

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет літакобудування

Кафедра автомобілів та транспортної інфраструктури

Пояснювальна записка
до дипломної роботи
(тип кваліфікаційної роботи)

магістр

(освітній ступінь)

на тему «Розробка несучої системи автомобілів класу А»

ХАІ.107.163т.213.2741601041 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу групи № 163т

Галузь знань 27 Транспорт
(код та найменування)

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»
(код та найменування)

Освітня програма Автомобілі та автомобільне
господарство
(найменування)

Ващенко Д.О.

(прізвище та ініціали здобувача)

Керівник: Маковецький А.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент: Аргун Щасяна Валіковна
(прізвище та ініціали)

Харків – 2021

РЕФЕРАТ

Дипломна робота має 79с., 50 рисунків, 14 джерел.

Ціль – розробка несучої системи міського електромобіля міського автомобіля особливо малого класу.

Об'єкт дослідження – процеси які відбуваються в несучій системі, в наслідок навантаження її зовнішніми силами

Предмет дослідження – навантаження елементів рами електромобіля внаслідок дії зовнішніх сил.

Задачі: вибір компоновки та параметрів, необхідних для подальшого розрахунку міцності розроблюваної несучої системи, провести розрахунок методом кінцевих елементів та визначити деформації та коефіцієнти запасу міцності розроблюваної несучої системи, а також провести моделювання процесу регулювання частот обертання ведучих колес електромобіля.

В ході виконання дипломної роботи мною було спроектовано несучу систему електромобіля особливо малого класу, а також був розроблений алгоритм керування частотами обертання ведучих колес електромобіля.

Для створення несучої системи була обрана компоновка, яка передбачає розміщення 2-ох електродвигунів, при цьому блок акумуляторних батарей був розміщений в днищі кузова, що покращило жорсткість несучої системи та знизило центр мас, що в свою чергу призводить до покращення стійкості та керованості розроблюваного транспортного засобу.

Для компенсації збільшеної ваги електромобіля, в якості матеріалу створення несучої системи було обрано композитний матеріал *Plain 3K*. Для зменшення собівартості несучої системи, її елементи створювалися за *RTM* технологією. Ключові слова: ергономіка, дизайн, форма, інтер'єр та екстер'єр автомобіля.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1. Аналіз автомобілів аналогів, які мають несучі системи з композитних матеріалів	7
1.1 Аналіз конструкції Volkswagen XL1	7
1.2 Аналіз конструкції BMW i3	8
1.3 Аналіз конструкції BMW i8	9
2. Розробка несучої системи автомобіля	12
2.1 Загальні відомості	12
2.2 Вибір параметрів для подальшої розробки несучої системи автомобіля	15
2.3 Технологія виготовлення несучої системи.....	21
3. Розрахунок несучої системи методом кінцевих елементів.....	24
3.1 Матеріал виготовлення деталі та його фізичні характеристики	24
3.2 Умови фіксації несучої системи електромобіля та місця прикладення навантаження в різних випадках	25
3.3 Розрахунок навантажень на несучу систему.....	28
3.4 Результати розрахунків	37
4.Регулювання частот обертання ведучих коліс розроблюваного електромобіля	47
4.1 Основні параметри автомобіля.....	47
4.2 Аналіз систем керування частотою обертання ведучих коліс електромобіля	48
4.3 Розробка схеми керування частотами обертання ведучих коліс електромобіля	64
4.3.1 Принцип роботи схеми системи керування частотою обертання ведучих коліс електромобіля	65
4.4 Математична модель керування частотою обертання ведучих коліс електромобіля	66

4.4.1	Формули для математичної моделі керування частотою обертання ведучих коліс електромобіля	66
4.4.2	Постійні величини для створення математичної моделі	67
4.4.3	Перемінні величини для створення математичної моделі.....	67
4.4.4	Імітаційна модель системи керування частотами обертання ведучих колес.....	68
4.5	Результати та аналіз імітаційного дослідження моделі системи керування частотою обертання ведучих колес електромобіля	69
4.6	Висновки	70
5.	Аналіз Охорони праці при проектуванні транспортного засобу	71
5.1	Охорона праці.....	71
5.2.	Активна та пасивна безпека транспортного засобу категорії	73
5.3	Пожежна безпека транспортного засобу	74
5.4	Екологічна безпека.....	75
5.5	Промислова санітарія	76
5.6	Розрахунок транспортного засобу на ковзання і перекидання в повороті без поперечного ухилу.....	76
	Висновок	77
	Список літератури.....	78

ВСТУП

Актуальність створення автомобіля особливо малого класу полягає в тому, що в умовах міста заповнюваність переважної більшості автомобілів рідко перевищує 2 пасажирів. При цьому, для багатьох автовласників парковка стала непростю задачею.

До того ж витрата палива, в міському режимі, в зв'язку зі збільшеними габаритами, а відповідно й вагою транспортного засобу, призводить до збільшення експлуатаційних витрат.

Габарити та конструкція в цілому багатьох автомобілів не розрахована для щоденного пересування по населеному пункту, оскільки при цьому в автомобілі значна частина передач лишається незадіяною, динаміка розгону до швидкостей, використовуваних в умовах міста, нижче, ніж у міського транспорту, максимальна швидкість, використовувана в даних умовах, значно нижча максимальної швидкості автомобіля, при цьому його габарити та вага не дозволяють водію повноцінно маневрувати, а підвищена витрата палива призводить до забруднення навколишнього середовища.

Проте автомобілі особливо малого класу мають недостатню місткість.

1 АНАЛІЗ АВТОМОБІЛІВ АНАЛОГІВ, ЯКІ МАЮТЬ НЕСУЧУ СИСТЕМУ З КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

Перед проведенням аналізу необхідно розглянути основні переваги та недоліки застосування композитних матеріалів на автомобілях.

Основною перевагою застосування композитних матеріалів для автомобілів в більшій мірі являється відносно низька маса при відносно високій міцності, що в свою чергу призводить до цілого ряду переваг: високий рівень пасивної безпеки, високий рівень динаміки та більше вільного простору. Також композитні матеріали більш стійкі до корозії.

При цьому основним недоліком застосування КМ являється вартість виготовлення. Хоча зараз все більше автовиробників працюють над зменшенням собівартості деталей, виготовлених з КМ.

Під час роботи будуть розглянуті характеристики 3-ьох автомобілів: Volkswagen XL1, BMW i3 та BMW i8. Будуть порівнюватися їх динаміка, пробіг та розміри.

1.1 Аналіз конструкції Volkswagen XL1

У 2011 році, на міжнародній автомобільній виставці в Катарі, був представлений досить незвичайний концепт під назвою Formula XL1. Виробник поставив перед собою досить амбітні цілі. Модель повинна була перевершити сучасні електромобілі та гібриди не тільки по динаміці, але також по витраті палива і кількості викидів. Незважаючи на досить важке завдання, всього через два роки, на весняному женецькому автосалоні 2013, був представлений готовий до продажу Volkswagen XL1. Серійна версія повністю відповідала заявленим характеристикам, а також отримала просто приголомшливий зовнішній вигляд. Спереду автомобіль трохи перегукується з актуальних, на даний момент, фірмовим дизайном.

Volkswagen XL1 складно прирівняти до певного класу автомобілів. Виробник позиціонує його як двомісний хетчбек гольф класу. Автомобіль має наступні габаритні розміри : довжина – 3888 мм, ширина – 1665 мм, висота – 1156 мм, а колісна база – 2224 мм. Кліренс у моделі відносно невеликий – 120 міліметрів. Така посадка дарує моделі досить низький центр тяжіння, що позитивно впливає на керованість у всіх режимах їзди. Автомобіль зможе вписуватися в круті віражі і не втратить стійкість, навіть на відносно високих швидкостях.

Кузов XL1 не менш цікавий, ніж його внутрішній зміст. Він дуже продуманий з точки зору аеродинаміки. Коефіцієнт лобового опору складає всього 0,189 Cx, що є абсолютним рекордом для серійних автомобілів, на даний момент. Він повністю виконаний з пластика, що підсилений вуглецевим волокном. Важелі підвіски виконані з найлегшого алюмінію, а стабілізатори поперечної стійкості з карбону. Колісні диски зроблені з магнію, що дарує приголомшливо низьку невіднесорену масу.

Volkswagen XL1 обладнується гібридною силовою установкою, в основі якої лежить двоциліндровий турбований дизель на 800 кубічних сантиметрів. Незважаючи на малий обсяг, просунута система наддуву дозволила інженерам вичавити 48 кінських сил і 120 Н м крутного моменту. У парі з ним працює 27-сильний електромотор, який живиться від батареї літій-іонних акумулятором загальною ємністю 5,5 кВт год. Весь створюваний крутний момент перетравлює семи-ступенева преселективна роботизована коробка передач DSG з двома зчепленнями. Привід у моделі задній, така компоновка диктується досить незвичайним розташуванням силової установки. У підсумку, незважаючи на досить скромну потужність, гібрид прискорюється до сотні за 12,7 секунди і максимально набирає 160 кілометрів на годину. Витрата палива становить близько 0,9 літра бензину на сотню, а викиди CO не перевищують 21 г / км. На одній електротязі, модель може проїхати 50 км, а з повністю заправленим баком – 498 км. Така дальність є наслідком дуже маленького паливного бака, він вміщує всього 10 літрів пального.

1.2 Аналіз конструкції BMW i3

BMW i3 – 5-дверний міський електричний автомобіль, і перший серійний автомобіль BMW з нульовим рівнем викидів CO₂.

Алюмінієва рама, вуглепластиковий кузов, органічні матеріали інтер'єру.

Батарея під підлогою і електромотор між задніми колесами. Навіть в електромобілях BMW залишається вірним задньоприводній схемі.

У цій моделі конструктори ретельно продумали всі аспекти, кожна деталь відмінно «заточена» під свою функцію. За основу дизайну взята архітектура LifeDrive: модель позиціонується як просторий, легкий і в той же час безпечний транспортний засіб. Простота конструкції і сучасні матеріали дозволяють без проблем долати великі дистанції без підзарядки і убезпечити пасажирів при зіткненнях, крім того, i3 може похвалитися відмінною динамікою руху.

Батарея в корпусі розташована таким чином, щоб забезпечити хороший розподіл ваги і динаміку руху. Електродвигун на задній осі здатний видавати 125 кВт (170 к.с.) і 250 Н м, в результаті чого машина може «похвалитися» високою

ходовою якістю і невеликим радіусом повороту. Розгін до 100 км / год відбувається за 8 секунд. Перевагами BMW i3 можна без сумніву назвати високу маневреність і відносно невеликий радіус повороту, що дозволяє припаркуватися в найскладніших умовах.

Окрім зазначених переваг, можна додати, що конструкція авто містить досить продуману систему відшкодування енергії під час руху, в основі якої лежить режим рекуперації генератора - в результаті запас енергії авто зростає і розширюється перелік режимів і функцій.

Інженери BMW оснастили i3 з бортовою зарядною системою, яка може утримувати напругу потужністю 7,7 кВт. Цей високоякісний рівень Level 2 важко поставити в машину через домашню напругу, але навіть якщо воно буде в районі 6,6 кВт, це буде означати, що при одногодній зарядці буде додаватися близько 32-40 кілометрів їзди.

Комбінований кабель з роз'ємом SAE уможливорює підключити i3 і до 50-ти кіловатної зарядної станції, яка здатна зарядити авто до 80% всього лише за 20-30 хвилин.

1.3 Аналіз конструкції BMW i8

На створення даної моделі у інженерів пішло близько 3 роки, що можна вважати рекордно коротким терміном для корпорації BMW. При цьому, BMW i8 однозначно є складним серійним авто, який коли-небудь сховався з конвеєра даного концерну.

Аеродинамічний коефіцієнт BMW i8 не може не радувати - його значення всього лише 0,26! Навіть не дивлячись на встановлені бічні дзеркала, щітки очисників скла і без заклеювання швів між панелями кузова.

Габарити мають таке значення: довжина – 4689 мм; ширина – 1942 мм (з дзеркалами – 2039 мм); висота – 1 298 мм; колісна база – 2800 мм; дорожній просвіт – 117 мм. Амплітуда відкриття дверей (вгору) досить значна. Маса машини в базовій комплектації складає 1485 кг.

Модель оснащена двома двигунами: внутрішнього згоряння та електричний. В якості останнього застосовується мотор, розроблений безпосередньо BMW, він здатний створювати 250 Н м крутного моменту відразу після натискання на педаль (до 3500 об / хв) і має потужність в 131 к.с.

Від електромотора тяга передається на передню колісну вісь через 2-ступінчасту автоматичну КПП. В якості АКБ служать літій-іонні батареї

«Samsung», що знаходяться в центральному тунелі і мають індивідуальну рідинну систему охолодження. При русі тільки за рахунок електроенергії авто може подолати 25-35 км, в залежності від швидкості і дорожнього покриття, максимальна швидкість при цьому буде складати близько 120 км/год.

Ефективна потужність батарей - 5,2 кВт год, максимальна - 7,1. Щоб зарядити таку АКБ від звичайної електромережі, потрібно 3 години, від фірмової зарядки - приблизно 2.

Турбований двигун внутрішнього згоряння передає тягу на задню вісь. Він має 3 циліндра і робочий об'єм камери згоряння в 1,5 літра. Як прототип був узятий і доопрацьований мотор Міні Купера. ДВС BMW i8 здатний забезпечити потужність в 231 к.с. при 5800 об / хв., або 320 Н м крутного моменту при 3700 об/хв. Крім того, «класичний» двигун тут оснащений мотор-генератором з потужністю в 11 кВт, здатним заряджати АКБ і створювати моментальний підхоплення при появі «турбоям» (що майже неминуче при високому тиску наддуву). Передача крутного моменту з ДВС здійснюється за допомогою 6-ступінчатої АКПП.

BMW i8 відноситься до категорії гібридного спортивного повнопривідного авто. Сумарна віддача двигунів становить 362 к.с. У спортивному режимі авто розганяється до 100 км/год всього лише за 4,4 сек. А одна тільки електротяга дозволяє розганятися до 60 км/год за 4,5 секунди. Встановлено електронний обмежувач максимальної швидкості – 250 км/год. Згідно сертифікату NEDC, в змішаному режимі витрата палива буде становити порядку 2,5л/100км.

BMW i8 створений на унікальному модульному шасі – DriveLife, що відрізняється низьким центром ваги, навантаження між осями має розподіл – 49:51. До нього входять: хребет, що приховує акумулятори; алюмінієві підрамники; прикріплені за допомогою різьблення вуглепластиковий кузов. Незалежна підвіска оснащена адаптивними амортизаторами, керованими за допомогою електроніки. Спереду підвіска має 2 важеля, ззаду – 5. На всіх колесах встановлені дискові гальма, попереду - перфорованого типу, ззаду - вентильовані. Електропідсилювач керма істотно спрощує керування транспортним засобом.

Всі необхідні характеристики занесені в таблицю 1

Таблиця 1 – «Характеристики розглянутих автомобілів аналогів»

Параметри	Назва автомобіля			
	<i>Volkswagen XL1</i>	<i>BMW i3</i>	<i>BMW i8</i>	Розроблюваний електромобіль
Повна маса автомобіля, кг.	890	1440	1485	900
Габаритна довжина, мм.	3 888	3999	4689	2698
Габаритна ширина, мм.	1 665	1775	1942	1760
Габаритна висота, мм.	1 153	1578	1298	1510
Максимальна швидкість км/год.	160	150	250	137
Розгін від 0-100 км/год., с.	13	8	4,4	7
Пробіг, км.	498	300	500	400

З висновками характеристик автомобілів можна ознайомитися в таблиці 1, порівняти значення та знайти оптимальні дані для подальшого розрахунку

2 РОЗРОБКА НЕСУЧОЇ СИСТЕМИ РОЗРОБЛЮВАНОВОГО ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

2.1 Загальні відомості

Несуча система автомобіля – це сукупність деталей та вузлів автомобіля, призначених для розміщення інших систем автомобіля та об'єднання них в єдину конструкцію.

Розрізняють такі типи несучих систем автомобілів: рами, корпуси, кузова.

Рами в якості несучих елементів використовуються в основному на вантажних автомобілях загальнотранспортного і багатоцільового призначення, колісних тягачах і довгобазних шасі, а також на тракторах.

Корпуси в якості несучих систем застосовуються найчастіше на гусеничних транспортерах і тягачах, броньованих колісних і гусеничних машинах, а також на амфібійних машинах.

Кузови в якості несучих систем застосовуються на легкових автомобілях і автобусах.

Оскільки необхідно розробити легковий автомобіль, то подальший розгляд несучих систем буде спрямовано на несучий кузов.

За використовуваною силовою схемою виділяють безрамні автомобілі з несучою основою та з несучим корпусом. У автомобілів з несучою системою, основну частину робочих навантажень, що виникають при русі автомобіля, сприймає посилене плоске днище кузова; у автомобілів з корпусом, що несе, їх сприйняття здійснює об'ємний каркас кузова (при практично не навантажених кузовних панелях) або сама утворена кузовними панелями тривимірна структура з місцевим посиленням. Також виділяють несучі кузова із замкнутою силовою структурою, у яких силова структура утворює замкнутий контур завдяки наявності даху, що зводить разом усі вертикальні силові елементи, і з незамкнутою силовою структурою, тобто - відкриті, на зразок кабріолетів і родстерів, а також пікапи і фургони.

По конструктивному оформленню розділяють кузова (що не лише несуть) каркасно-панельні, скелетні, оболонкові, безкаркасні.

Каркасно-панельний несучий кузов має каркас з труб або штампованих металевих профілів, на який кріпляться облицювальні панелі, в дуже незначному ступені що підвищують його жорсткість.

У скелетного (напівкаркасного) кузова каркас представлений окремими стойками, дугами і підсилювачами, привареними до зовнішніх і внутрішніх облицювальних панелей, нарівні з ним, що бере участь у сприйнятті навантаження. Такий кузов легший ніж каркасний, але все ще досить складний і трудомісткий в масовому виробництві через велику кількість складальних операцій, багато з яких виконуються вручну і вимагає взаємних підгонок деталей.

Оболонкові (без каркасні) кузови найбільш поширені, більшість сучасних несучих кузовів належать до цього типу - вони зварюються точковим зварюванням з великогабаритних внутрішніх і зовнішніх панелей, відштампованих як правило із сталевого листа, які разом утворюють замкнуту просторову систему, в якій роль каркаса грають виштамповки на самих панелях. Цей варіант кузова, що несе, найбільш пристосований для умов масового виробництва, економічний і технологічний, проте його ремонт в процесі експлуатації значною мірою ускладнений через складну форму панелей і малого числа їх сполучень, що не рідко навіть при незначних ушкодження змушує цілком замінювати усю панель. Нині відбувається поширення алюмінієві або композитні сталюалюмінієві несучі кузови, у виробництві яких разом із зварюванням широко використовуються заклепувальні з'єднання і склеювання.

Без каркасні кузова являють собою монокок з неметалічних матеріалів (склопластик, углепластик, термопластик, тощо) з мінімальним локальним підсиленням.

2.2 Вибір параметрів для подальшої розробки несучої системи автомобіля

Перед вибором параметрів для розробки несучої системи необхідно визначитися з компоновкою електромобіля. Для цього необхідно розглянути існуючі способи розміщення водія та пасажирів. Smart Fortwo, Daewoo Matiz, Toyota iQ.

Параметри автомобілів аналогів отримані з інтернет ресурсів[1], [2] и [3], та наведені у (табл. 1).

Таблиця 1.1– Параметри розглянутих автомобілів, необхідні для проведення аналізу компонок.

Параметри	Значення			
	Smart Fortwo 0.8 CDi	Daewoo Matiz Creative 0.8	Toyota iQ	Проектований автомобіль
Габаритна довжина, мм.	2695	3495	2985	2634
Габаритна ширина, мм.	1752	1495	1680	1450
Габаритная висота, мм.	1542	1485	1500	1520
Положення двигуна	ззаду, поперечно	спереду, поперечно	спереду, поперечно	ззаду, поперечно
Кількість місць	2	5	4	2+2
Об'єм багажника, л	221	170/944	168/242	-
Колісна формула	4x2	2x4	2x4	4x2
Розгін с 0 до 100км/ч., с	16,8	15,5	14,7	7
Максимальна швидкість, км/год	135	152	150	137
Витрата палива в міському режимі, л/100км	3,3	7	4,9	-

Витрата палива по трасі, л/100км	3,3	4	3,9	-
Витрата палива змішаном у циклі, л/100км.	3,3	6,1	4,3	-

Оскільки Smart Fortwo має декілька модифікацій, необхідно уточнити вибір автомобіля аналога. В даній роботі мною буде розглянуто Smart Fortwo 0.8 CDi 2012 року випуску. Зовнішній вигляд та основні розміри даного автомобіля показані на рисунку 1

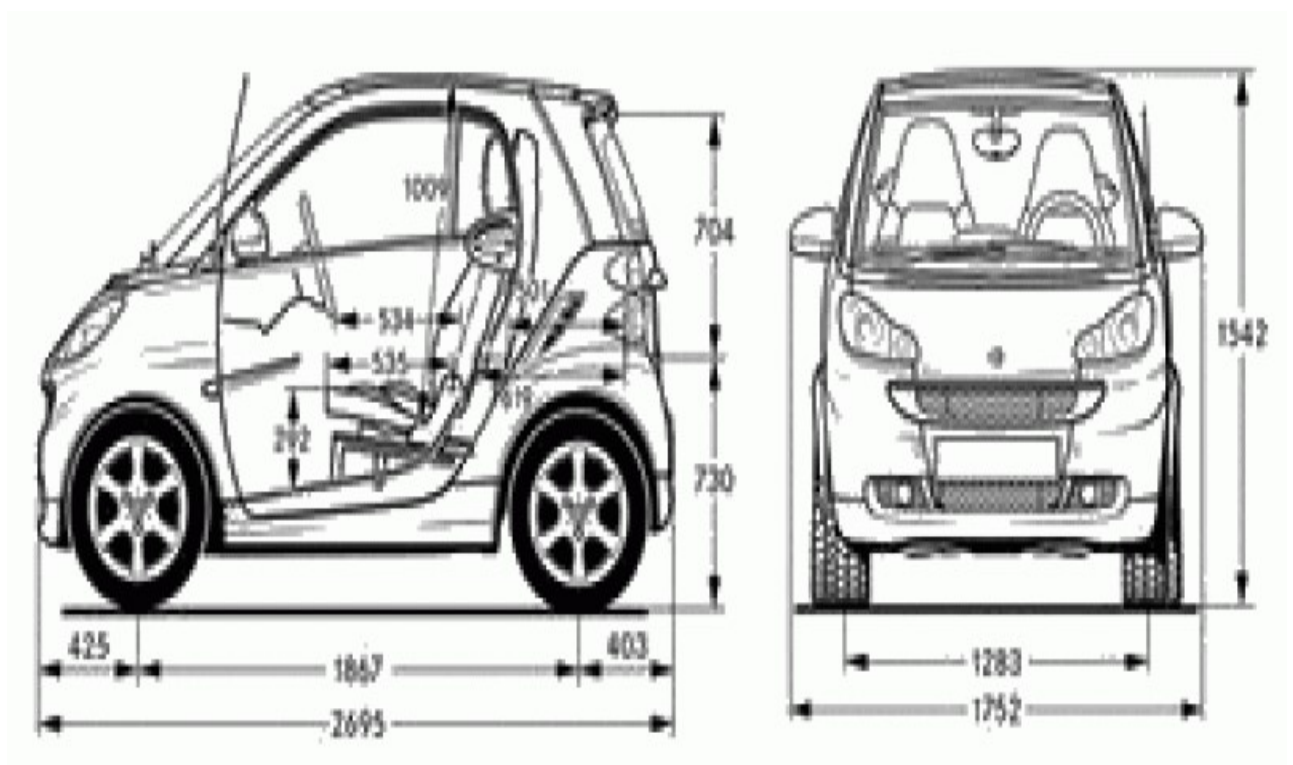


Рисунок 2.1 – Розміри Smart Fortwo 0.8 CDi 2012 року випуску

Характеристики даного автомобіля представлені в таблиці 1.1. Виходячи з розглянутих параметрів, головним недоліком даного автомобіля є мала місткість, так як автомобіль має 2 посадочних місця.

Головними перевагами Smart Fortwo являються його маневренність та витрата палива.

Для подальшого вивчення ергономіки робочого місця водія та посадочного місця пасажирів необхідно скористатися двумірним шаблоном.

Для даної роботи нам знадобиться шаблон 95перцентиля.

Далі необхідно створити компоновку робочого місця водія та посадкового місця пасажирів, яка представлена на рисунку 2..

