Springer /, 2014, 364 p. DOI 10.1007/978-94-017-8533-4
13. Й. Раймпель, Шасси автомобиля. Элементы подвески. М. / Машиностроение, 1987. — Т. I. — С. 288
14. W.F.Milliken Race car vehicle dynamics / W.F.Milliken, D.L.Milliken. SAE. 1995. 893p.
15. В.В. Муленко Компьютерные технологии и автоматизированные системы в машиностроении./ РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина МОСКВА 2015 73с.
16. Autodesk Autocad [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <https://www.autodesk.eu/products/autocad/overview> (дата звернения 10.09.2018) – Назва з екрана
17. Компас 3D[Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <https://kompas.ru/kompas-3d/about/> (дата звернения 10.09.2018) – Назва з екрана
18. Solidworks [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <https://www.solidworks.com/> (дата звернения 10.09.2018) – Назва з екрана
19. Autodesk Inventor [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <https://www.autodesk.eu/products/inventor/overview> (дата звернения 10.09.2018) – Назва з екрана
20. 3DS [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <https://www.3ds.com/ru/produkty-i-uslugi/catia/> (дата звернения 10.09.2018) – Назва з екрана
21. PTC Creo [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <https://www.ptc.com/en/products/cad/creo/> (дата звернения 10.09.2018) – Назва з екрана
22. Е.М. Морозов. ANSYS в руках инженера: Механика разрушения / Е.М. Морозов, А.Ю.Муйземнек, А.С.Шадский.. -М.: ЛЕНАНД, 2008. - 456 с.

23. Fusion 360 [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <http://fusion-360.ru/> (дата звернення 10.09.2018) – Назва з екрана
24. Euler [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <http://www.euler.ru/> (дата звернення 10.09.2018) – Назва з екрана
25. 3Драпа [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <https://3dpara.ru/render-with-keyshot/> (дата звернення 10.09.2018) – Назва з екрана
26. Киркач, Н. Ф. Расчет и проектирование деталей машин : учеб. пособие для вузов / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян. – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков : Основа, 1991. – 276 с
27. Autoweek [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <http://www.autoweek.ru/catalogue/auto/daewoo/matiz/1533/spec/> (дата звернення 10.09.2018) – Назва з екрана
28. М.А.Гуреева Свариваемые алюминиевые сплавы в конструкциях транспортных средств / М.А.Гуреева, О.Е. Грушко, В.В.Овчинников ВИАМ 2008 29с.
29. ГОСТ 4784-97 Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые
30. ГОСТ Р 51834-2001 Прутки прессованные из алюминиевых сплавов высокой прочности и повышенной пластичности. Технические условия
31. Справочник технолога-машиностроителя: Т. 1,2 /Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985-1986
32. Opti S150G Vario [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <http://optiua.com/ленточнопильный-станок-opti-s150g-vario/#prettyPhoto>. (дата звернення 10.09.2018) – Назва з екрана
33. HAAS Automation Inc [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа http://int.haascnc.com/cs_spec1.asp?intLanguageCode=1049&id=ST-10&chucksize=6%20Inch&webID=2AXIS_STD_LATHE (дата звернення 10.09.2018) – Назва з екрана
34. Sandvik ToolGuide [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступа <https://www.sandvik.coromant.com/ru->

ru/products/Pages/toolguide.aspx (дата звернення 10.09.2018) – Назва з екрана

35. Ultimaker [Електронний ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступу https://ultimaker.ru/ (дата звернення 10.09.2018) – Назва з екрана

Додатки

Додаток А. Партнерська пропозиція

Для залучення інвесторів у проект “ZEUS”, необхідним елементом є партнерська пропозиція – презентація, що освітлює переваги та можливості проекту, у разі вкладення інвестором коштів. Так, представлені наступні слайди, що входять до партнерської пропозиції:

Shell Eco Team





Shell Eco-marathon



Shell Eco Marathon

Міжнародні змагання студентських команд. Учасники проектують і виготовляють автомобіль з найкращою паливною економічністю. Переможець - команда, автомобіль якої проїде найбільшу дистанцію, використовуючи при цьому найменшу кількість енергії. Наша команда мріє взяти першість у змаганнях та гідно представити свою країну та університет.



PROTOTYPE & URBAN Concept

3771 кілометрів на одному літрі палива

Міжнародні змагання світового рівня

• Європа • Азія • Північна Америка • Південна Америка



КПІ ім. Ігоря Сікорського

– провідний технічний університет України.
Проект Shell Eco Team заснований на кафедрі інтегрованих технологій машинобудування MMI в 2017 році.

Від “Формула Студент КПІ” до “Shell Eco Team KPI”



Дорожня карта

- травень 2018 - проектування і розрахунку в CAD/CAE всіх вузлів автомобіля;
- 2018 - 2019 - пошук інвесторів для проекту;
- травень - липень 2018 - виготовлення масштабного макету
- серпень 2018 - виготовлення та випробування автомобіля;
- червень 2019 - участь у змаганнях.



Партнерські пакети

Наша команда шукає партнерів та спонсорів, які готові підтримати проект. Поширення впізнаваності бренду на міжнародному рівні серед студентської інженерної спільноти та у потенційних споживачів – це лише кілька переваг для вас від партнерства. Як спонсор ви будете представлені на українському та міжнародному рівнях. Логотип вашої компанії буде на нашому автомобілі, друкованій продукції та інших матеріалах.

Партнер	Спонсор
<ul style="list-style-type: none"> • Роміщення вашого логотипу на нашому авто / сайті / брендволі / відеозвітах; • Подяка компанії на прес-конференції, розміщення банеру та інформації про компанію на сайті команди, присутність у оффлайн активностях – виставках, конференціях тощо. • Інвестиції у проект - до 50000грн 	<ul style="list-style-type: none"> • Роміщення вашого логотипу на нашому авто / сайті / брендволі / відеозвітах; • Подяка компанії на прес-конференції, розміщення банеру та інформації про компанію на сайті команди, присутність у оффлайн активностях – виставках, конференціях тощо. • Оформлення боліду у корпоративних кольорах компанії, брендвання команди у корпоративному стилі компанії, організація Дня компанії в КПІ. • Інвестиції у проект – більше 50000грн

Контакти

корп. 22, оф. 505,
вулиця Борщагівська, 115,
Київ, Україна, 03056

Телефони:
+38 (066) 864 41 24 **Кривич Павло** (капітан команди)
+38 (050) 234 58 39 **Віталій Пасічник** (координатор)

E-mail: setkpiua@gmail.com





**Додаток Г. Фрагмент керуючої програми для верстата з ЧПК, при
виготовленні деталі «Корпус диференціалу»**

O1 (; REV ; VTM-120YB)	G90
	M120
(PROGRAMMED; DEC-01-2018 2.53.28PM)	M65
(MACHINE; HAAS ST-10)	M75
	G00 B0.
(TOOLS;)	M74
(TOOL 1 - 10)	G99 G97
(TOOL 6 - DIA 6.)	M42
(TOOL 9 - DIA 5.)	G00 X124. Z62. T01 S1300 M03
(TOOL 10 - DIA 6.2)	Z51.1
(TOOL 11 - DIA 15.)	G01 X60.0088 F0.25
	G00 Z51.3
M120	X124.
M10 M26 M52 (CHUCK CLAMP - AUTO DOOR CLOSE - FLUSH COOLANT ON)	Z50.2003
M121	G01 X60.8478
G80 G40	Z50.4003
	G00 Z60.2003
G69	X110.
G00 G28 G91 Z0.	M05
G00 G28 G91 X0. Y0.	G00 G28 W0.
G90	G00 G28 U0. V0. T0
M112	
	M01
N101	
(FT-CONTOUR14)	N601
M120	(HSR-HMP-TARGET)
G18 G40 G80 M69 G55	M121
M121	G17 G40 G80 M69 G55
T01()	T06()
M06	M06
T06	T09
	G90

Додаток Д. Матеріали презентації

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені Ігоря Сікорського»
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра інтегрованих технологій машинобудування

МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ

Дизайн та конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення економічного міського електромобіля "ZEUS" (комплексна магістерська дисертація)

Виконали студенти

Кутуза В.В.

Кривич П.П.

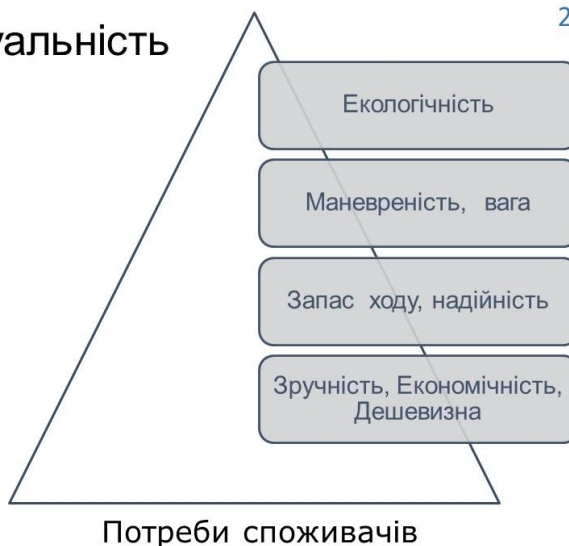
Науковий керівник

д.т.н., проф.

Пасічник В.А.