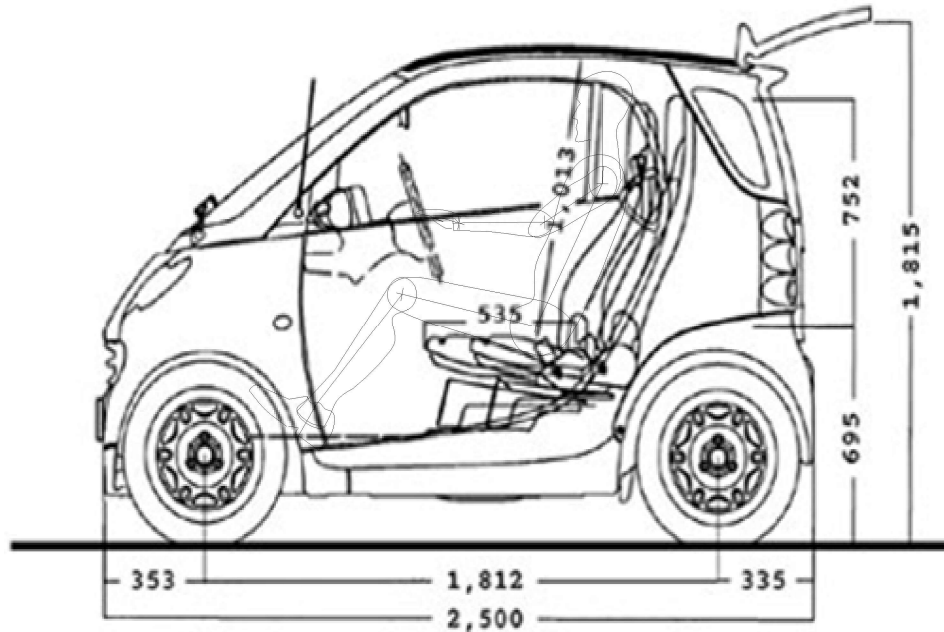


Рисунок 2.2 – Компоновка робочого місця водія та посадкового місця пасажирів Smart Fortwo 0.8 CDi 2012 року випуску

Під час побудови компоновки використовувалися всі необхідні правила ергономіки, з цього можна зробити висновок: людина, зріст якої менший або рівний 1 м 80см буде почуватися в салоні досить комфортно.

Далі було розглянуто автомобіль Daewoo Matiz

Так само, як попередня модель, Daewoo Matiz має декілька модифікацій. Мною буде розглянуто Daewoo Matiz Creative 0.8, загальний вигляд і габаритні розміри якого представлені на рисунку 1.3.

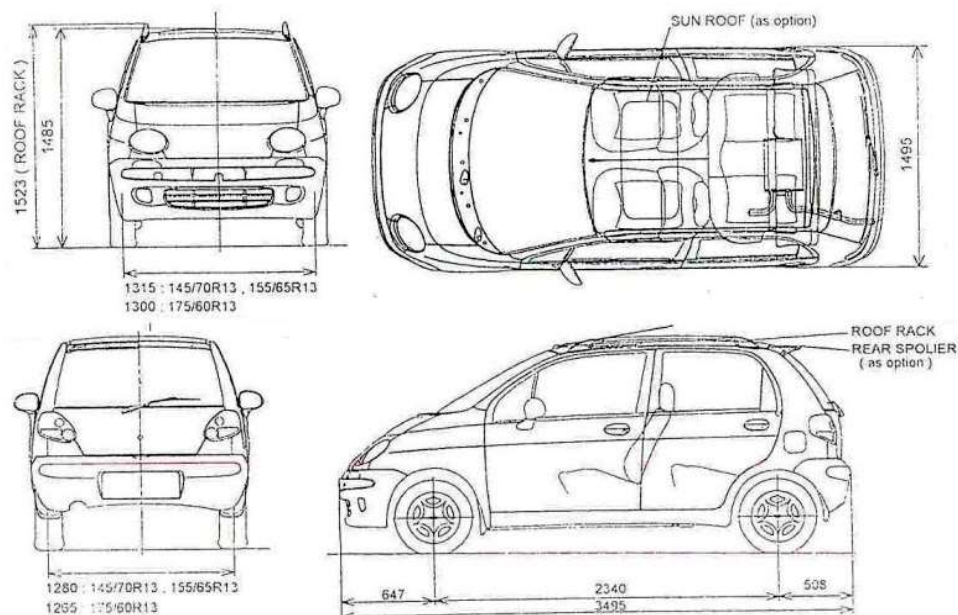


Рисунок 2.3 – Загальний вигляд та габаритні розміри Daewoo Matiz Creative 0.8 .

Необхідні характеристики данного автомобіля представлені в таблиці 1.1. Виходячи з даних таблиці 1.1 можна зробити висновки стосовно його переваг та недоліків. Головними недоліками являються: динаміка розгону, відносно велика витрата палива. Головною перевагою являється його місткість.

Для подальшого дослідження автомобіля необхідно створити компоновку робочого місця водія та посадкового місця пасажирів, яка представлена на рисунку 1.4:

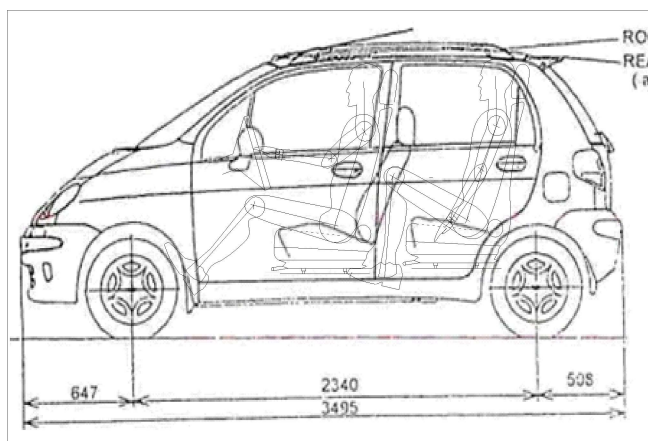


Рисунок 2.4 – Компоновка робочого місця водія та посадкового місця пасажирів Daewoo Matiz Creative 0.8

Виходячи з компоновки можемо зробити висновок: в такому автомобілі одночасно в двох рядах сидінь не можуть сидіти люди, ростом близько 1м 80см, оскільки декілька пасажирів будуть відчувати дискомфорт.

Далі було розглянуто автомобіль Toyota iQ. На відміну від попередніх моделей, Toyota iQ не має такого великого вибору модифікацій. Для дослідження я розглянув Toyota iQ 1.0., загальний вигляд і габарити якої представлені на рисунку 1.5:

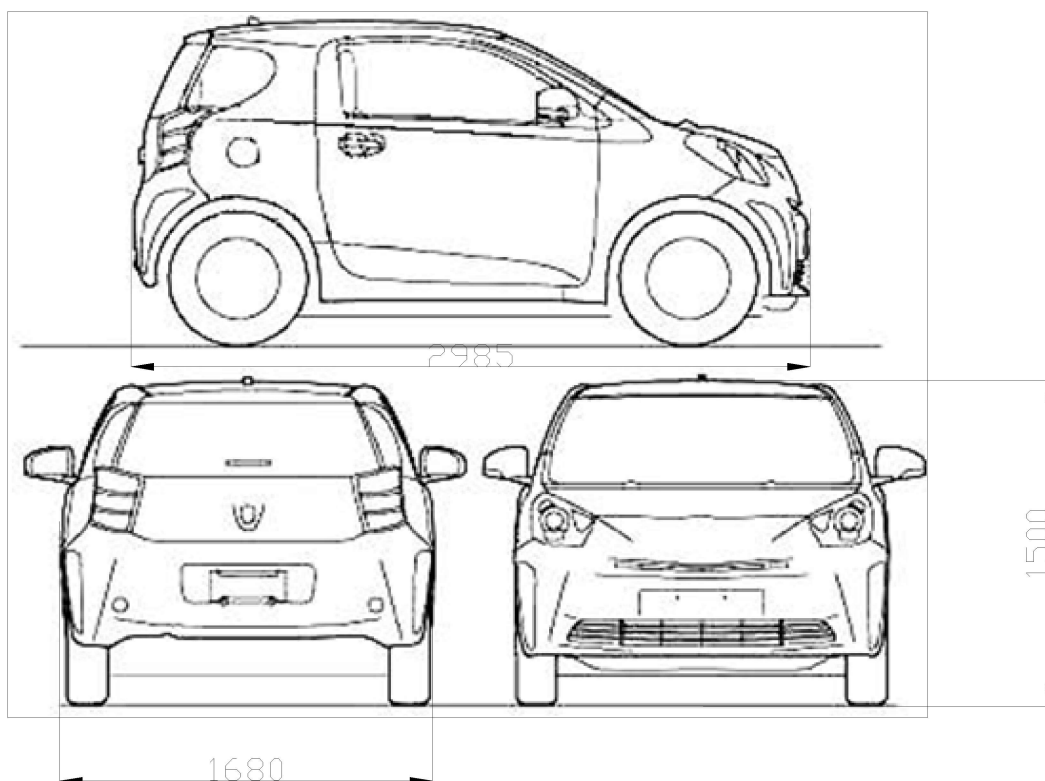


Рисунок 2.5 – Загальний вигляд та габаритні розміри *Toyota iQ* 1.0

Всі необхідні характеристики автомобіля розміщені в таблиці 1.1. Виходячи з розглянутих параметрів даного автомобіля можемо зробити наступні висновки: головним недоліком автомобіля являється повільний розгон. При цьому Toyota iQ 1.0 має багато переваг: низька витрата палива, відносно невеликі габарити, велика місткість,

Для подальшого дослідження автомобіля необхідно створити компоновку робочого місця водія та посадкового місця пасажирів, яка зображена на рисунку 1.6.

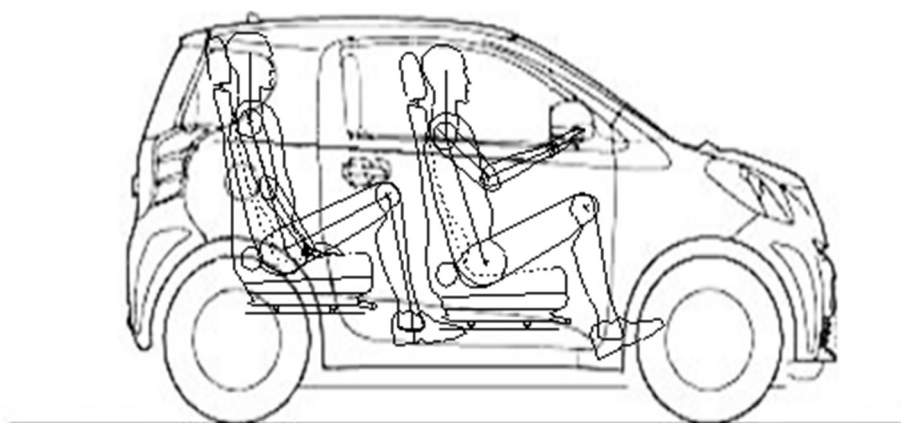


Рисунок 2.6 – Компонівка робочого місця водія та посадкового місця пасажирів
Toyota iQ 1.0

З компоновки видно, що автомобіль не придатний для перевезення 4 пасажирів, вище 95-го перцентилія.

В результаті було обрано компоновку, яка передбачає розміщення водія та переднього пасажира, але при цьому буде передбачено місце для розміщення 2-ох дитячих крісел.

Оскільки передбачається використання композитних матеріалів, то несучий кузов буде оболонкового типу

Кузов складатиметься з 4-ьох основних елементів: днище кузова, 2-і бокові панелі та дах автомобіля.

Розміри днища кузова буде залежати від габаритних розмірів автомобіля, акумуляторних батарей та трансмісії.

Для подальшої розробки несучої системи необхідно враховувати вагу водія та пасажира, максимальний момент двигуна, передаточне числа головної передачі, навантаження багажу, двигунів та трансмісії.

2.3 Технологія виготовлення несучої системи

Композитний матеріал – багатофазний однорідний анізотропний матеріал регулярної структури з чітко вираженою межею розділу фаз.

Композитний матеріал традиційно складається з армуючого матеріалу, наприклад, волокна, тканини, покладеного в певному порядку, і єднального

компонента – різних смол. Кінцеві механічні властивості композитного матеріалу значною мірою залежать від технології виготовлення, тому цей аспект має вирішальне значення. Можна виділити наступні основні технології виготовлення виробів з композитного матеріалу.

Ручна і механічна укладання у відкриту форму – «найстаріші методи, що відрізняється найменшими витратами при виробництві і вимогами до кваліфікації персоналу. Метод заключається в укладці армуючого матеріалу з покриттям єднальним матеріалом кожного шару вручну через низьку технологічність і нестабільність характеристик отримуваних виробів, наприклад великий вміст повітря, в промисловості не знайшла широкого застосування, сьогодні використовується тільки механічна. Зменшити вміст повітря і збільшити міцність армуючої складової в композитному матеріалі дозволяє вакуумування після укладання. Такі вироби застосовуються як декоративні панелі кузова, тобто деталі, що не несуть великих навантажень, вони мають низькі вимоги до якості і стабільності характеристик. За такою технологією виконуються панелі автобусів, крісла в міському транспорті тощо. Продукт, отриманий за такою технологією, має максимальний відносний вміст армуючого матеріалу до 65-70 % практично повна відсутність повітря між шарами – менше 2 %. Проте ця технологія дуже витратна, оскільки заздалегідь просочені волокна мають обмежений час життєстійкості, вимагають спеціальних умов зберігання – в холодильниках при температурах порядку - 20°C. Робота з ними вимагає високу кваліфікацію робітників, твердіння займає декілька годин, вимагає підвищеної температури (130 - 170°C) і тиск (5.6 атмосфер). Деталі, виконані по цій технології, широко використовуються в аерокосмічній галузі, але через свою вартість в автомобілебудуванні застосовуються тільки в автоспорті і одиничних автомобілях вищого класу. Оскільки ця технологія вже давно відпрацьована істотне зниження собівартості деталей, виготовлених методом автоклавування, не представляється можливим. Технології гарячого пресування у зв'язку з їх найбільшою трудомісткістю і вартістю, яка дає невеликий приріст в порівнянні з автоклавною технологією, безперспективні для автомобілебудування. В останні десятиліття технологією виготовлення виробів, що найактивніше розвивається, з композитних матеріалів є метод інжекції смол в закриті важкі форми з сухим армуючим матеріалом і легкі односторонні форми з герметизуючими плівками (Resin Transfer Molding using Lightweight tooling - Light RTM).

Так, наприклад, основну проблему укладання і розкрою сухого армуючого матеріалу - зрушення і розкрій країв - вирішили шляхом створення спеціального аерозоля - клею, що дозволяє комфортно працювати з сухим матеріалом. *RTM*-технологію відрізняє низька пористість отримуваного виробу і малий час затвердіння - до 10 хв., що дозволяє застосовувати її в серійному виробництві. Зараз спостерігається заміщення автоклавного виробництва *RTM* - технологією

для виготовлення деяких видів високонавантажених деталей, різних автоматичних верстатів, передусім для плетіння волокон і укладання у форми, а також впровадження RTM- технології в автомобільне виробництво.

Виходячи з цього, найбільш оптимальною для створення несучої системи є RTM - технологія.

3 РОЗРАХУНОК НЕСУЧОЇ СИСТЕМИ МЕТОДОМ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Під час проведення розрахунку, буде розглянуто максимальне прискорення електромобіля та екстремне гальмування. Також буде проведений розрахунок під час діагонального вивішування автомобіля і буде проведено порівняння жорсткості днища кузова з одинарним та подвійним дном.

3.1 Матеріал виготовлення деталі та його фізичні характеристики

Матеріал виготовлення деталі – *Plain 3K*

Фізичні властивості *Plain 3K* зведені в таблицю 3.1.

Фізичні параметри *Plain 3K* зведені в таблиці 3.2

Таблиця 3.1 – Фізичні характеристики *Plain 3K*

Назва	<i>Plain 3K</i>		Величина
Загальні	Масова густина	1200	кг/м ³
	Межа текучості	62,01	МПа
	Межа міцності при крученні	72	МПа
Напруження	Допустимі напруження при крученні	16	МПа
	Допустимі напруження при розтягненні	28,5	МПа
	Допустимі напруження при стисненні	31	МПа
	Модуль Юнга	$0,23 \cdot 10^5$	МПа
	Коефіцієнт Пуассона	0,38	МПа
	Модуль пружності при зсуві	$0,824 \cdot 10^3$	МПа

Таблиця 3.2 – Фізичні параметри несучої системи

Матеріал

Plain 3K

Плотность	1,2 г/см ³
Масса	151,5 кг
Площадь	20371500 мм ²
Объем	151489000мм ³

3.2 Умови фіксації несучої системи електромобіля та місця прикладення навантаження в різних випадках

Під час максимального прискорення автомобіля на несучу систему діють вертикальні навантаження від акумуляторних батарей, силової установки та з боку водія і пасажирів, а також горизонтальні навантаження, які відображають вплив сил інерції. Фіксується несуча система в місцях її кріплення з заднім підрамником.

Закріплення показано на рисунку 3.1

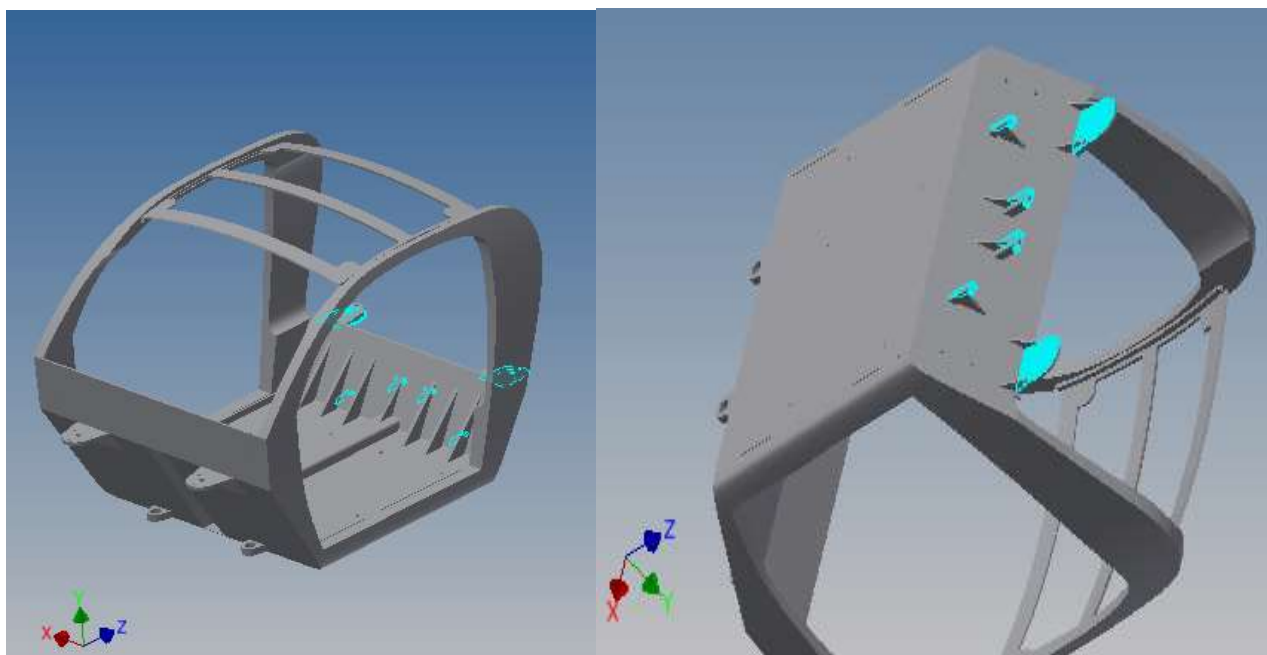


Рисунок 3.1. – Фіксація несучої системи під час максимального прискорення

Під час екстренного гальмування, як і в попередньому випадку, для розрахунку необхідно вказати, куди діють вертикальні навантаження від акумуляторних батарей, силової установки та з боку водія і пасажирів, при цьому змінивши в протележному напрямку всі горизонтальні сили.

Фіксувати несучу систему, в такому випадку необхідно в місцях її кріплення з переднім підрамником. Закріплення системи зображено на рисунку 3.2

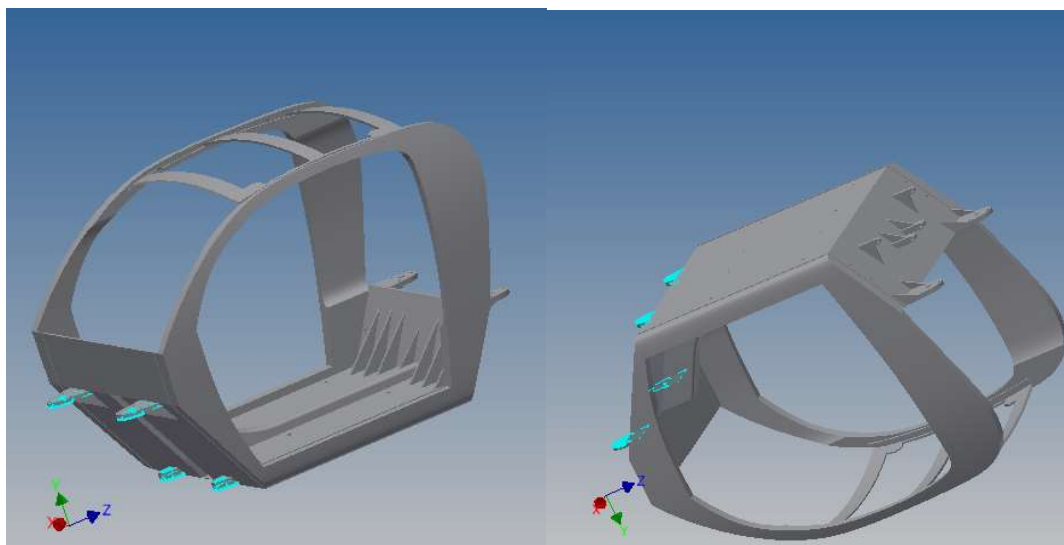


Рисунок 3.2 – Фіксація несучої системи під час екстренного гальмування

Оскільки під час діагонального вивішування на несучу систему будуть діяти лише вертикальні навантаження, при цьому, в даному випадку, вона була зафіксована за праве кріплення переднього підрамника та ліве кріплення заднього підрамника, як зображено на рисунку 3.3

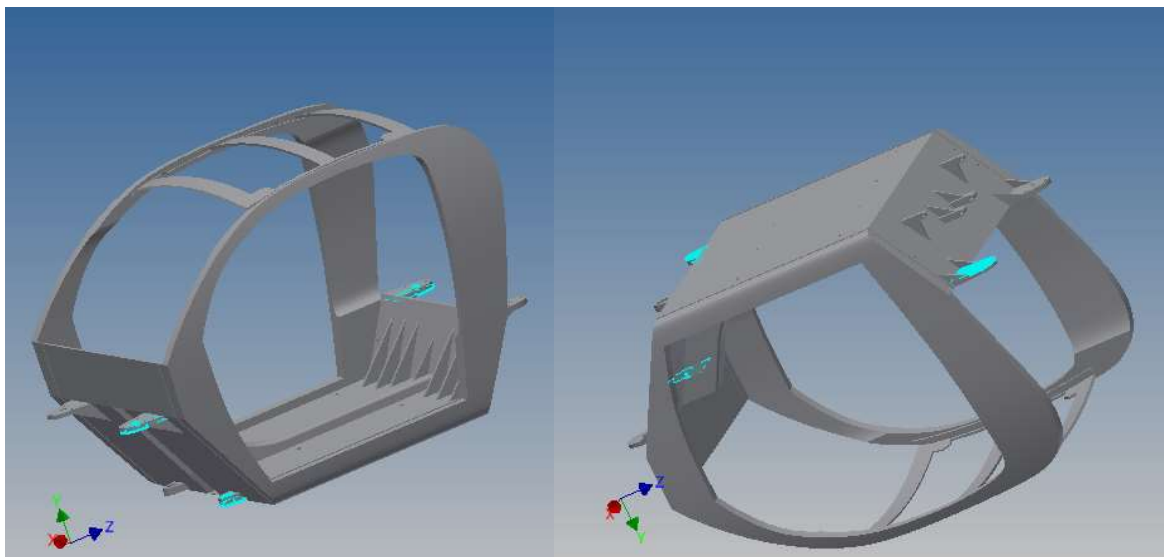


Рисунок 3.3 – Фіксація несучої системи під час діагонального вивішування

Для проведення порівняння жорсткості днища кузова з одинарним та подвійним дном необхідно, щоб вони знаходилися в однакових умовах, при цьому для випробовування жорсткості доцільно випробовувати зразок через його скручування в продольній площині. Тому обидва днища були зафіксовані в місцях його кріплення з заднім підрамником, при цьому з протилежного боку діяв, однаковий в обох випадках, момент.

Фіксація обох деталей зображена на рисунку 3.4

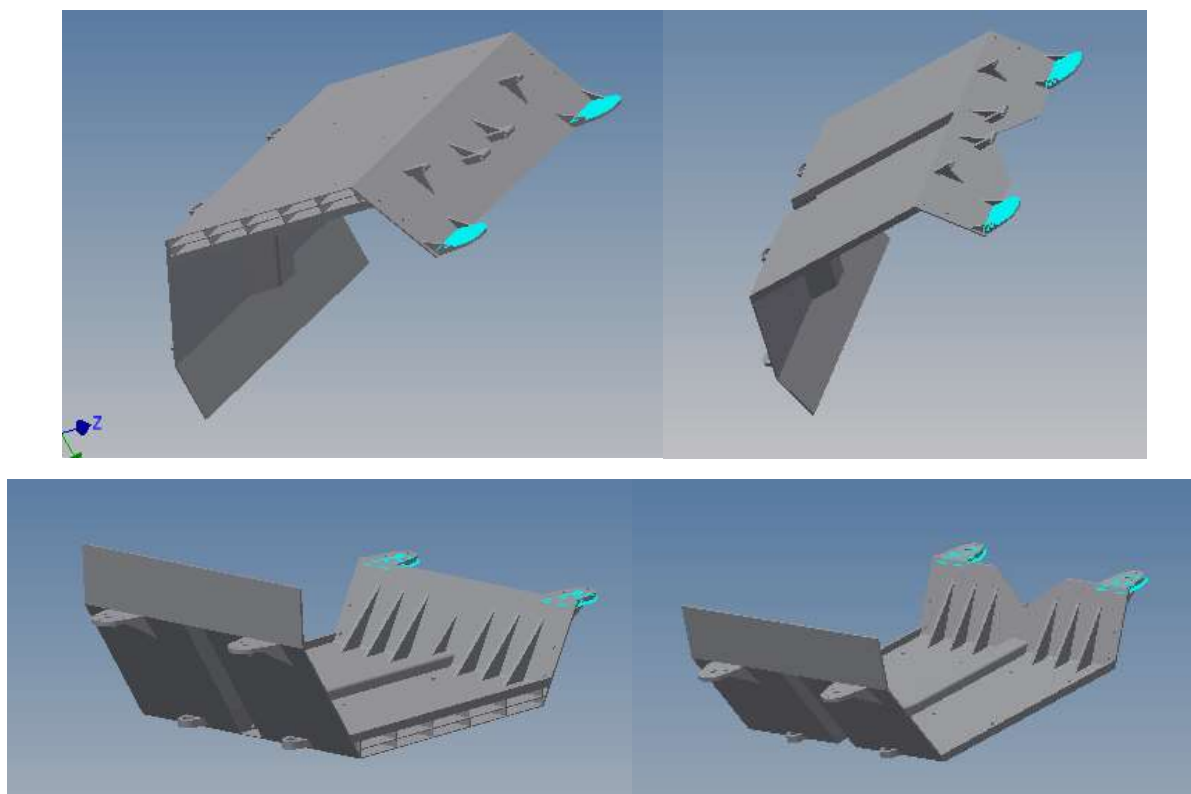


Рисунок 3.4 – Фіксація днищ з одинарним та подвійним дном

3.3 Розрахунок навантажень на несучу систему

Таблиця 3.3 – Сили та моменти реакції в залежностях у випадку максимального розгону електромобіля

Ім'я залежності	Сила реакції		Реактивний момент	
	Величина	Компонент (X,Y,Z)	Величина	Компонент (X,Y,Z)
Залежність фіксації:1	1670,47 Н	0 Н	95,3 Н м	94,8 Н м
		1294,16 Н		-6 Н м
		1056,23 Н		7,3 Н м
Залежність фіксації:2	1695,3 Н	-10580,8 Н	151,5 Н м	151,5 Н м
		1020,73 Н		0 Н м
		1353,57 Н		-1,5 Н м

Таблиця 3.4 – Сили та моменти реакції в залежностях у випадку екстренного гальмування електромобіля

Ім'я залежності	Сила реакції		Реактивний момент	
	Величина	Компонент (X,Y,Z)	Величина	Компонент (X,Y,Z)
Залежність фіксації:3	2959,58 Н	0 Н	2314,24 Н м	-2314,24 Н м
		2322,77 Н		0 Н м
		1834,08 Н		0 Н м

Таблиця 3.5 – Сили та моменти реакції в залежностях у випадку діагонального вивішування електромобіля

Ім'я залежності	Сила реакції		Реактивний момент	
	Величина	Компонент (X,Y,Z)	Величина	Компонент (X,Y,Z)
Залежність фіксації:3	2317,85 Н	0 Н	550,161 Н м	-549,49 Н м
		2317,85 Н		0 Н м
		0 Н		-27,17 Н м

Таблиця 3.6 – Сили та моменти реакції в залежностях при випробуванні на жорсткість днища з подвійним дном

Ім'я залежності	Сила реакції		Реактивний момент	
	Величина	Компонент (X,Y,Z)	Величина	Компонент (X,Y,Z)
Залежність фіксації:3	0 Н	0 Н	100 Н м	0 Н м
		0 Н		-50 Н м
		0 Н		-86,61 Н м

Таблиця 3.7 – Сили та моменти реакції в залежностях при випробуванні на жорсткість днища з одинарним дном

Ім'я залежності	Сила реакції		Реактивний момент	
	Величина	Компонент (X,Y,Z)	Величина	Компонент (X,Y,Z)
Залежність фіксації:3	0 Н	0 Н	100 Н м	0 Н м
		0 Н		-50 Н м
		0 Н		-86,74 Н м

Вертикальні навантаження з боку водія та пасажирів, які необхідно враховувати для випадків максимального розгону, екстреного гальмування та діагонального вивішування, представлені на рисунку 3.5

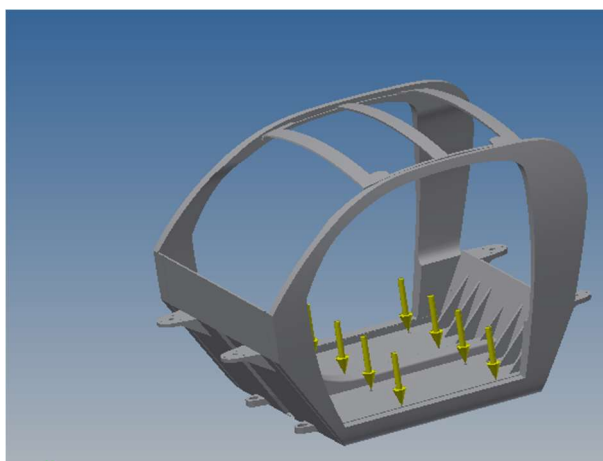


Рисунок 3.5 – Вертикальні навантаження з боку водія та пасажирів

Вертикальні навантаження акумуляторних батарей, які необхідно враховувати для діагонального вивішування, зображено на рисунку 3.6

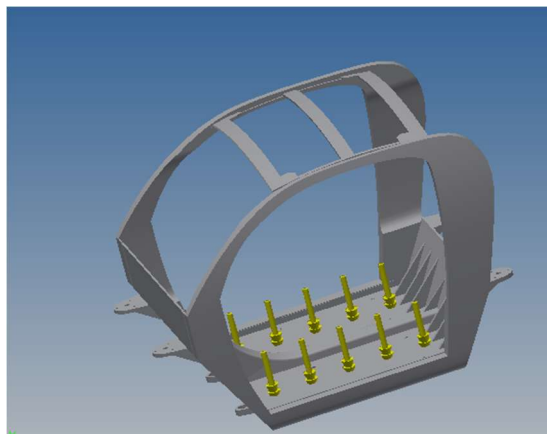


Рисунок 3.6 – Вертикальні навантаження акумуляторних батарей

Сумарні навантаження, які враховують вертикальні навантаження та сили інерції акумуляторних батарей під час максимального розгону представлені на рисунку 3.7

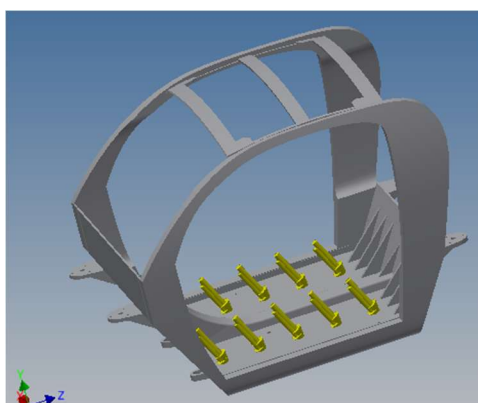


Рисунок 3.7 – Сумарні навантаження, які враховують вертикальні навантаження та сили інерції акумуляторних батарей під час максимального розгону

Сумарні навантаження, які враховують вертикальні навантаження та сили інерції акумуляторних батарей під час екстреного гальмування показані на рисунку 3.8

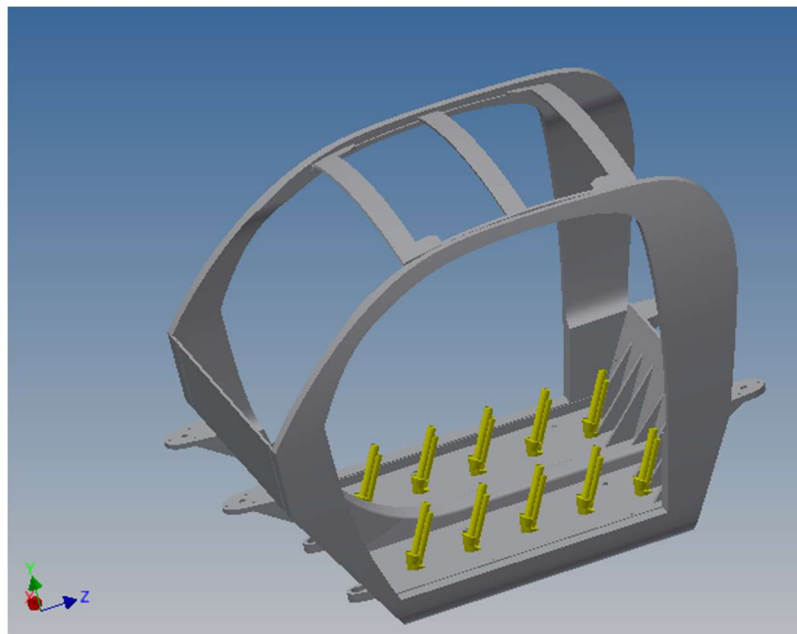


Рисунок 3.8 – Сумарні навантаження, які враховують вертикальні навантаження та сили інерції акумуляторних батарей під час екстренного гальмування

Сили інерції водія, пасажирів та їх сидінь під час максимального розгону представлені на рисунку 3.9

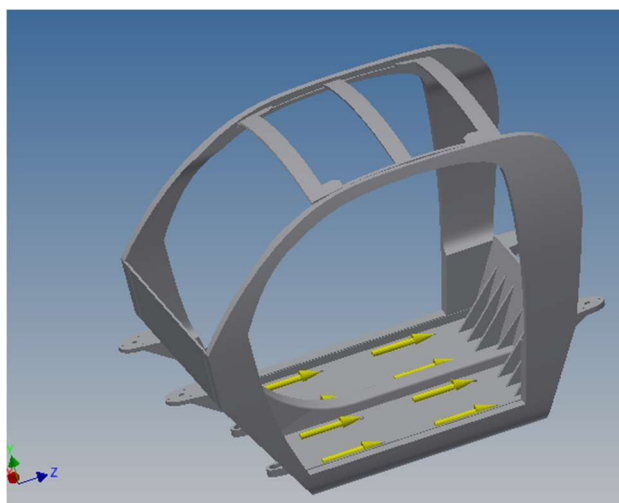


Рисунок 3.9 – Сили інерції водія, пасажирів та їх сидінь під час максимального розгону

Сили інерції водія, пасажирів та їх сидінь під екстреного гальмування представлені на рисунку 3.10

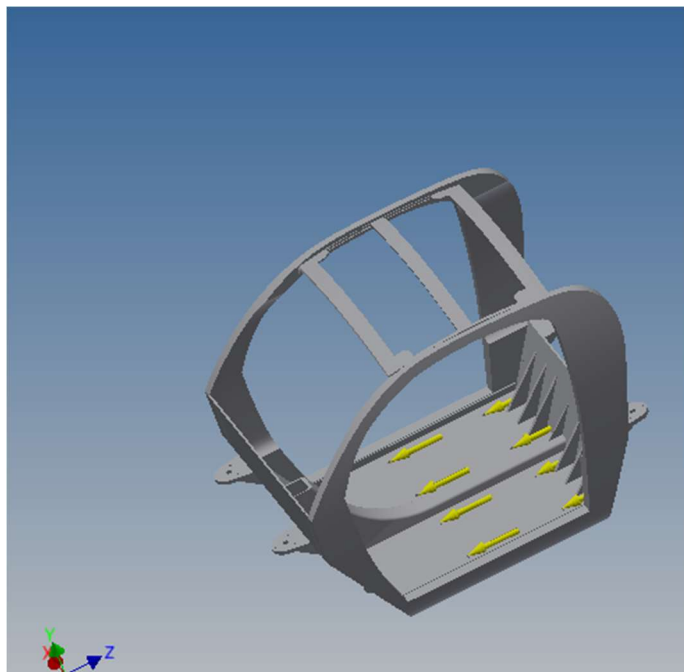


Рисунок 3.10 – Сили інерції водія, пасажирів та їх сидінь під екстреного гальмування

Момент інерції з боку переднього підрамника, переднього багажного відділення та передньої підвіски, які необхідно враховувати для випадку максимального прискорення, представлені на рисунку 3.11

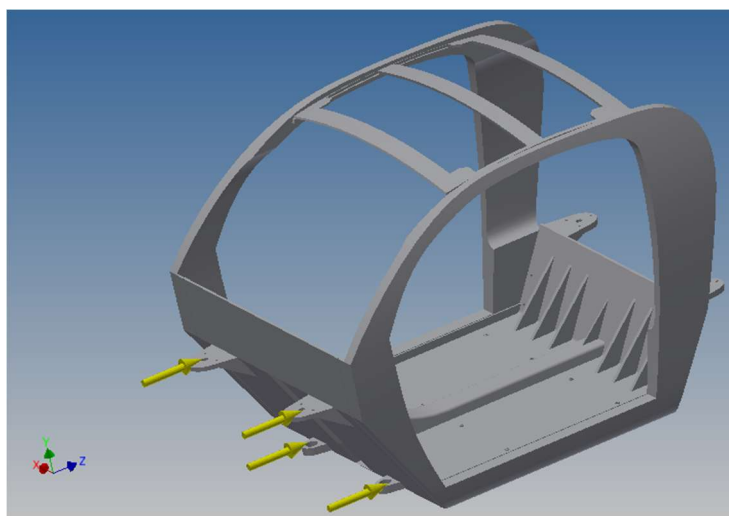


Рисунок 3.11 – Момент інерції з боку переднього підрамника, переднього багажного відділення та передньої підвіски

Момент інерції з боку заднього підрамника, заднього багажного відділення, двигунів та трансмісії та задньої підвіски, які необхідно враховувати для випадку екстремного гальмування, представлені на рисунку 3.12

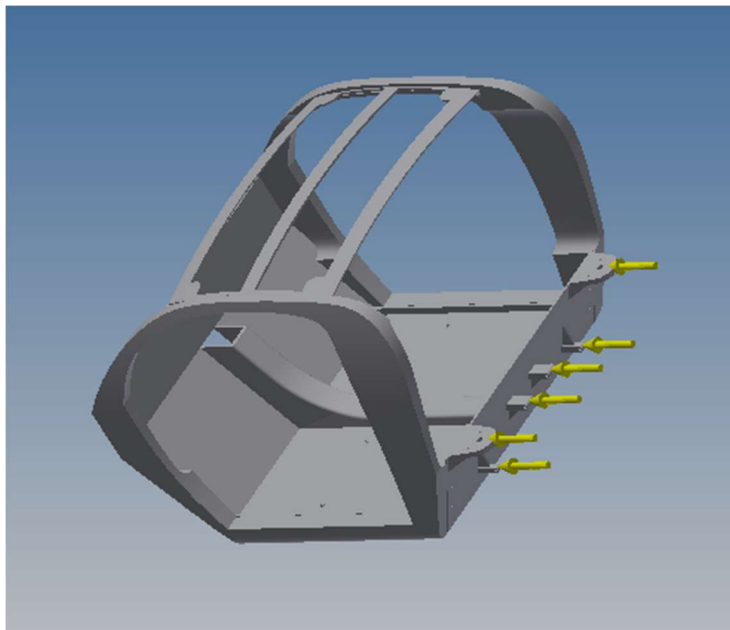


Рисунок 3.12 – Момент інерції з боку заднього підрамника, заднього багажного відділення, двигунів та трансмісії та задньої підвіски

Сила тяжіння, яка виражається через прискорення вільного падіння для випадку діагонального вивішування електромобіля показана на рисунку 3.13

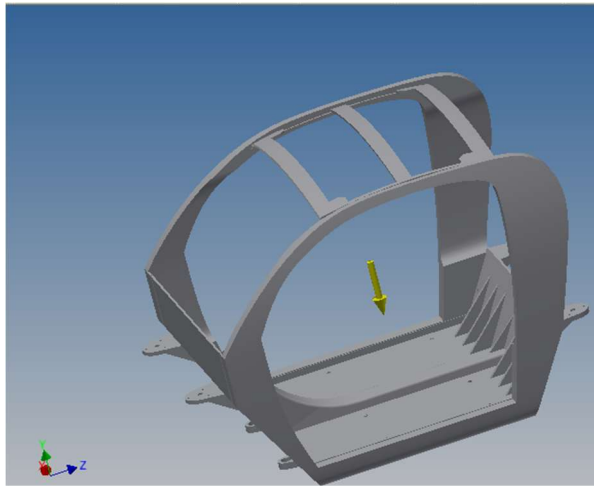


Рисунок 3.13 – Сила тяжіння

Оскільки під час максимального прискорення та екстремного гальмування несуча система має власну силу інерції, оскільки ця сила не матиме певного місця прикладення, то доцільно її буде виразити, векторно додавши прискорення або уповільнення, в залежності від ситуації, до прискорення вільного падіння.

Вектор сумарного прискорення під час максимального прискорення та під час екстремного гальмування показано на рисунках 3.14 та 3.15 відповідно

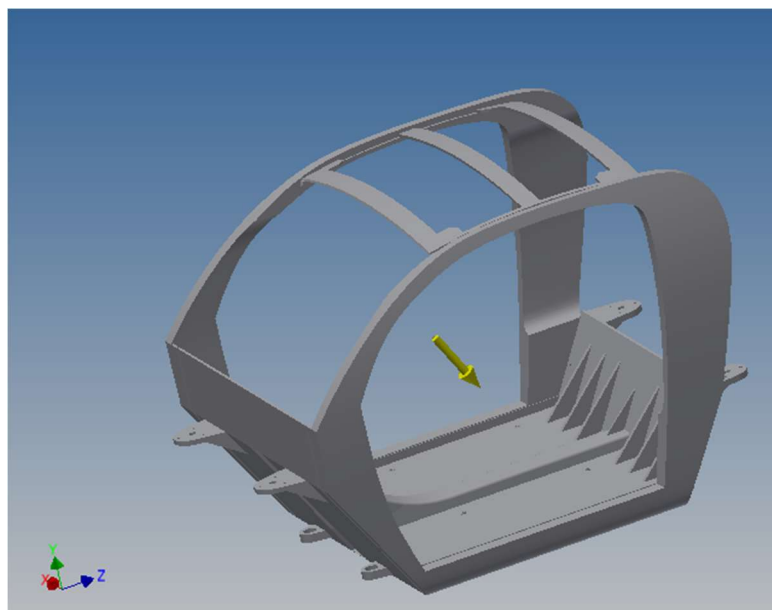


Рисунок 3.14 – Вектор сумарного прискорення під час максимального прискорення

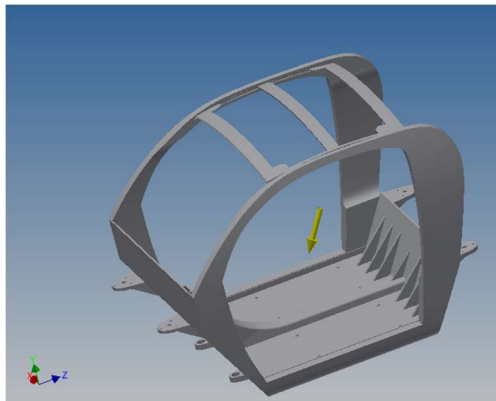


Рисунок 3.15 – Вектор сумарного прискорення під час екстремного гальмування

Реактивний момент в місцях кріплення двигуна, який виникає під час максимального прискорення, представлений на рисунку 3.16

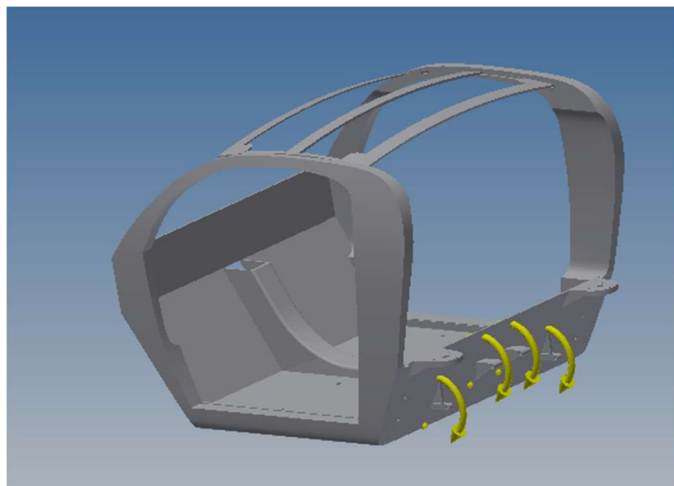


Рисунок 3.16 – Реактивний момент в місцях кріплення двигуна

Момент, який використовувався для порівняння жорсткості днища з подвійним та одинарним дном представлений на рисунках 3.17 та 3.17 відповідно

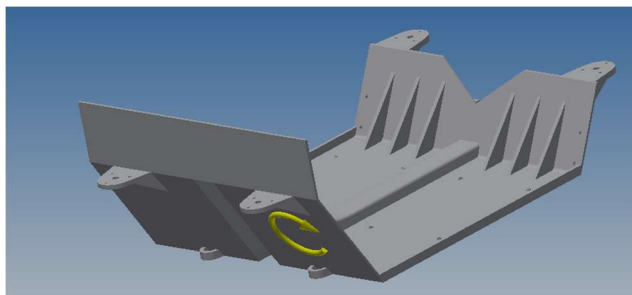


Рисунок 3.17 – Момент, який використовувався для порівняння жорсткості днища з одинарним дном

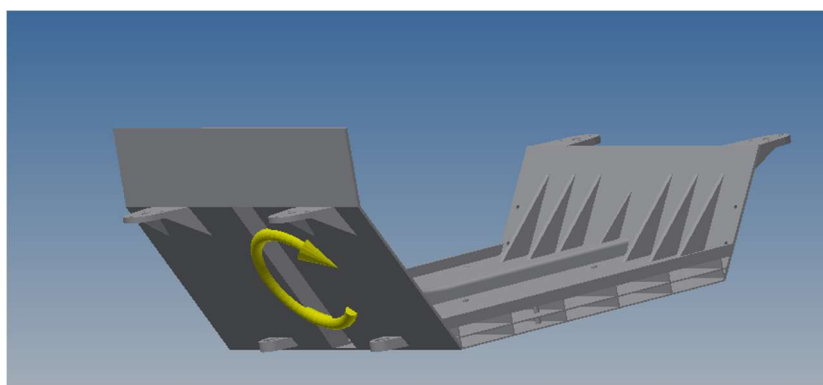


Рисунок 3.17 – Момент, який використовувався для порівняння жорсткості днища з подвійним дном

3.4 Результати розрахунків

Напруження по Мізесу для кожного випадку представлені на рисунках 3.18-3.22

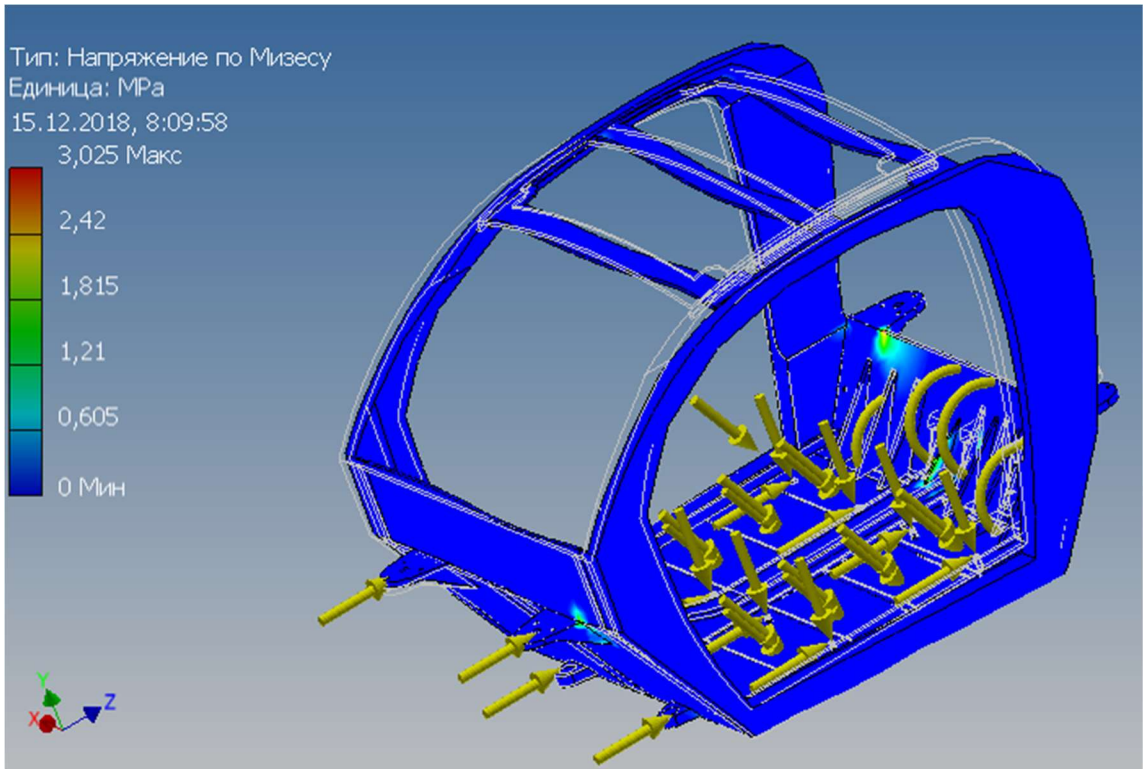


Рисунок 3.18 – Напруження по Мізесу під час максимального прискорення електромобіля