Проблема та актуальність

Економічність та екологічність – важливий тренд сучасності



Мета проекту

Створити проект інтегрованого у міські умови автомобіля, з покращеними економічними, екологічними, та ергономічними показниками.

Задачі проекту

- На основі аналізу ринку й наявних технічних рішень міського електромобіля розробити нове концептуальне рішення форми кузова.
- На основі аналізу ринку й наявних технічних рішень міського електромобіля спроектувати нову силову конструкцію.
- Створити й дослідити макет прототипу нового міського електромобіля.
- Підготувати стартап-проект для ринку електротранспорту
- На основі аналізу актуальних технічних рішень для міського електромобіля розробити нове концептуальне виконання елементів ходової,
- На основі отриманих даних, спроектувати нову конструкцію вузлів трансмісії, передньої та задньої підвіски;
- Створити й дослідити макети основних деталей електромобіля;.

Об'єкт дослідження — процес пошуку дизайну і конструкторсько-технологічного рішення для економічного міського електромобіля

Предмет дослідження — основи аеродинаміки електромобіля, проектування силової конструкції та забезпечення по виготовленню

Предмет дослідження — основи конструювання підвіски електромобіля, проектування елементів підвіски і трансмісії та забезпечення по їх виготовленню.

Кривич П.П.

Кутуза В.В.

Сучасний стан та перспективи розвитку



SolarCarSolutions



TUfast Eco Team



Evi Neuruppin



Tesla Model S



Nissan Leaf



Uniti One

Кривич П.П.

Shell Eco Marathon

Порівняльна характеристика потенційних конкурентів та постачальників

Назва команди	Потужність двигуна, кВт	Дальність ходу на одному заряді, км	Маса, кг	Ємність батареї, кВт/год	Максимальна швидкість, км/год
• SolarCarSolutions	0,50	186.9	96	-	-
• TUfast Eco Team	2x0,43	162.4	100	-	30
• Evi Neuruppin	-	138.8	97	-	-
○ Tesla Model S	546,60	426.0	2108	90	249
○ Nissan Leaf	80.00	200.0	1521	24	145
○ Uniti One	-	300.0	450	24	130

Перспективна концепція авто

- Потужність двигуна	≥ 0,9 кВт;
- Дальність ходу на одному заряді	≥ 200 км;
- Маса	≤ 95 кг;
- Ємність батареї	≥ 90 кВт/год
- Максимальна швидкість	≥ 40 км/год

Кривич П.П.

Вимоги по габаритам

	Вимоги перегонів	ZEUS
Висота, мм	1000 - H - 1300	1100
Ширина, мм	1200 - W - 1300	1200
Довжина, мм	2200 - L - 3500	2800
Колія передньої вісі, мм	F ≥ 1000	1100
Колія задньої вісі, мм	R ≥ 800	800
Колісна база, мм	B ≥ 1200	1300
Висота водійського відділення, мм	h ≥ 880	900
Ширина водійського відділення, мм	w ≥ 700	940
Кліренс(з водієм і необхідним баластом), мм	Rc ≥ 100	120
Максимальна вага (з водієм і необхідним баластом), кг	Wg ≤ 225	-

Кривич П.П.

Аналіз рамних конструкцій

	Сталь	Алюміній	Алюмінієві сплави	Пластик	Композити
Переваги	Міцна і пластикна, легко обробляти, низька ціна.	Легкий метал, жорсткий та міцний, сприймає великі навантаження	Легкий метал, жорсткий та міцний.		Невисока вартість, сприймає великі навантаження, жорсткий.
Недоліки	Велика вага	Необхідне спец. обладнання для зварювання, ціна.	Необхідне спец. обладнання для зварювання, ціна.	Не стійкий до температур, не витримує високі навантаження	Ціна

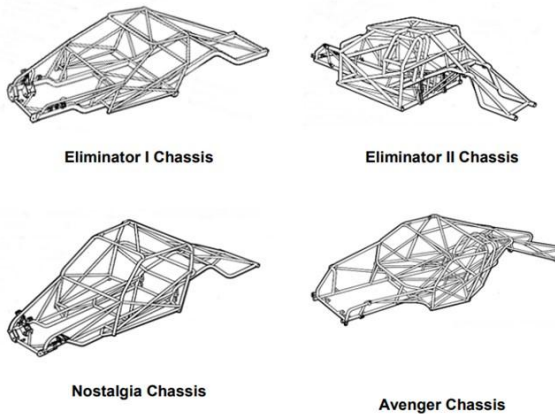
	Несучий кузов	Лонжеронна	Інтегрована	Просторова рама
Переваги	Вага, жорсткість на кручення, технологічність виготовлення, високий ступінь безпеки через поглинання енергії удару, керованість.	Міцність, ремонтпридатність, знижений центр мас, підвищення рівня пасивної безпеки, хороша ізоляція від шумів і вібрацій, не потребує серйозного посилення сторонніми елементами.	Міцність, ремонтпридатність, знижений центр мас, підвищення рівня пасивної безпеки, хороша ізоляція від шумів і вібрацій, не потребує серйозного посилення сторонніми елементами.	Простота, досить низька вартість, можливість уніфікації базових моделей, вага, міцність, прогнозованість деформації при ударах, лояльність до високих навантажень.
Недоліки	Низька ремонтпридатність, низька жорсткість на злам, погана пристосованість до агресивних умов експлуатації без додаткових підсилень.	Велика вага, керованість і економічність, безпека при зіткненні зі слабо деформуються перешкодами.	Велика вага, керованість і економічність, безпека при зіткненні зі слабо деформуються перешкодами.	Вібрації і рельєф будуть чітко відчутні навіть з м'якою підвіскою

Вибір матеріал для рами

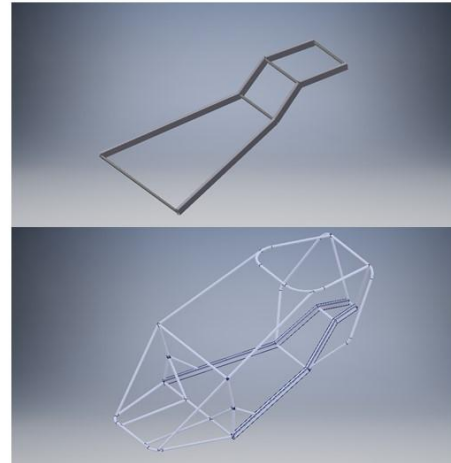
Приклади конструкції рами

Кривич П.П.

Процес проектування рами



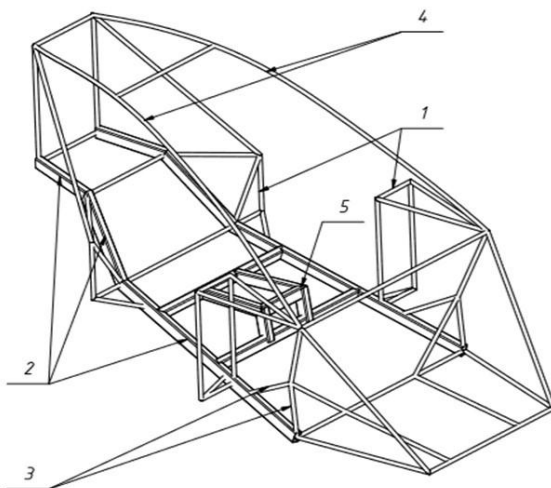
Типові об'ємно - стрижневі конструкції каркасів безпеки



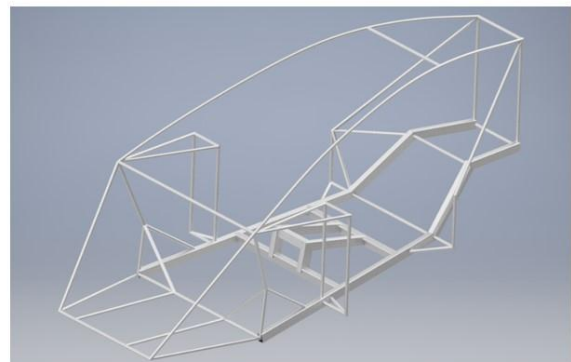
Початкові стадії проектування рамної конструкції

Кривич П.П.

Конструкція рами



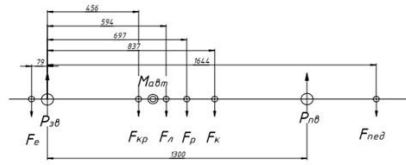
- 1- рама під кріплення для дверей;
- 2- Основна балка;
- 3- рама під кріплення підвіски;
- 4- дугова труба;
- 5 - місця під кріплення сидіння



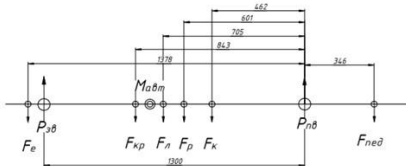
Кривич П.П.