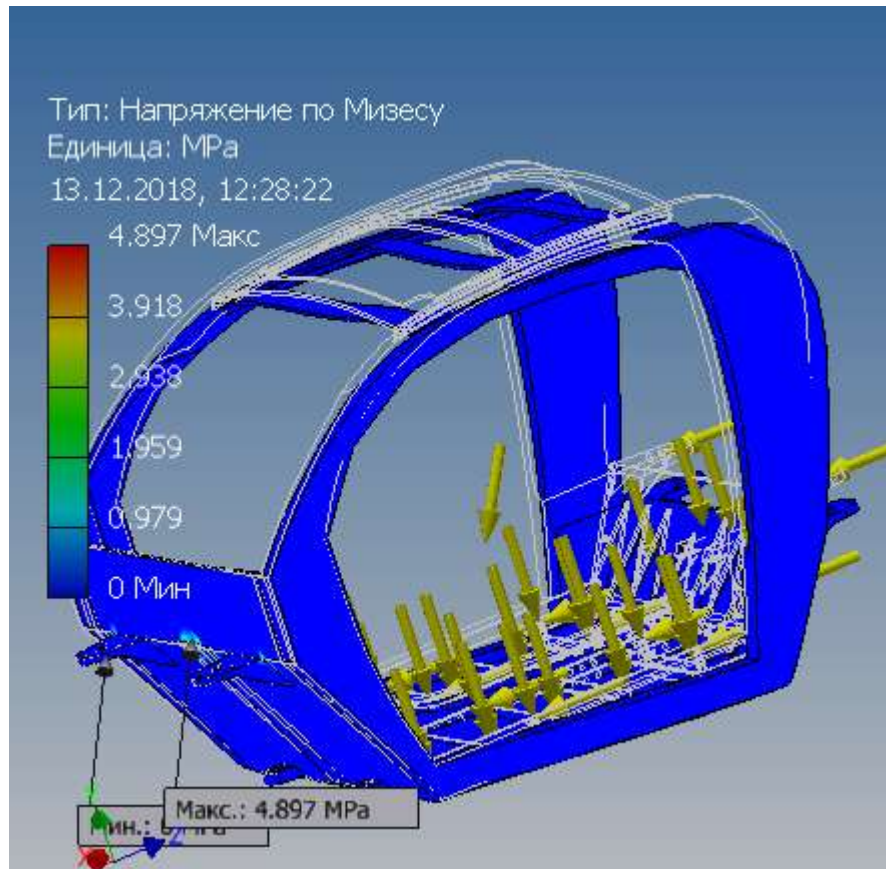


Рисунок 3.19 – Напруження по Мізесу під час екстренного гальмування електромобіля

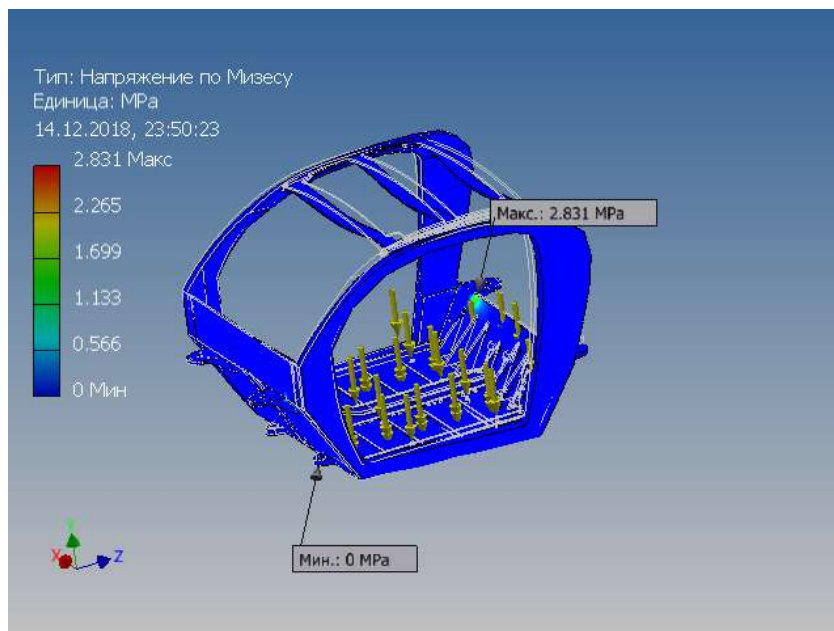


Рисунок 3.20 – Напруження по Мізесу під час діагонального вивішування електромобіля

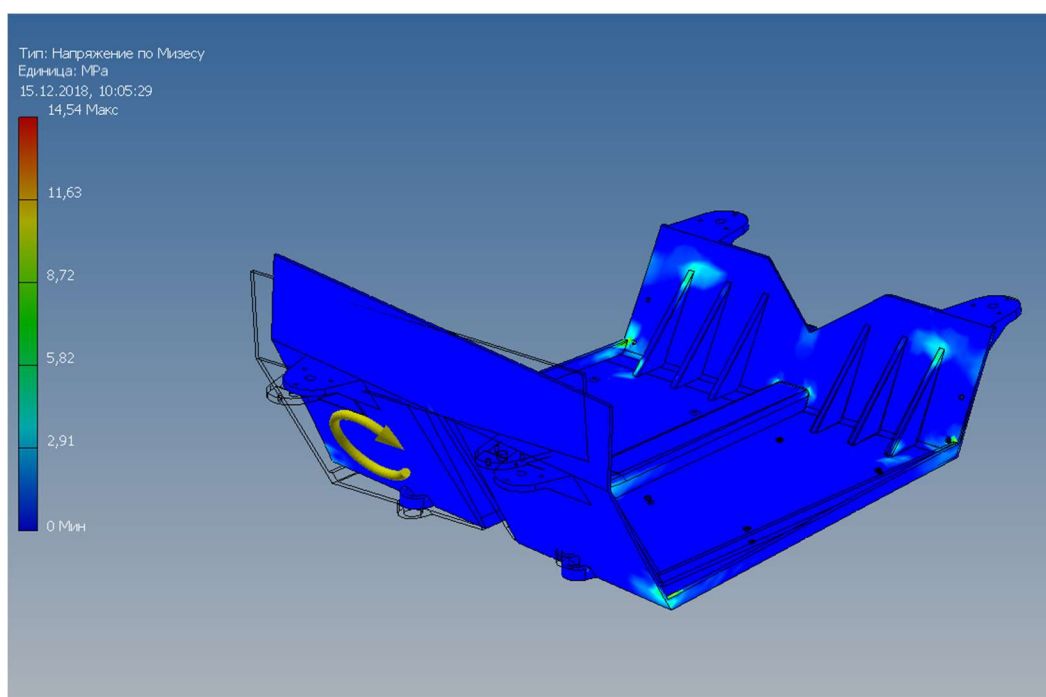


Рисунок 3.21 – Напруження по Мізесу під час випробування на жорсткість днища з одинарним дном

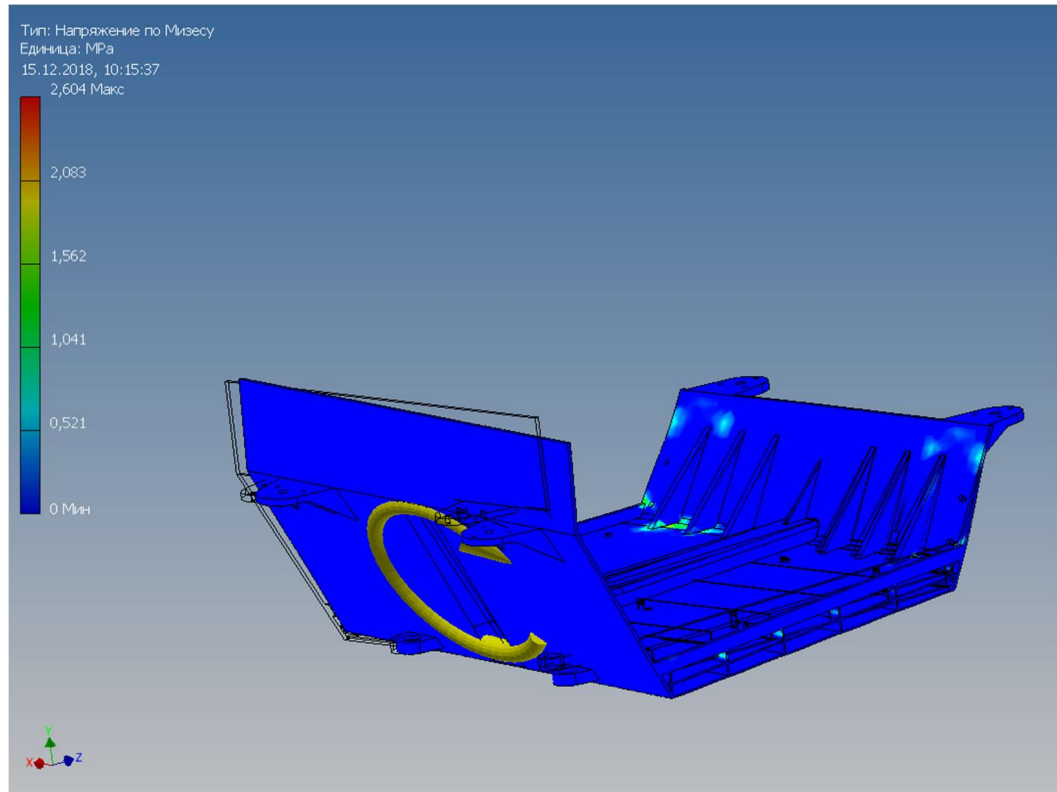
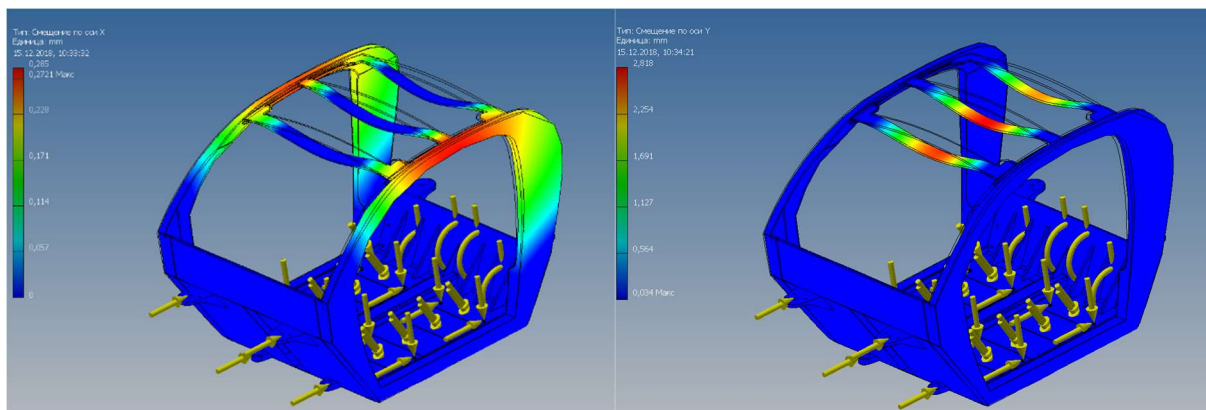


Рисунок 3.22 – Напруження по Мізесу під час випробування на жорсткість днища з подвійним дном

Деформації в різних площинах зображені на рисунках 3.23-3.27



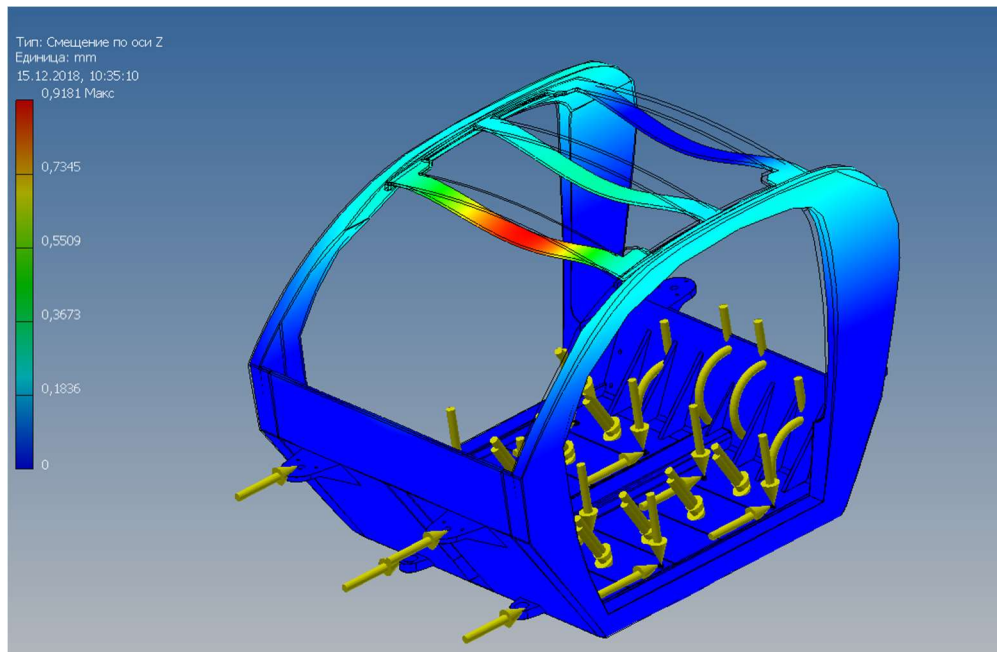


Рисунок 3.23 – Деформація в різних площинах несучої системи під час максимального прискорення

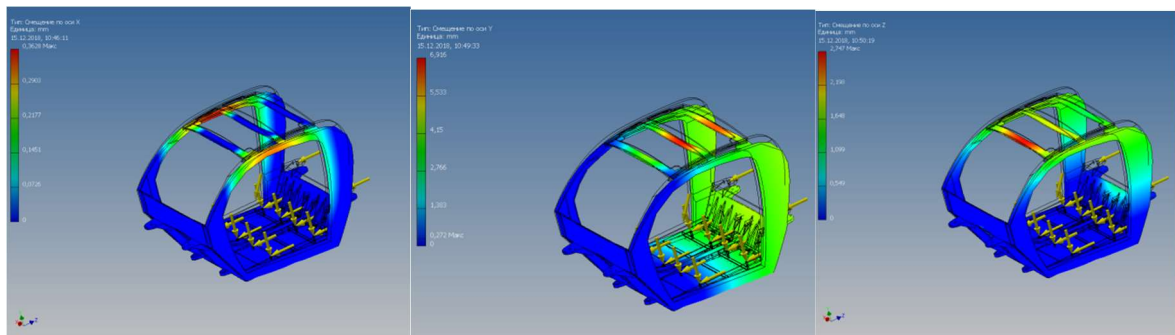


Рисунок 3.24 – Деформація в різних площинах несучої системи під час екстреного гальмування

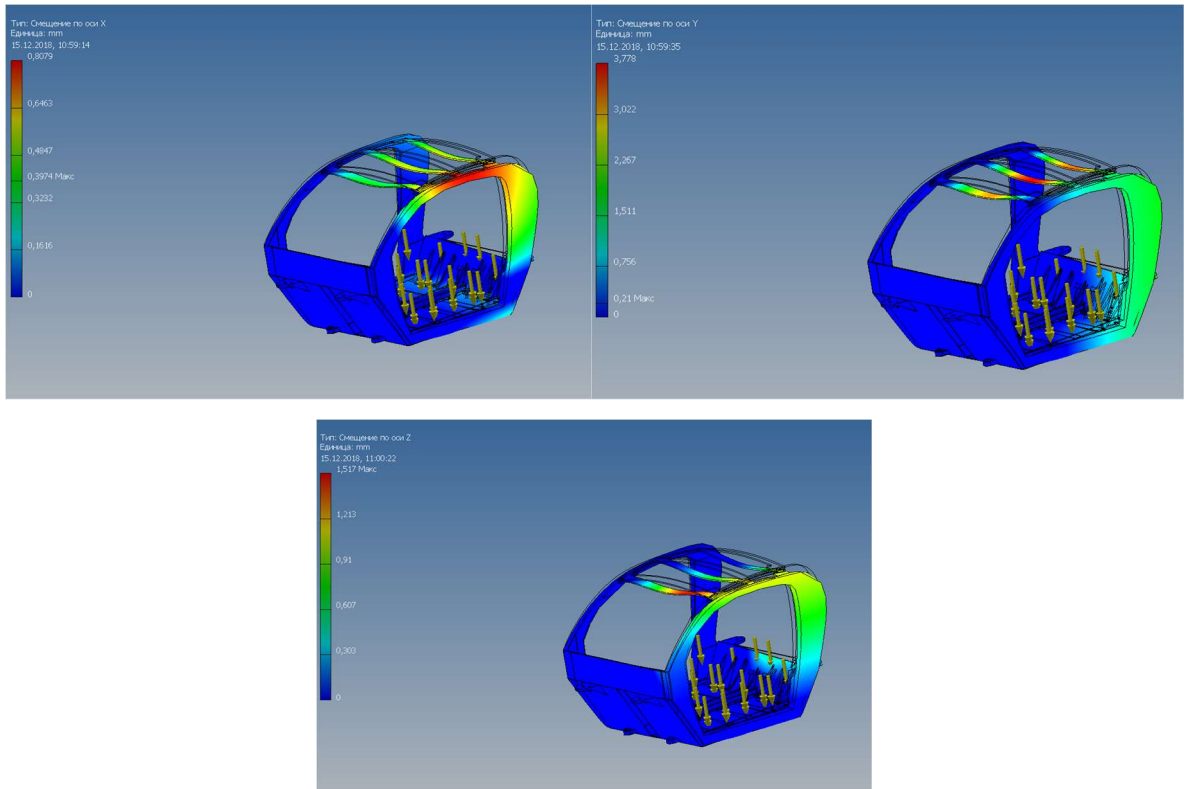


Рисунок 3.25 – Деформація в різних площинах несучої системи під час діагонального вивішування

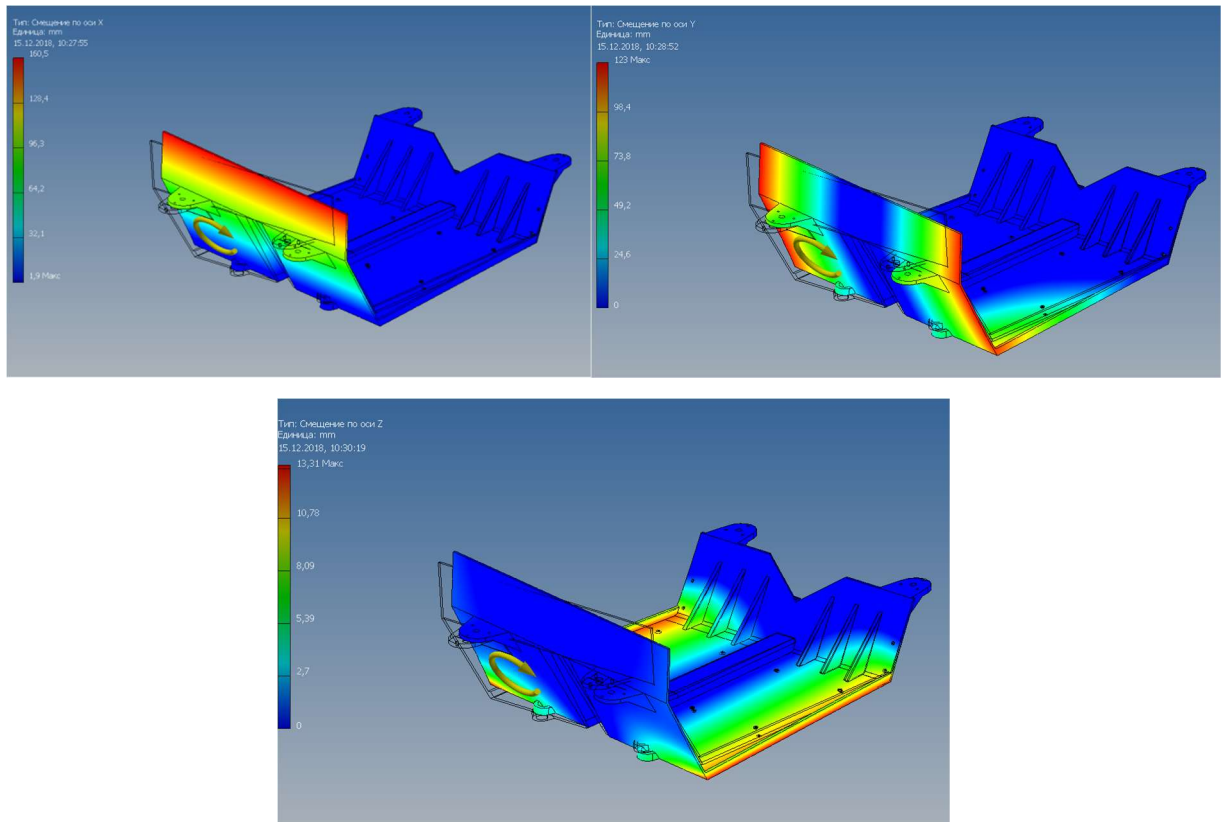


Рисунок 3.26 – Деформація в різних площинах днища кузова з одинарним дном

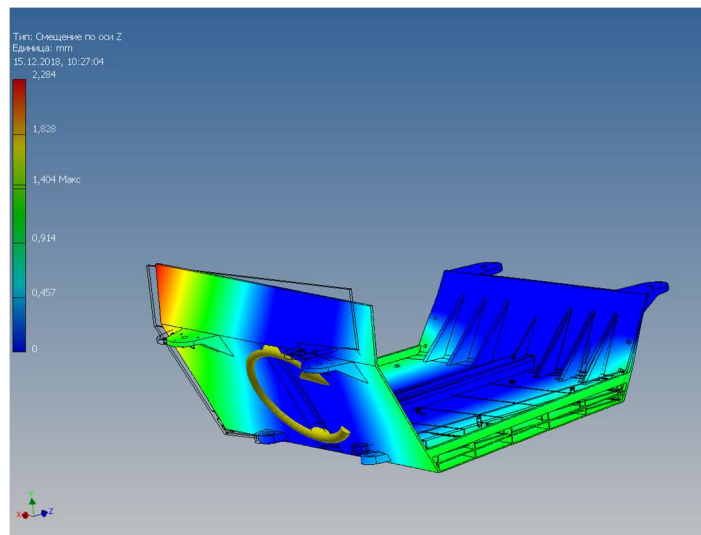
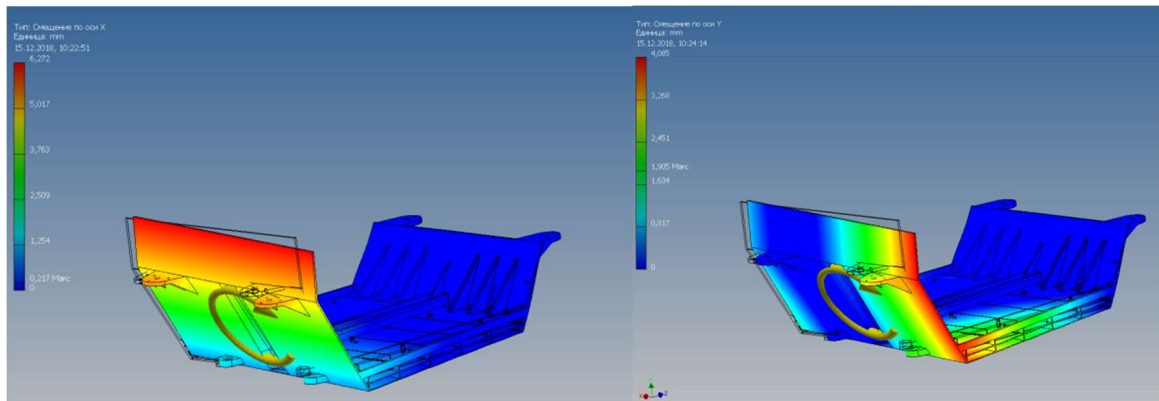


Рисунок 3.27 – Деформація в різних площинах днища кузова з подвійним дном

Коефіцієнти запасу міцності для кожного випадку представлені на рисунках 3.28-3.32

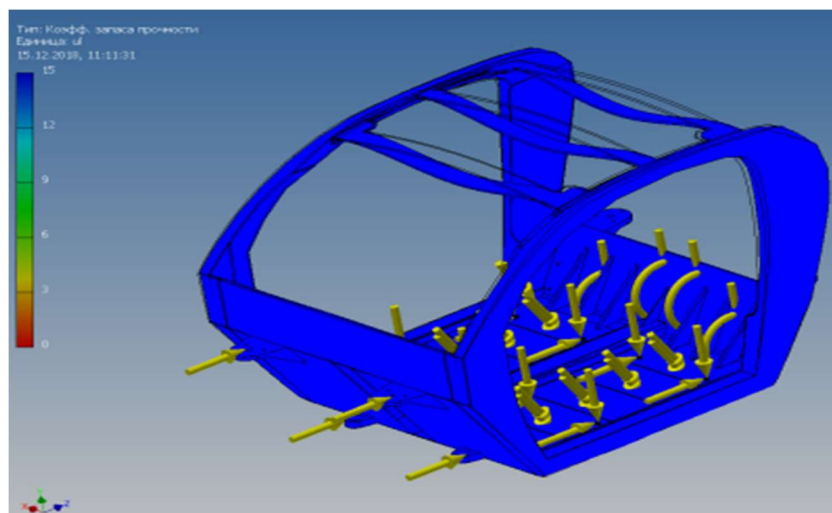


Рисунок 3.28 – Коefіцієнти запасу міцності несучої системи під час максимального прискорення електромобіля

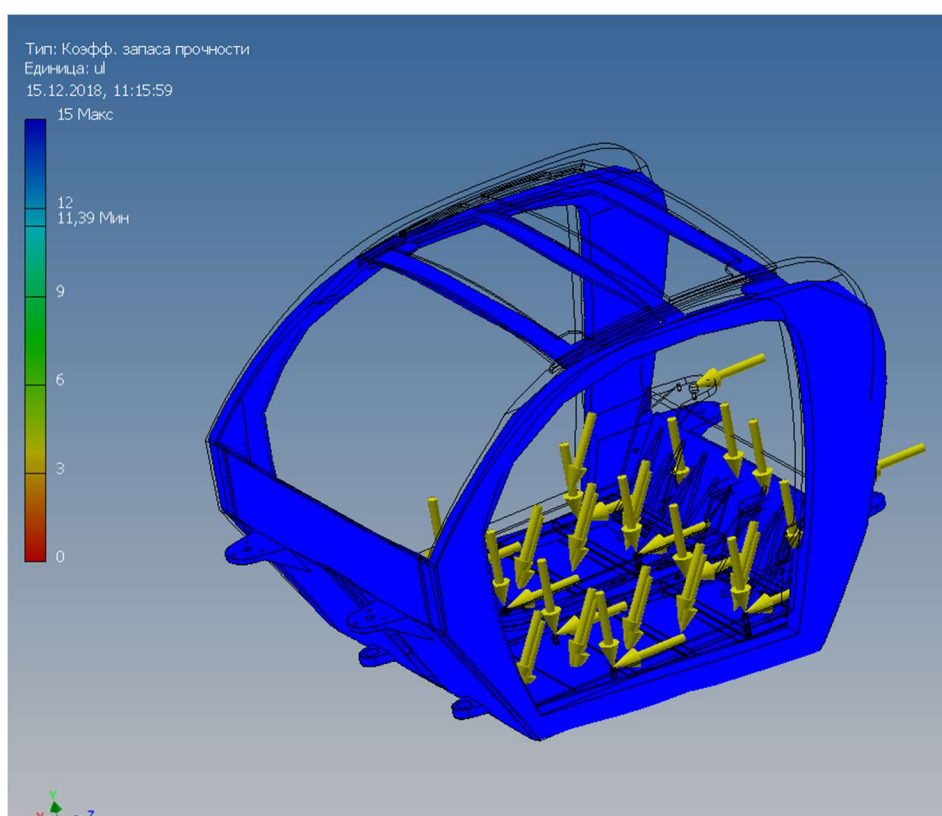


Рисунок 3.29 – Коefіцієнти запасу міцності несучої системи під час максимального прискорення електромобіля

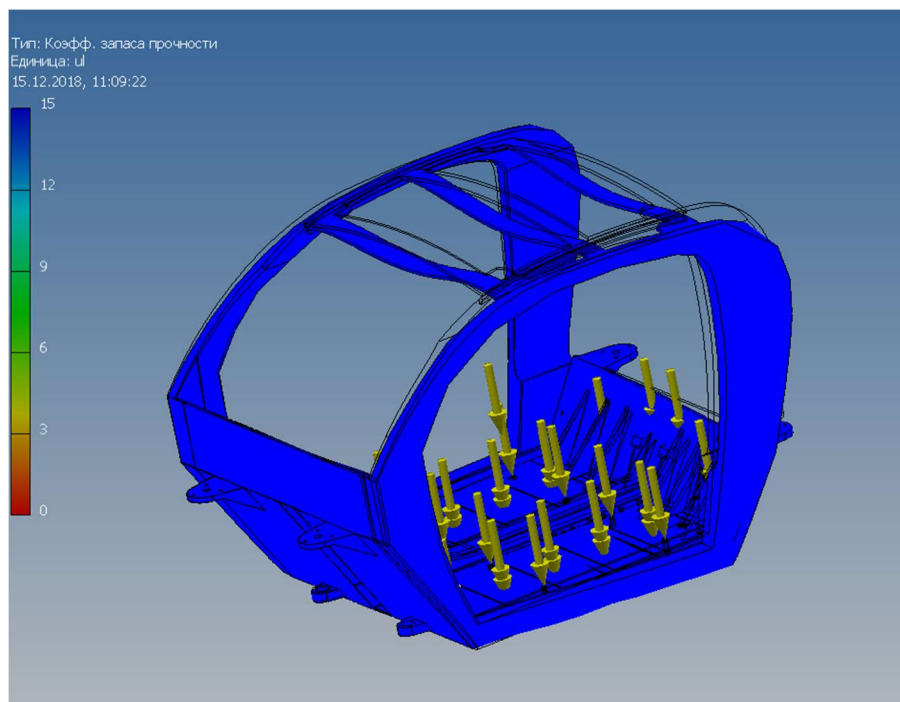


Рисунок 3.30 – Коefіцієнти запасу міцності несучої системи під час діагонального вивішування електромобіля

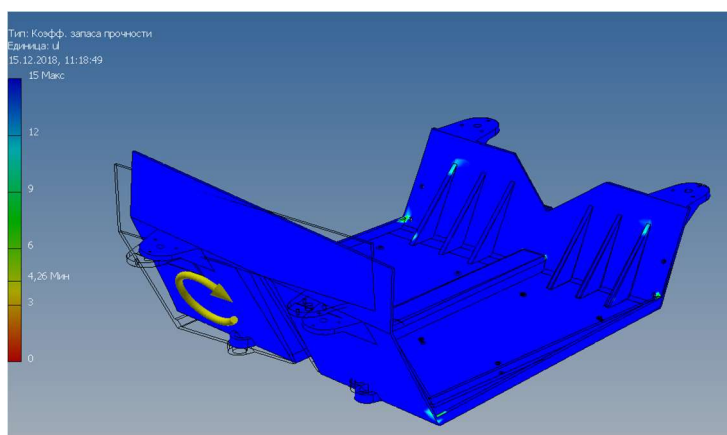


Рисунок 3.31 – Коefіцієнти запасу міцності днища з одинарним дном

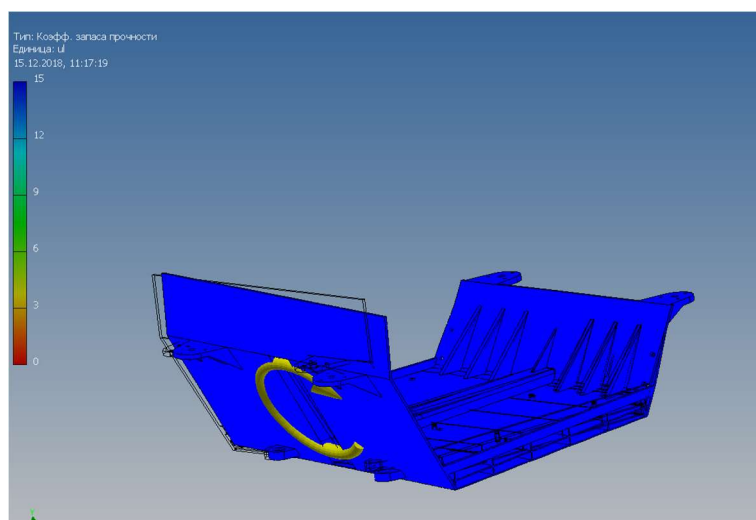


Рисунок 3.32 – Коефіцієнти запасу міцності днища з подвійним дном

Висновок: виконаний аналіз доводить, що застосування подвійного дна для розміщення акумуляторних батарей збільшує жорсткість днища в 3 рази. При цьому, розроблювана несуча система при розглянутих граничних умовах має мінімальний запас міцності більше 11, що перевищує допустимий коефіцієнт запасу міцності і таким чином можна стверджувати про доцільність її використання в реальних умовах, а вага такої системи майже вдвічі менша, ніж у аналогів.

4 РЕГУЛЮВАННЯ ЧАСТОТ ОБЕРТАННЯ ВЕДУЧИХ КОЛЕС ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

4.1 Основні параметри автомобіля

Для створення алгоритму керування частотами обертання ведучих колес електромобіля буде розглянута ситуація, коли електромобіль рушає з місця, маючи при цьому різні коефіцієнти зчеплення ведучих коліс. Як правило, в автомобілях, які не мають блокування диференціалу, майже весь крутний момент передається на колесо, яке має менший коефіцієнт зчеплення з дорогою, що призводить або до повної зупинки транспортного засобу або змушує його повертати.

Тому, для проведення курсового проекту необхідні наступні параметри розроблюваного електромобіля:

- повна маса – 900кг;
- маса, що припадає на задню вісь – 513кг;
- маса, що припадає на передню вісь – 387кг;
- динамічний радіус колеса – 0,27м;
- коефіцієнт зчеплення лівого ведучого колеса з дорогою – 0,012;
- коефіцієнт зчеплення правого колеса з дорогою – 0,008;
- максимальний крутний момент двигуна – 160Н м.

На розроблюваному електромобілі застосовуються 2 безколекторних електродвигуна, зовнішня швидкісна характеристика яких представлена на рисунку 4.1. Повна маса автомобіля була розрахована за формулою (4.1)

$$m_a = m_0 + (m_{\text{ч}} + m_{\text{г}}) \cdot (n_{\text{с}} + 1) = 710 + (75 + 20) \cdot 2 = 900 \text{ кг.} \quad (4.1)$$

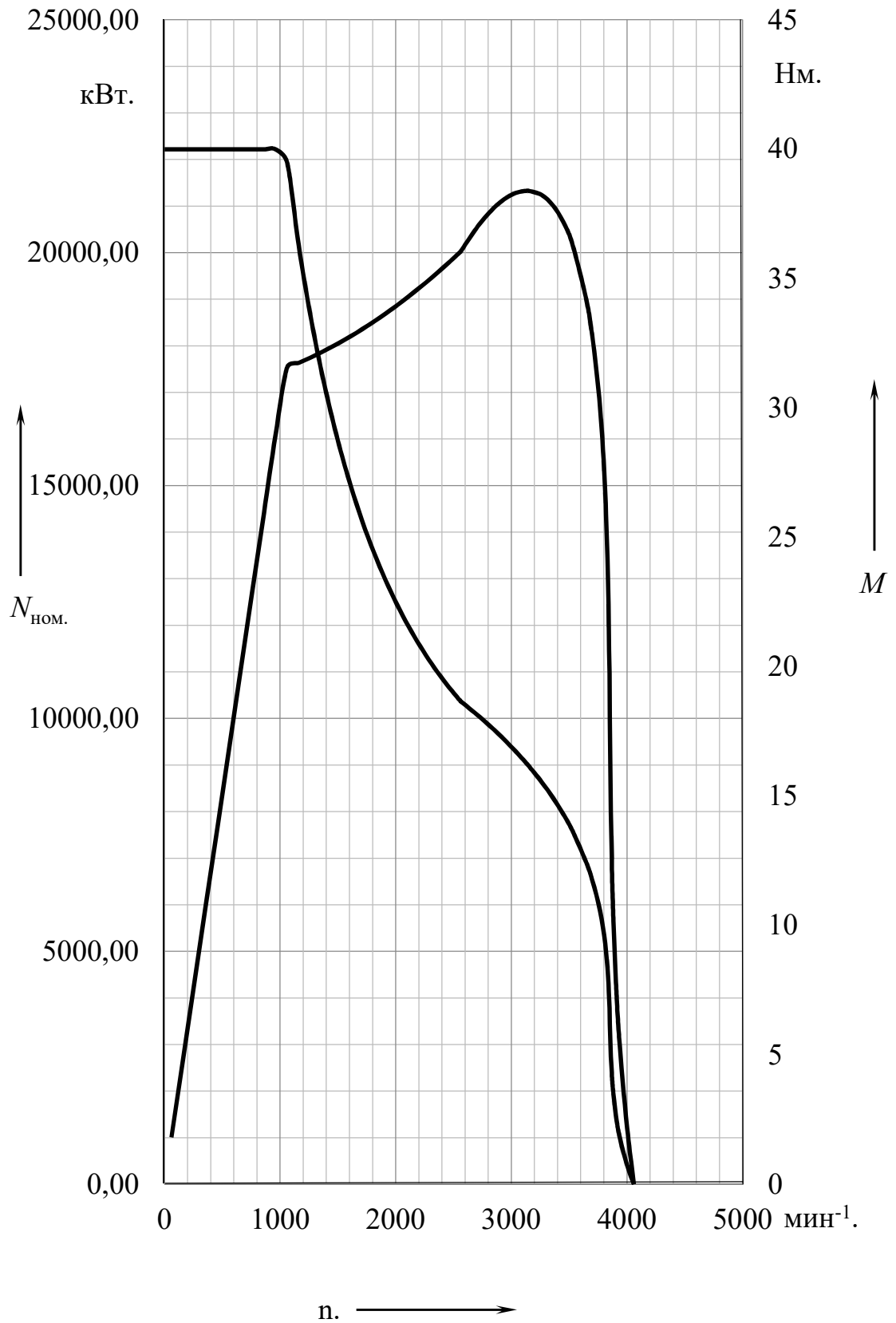


Рисунок 4.1. – Графік зовнішньої швидкісної характеристики двигуна

4.2 Аналіз систем керування частотою обертання ведучих коліс електромобіля

Електропривод, призначений для тяги, називається тяговим електроприводом (ТЕП). Такий електропривод знаходить застосування, наприклад, в залізничному, водному, міському та промисловому транспорті. Тяговий електропривод автомобіля (ТЕА) є одним з видів тягового електроприводу транспортних засобів (ТЗ). Аналіз систем ТЕА проводиться на основі загальної теорії електроприводу і методів розрахунку систем тягового приводу автомобільного транспорту. Найбільш узагальненим принципом аналізу передавальних систем є закон збереження енергії, на базі якого засновані приватні теоретичні і методичні положення, використані для аналізу і дослідження режимів роботи систем ТЕА.

Теорія силового потоку (ТСП), заснована на принципах закону збереження енергії, розглядає односпрямовану її передачу від джерела до споживача в формі фактора потужності. Так як розвивається двигуном момент і споживана від джерела енергія автоматично змінюються зі зміною умов роботи і величини опору руху, представляється доцільним введення поняття зустрічного силового потоку опору руху (потіку реакції «опори»). У запропонованому аспекті в передавальній системі функціонують два силових потоку – рушійний і потік опору руху, силові фактори яких мають аналогічні назви і позначення.

У представленій на рис. 1.1 спрощеній структурній схемі ТЕП:

- P і P_c - потужності фактори рушійного потоку і потоку опору руху;
- $M_{вр}$ і F_t - силові фактори рушійного потоку;
- M_c і F_c - силові фактори потоку опору руху.

Розгляд спрощеної схеми взаємодії окремих елементів передавальної системи дозволяє одночасно визначити «функціональні» поняття їх основних характеристик.

Так як основними призначеннями електродвигуна є створення крутного моменту і реалізація руху виконавчого механізму за рахунок енергії, що виробляється в перетворювальній пристрої ТЕП, то вплив електродвигуна на виконавчий механізм може бути представлено потужносним рушійним потоком і відповідними йому, силовим і швидкісним факторами. Реакція виконавчого механізму на величину швидкісного фактора визначається механічною характеристикою виконавчого механізму в формі залежності $M_c(\omega)$ або $F_c(V)$. Зворотний вплив силового фактора M_c на електродвигун визначає функціональну залежність $e_d\omega$ (Мед), відповідну механічній характеристиці електродвигуна. На

рис. 1.2 представлені вихідні базові характеристики елементів розімкненої системи, а на рис. 1.3 - замкнутої системи ТЕА. На рис. 1.4 приведена також схема силового потоку в системі з гідравлічним приводом.

Теорія характерних процесів (ТХП) знаходить застосування при дослідженні процесів в системах автоматичного регулювання різного призначення, в тому числі і в системах електричного приводу, як методичний інструмент їх аналізу при впливі на об'єкт регулювання обурює і керуючого сигналів.

Для проведення аналізу процесів зміни швидкості тягового електродвигуна (швидкості руху автомобіля) класифікуємо їх наступним чином.

1. Процес природного зміни швидкості тягового електродвигуна (перший процес) як процес автоматичного її зміни електродвигуном при зміні навантаження на валу ЕД (опору руху автомобіля).

2. Процес регулювання швидкості тягового електродвигуна (другий процес) як процес автоматичного її зміни двигуном при примусовому впливі на той чи інший елемент електричного кола водієм або автоматичним пристроєм, що розглядається при постійному значенні навантаження на валу ЕД (опору руху автомобіля).

Зазначені процеси є складовою частиною двох основоположних характерних процесів, що протікають в ТЕА - першого характерного процесу (ПХП) і другого характерного процесу (ВХП).

У тяговому електроприводі обидва характерних процеси протікають зазвичай одночасно, тобто має місце синтез двох

характерних процесів (СХП).

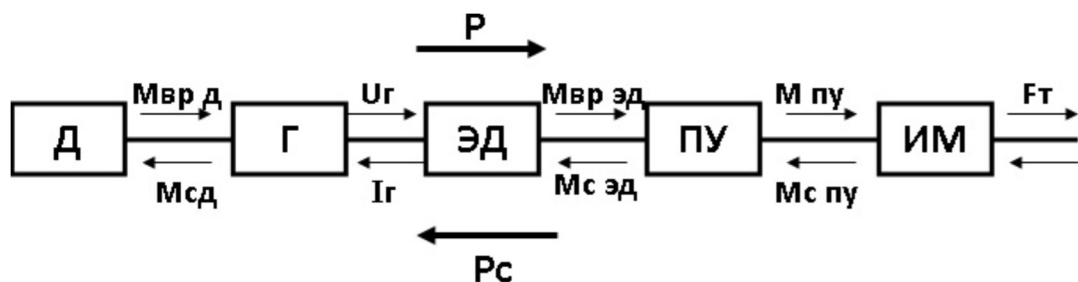


Рисунок 4.2 – Силові потоки ТЕП

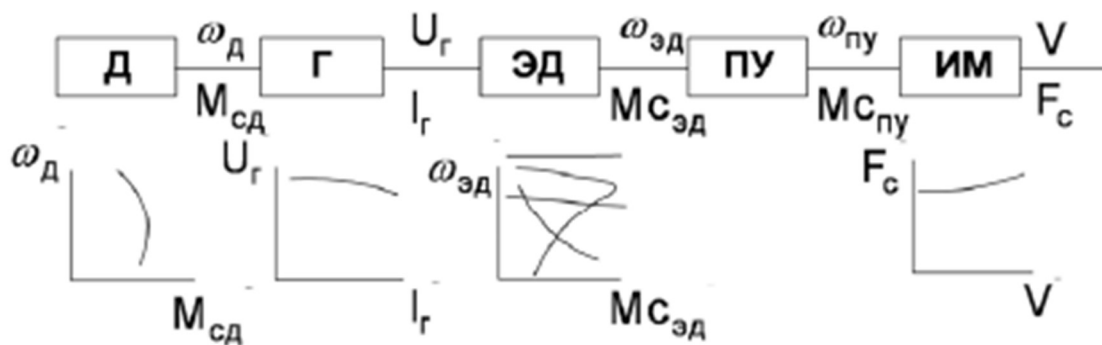


Рисунок 4.3 – Базові характеристики елементів ТЕП

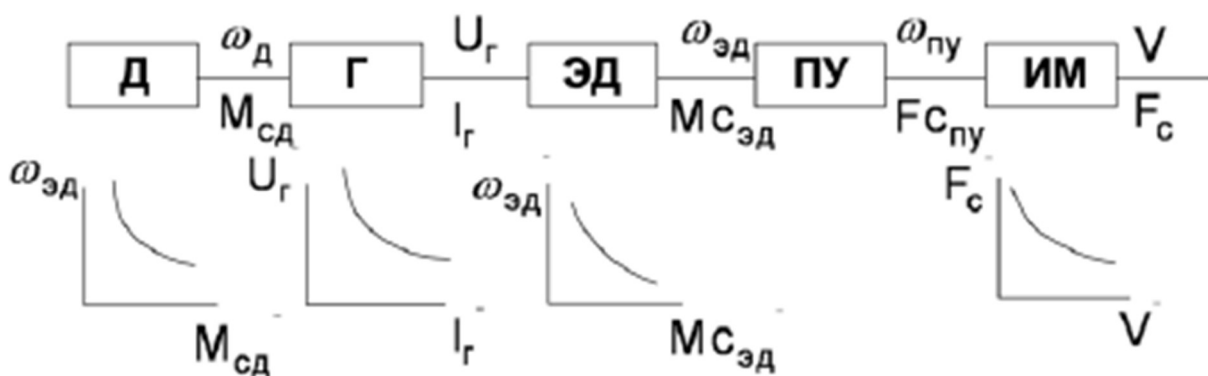


Рисунок 4.4 – Базові характеристики елементів ТЕП

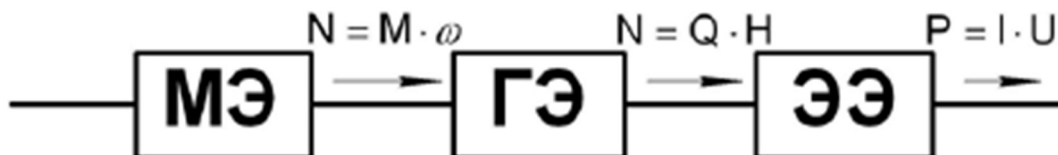


Рисунок 4.5 – Силовий потік в системі з гідравлічним приводом

При синтезі характерних процесів робоча точка переміщається (в статиці) як по заданій механічній характеристиці, так і в вертикальному напрямку. В результаті має місце серія (сімейство) механічних характеристик.

Розглянуті вище два характерних процесу можуть бути умовно віднесені до першого характерному процесу в замкнутій системі як процесу, який лежить в основі визначення поняття механічної характеристики ТЕД в замкнутій системі і виникає при дії обурення типового для першого характерного процесу.

Одночасно має місце регулювання швидкості руху водієм (автоматом), здійснюване незалежно від величини навантаження. Принципова відмінність даного процесу регулювання швидкості тягових електродвигунів (другого

характерного процесу в замкнутій системі) від процесу зміни параметрів з метою формування нової механічної характеристики полягає в можливості отримання різних значень швидкості ЕД при постійному значенні величини моменту опору. Вплив водія при цьому є зовнішнім впливом.

Практично робота системи відбувається при одночасному протіканні двох характерних процесів, що визначають швидкість руху автомобіля. Водій задає характеристику елементів приводу в замкнутій системі, переміщення точки по якій визначається силою (моментом) опору руху. Водій регулює швидкість руху автомобіля, а вона встановлюється відповідно до сигналу з водія, і навантаженням тягового електродвигуна.

Застосування ТХП до систем ТЕП розглянуто нижче, де аналіз процесів і прикладів руху робочої точки з координатами ω , M_c в замкнутій системі ТЕА представлені для ТЕП великовантажного автомобіля. На рис. 2.5 наведені приклади характерних процесів в ТЕП БА, де ПХП і ВХП - відповідно перший і другий характерні процеси в розімкнутій системі, а СХП - синтез характерних процесів в замкнутій системі ТЕП.

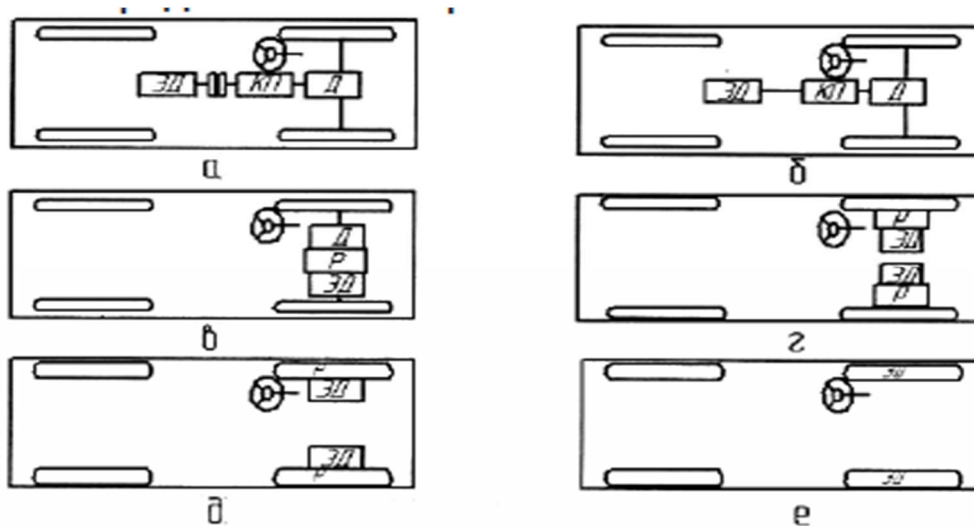
Найпростішим конструктивним рішенням ТЕП автомобіля з однотипною енергетичною установкою (ЕУ) є привід електромобіля (ЕМ), що містить в складі силового ланцюга джерело енергії, електродвигун і механічну трансмісію. Перетворювальне, електродвигуні і передавальне пристрої ТЕП ЕМ за своїм функціональним призначенням подібні аналогічним пристроям автомобіля з ДВС.