Розрахунок навантаження

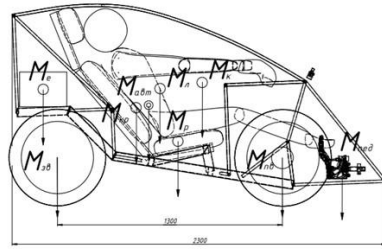
10



Розрахунок моментів для задньої осі



Розрахунок моментів для передньої осі



$$R_{зв} = -\frac{F_e \times 79}{1300} + \frac{F_{кр} \times 456}{1300} + \frac{F_n \times 594}{1300} + \frac{F_p \times 697}{1300} + \frac{F_k \times 837}{1300} + \frac{F_{пед} \times 1644}{1300}$$

$$R_{пв} = -\frac{F_{пед} \times 346}{1300} + \frac{F_n \times 462}{1300} + \frac{F_p \times 601}{1300} + \frac{F_k \times 705}{1300} + \frac{F_{кр} \times 843}{1300} + \frac{F_e \times 1378}{1300}$$

$$R_{зв} = -\frac{147 \times 79}{1300} + \frac{147 \times 456}{1300} + \frac{882 \times 594}{1300} + \frac{86 \times 697}{1300} + \frac{44 \times 837}{1300} + \frac{20 \times 1644}{1300}$$

$$= 440 \text{ Н}$$

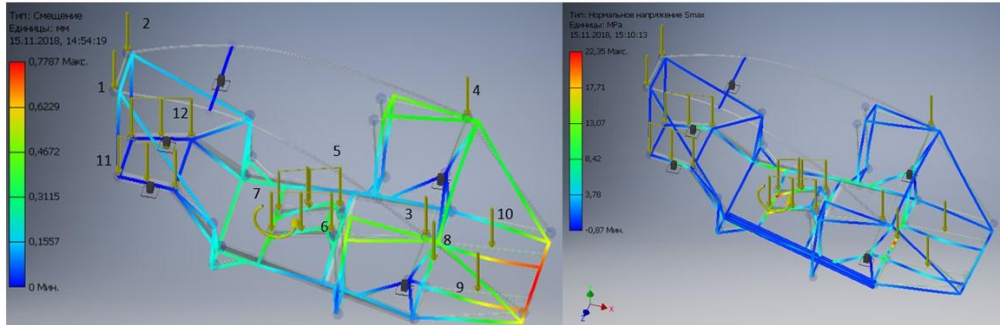
$$R_{пв} = -\frac{20 \times 346}{1300} + \frac{44 \times 462}{1300} + \frac{86 \times 601}{1300} + \frac{882 \times 705}{1300} + \frac{147 \times 843}{1300} + \frac{147 \times 1378}{1300}$$

$$= 778,9 \text{ Н}$$

Кривич П.П.

Статичний аналіз

11



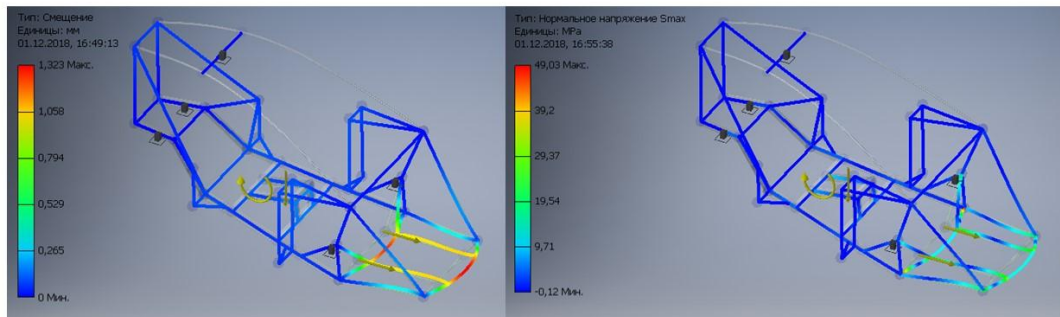
Симуляція рамної конструкції на зміщення частин під навантаженням: 1,2,3,4 – сили які виступають у якості ваги корпусу; 5,6 – розподільне навантаження ваги сидіння та водія; 7 – момент, який відображає стирання водія на спинку крісла; 8 – сила навантаження ногами; 9,10 – сили що відображають вагу педального вузла; 11,12 – розподільне навантаження батареї та додаткового обладнання.

Напруження що виникає в рамі

Кривич П.П.

Статичний аналіз

12



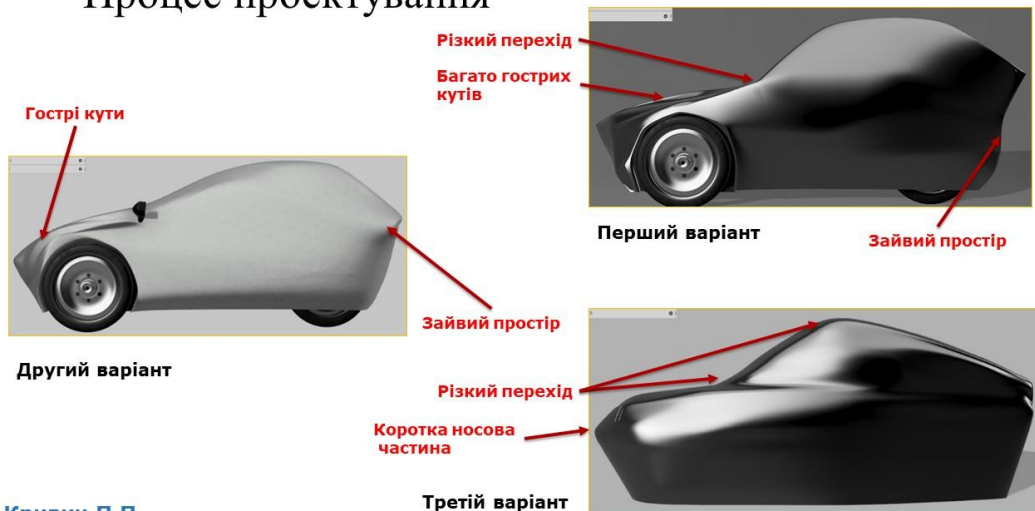
Симуляція рамної конструкції на зміщення частин під час гальмування

Нормальне напруження в рамі

Кривич П.П.

Процес проектування

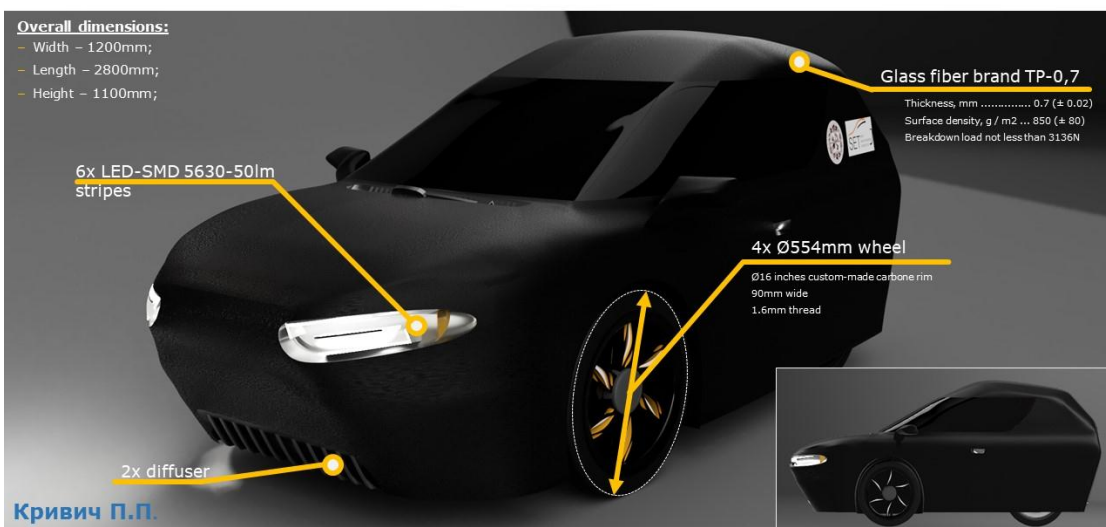
13



Кривич П.П.

Корпус автомобіля

14

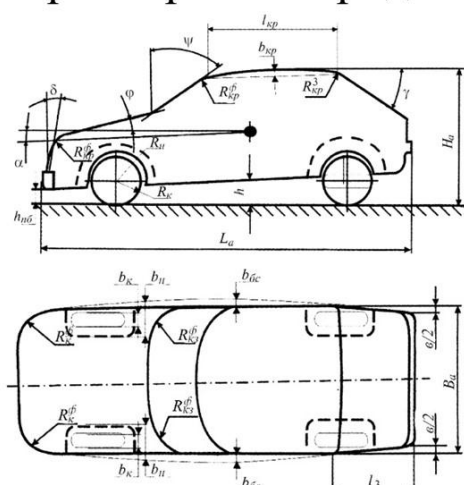


Кривич П.П.

Вплив геометричних параметрів на аеродинаміку

15

№	Параметр кузова	Залежність до коефіцієнта Cx
1	Кут нахилу облицювання б	$\Delta C_{x1} = 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot \beta - 0,007 \cdot \beta^2 - 3,4 \cdot 10^{-5}$ $\Delta C_{x2} = 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot (60 - \beta) - 0,007 \cdot \beta - 9,4 \cdot 10^{-5}$ = 0,2712
2	Кут нахилу кришки капоту, α	$\Delta C_{x1} = 0,375 - 0,0132(\alpha - 10,007)$ $\Delta C_{x2} = 0,175 - 0,0132(11 - 10,007)$ = 0,0912
3	Кут нахилу лобового скла φ	$\Delta C_{x1} = [4,9 \cdot 10^{-4}(\varphi + 0,230)]^2 - 0,01$ $\Delta C_{x2} = [4,9 \cdot 10^{-4}(60 + 0,230)]^2 - 0,01$ = 4
4	Кут нахилу задньої панелі кузова, γ	$\Delta C_{x1} = (2,0600,1 \cdot \gamma - 2) - 0,03(1,05 + [1,7(0,11 \cdot \gamma - 2) - 0,01 - 4,2^2 \cdot (2,5(0,11 \cdot \gamma - 2) - 0,01)^2])$ $\Delta C_{x2} = (2,0600,1 \cdot 10,0 - 2) - 0,03(1,05 + [1,7(0,11 \cdot 10,0 - 2) - 0,01 - 4,2^2 \cdot (2,5(0,11 \cdot 10,0 - 2) - 0,01)^2])$ $\Delta C_{x3} = 4,20000 \cdot (0,01 - 0,2700) \cdot 120,0 \cdot 0,003$
5	Радіус заокруглення фронтальних кромок капота, $R_{\text{кр}}$	$\Delta C_{x1} = [0,002 \cdot \frac{R_{\text{кр}}}{1200} + 0,0001]^{1,5} - 1 \cdot 10^{-5}$ $\Delta C_{x2} = [0,002 \cdot \frac{1200}{1200} + 0,0001]^{1,5} - 1 \cdot 10^{-5}$ = 0,020
6	Відстань від переднього буфера до дороги	$\Delta C_{x1} = 0,115(\frac{\Delta h_{\text{бу}}}{\Delta h_{\text{к}}} - 0,99)(\frac{\Delta h_{\text{бу}}}{\Delta h_{\text{к}}})^2$ $\Delta C_{x2} = 0,115(\frac{0,001}{0,001} - 0,99)(\frac{0,001}{0,001})^2$ = 17,6
7	Подовження кузова	$\Delta C_{x1} = 10,3501 \cdot \frac{\Delta l}{100} + 0,0372 \cdot (\frac{\Delta l}{100})^2 - 0,1342$ $\Delta C_{x2} = 10,3501 \cdot 1 + 0,0372 \cdot 1^2 - 0,1342$ = 0,0885
8	Кут відсміного тангажу кузова, σ	$\Delta C_{x1} = 0,0016$ $\Delta C_{x2} = 0,0017 \cdot \sigma - 0,005$
9	Зменшення дорожнього просвіту, h	$\Delta C_{x1} = 0,2021(\frac{\Delta h_{\text{дп}}}{\Delta h_{\text{к}}} - 1,05)(\frac{\Delta h_{\text{дп}}}{\Delta h_{\text{к}}})^2$ $\Delta C_{x2} = 0,2021(1,05 - 1,05)(1,05)^2$ = 0,39
10	Звуження кормової частини, ν	$\Delta C_{x1} = 0,24 \cdot \frac{\nu}{100}$ $\Delta C_{x2} = 0,24 \cdot (\frac{100}{100})$ = 0,122
11	Випуклість даку кузова, $\nu_{\text{д}}$	$\Delta C_{x1} = 2(\frac{\nu_{\text{д}}}{100})^2 \cdot \sqrt{5} - 0,003$ $\Delta C_{x2} = 2(0,0011) \cdot \sqrt{5} - 0,003$ = 0,013
12	Випуклість боковин кузова, $\nu_{\text{б}}$	$\Delta C_{x1} = 0$
13	Ступінь заглиблення бокового скла в передніх дверях, $\Delta \nu_{\text{ск}}$	$\Delta C_{x1} = 0,0006 \cdot \Delta \nu_{\text{ск}}$ $\Delta C_{x2} = 0,0006 \cdot 207$ = 0,1222
14	Ширина колісної ніші, $\nu_{\text{ш}}$	$\Delta C_{x1} = 0,009 + \nu_{\text{ш}} \cdot \nu_{\text{ш}} - 1$ $\Delta C_{x2} = 0,009 + (114/95) - 1$ = 0,22
15	Внутрішній радіус колісної ніші, $R_{\text{ш}}/R_{\text{к}}$	$\Delta C_{x1} = 0,024 \cdot (1 + \frac{R_{\text{ш}}}{R_{\text{к}}})^2 - 1$ $\Delta C_{x2} = 0,024 \cdot (\frac{100}{100} + 1)^2 - 1$ = 0,37

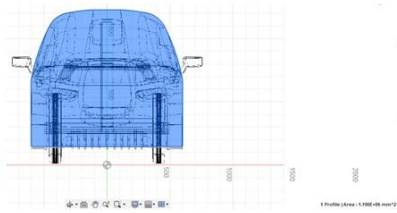


Основні конструктивні параметри корпусу що впливають на опірність автомобіля

Кривич П.П.

Розрахунок основних параметрів

16



Число Рейнольдса

$$R_e = \frac{V \cdot L}{\eta} \quad R_e = \frac{7 \cdot 2,8}{14,61 \cdot 10^{-6}} = 1341$$

де,

- V – швидкість руху м/с;
- L – довжина авто м;
- η – динамічна в'язкість повітря Па·с

Визначаємо силу лобового опору

$$P_x = 0,5 C_x \rho F V^2 \quad P_x = 0,5 \times 0,10 \times 1,23 \times 1,19 \times 49 = 3,58 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} \approx 3,6 \text{ Н}$$

де, F – площа поперечного перерізу, м²; V – швидкість повітряного потоку, м/с;
 ρ – щільність повітря (1,23 кг/м³)*

коефіцієнт C_x взятий з Табл. 2.2 с.39 [23] як напівтіло обтічної форми, встановлене із зазором; F – площа поперечного перерізу згідно скетчу зробленому у програмному забезпеченні Autodesk Fusion 360; *щільність повітря при нормальних умовах повітря (t = 15 °C; B0 = 760 мм рт. ст.)

Визначимо момент крену, можливий при бічному потоці повітря у 7м/с:

$$M_x = 0,5 m_x \rho F V^2 B \quad M_x = 0,5 \times 0,05 \times 1,23 \times 1,19 \times 49 \times 1,1 \approx 2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де, B – колія автомобіля

Коефіцієнт гідравлічного опору

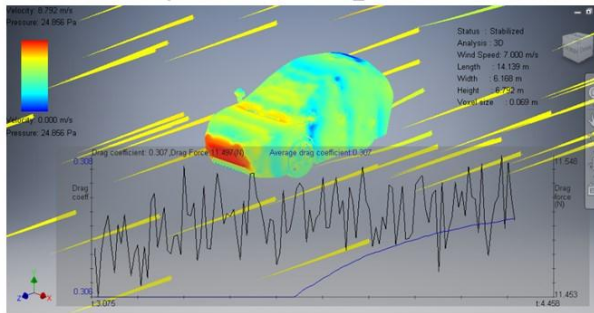
$$\lambda = \frac{A}{Re} \quad \lambda = \frac{24}{1341} = 0,018$$

де, A – переріз потоку

Кривич П.П.

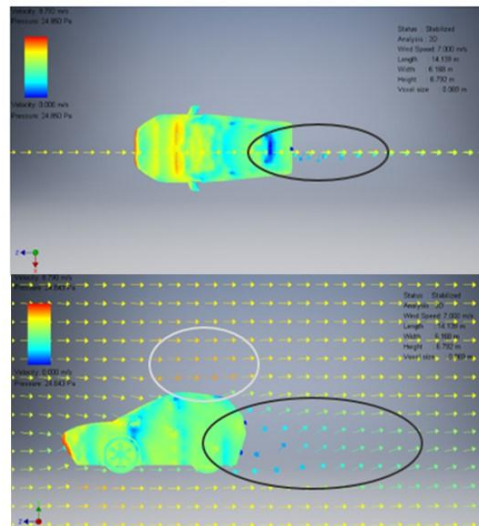
Симуляція аеродинаміки автомобіля

17



Аеродинамічна симуляція тиску та швидкості руху потоку повітря, що діє на автомобіль в повітряному напрямку при швидкості 7м/с

$$P_x = 0,5 C_x \rho F V^2 = 0,5 \times 0,307 \times 1,23 \times 1,19 \times 49 = 11 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} \approx 11 \text{ Н}$$

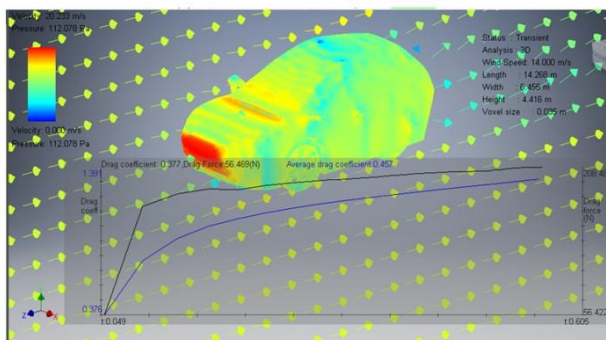


Ступінний слід автомобіля

Кривич П.П.

Симуляція аеродинаміки автомобіля

18

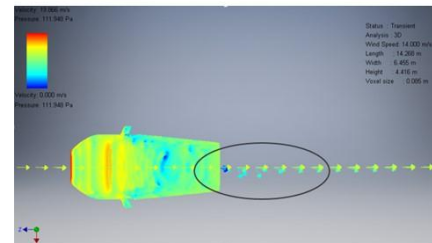


Тиск та швидкість повітря при русі у 50 км/год

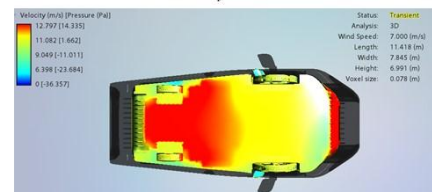
$$Y = C_y \frac{\rho V^2}{2} S; \quad Y = 1 \times \frac{1,23 \times 49}{2} \times 2,4 = 72 \text{ Н} \approx 7,3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

де, C_y – коефіцієнт підйомної сили

S – площа профіля



Ступінний слід



Аеродинамічна симуляція тиску що діє на днище автомобіля

Кривич П.П.