Сучасний ЕМ має досить досконалу структуру і задовольняє вимогам експлуатації, відповідно до свого конкретного призначенням. Експлуатація електромобіля не супроводжується забрудненням повітря (виділенням токсичних речовин).

Транспортні засоби з КЕУ, які використовують два джерела потужності, мають перевагу перед ЕМ по дальності перевезень, але не вирішують повністю питань екології. Алгоритм функціонування таких систем досить складний і при аналізі може бути розділений на алгоритми окремих режимів, частина яких аналогічна режиму роботи автомобіля з однотипною енергоустановкою (в тому числі електромобіля).

Представлений нижче аналіз проведений стосовно автомобіля з узагальненої структурної схемою ТЕП, виконаної на базі конструктивного виконання трансмісії електромобіля (рис.2.1) і відповідного схемою електричної частини приводу силового електронного перетворювача, що працює в режимі енергоживлення від однотипної енергетичної установки.

Конструктивне виконання тягового електроприводу електромобіля може мати кілька варіантів. Основні з цих варіантів представлені на рисунку 4.6



Д- диференціал; КП- коробка передач; ЭД- електродвигун; Р- редуктор.

Рисунок 4.6 – Варіанти конструктивного виконання ТЕП ЕМ

На рисунок 4.6 (а) зображений ТЕП, що складається з електродвигуна, зчеплення, коробки передач і диференціала. Зчеплення і коробка передач можуть бути замінені автоматичною коробкою передач. Зчеплення використовується для з'єднання і роз'єднання електродвигуна з відомими колесами. Коробка передач забезпечує ряд передавальних відносин, щоб змінювати крутний момент на колесі автомобіля. Диференціал - механічний пристрій (ряд планетарних механізмів), що забезпечує рух транспортного засобу на поворотах.

На рисунку 4.6 (б) зображено ТЕП для ЕМ з електродвигуном постійної потужності в великому діапазоні швидкості. Ця конструкція не тільки зменшує розмір і масу механічної передачі, але і спрощує контроль за тягою, так як виключає необхідність перемикання передачі.

На рис. 4.6 (в) зображено ТЕП, в якому електродвигун, нерухома передача і диференціал об'єднані в єдину конструкцію.

На рис. 4.6 (г) зображений ТЕП, в якому механічний диференціал відсутній і замінений двома двигунами. Кожен з них обертає одне колесо і забезпечує різні швидкості, коли транспортний засіб рухається по звивистій трасі.

На рис. 4.6 (д) зображений тяговий електродвигун, який вбудований в колесо. Це так званий "мотор-колісний" привід.

На рис. 4.6 (е) зображений ТЕП, в якому повністю відсутня механічна передача між електродвигуном і ведучим колесом, і ротор електродвигуна безпосередньо пов'язаний з ведучим колесом. Зміна швидкості електродвигуна

еквівалентно зміни швидкості колеса і швидкості транспортного засобу. Однак це розташування вимагає, щоб у електродвигуна був високий крутний момент.

В основу побудови функціональної схеми ТЕП електромобіля може бути покладена схема ТЕП ЕМ, представлена на рисунку 4.6 і складається з трьох основних частин: силовий ланцюга ТЕП, енергетичного блоку і блоку допоміжного обладнання.

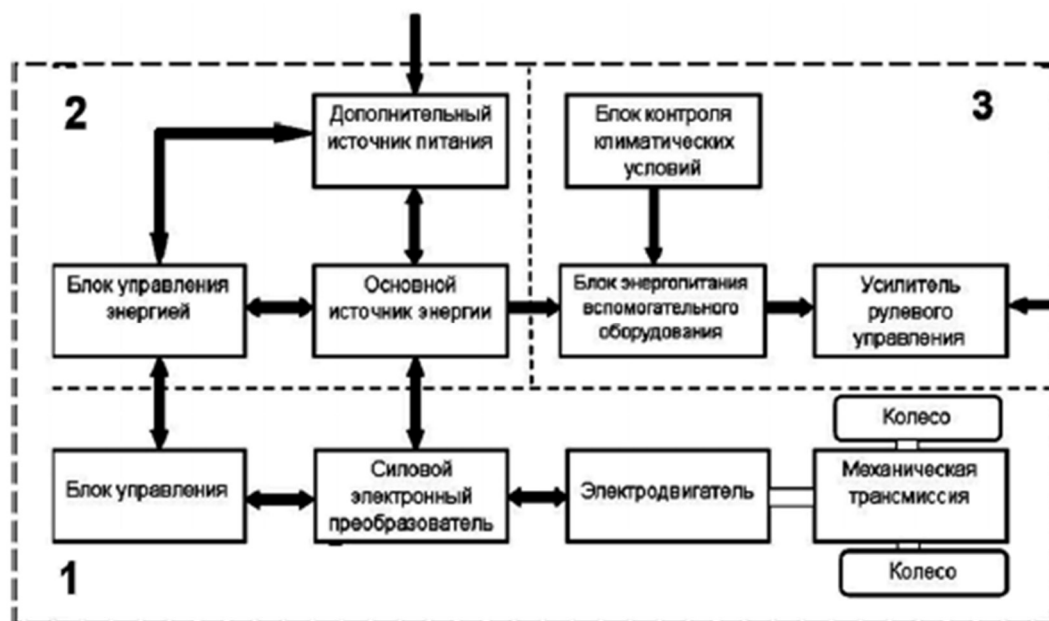
– Силовий ланцюг ТЕП включає в себе електронний блок управління, силовий електронний блок, електричну машину, механічну трансмісію і колеса.

1. Енергетичний блок містить основне джерело енергії, додаткове джерело енергії і блок управління енергією.

– Допоміжний службовий блок включає до свого складу блок електроживлення, підсилювач рульового управління і блок контролю за кліматичними умовами.

Створювані при переміщенні педалей ходу і гальмування сигнали надходять на вхід електронного блоку управління і далі на силовий електронний перетворювач, керуючий роботою електромашинної частини приводу. Представлена схема відповідає в основному сучасному виконання ТЕП електромобіля.

У плані його попереднього розвитку, на першому етапі, при простоті пристроїв управління в силовій частині приводу мали місце великі втрати енергії, незначний запас ходу і низькі якісні характеристики процесу управління, що стало причиною розробки досконаліших систем ТЕП ЕМ з використанням досягнень електронної техніки.



1 - силовий ланцюг ТЭП; 2 – енергетичний блок; 3 - блок допоміжного обладнання

Рисунок 4.7 – Функціональна схема ТЕП ЕМ:

Для другого етапу розвитку тягового приводу електромобілів характерно застосування напівпровідникових перетворювачів енергії. Перше застосування на даному етапі отримав тяговий привід постійного струму з тиристорним перетворювачем в якійного ланцюга двигуна, а в подальшому - регулювання магнітного потоку за допомогою транзисторного перетворювача в ланцюзі обмотки збудження.

Перспективним напрямком у розвитку ТЕА ЕМ є застосування двигунів змінного струму та електронних перетворювачів частоти.

До електроприводів з однотипною енергетичною установкою відноситься і тяговий теплоелектричний привід автомобіля, області застосування якого безперервно розширюються. В даний час він проектується для багатьох транспортних засобів, в тому числі: автосамоскидів і автопоїздів, багатовісних автомобілів підвищеної прохідності з активним приводом причепів, спеціальних автомобілів і автомобілів для пасажирських перевезень середньої вантажопідйомності.

Освоєння важкодоступних районів країни вимагає створення високопродуктивних пневмоколісних транспортних засобів підвищеної прохідності і вантажопідйомності. Практика автомобілебудування показує, що для тягового електроприводу великовантажних автомобілів (ТЕП БА) є найбільш перспективним теплоелектричний привід і його конструктивна модифікація - дизель-електричний привід, до складу яких входять двигун-генераторна установка (Д-Г) і мотор-колеса (М-К) .

ТЕП БА повинен забезпечити:

- формування тягових і гальмівних характеристик і їх автоматичне обмеження;
- реалізацію повної вільної потужності теплового двигуна відповідно до граничних характеристиками і параметрами електрообладнання;
- формування часткових тягових характеристик ТЕД при використанні частини вільної потужності теплового двигуна в режимі максимальної економічності;
- необхідний діапазон регулювання швидкості руху автомобіля;

- стабілізацію заданого значення потужності теплового двигуна шляхом формування гіперболічної форми зовнішньої характеристики перетворювального пристрою ТЕП.

ТЕП БА може бути виконаний на постійному, змінно-постійному і змінному струмі. Силова ланцюг ТЕП постійного струму має генератори і тягові двигуни постійного струму, а ТЕП змінно-постійного струму - тягові двигуни постійного струму, харчування яких здійснюється від генераторів змінного струму через напівпровідникові випрямлячі. У ТЕП змінного струму застосовуються генератори і тягові двигуни змінного струму, швидкість яких регулюється статичними перетворювач частоти.

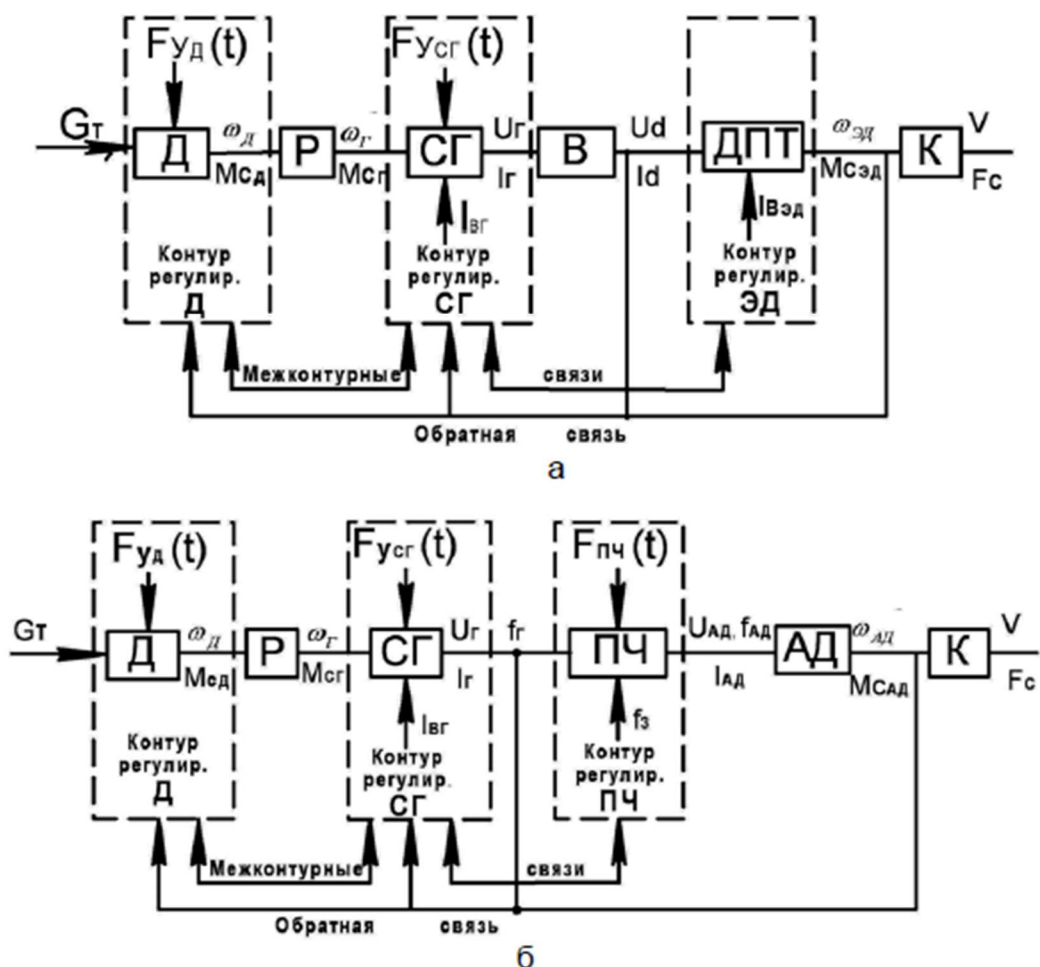


Рисунок 4.8 – Структурна схема приводу: а- змінно-постійного струму; б- змінного струму

Найбільш перспективними виконаннями ТЕП БА є приводи змінно-постійного і змінного струму, спрощені структурні схеми яких представлені на рисунку 4.8 (а), (б).

Елементами силового ланцюга структурної схеми ТЕП змінно-постійного струму є тепловий двигун (Д), редуктор (Р),

синхронний генератор (СГ), випрямляч (В), тяговий двигун постійного струму (ДПТ) і колесо автомобіля.

В аналогічній осьовій ланцюга структурної схеми ТЕП змінного струму (додатково до зазначених вище елементів) представлені перетворювач частоти (ПЧ) і асинхронний двигун (АД).

У структурних схемах показані (в загальному вигляді) контури регулювання основних компонентів силового ланцюга з вхідними сигналами зовнішніх управляючих впливів і міжконтурних зв'язків, а також зворотних зв'язків зі швидкісного і силового факторів потужних потоків.

Керування рухом автомобіля проводиться за допомогою педалі ходу і гальмування. Тяговий режим роботи включає в себе наступні етапи руху:

- розгін;
- рух по механічній характеристиці;
- усталений рух;
- гальмовий режим.

Всі етапи руху реалізуються в замкнутій системі ТЕП під контролем роботи автоматичної системи управління.

Принцип виконання окремих контурів генератора, двигуна постійного струму, синхронного генератора, перетворювача частоти і асинхронного двигуна представлений в списку літератури, п.4.

Аналіз функціонування зворотних зв'язків по стабілізації заданого значення потужності (формування гіперболічної форми механічної характеристики ТЕД) виконаний стосовно узагальненої функціональної схемою ТЕП БА, представленої на рис. 2.4.

До складу функціональної схеми входять теплової двигун (Д), генератор (Г), тяговий електродвигун (ТЕД) і колесо автомобіля (К), а також елементи зворотних зв'язків по струму і напрузі генератора - датчики струму (ДТ) і напруги (ДН), блок потужності (БМ) і підсилювач (У).

У розглянутій схемі вхідним параметром блоку теплового двигуна (Д) є витрата палива, в залежності від якого знаходиться потужнісний фактор рушійного силового потоку, а вихідним - швидкісний фактор $TG\Delta\omega$. За вхідний параметр Д з боку трансмісії приймається момент опору - силовий фактор потоку опору руху, пропорційний моменту генератора. Напруга і струм генератора

(швидкісний і силовий чинники силового потоку) є вхідними параметрами сигналів зворотних зв'язків, які надходять в блок потужності.

Тяговий електродвигун ТЕД і колесо К - останні елементів-ти силового ланцюга. Параметри $E_{Д\omega}$, i , відповідають рушійному силовому потоку і потоку опору руху.

Подається на підсилувач з БМ сигнал пропорційний поточному значенню потужності силового ланцюга приводу і після порівняння з заданому сигналом надходить в ланцюг збудження генератора.

Силовий ланцюг передачі потужності (рушійний силовий потік) від двигуна до колеса автомобіля має вигляд

Аналіз протікають в ТЕП БА процесів проведено з використанням ТХП.

1. Заданий значення постійно. УЗФ

Зовнішня характеристика тягового генератора в робочому діапазоні швидкостей забезпечує споживання від первинного двигуна постійної потужності, і робоча точка з координатами переміщається (в статистиці) за влучним висловом, що має гіперболічний форму. ГГУПГУ (I)

Згідно ТХП, вказане тут переміщення робочих точок по характеристикам, ГГУ (I) ЕДЕД (Mc) ω , i є наслідком одночасного протікання двох характерних процесів в замкнутому контурі: зміни навантаження і зміни напруги генератора. Якщо зміна супроводжується переміщенням робочої точки по механічній характеристиці електродвигуна CV (F) CM (Mc) ω , то зміна напруги генератора призводить до утворення нової механічної характеристики

ЕД (Mc) ω і переміщенню робочої точки в вертикальному напрямку. Отримана характеристика, так само, як і інші характеристики, має гіперболічний форму і є результатом синтезу двох зазначених процесів.

Процес зміни напруги генератора - внутрішня властивість замкнутого контуру і не визначається водієм (так само, наприклад, як процес формування механічної характеристики електродвигуна послідовного збудження, що протікає при одночасній зміні магнітного потоку).

Даний процес не може протікати за умови, так як відхилення сили є причиною зміни напруги генератора. $CF_{cons} = C (M_{const}) = CF$

2. Водій управляє швидкістю руху автомобіля шляхом примусового впливу на задає сигнал підсилувача .

При протіканні даного процесу робоча точка переходить з однієї характеристики гіперболічної форми на іншу. Зміна сигналу є зовнішнім регулюючим віз-дією. УЗФ.

3. Практично робота системи відбувається при одночасному протіканні двох розглянутих процесів, що визначають швидкість руху автомобіля. Водій, діючи на відповідну педаль, задає характеристику елементів приводу, переміщення робочої точки по якій визначається силою (моментом) опору руху.

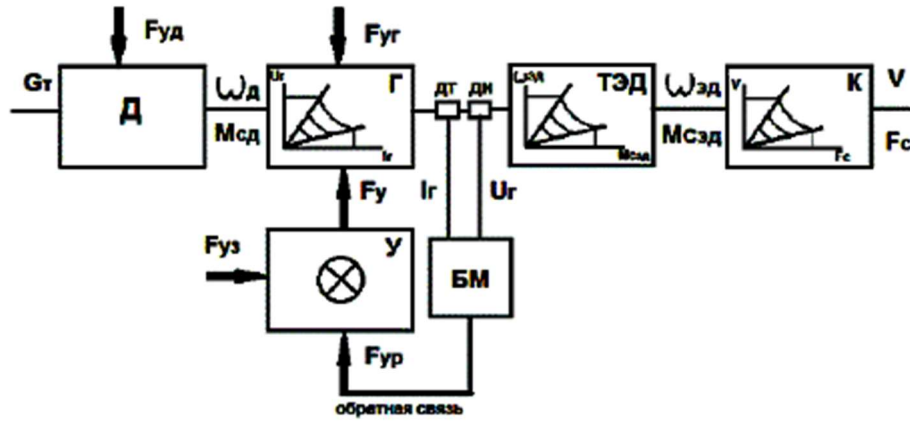


Рисунок 4.9 – Функціональна схема ТЕП БА

Одним із прикладів застосування тягового теплоелектричного приводу БА є ТЕП кар'єрних самоскидів Бел-АЗ, котрий випустив ряд модифікацій автомобілів і автопоїздів підвищеної і великої вантажопідйомності з різним типом системи тягового електроприводу.

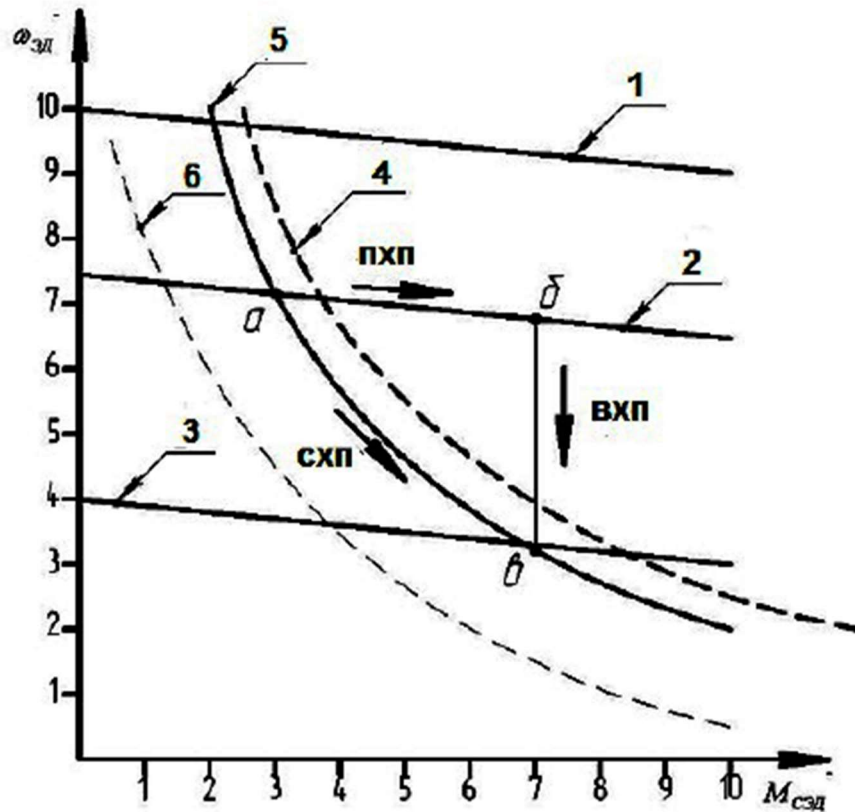


Рисунок 4.10 – Механічні характеристики ТЭД

Безперервно працюючи над вдосконаленням систем тягового приводу машин, що випускаються, Бел-АЗ створив тяговий привід кар'єрного самоскида з новим принципом побудови системи автоматичного управління, до складу якої введено програмований контролер, що забезпечує безперервний контроль перетворення форми потоку потужності в силовому ланцюзі приводу.

Якщо розглянуте вище функціонування ТЭП БА будувалося за принципом «жорсткої» логіки і підпорядковувалося алгоритму аналогової або цифро-аналогових техніки, то в системі управління з програмованим контролером значно полегшується коригування роботи САУ по формуванню тягових (або гальмівних) характеристик і їх обмежень.

Забезпечення якісного принципу контролювання процесів управління дозволило по-новому підійти до побудови силової частини приводу, до складу якої входять дизель, генератор, випрямлячі і тягові двигуни. Генератор має дві статорні обмотки, кожна з яких підключена до свого випрямляча. Виходи випрямлячів послідовно з'єднані з якірними обмотками і обмотками збудження тягових двигунів.

В даному ТЭП відсутня обертається збудник, а його функції здійснює статична силова коло, яке виконано за схемою «електричного диференціала», в

якій при послідовному з'єднанні ТЕД забезпечено примусове рівність їх струмів і моментів.

Найбільш повне використання вільної потужності теплового двигуна в швидкісному діапазоні забезпечується плавним безконтактним регулюванням магнітного потоку ТЕД.

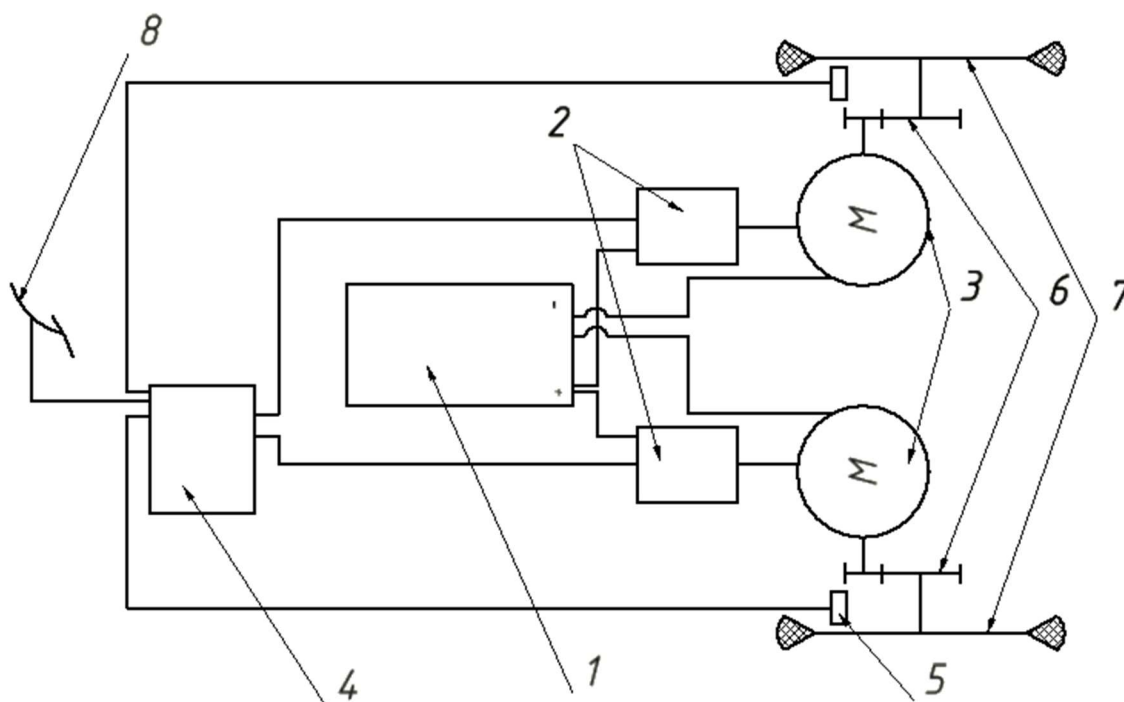
Бел-АЗ продовжує роботу над новою системою тягового приводу (СУТЕП-3), що забезпечує більшу надійність роботи ТЕП БА і не поступається кращим зарубіжним аналогам.

Із зарубіжних розробок ТЕП БА слід зазначити розробки приводу для гами кар'єрних самоскидів, виконані американською компанією *General Electric*.