Технологічний процес виготовлення макету автомобіля 19

Технологічний процес виготовлення макету кузова

Режими різання фрезерних операцій

№ операції	Назва операції	Обладнання	Інструмент	Зміст	Режими різання						
					№ операції	Назва операції	Крок, мм	Глибина різання, мм	Робоча подача, мм/хв	Подача врізання, мм/хв	Частота обертання, об/хв
005	Заготівельна	Електролобзик Верстат слюсарний	Полотно пил'яне	Вирізати заготовки з деревини – 2 листа розміром 260×280мм							
010	Фрезерна	FGS 3925	Фреза пазова Ø8мм	Чорнове фрезерування торцевих поверхонь профілю	010	Фрезерна	4	4	800	200	15000
					015	Фрезерна	4	4	800	200	15000
					020	Фрезерна	0,8	1	1200	800	18000
015	Фрезерна	FGS 3925	Фреза пазова Ø8мм	Чистове фрезерування торцевих поверхонь профілю							
020	Фрезерна	FGS 3925	Фреза сферична Ø8мм	Фрезерування зовнішнього рельєфу деталі							
025	Фрезерна	FGS 3925	Фреза пазова Ø8мм	Фрезерувати 4 колеса машини – Ø56мм, ширина – 9,5мм							
030	Слюсарна	-	-	Склеювання профілів у одну деталь							
035	Слюсарна	-	Шкурка шліфувальна	Шліфування деталі вручну							
040	Малярна	-	-	Грунтування деталі							
045	Слюсарна	Верстат слюсарний	-	Шліфування деталі вручну							
050	Малярна	-	-	Фарбування деталі							

Кривич П.П.

Фрезерування макету автомобіля 20



Процес фрезерування макету

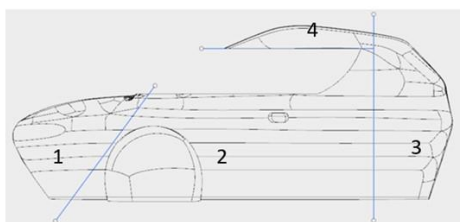
Пофарбована модель



Кривич П.П.

Технологічний процес виготовлення корпусу 21

Маршрутний технологічний процес на виготовлення виробу «Корпус автомобіля»



Номер	Назва	Зміст операції
005	Заготівельна	Вирізати по 4 шари скловолокна на кожну деталь певного розміру.
010	Слюсарна	Підготувати форму під викладення скловолокна
015	Малярна	Змастити форми розділюючим воском та гел'грунтом.
020	Слюсарна	Нанести шар поліефірної смоли та затверджувача. Нанести 4 шарів скловолокна на оброблену поверхню.
025	Слюсарна	Притупити гострі кромки, обробити торцеві поверхні.
030	Шліфувальна	Шліфувати деталі
035	Полірувальна	Полірувати деталі
040	Мийна	Промити деталі
045	Контрольна	Проконтролювати базові розміри деталей
050	Слюсарна	Зібрати виріб
055	Малярна	Пофарбувати виріб

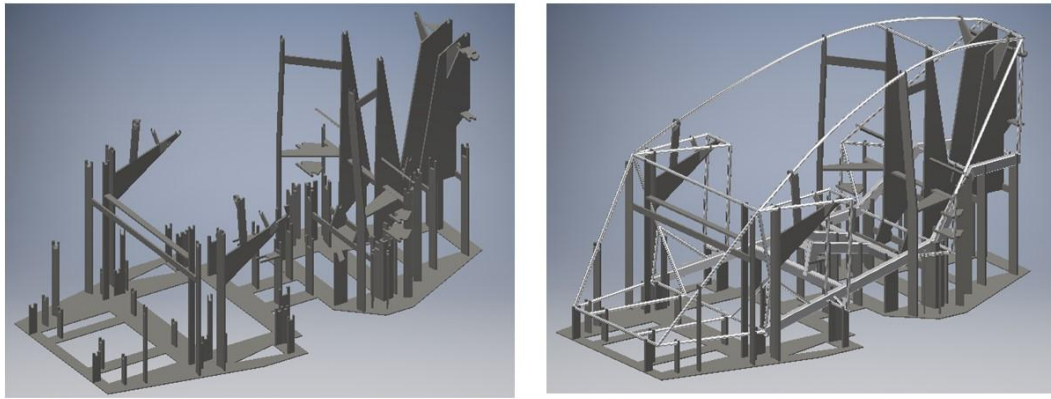
Підбір обладнання та інструменту на операції 030 та 035

Операція	Обладнання	Інструмент
030	Ексцентрикова шліфувальна машина Bosch PEX 220A	Круг шліфувальний Kingspor PS 18 EK D125 P120
035	Ексцентрикова шліфувальна машина Bosch PEX 220A	Круг полірувальний хутряний 3М Ш125

Кривич П.П.

Проектування стапеля для зварювання рами

22



а)

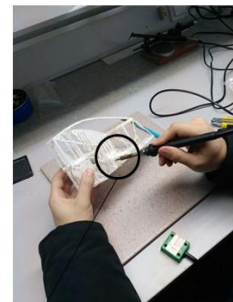
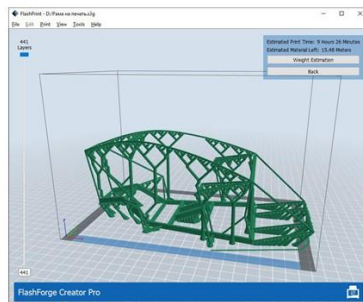
Загальний вигляд стапеля:
а – без рами; б – з рамою

б)

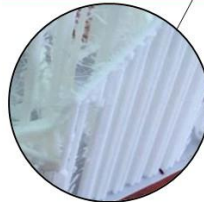
Кривич П.П.

3D друк макету рами

23



- Приблизний час друкування 9 год. 26 хв.;
- Приблизна довжина пластикового прутика 15,48 м.



Кривич П.П.

Проведення експерименту

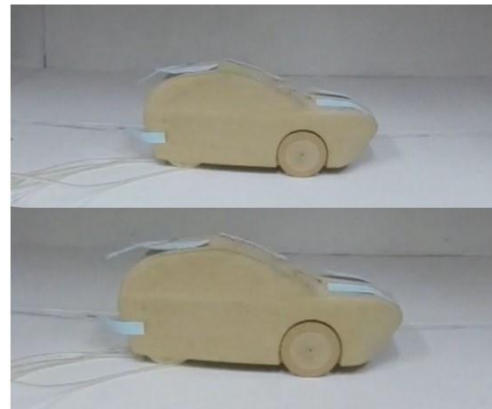
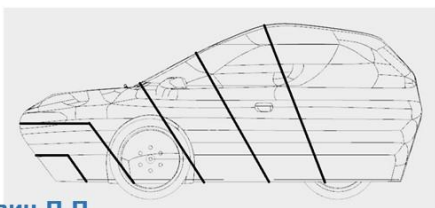
24

Технічні характеристики аеротруби:

- розміри робочої площі В×Ш×Д, мм – 790×790×1000
- площа поперечного розрізу сопла – 0,62м²
- діаметр вентилятора – 1200 мм
- число лопатей вентилятора – 8
- потужність електродвигуна – 3,5 кВт

Характеристики випробуваної моделі:

- В×Д×Ш – 120×280×120 мм
- Матеріал – Деревина МДФ
- Дорожній просвіт – 12 мм



Кривич П.П.

Підвіска автомобіля, її призначення та процес проектування

25

Підвіска автомобіля — сукупність пристроїв, що сполучають міст чи колеса з рамою (кузовом) автомобіля, призначених для зменшення динамічних навантажень під час руху по нерівностях дороги, що забезпечують передачу всіх сил і моментів, що діють між колесами і рамою

Проектування підвіски електромобіля включає:

Аналіз конструкцій підвіски автомобілів

Виявлення специфічних вимог до підвіски автомобіля

Аналіз наявних сучасних методів розрахунку елементів підвіски

Проектування та розрахунок елементів підвіски

Технологічне забезпечення виготовлення елементів підвіски

Кутуза В.В.

Аналіз конструкцій підвіски автомобілів

26



SolarCarSolutions

використовує передню підвіску МакФерсон і жорстко закріплену задню вісь

TUfast Eco Team (2017)

використовувала підвіску на поперечних важелях спереду і нерозрізний міст ззаду

TUfast Eco Team (2018)

використовувався нерозрізний міст з місцями кріплення для двигуна і трансмісії на передній осі і незалежна підвіска ззаду

Evi Neuruppin

задню вісь жорстко закріпили до рами а спереду використали поперечні важелі

Semeru Team

використовували в своєму автомобілі жорстко прикріплений до рами нерозрізний міст ззаду і незалежну підвіску свічного типу спереду



Кутуза В.В.