4.3 Розробка схеми керування частотами обертання ведучих коліс електромобіля

4.3.1 Принцип роботи схеми системи керування частотою обертання ведучих коліс електромобіля

Виходячи з аналізу систем керування частотою обертання ведучих коліс електромобіля була створена схема, представлена на рисунку 4.11



1–блок акумуляторних батарей; 2–регулятори напружень; 3–електродвигуни; 4–електронний блок керування; 5–датчики швидкостей; 6–редуктори; 7–колеса; 8–педаль акселератору.

Рисунок 4.11 – Схема системи керування частотою обертання ведучих коліс електромобіля

4.4 Математична модель керування частотою обертання ведучих коліс електромобіля

Перед створенням математичної моделі керування частотою обертання ведучих коліс електромобіля необхідно визначити постійні та перемінні величини та формули, за якими буде працювати модель.

4.4.1 Формули для математичної моделі керування частотою обертання ведучих коліс електромобіля

Базовою формулою для моделі буде рівняння руху електромобіля

$$\frac{M_k - M_c}{J} = \frac{d\omega}{dt}, \quad (4.2)$$

де M_k – рушійний момент на колесі, створений електродвигуном та підсилений редуктором; M_c – момент зчеплення колеса з дорогою; J – момент інерції автомобіля; $\frac{d\omega}{dt}$ – кутове прискорення ведучого колеса;

$$M_c = \varphi_i \cdot \frac{G_2}{2} \cdot r_d, \quad (4.2)$$

де φ_i – коефіцієнт зчеплення відповідного колеса з дорогою; $\frac{G_2}{2}$ – навантаження на ведуче колесо; r_d – динамічний радіус колеса;

$$J = \frac{m_{a2} \cdot r_d^2}{u_p^2}, \quad (4.3)$$

де m_{a2} – маса, що припадає задній міст; u_p – передаточне число редуктора;

$$M_k = M_d \cdot u_p, \quad (4.4)$$

де M_d – момент двигуна, значення якого було взято з рисунку 4.1

$$\Delta U = \sqrt{R \cdot \Delta \omega \cdot \Delta M}, \quad (4.5)$$

де ΔU – напруга, на яку треба змінити напругу на двигунах, щоб вирівняти частоти обертання ведучих коліс; R – опір; $\Delta \omega$ – різниця кутових швидкостей ведучих коліс; ΔM – різниця моментів на ведучих колесах;

Відповідно з формули 4.5, момент виразити через напругу необхідно за формулою

$$M = \frac{U^2}{\omega \cdot R}, \quad (4.6)$$

4.4.2 Постійні величини для створення математичної моделі

Виходячи з розглянутих формул можна перелічити наступні постійні величини:

1. Коефіцієнти зчеплення відповідних ведучих коліс з дорогою,
 $\varphi_l = 0,008$; $\varphi_p = 0,014$;
2. Навантаження на ведуче колесо електромобіля, $G_l, G_p - 2000\text{Н}$;
3. Динамічний радіус колеса – $0,27\text{м}$.;
4. Ступінь натиску водія на педаль газу, $\alpha - 1$;

4.4.3 Перемінні величини для створення математичної моделі

Виходячи з розглянутих формул можна перелічити наступні постійні величини:

Кутові швидкості ведучих коліс електромобіля, ω_d, ω_n

Напруга, на яку треба змінити на двигунах, щоб вирівняти частоти обертання ведучих коліс, ΔU

4.4.4 Імітаційна модель системи керування частотами обертання ведучих коліс

Імітаційна модель системи керування складається з блоку моменту зчеплення ведучих коліс електромобіля, моменту на ведучому колесі, розподілу напруги, на яку необхідно змінити напругу на двигунах, блоку розрахунку моменту інерції електромобіля та блоку розрахунку величини напруги, на яку необхідно змінити напругу на двигунах.

Відповідно до формули 4.2, до складу блоку входять коефіцієнти зчеплення відповідних ведучих коліс з дорогою ($\varphi_d = 0,008$, $\varphi_n = 0,014$), динамічний радіус колеса ($r_d = 0,27\text{м.}$) та навантаження на ведуче колесо електромобіля ($G_d, G_n = 2000\text{Н.}$). Оскільки даний блок складається з постійних величин, то він матиме лише один вихід та жодного входу. Зміст блоку зображений на рисунку 4.12

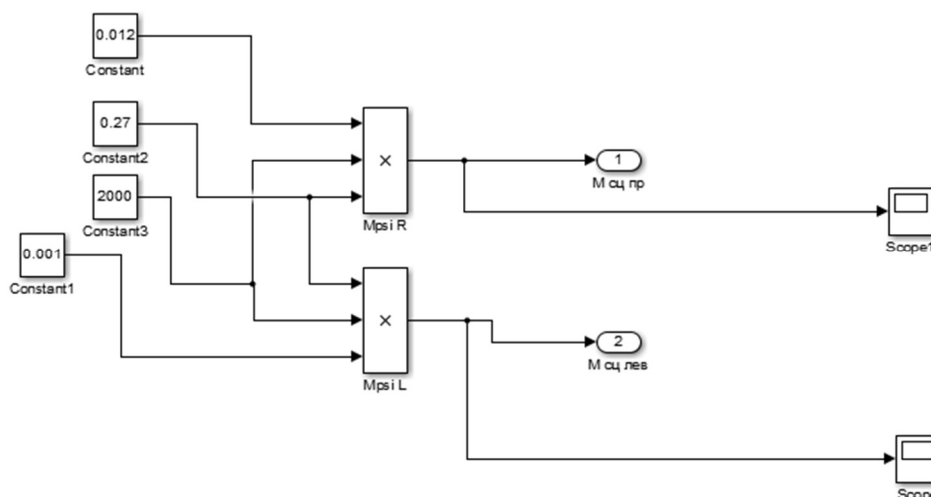


Рисунок 4.12 – Зміст блоку зчеплення ведучих коліс з дорогою

Для створення блоку моменту на ведучому колесі електромобіля необхідно створити момент двигуна та помножити на передаточне число редуктора.

В даний блок входять опір, напруга, на яку треба змінити напругу на двигунах, щоб вирівняти частоти обертання ведучих коліс та різниця кутових швидкостей на ведучих колесах.

Зміст блоку рушійного моменту на ведучому колесі електромобіля зображений на рисунку 4.13

Оскільки керування електродвигунами реалізується зміною напруги, то необхідно застосувати формулу 4.5., щоб виразити момент через напругу. Далі необхідно обмежити максимальний момент.

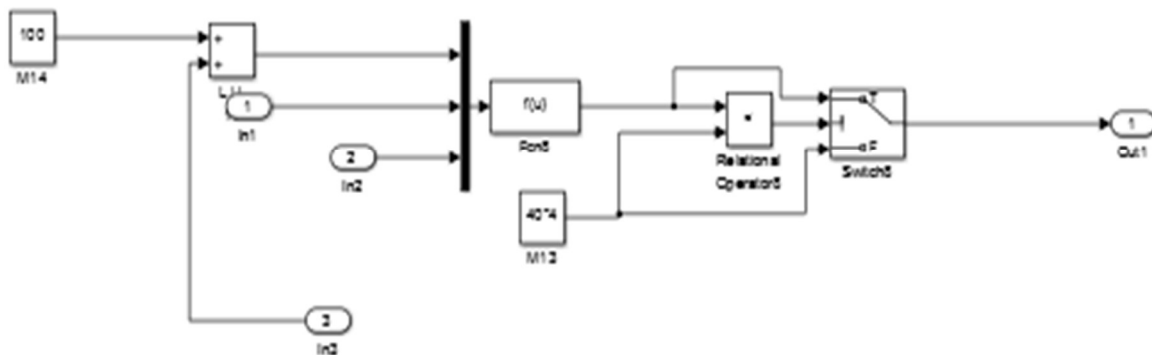


Рисунок 4.13 – Зміст блоку рушійного моменту на ведучому колесі електромобіля

В блок розподілу напруги на двигуни входить величина напруги, на яку треба змінити напругу на двигунах, та різниця кутових швидкостей на ведучих колесах.

Зміст блоку зображений на рисунку 4.14

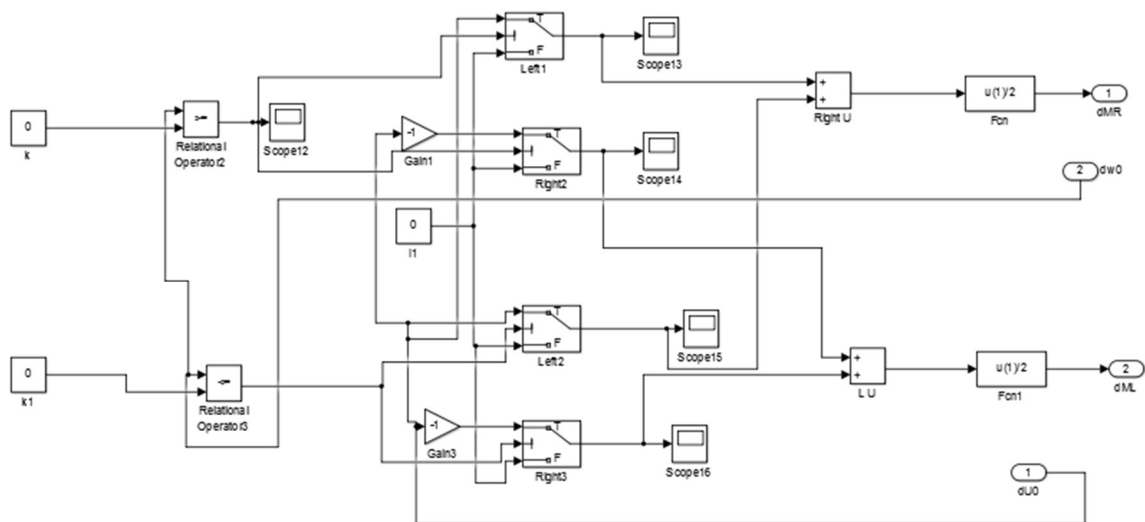


Рисунок 4.14 – Зміст блоку розподілу напруги на двигуни

Для створення блоку розрахунку моменту інерції електромобіля необхідно скористатися формулою 4.3.

Так як для розрахунку моменту застосовуються лише постійні величини, то даний блок не містить входи. Зміст блоку зображений на рисунку 4.15

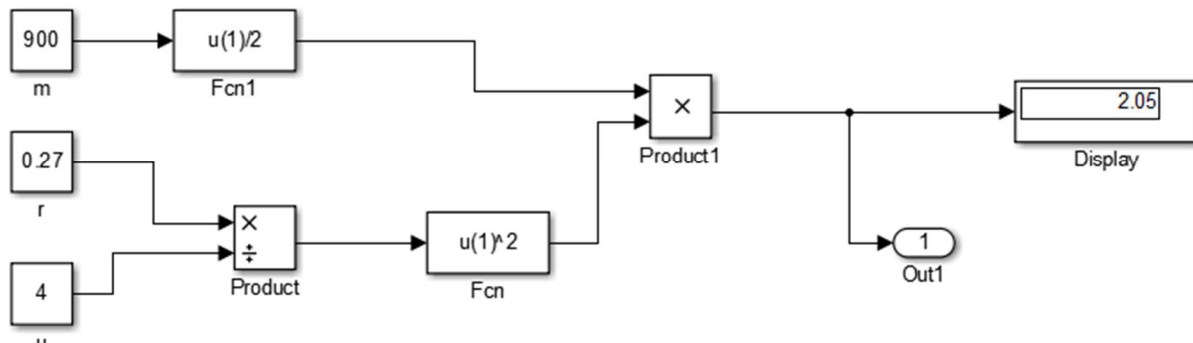


Рисунок 4.15 – Зміст блоку розрахунку моменту інерції електромобіля

Для блоку розрахунку величини напруги, на яку необхідно змінити напругу на двигунах необхідно скористатися формулою 4.5.

В даний блок входить момент, на який необхідно змінити моменти двигунів, опір та різниця кутових швидкостей ведучих коліс електромобіля

Зміст блоку зображений на рисунку 4.16

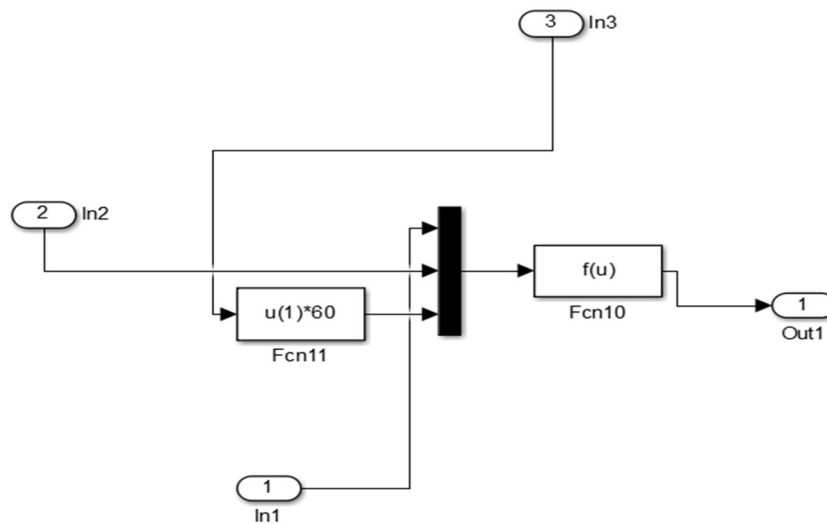
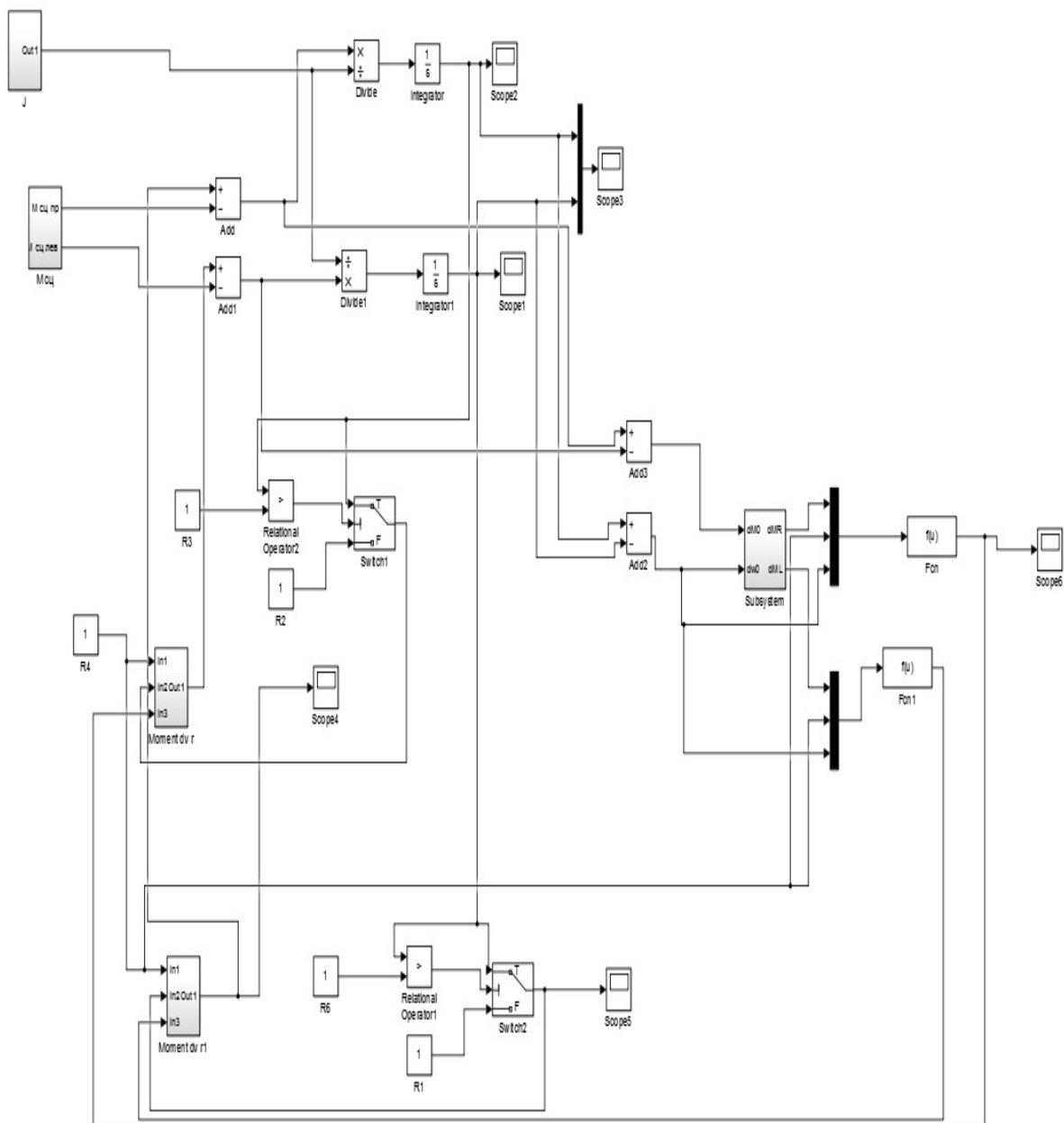


Рисунок 4.16 – Зміст блоку розрахунку величини напруги, на яку необхідно змінити напругу на двигунах

Для створення загального вигляду імітаційної моделі системи керування частотою обертання ведучих коліс електромобіля необхідно скористатися формулою 4.1. Загальний вигляд імітаційної моделі системи керування частотою обертання ведучих коліс електромобіля зображено на рисунку 4.17



Активация Windows

Рисунок 4.17 – Загальний вигляд імітаційної моделі системи керування частотою обертання ведучих коліс електромобіля

Блок моменту зчеплення ведучих коліс електромобіля з дорогою, блок розрахунку моменту інерції електромобіля, різниця кутових швидкостей електромобіля, розрахунок моменту, на який необхідно змінити моменти двигунів та опір струму знаходяться в одному блоку.

4.5 Результати та аналіз імітаційного дослідження моделі системи керування частотою обертання ведучих колес електромобіля

Для аналізу результатів дослідження дані з середовища Mat LAB були перенесені в середовище Microsoft Excel.

На рисунку 4.18 зображено кутові швидкості обертання лівого та правого ведучого колеса без регулювання

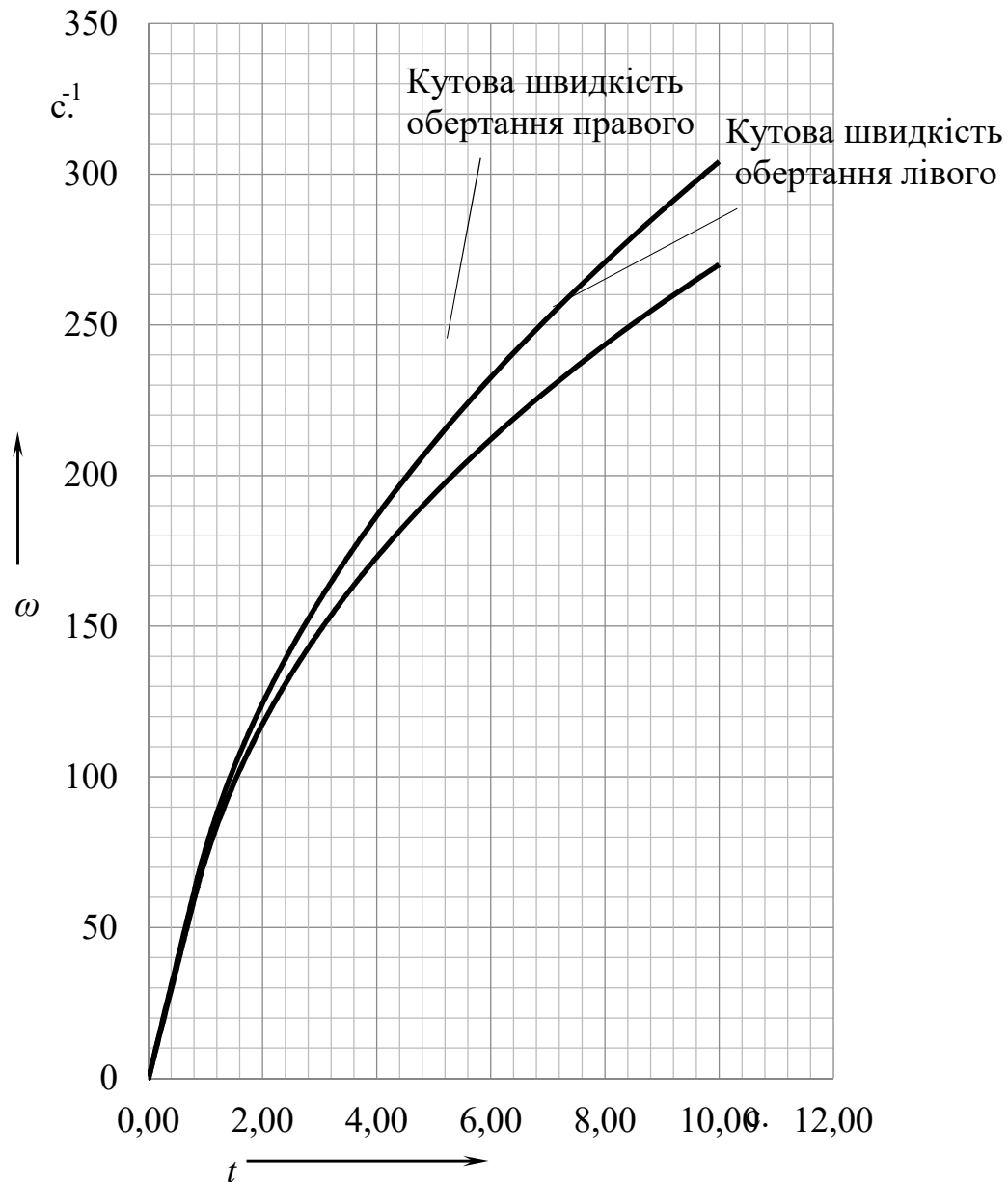


Рисунок 4.18 – Графік кутової швидкості ведучих коліс без регулювання

На рисунку 4.18 зображено кутові швидкості обертання лівого та правого ведучого колеса з регулюванням. Оскільки математична модель має ряд допущень, то результат було отримано відносно високої точності, тобто різниця між кутовими швидкостями майже відсутня.

Різниця напруг на двигунах має вигляд, представлений на рисунку 4.19.

Зміна напруги на електродвигунах відображена на рисунку 4.20.

На рисунку 4.21 можна спостерігати рушійні моменти на ведучих колесах без регулювання, водночас рисунок 4.22 містить рушійні моменти з регулюванням.