Розрахункові зусилля в підвісці автомобіля

27

При визначенні розрахункових зусиль в елементах підвіски розглядаються гальмування, проходження повороту та прискорення

Розрахунковий момент під час прискорення:

$$\bullet M_3 = 0,5 * M_{д max} * i_1 * i_{гп} * \eta_{ш} k_д$$

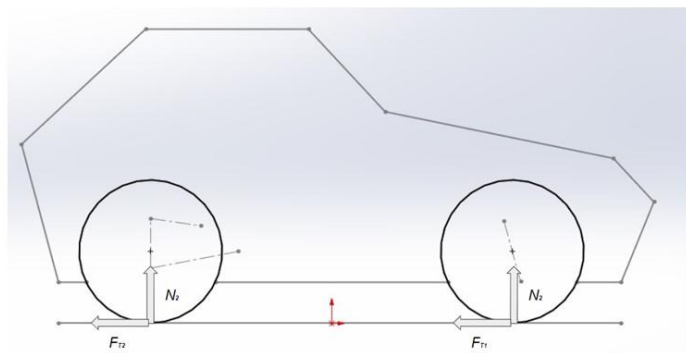
Розрахункові зусилля при гальмуванні:

$$\bullet F_{T1} = 0,5 * N_1 * \mu_{ш},$$

$$\bullet F_{T2} = 0,5 * N_2 * \mu_{ш},$$

$$\bullet N_1 = P * \left(\left(1 - \frac{a_1}{l} \right) + \frac{\mu_{ш} * h}{l} \right)$$

$$\bullet N_2 = P - N_1$$

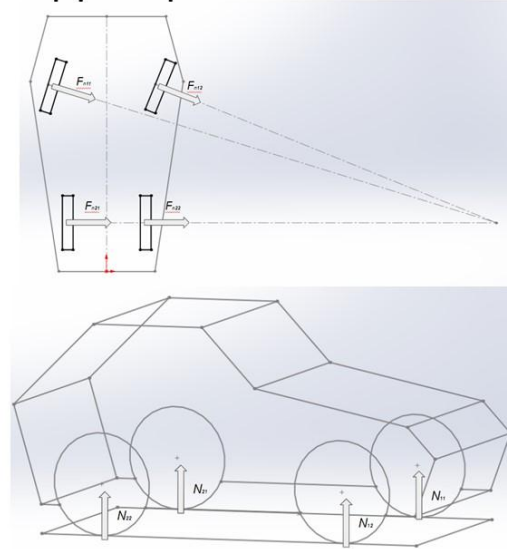


Кутуза В.В.

Розрахункові зусилля в підвісці автомобіля

Зусилля, що виникають в підвісці при проходженні поворотів:

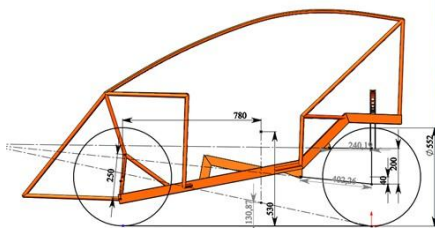
- $F_{\Pi 0} = 0,5 * N_0 * \mu_{ш}$
- $N_{11} = P_1 * \left(\frac{1}{2} + \frac{\mu_{ш} * h}{t_1}\right)$
- $N_{12} = P_1 - N_{11}$
- $N_{21} = P_2 * \left(\frac{1}{2} + \frac{\mu_{ш} * h}{t_2}\right)$
- $N_{22} = P_2 - N_{21}$



Кутуза В.В.

Схема підвіски автомобіля

Основні параметри підвіски електромобіля ZEUS:

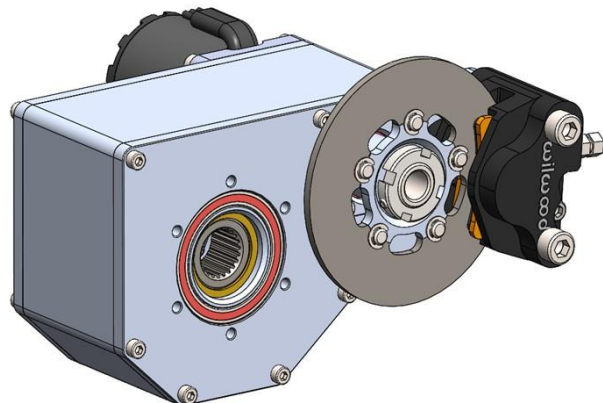
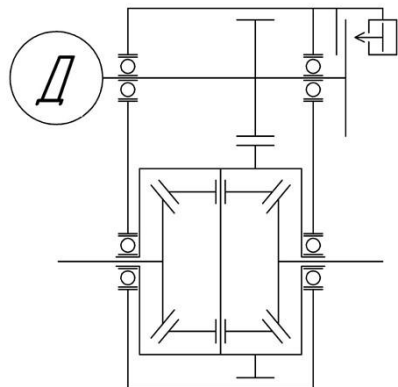


Кутуза В.В.

Параметр	Передня вісь	Задня вісь
Колія	1100 мм.	800 мм.
Колісна база	1400 мм.	
Система підвіски	Жорстко закріплені поворотні кулаки	Нерозрізний міст на подвійних поздовжніх важелях
Колеса	Диски: 4/D16 ET 41 Шини: 110/70/D16	
Особлив і вимоги	<ul style="list-style-type: none"> • Відповідність рульової системи принципам Аккермана • Забезпечення радіусу розвороту 4 м. 	<ul style="list-style-type: none"> • Розміщення на нерозрізному мості електродвигуна і дискових гальм • Хід колеса у вертикальному напрямку ± 30мм.

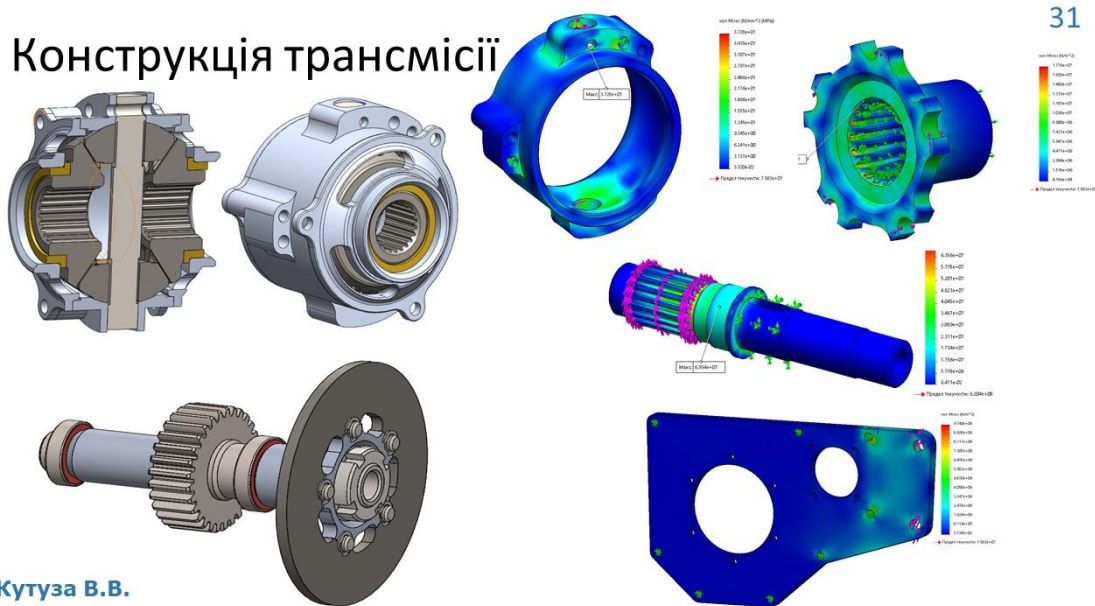
Конструкція трансмісії

- Трансмісія електромобіля "ZEUS" об'єднує в собі електродвигун, гальмівну систему, шестерні головної пари і диференціал



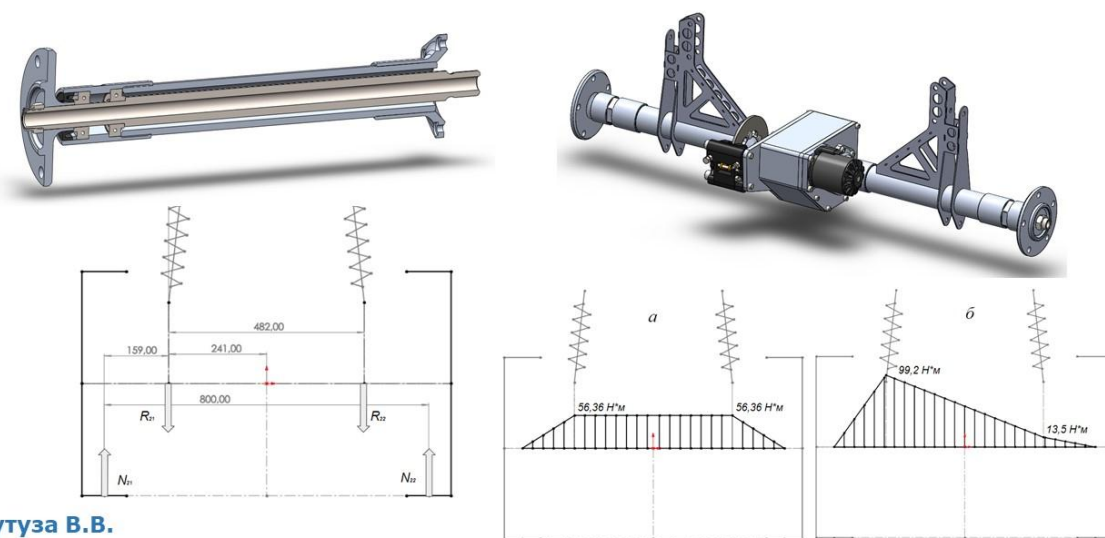
Кутуза В.В.

Конструкція трансмісії



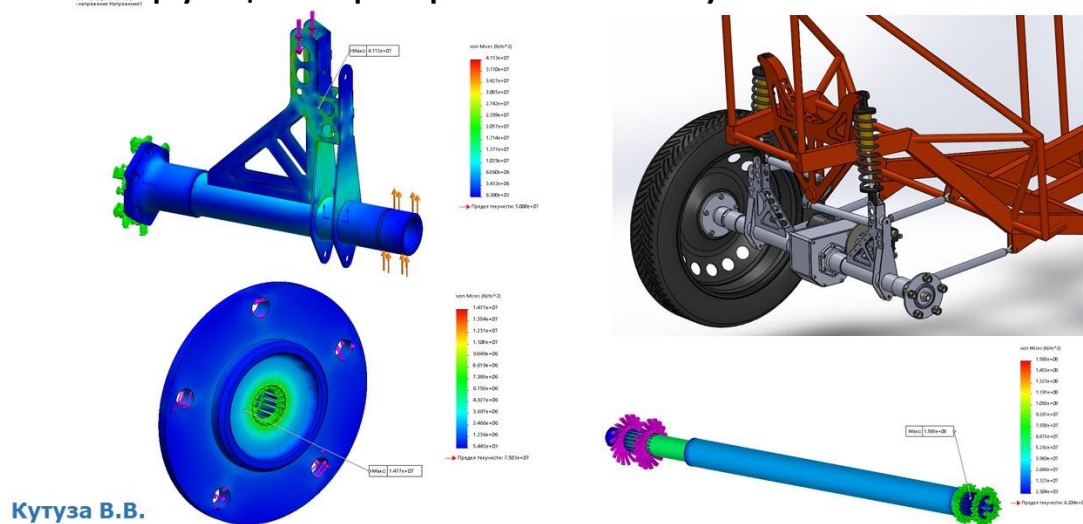
Кутуза В.В.

Конструкція нерозрізного мосту



Кутуза В.В.

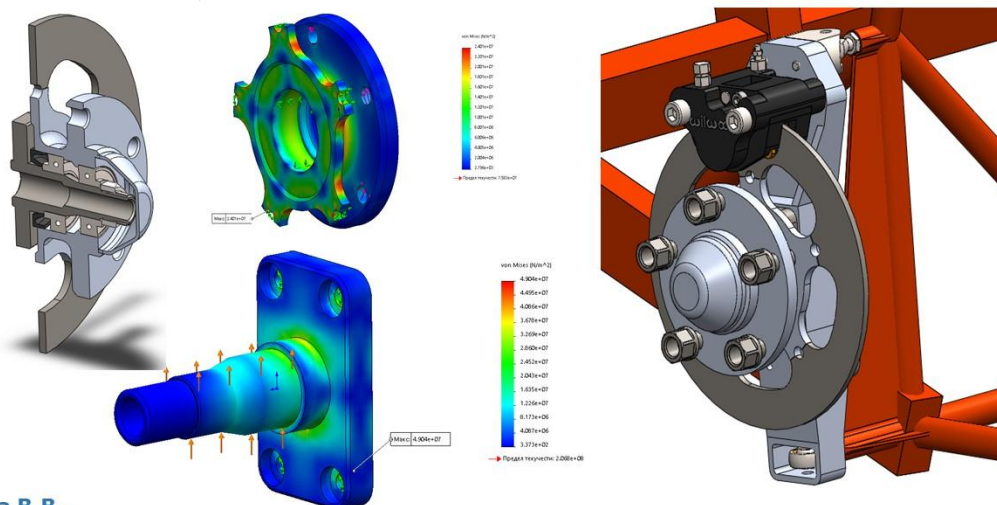
Конструкція нерозрізного мосту



Кутуза В.В.

34

Конструкція передньої підвіски

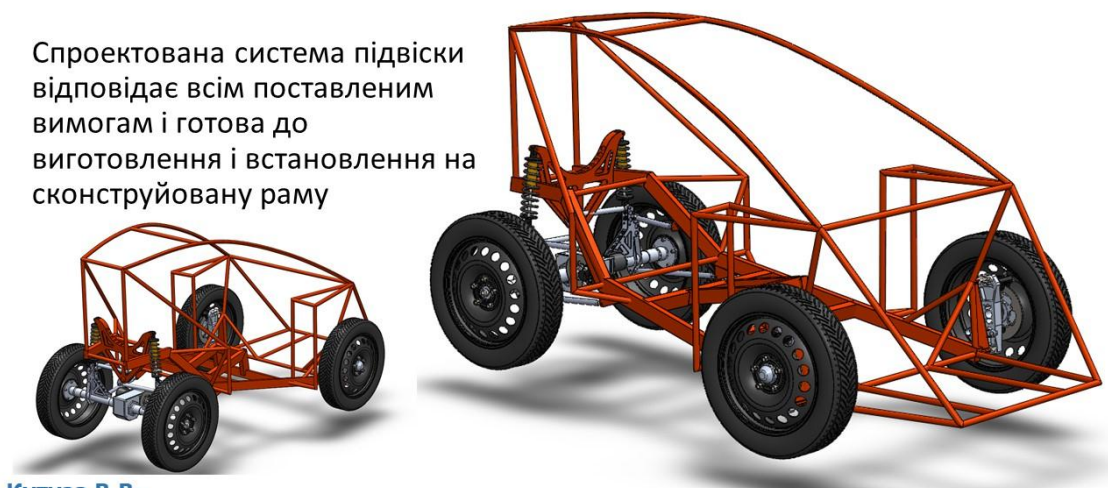


Кутуза В.В.

35

Загальна компоновка підвіски

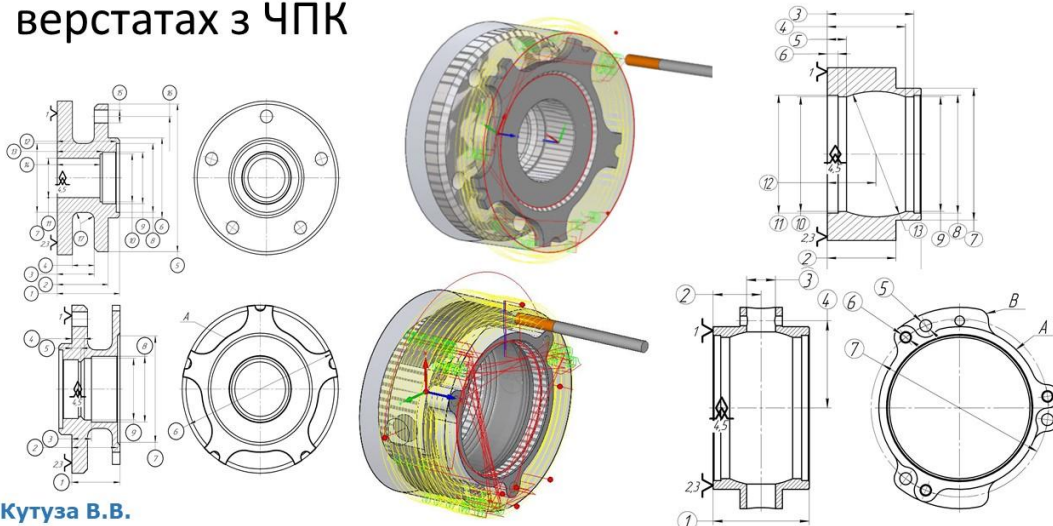
Спроектвана система підвіски відповідає всім поставленим вимогам і готова до виготовлення і встановлення на сконструйовану раму



Кутуза В.В.

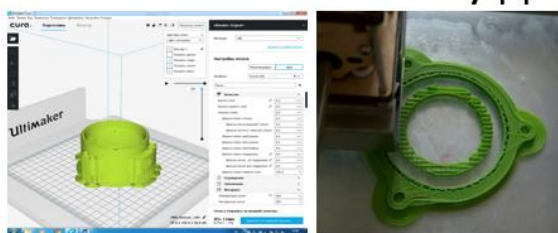
36

Технологія виготовлення деталей на верстатах з ЧПК



Кутуза В.В.

Виготовлення макету диференціала



Кутуза В.В.

Start-up проект

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Створення екологічно чистого, економічного та ергономічного транспорту	1. Персональний транспорт	1. Не споживає багато ресурсу (економічність).
	2. Транспорт для змагань	2. Компактність
	3. Доставка малогабаритних товарів	3. Відносна дешевизна
		4. Функціональність
		5. Зручне використання

Опис ідеї стартап-проекту

Рейт	№	Назва команди	Країна	Організація	Тип закладу	Категорія змагань	Вид енергії	Найкраща спроба (кВт/год)	Спроба 1 (кВт/год)	Спроба 2 (кВт/год)	Спроба 3 (кВт/год)
1	70	SolarC ag solutions	Франція	ISEN Toulon	University	Urban Concept	Battery - electric	186.9	155	174.3	186.9
2	71	TUfast Eco Team	Німеччина	Technische Universität München	University	Urban Concept	Battery - electric	162.4		162.4	
3	70	Evi Neugirpin	Німеччина	Evangelische Schule Neugirpin	School	Urban Concept	Battery - electric	138.8		138.8	

Прямі конкуренти

Кутуза В. В. та Кривич П. П.

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(показальні) параметри конкурентів				W (сильна сторона)	N (нейтральна сторона)	D (слабка сторона)
		Нав. проект	Квал. ранг1	Квал. ранг2	Квал. ранг3			
1.	Мас. вага: вага, кг/год	40	25	20	20	-	-	+
2.	Коефіцієнт електричної потужності, кВт	0.35	0.25	0.37	0.25		+	-
3.	Потужність двигуна, кВт	0.6	0.7	2x0.4	2x0.2	-	-	+
4.	Матеріал корпусу	Силова лопатка	Карбон	Моно матеріал (пластик)	Силова лопатка	+	-	-

Технологічна здійсненість ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Зробити екологічний автомобіль	Заміна ДВЗ на електричний двигун	Наявні	Доступні
2.	Зробити економічний автомобіль	Оптимізація конструкції двигуна	Наявні, але необхідно модифікувати	Доступні
3.	Зробити ергономічний автомобіль	Підвищення конструкції форм корпусних та функціональних деталей під зручність споживача	Наявні, але необхідно модифікувати	Доступні

Обрана технологія реалізації ідеї проекту: усі три технології доступні та наявні на ринку

Start-up проект

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	5-10
2	Загальний обсяг продаж, USD	18 млн в рік (Україна)
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Єдині вимоги до конструкції та технічного стану коливних транспортних засобів, що експлуатуються
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Вимоги для копійних засобів групи L6 [33]
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	10%

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Вмінності у поведінці ринку потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Екологічність	Люди з розвинутим країн	Прихильність до технічних показників	Якість, гарантія, дешевизна, малі габарити
2	Компактність	Люди з великих міст	Рівність у думці щодо основних габаритних розмірів	Мале використання енергії
3.	Економічність	Кожна людина, зацікавлена в збереженні коштів, особливо важливо на змаганнях	Рівність у сприйнятті економічних показників як ефективних	

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту
Кутуза В. В. та Кривич П. П.

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції: монополія/олигополія/монополістична/чиста	Олігополія. Проявляється у наявності великої кількості компаній-виробників.	Головним критерієм, що буде відображати якість продукції (Використання якісного матеріалу та точного обладнання)
2. За рівнем конкурентної боротьби: локальний/національний/...	Мікснаціональний.	Створення потужної бази для виходу на міжнародний ринок. Посилення маркетингової та рекламної кампанії
3. За галузевим ознакою: мікрогалузева/ внутрішньогалузева	Внутрішньогалузева	Вдосконалення зовнішніх параметрів
4. Конкуренція за видами товарів: -товарно-родова -товарно-видова - між бажаннями	Між бажаннями	Закріплення товару на ринку як вивченої марки для покупця
5. За характером конкурентних переваг: - цінова / нецінова	Цінова	Оптимізація конструкції, тим самим зменшена вартість
6. За інтенсивністю: - марочна/не марочна	Не марочна	-

Start-up проект

Системі аналізу	Принци конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	- IBEV Toulois; -Tadpole Universität München; -Französische Schule Neuruppin	-Невеликий обсяг виробництва; -Велика конкуренція; -Слабке стимулювання безпеку, законодавчі обмеження, наявність товарних знаків, доступ до каналів розподілу, розпор. капіталовкладень	-Перевірена марка або компанія; -Гарантія якості продукту; -Диференція в ціні; -Концентрація постачальників в одній галузі; -Значення розмови поставок для постачальників	- Диференція в ціні; -Виплати за постачальників; - Концентрація постачальників в одній галузі; -Значення розмови поставок для постачальників	-Пом'якшення споживачів, ціни, зменшення витрат
Висновки:	Дуже інтенсивна конкуренція боротьба за перевагу економічні показники	- є можливість входу в ринок в локальні конкуренти, пропозиції спеціалізованих економічних показників	- Постачальники дитячого університету, університету, роботи на ринку; Увеличені витрати на виробництво продукту, його ціну та дизайн	Клієнти також дитячий університет, роботи на ринку; Ціна; Коштор; Коштор	-Надзвичайно висока до нових технологій; -Недостатня спеціалізація з маркою та компанією

Аналіз конкуренції в галузі

Куцуза В. В. та Кривич П. П.

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товару-конкурента у порівнянні з Evangelische Schule Neuruppin							
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
1	Економічність	3		+			+		+	+
2	Ергономічність	4					+	+		+
3	Енергоємність	5				+		+	+	+

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

Сильні сторони	Слабкі сторони
- економічність; - екологічність; - ергономічність	- обслуговування автомобіля; - енергоємність; - наявність тільки одного місця в машині
Можливості	Загрози
- вихід на міжнародний ринок; - подальша оптимізація автомобіля; - наявність шляхів популяризації електротранспорту	- зростаючий ринок електромобілів; - не влодження зовнішніх форм.

SWOT-аналіз стартап-проекту

Start-up проект

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність сприймати продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Люди, що проживають у містах	Повна готовність сприймати продукт	Зараз спостерігається зростаюча тенденція	Кількість конкурентів постійно зростає	Вихід у сегмент доволі складний але реальний
2.	Люди з активним способом життя (співпраця, робітники служб доставки)	Часткова готовність сприймати продукт	Зараз спостерігається зростаюча тенденція	Кількість конкурентів зростає в невеликій кількості	Вихід у сегмент доволі складний але реальний
3.	Люди одинаки	Недостатня готовність сприймати продукт	Зараз спостерігається спадюча тенденція	Кількість конкурентів залишається стабільною	Вихід у сегмент доволі складний але реальний

Які цільові групи обрано: люди, що проживають у містах

Вибір цільових груп потенційних споживачів

Куцуза В. В. та Кривич П. П.

Рівні товару	Сутність та складові	
1.Товар за задумом	Споживач потребує значних вигод у ціні та якості, відповідаючи потребі у екологічному, економічному та ергономічному автомобілі.	
2.Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	M/M
	1. Економічні	Н/м
	2. Технологічні	Н/м
	3. Ергономічні	Н/м
	4. Естетичні	Н/м
	5. Транспортні	Н/м
3.Товар із підтвердженням	До продажу - підтримується гарантією на 12 місяців Після продажу - обслуговується по гарантії на протязі 12 місяців	
	За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: буде захищено патентом на корисну модель, назву, на окремі вузли автомобіля, емблему.	

Опис трьох рівнів моделей товару

Start-up проект

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувану комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1.	Зручність	Стратегія диференціації	Ергономічність	
2.	Швидкість руху	Стратегія спеціалізації	Оптимальна швидкість руху	
3.	Ціна	Стратегія диференціації	Порівняно низька ціна на ринку електромобілів	

Визначення стратегії позиціонування

Куцуза В. В. та Кривич П. П.


№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікації, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
	Суворі техніко-експлуатаційні вимоги до товару на фоні різноманіття товарів-замінників	Інтернет - сайти, соціальні мережі, інтернет-магазини,	Нагадування	Поширити товар у маси	Реклама тільки через інтернет

Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Рівень цін на товари замітники	Рівень цін на товари аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1.	Товари замітники дешевше за ціною, але дорожче в експлуатації	Ціни є приблизно однакові	Рентабельність близько 7-13%	Ціна на товар мінімальна - 13 599\$, максимальна - 18 999\$

Визначення меж встановлення ціни

Партнерська пропозиція



Shell Eco Team


Shell Eco-marathon

PROTOTYPE & URBAN Concept

3771 кілометрів на одному літрі палива

Міжнародні змагання світового рівня

• Європа • Азія • Північна Америка • Південна Америка



КПІ ім. Ігоря Сікорського
— професійний технічний університет України
Проект Shell Eco Team заснований на кафедрі інтегрованих технологій машинобудування ММІ в 2017 році.


Від "Формула Студент КПІ" до "Shell Eco Team КРГ"

Партнер

- Роміщення вашого логотипу на нашому авто / сайті / брендволі / відеозйомках;
- Позова компанію на прес-конференції, розміщення банеру та інформації про компанію на сайті команди, присутність у офлайн-активностях – виставках, конференціях тощо;
- Інвестиції у проект - до 50000грн

Спонсор

- Роміщення вашого логотипу на нашому авто / сайті / брендволі / відеозйомках;
- Позва компанію на прес-конференції, розміщення банеру та інформації про компанію на сайті команди, присутність у офлайн-активностях – виставках, конференціях тощо;
- Оформлення банеру у корпоративних кольорах компанії, брендвання команди у корпоративному стилі компанії, організація Дня компанії в КПІ;
- Інвестиції у проект – більше 50000грн





Дорожня карта

- травень 2018 - проектування і розрахунок в CAD/CAE всіх вузлів автомобіля;
- 2018 - 2019 - пошук інвестора для проекту;
- травень - липень 2018 - виготовлення масштабного макету;
- серпень 2018 - виготовлення та випробування автомобіля;
- червень 2019 - участь у змаганнях.

Контакти
корп. 22, оф. 505,
вулиця Борщівська, 115,
Київ, Україна, 02066

Телефони:
+38 (066) 864 41 24 **Кривич Павло** (капітан команди)
+38 (050) 234 58 39 **Віталій Пасічник** (координатор)

E-mail: setkriua@gmail.com

Кутуза В. В. та Кривич П. П.