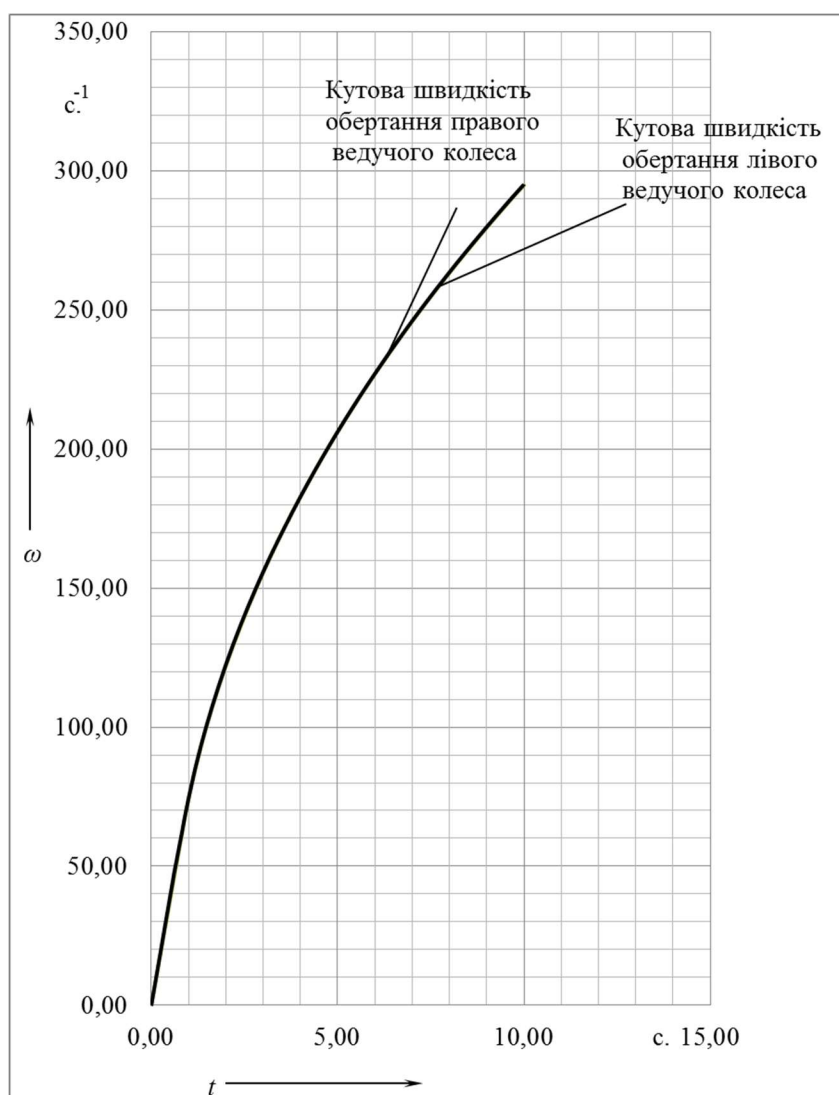


Рисунок 4.18 – Графік кутової швидкості ведучих коліс з регулюванням

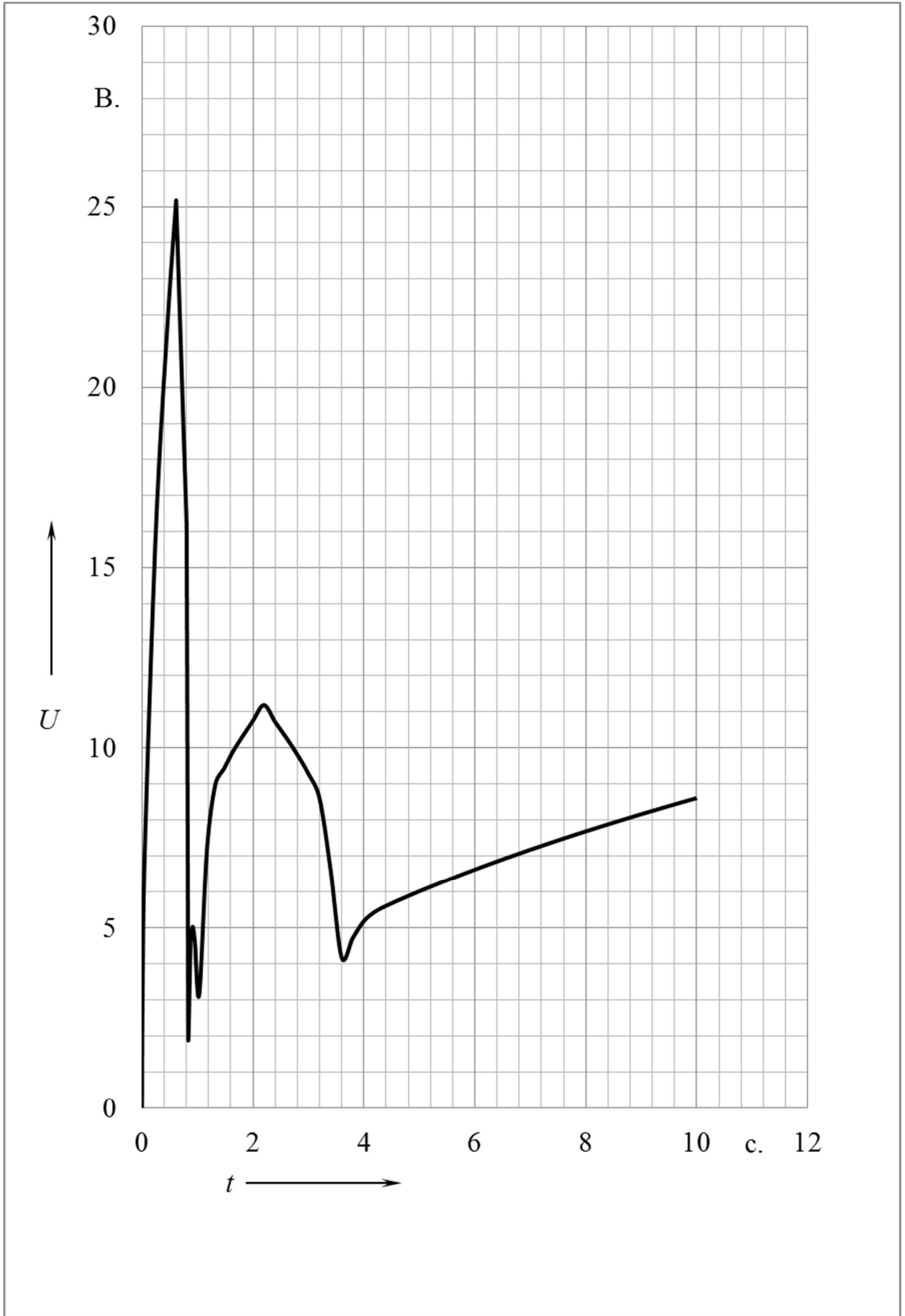


Рисунок 4.19 – Графік різниці напруг на двигунах

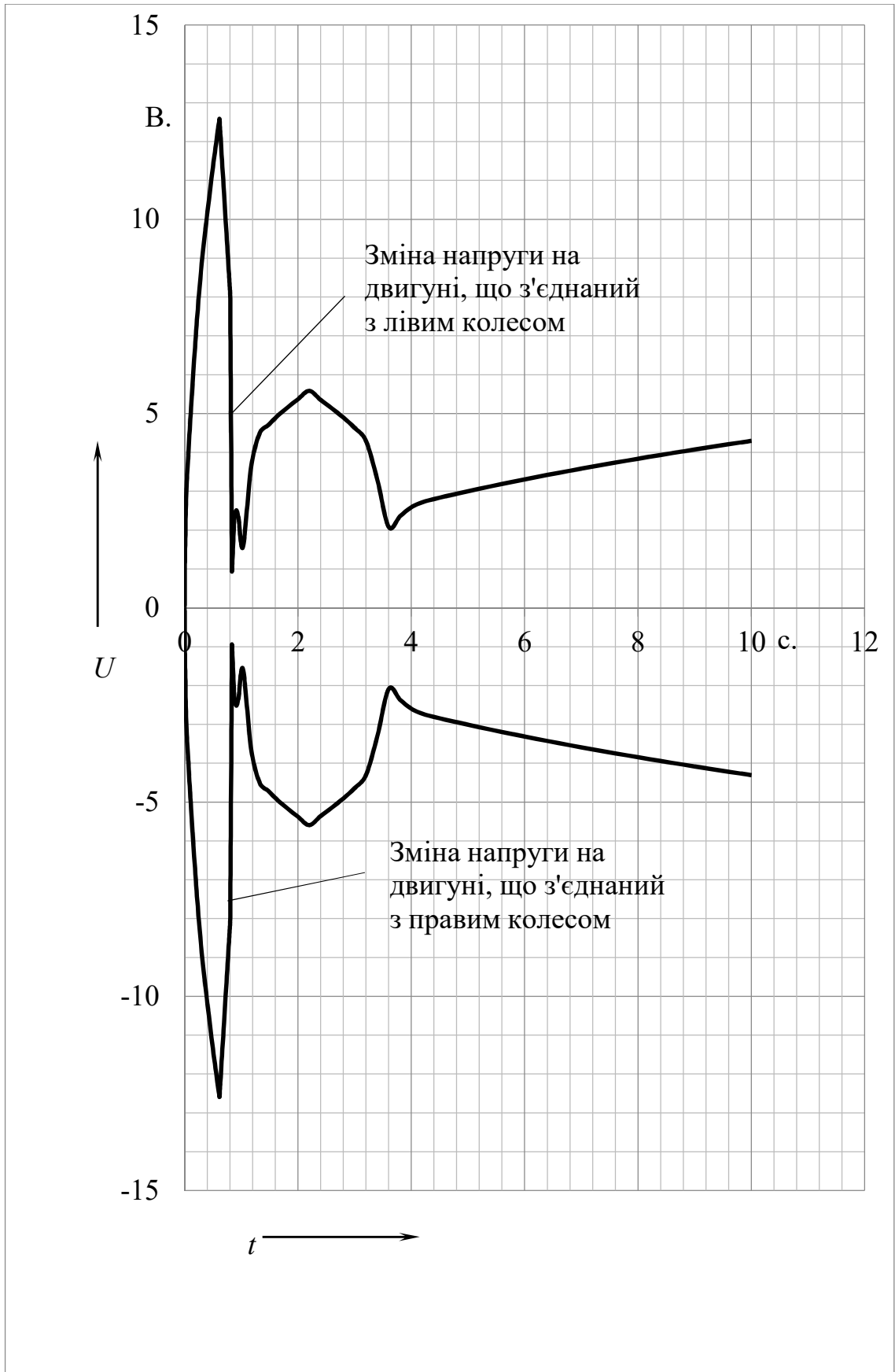


Рисунок 4.20 – Графік зміни напруг на двигунах

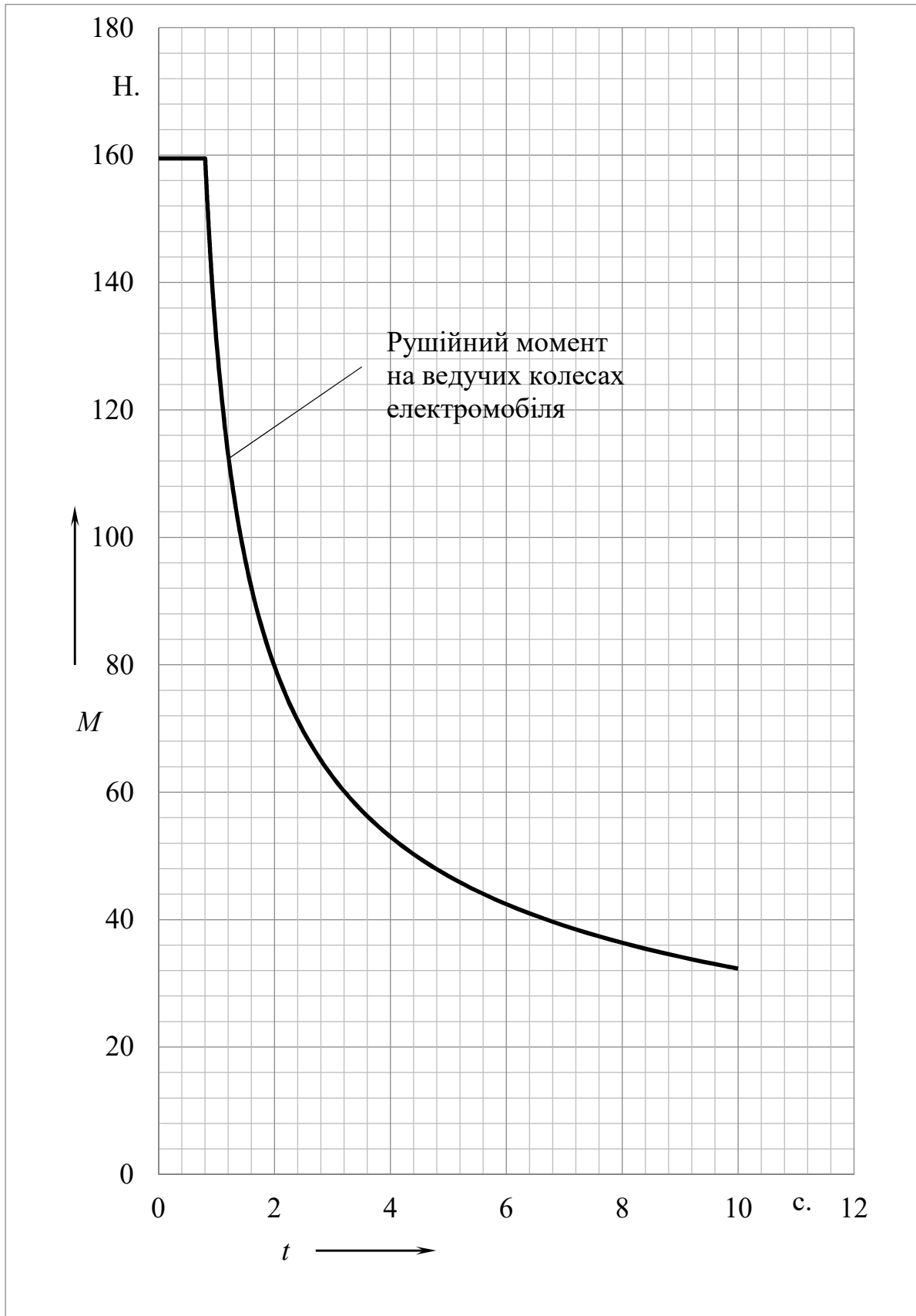


Рисунок 4.21 – Графік моментів двигунів без регулювання

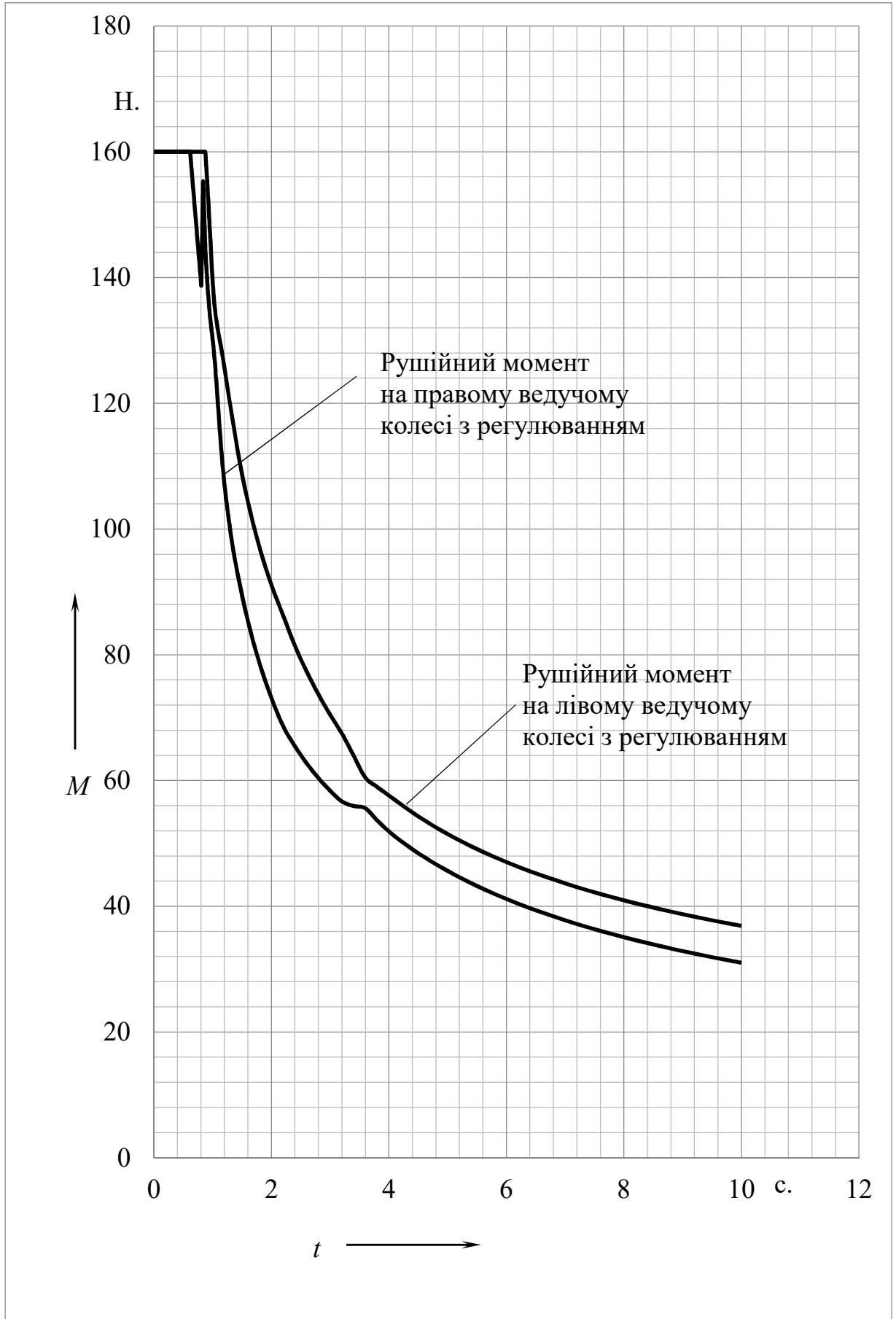


Рисунок 4.22 – Графік моментів двигунів з регулюванням

В ході створення алгоритму керування частотами обертання ведучих колес електромобіля, я ознайомився з існуючими системами керування частотою обертання ведучих колес електромобіля, розробив схему, імітаційну модель та математичну модель системи керування частотою обертання ведучих колес електромобіля, проаналізував результати шляхом створення відповідних графіків. Відповідно до аналізу результатів можна зробити наступні висновки: під час руху розроблюваного транспортного засобу по поверхні з різними коефіцієнтами зчеплення, електромобіль буде рухатися по прямолінійній траєкторії з майже однаковими швидкостями обертання ведучих колес.

5 АНАЛІЗ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

5.1 Охорона праці

У даному проекті був розроблений транспортний засіб категорії M_1 з несучою системою з композитних матеріалів.

5.2. Активна та пасивна безпека транспортного засобу категорії M_1

Транспортний засіб повинен бути обладнаний такими системами активної безпеки:

- антибуксувальна система;
- антиблокувальна система гальм
- система екстреного гальмування;
- адаптивний круїз-контроль;
- система допомоги при спуску;
- електромеханічне стоянкове гальмо.

У пасивну систему безпеки транспортного засобу повинні входити:

- подушки безпеки водія;
- легкозаймисті або м'які елементи передньої панелі;
- кермова колонка, що зминається при ударі;
- травмобезпечний педальний вузол при зіткненні педалі відокремлюються від місць кріплення і зменшують ризик пошкодження ніг водія;
- інерційні ремені безпеки та попередньо натягувальні пристрої до них;
- статичні підголовники сидінь водія – захищають від серйозних травм шию при ударі транспортного засобу ззаду;.

5.3 Пожежна безпека транспортного засобу

Конструкція транспортного засобу повинна відповідати таким вимогам пожежної безпеки:

- передбачається установка вогнетривкої перегородки між паливним баком і пасажирським салоном. Елементи системи живлення повинні бути захищені від корозії і захищені від зіткнення з перешкодами на ґрунті;
- електропроводку слід розміщувати в спеціальних каналах або кріпити до кузову вона повинна бути захищена від корозії;
- використовувати надійний захист від ураження електричним струмом пасажирів та водія;
- для запобігання швидкого розповсюдження полум'я і виникнення в салоні отруйних газів (продуктів згоряння) регламентуються властивості матеріалів для внутрішньої обробки салону;
- Використовувати вогнетривку підлогу.

5.4 Екологічна безпека

Акумулятори, які вийшли з ладу, на відміну від більшості звичайних матеріальних цінностей, перетворюються не просто у відходи, а в небезпечні відходи. Тобто відходи, які створюють або можуть створити значну небезпеку для навколишнього природного середовища і здоров'я людини.

На це, зокрема, вказує п. 32 розд. А Жовтого переліку відходів, затвердженого постановою КМУ від 13.07.2000 р. № 1120, згідно з яким такі відходи віднесено до небезпечних як відходи, що містять свинцеві сполуки.

Такі відходи відповідно до ст. 1 Закону про відходи потребують спеціальних методів і засобів поводження з ними, а отже, після передачі акумуляторів в експлуатацію забувати про них не слід.

Небезпечні відходи, в тому числі й акумулятори, вимагають від суб'єктів господарювання спеціальних методів і засобів поводження з ними. А тому цілком природно, що утилізацією таких відходів займаються виключно спеціалізовані підприємства та організації, які отримали відповідну ліцензію для здійснення такої діяльності (п. 3 ч. 3 ст. 9 Закону про ліцензування).

5.5 Промислова санітарія

Процес технічного обслуговування, діагностування і поточного ремонту електромобіля повинний відповідати загальним вимогам безпеки праці,

відповідно до ДСТУ 12.3.002-75 "Процеси виробничі. загальні вимоги безпеки" і ДСТУ 12,3.017-79 "ремонт і технічне обслуговування автомобілів. загальні вимоги безпеки", і забезпечувати повну безпеку виконання усіх виробничих процесів. при проведенні технічного обслуговування, діагностування і поточного ремонту автомобільної техніки забороняється використовувати несправні устаткування, пристосування, інструмент. Виробничі ділянки з виділеннями шкідливих речовин, пар, пилю (ковальсько-ресорний, зварювальний, малярський ділянки, ремонту приладів системи харчування, деревообробки) повинні бути ізольовані від інших приміщень. приміщення для технічного обслуговування, діагностування, поточного ремонту і збереження автомобілів обладнують припливною - витяжною, а канали, траншей припливної вентиляції, вони не повинні захаращуватися сторонніми предметами.

Шум високого і середнього рівня приводить до швидкої стомлюваності працюючого і зниженню його працездатності. характеристикою постійного шуму на робочих місцях є рівень звукового тиску (у децибелах), обумовлений у формулі

$$L = 20 \lg(p / p_0).$$

Як орієнтовану характеристику постійного широкополосного шуму на робочих місцях допускається приймати рівень звуку, вимірюваний на тимчасовій характеристиці "повільно" шумоміра за ГОСТ 17187 -81:

$$L_A = 20 \lg(p_A / p_0).$$

Припустимий рівень еквівалентного звуку на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях і на робочих місцях водія й обслуговуючого персоналу не повинний перевищувати 60 дБ в адміністративних приміщеннях і робочих кімнатах, 85 дБ, а на постійних робочих місцях і в робочих зонах виробничих приміщень і іспитових станцій, на території підприємства, робочих місцях водіїв і обслуговуючого персоналу забороняється навіть короточасне перебування людей у зонах з рівнем звукового тиску понад 135 дБ будь-яку октавну смугу. Максимальний рівень звуку при непостійному шумі на робочих місцях у виробничих приміщеннях, водія й обслуговуючого персоналу не повинний перевищувати 110 дБ, а при вимірах на тимчасовій характеристиці "повільно" шумоміра. Основними характеристиками вібрації є частота коливань, швидкість коливань і амплітуда зсуву. швидкість коливань знаходиться в прямої залежності від їхньої частоти й амплітуди зсуву:

$$v = 2\pi fA = \omega A,$$

5.6 Розрахунок транспортного засобу на ковзання і перекидання в повороті без поперечного ухилу

При русі електромобіля без поперечного ухилу транспортного засобу при певній швидкості починає або ковзати, або перекидатися. При конструюванні електромобіля бажано з метою забезпечення безпечного водіння вибрати параметри транспортного засобу так, щоб ковзання наступало раніше, ніж перекидання. Перевіримо проєктований електромобіль на виконання цієї вимоги.

При русі в повороті виникає відцентрова сила, прагнуча перекинути транспортний засіб

$$P_u = \frac{mV^2}{R} = \frac{14465 \cdot 25^2}{9} = 10,4, \quad (5.1)$$

де $m = 900$ кг – маса електромобіля;

$V = 25$ м/с – швидкість руху транспортного засобу в повороті;

$R = 9$ м – радіус повороту.

Перекидання відбудеться, коли перекидаючий момент стане рівним поновлюючому моменту сили тяжкості:

$$P_u h_g = mg \frac{B}{2} = 900 \cdot 9,81 \frac{1,6}{2} = 1102,5 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (5.2)$$

де $h_g = 0,673$ м – висота центру мас;

$B = 2,152$ – колія коліс електромобіля.

$$\frac{mV^2}{R} h_g = mg \frac{B}{2} \Rightarrow \frac{V^2 h_g}{R} = \frac{gB}{2}. \quad (5.3)$$

Звідси швидкість перекидання виражається як:

$$V_{\text{оп}} = \sqrt{\frac{gBR}{2h_g}} = \sqrt{\frac{9,81 \cdot 1,6 \cdot 9}{2 \cdot 0,8}} = 9,4 \text{ м/с}. \quad (5.4)$$

Занесення автомобіля можливе тоді, коли відцентрова сила досягне значення сили зчеплення коліс з дорогою, тобто

$$\frac{mV^2}{R} = mg\varphi \Rightarrow \frac{V^2}{R} = g\varphi. \quad (5.5)$$

де $\varphi = 0,8$ – максимально можливий коефіцієнт зчеплення (на сухій асфальтобетонній дорозі).

Звідси швидкість початку занесення рівна

$$V_3 = \sqrt{g\varphi R}. \quad (5.6)$$

Умова безпечного руху виконується при умові, тобто

$$\sqrt{g\varphi R} < \sqrt{\frac{gRB}{2Hh_g}} \Rightarrow \varphi < \frac{B}{2h_g} = \frac{1,6}{2 \cdot 0,8} = 1. \quad (5.7)$$

Отже, при значеннях коефіцієнта занесення наступатиме раніше, ніж перекидання. А оскільки для сучасних шин транспортних засобів і дорожніх покриттів максимально можливий коефіцієнт зчеплення складає $\varphi = 0,85$, що менше одержаного в умові, то при русі транспортного засобу в повороті на горизонтальній місцевості (без поперечних ухилів) ковзання транспортного засобу наступатиме раніше, ніж його перекидання, і, значить, рух електромобіля в поворотах буде безпечним.

ВИСНОВОК

В ході виконання дипломної роботи мною було спроектовано несучу систему електромобіля особливо малого класу, а також був розроблений алгоритм керування частотами обертання ведучих колес електромобіля.

Для створення несучої системи була обрана компоновка, яка передбачає розміщення 2-ох електродвигунів, при цьому блок акумуляторних батарей був розміщений в днищі кузова, що покращило жорсткість несучої системи та знизило центр мас, що в свою чергу призводить до покращення стійкості та керованості розроблюваного транспортного засобу.

Для компенсації збільшеної ваги електромобіля, в якості матеріалу створення несучої системи було обрано композитний матеріал Plain 3K. Для зменшення собівартості несучої системи, її елементи створювалися за RTM технологією.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Матеріали сайту <http://www.bibipedia.info> [Електронний ресурс].
Режим доступу до ресурсу http://www.bibipedia.info/tech_harakteristiki/smart/fortwo/fortwo_2012_-_nv
2. Матеріали сайту <https://auto.ria.com/car> [Електронний ресурс].
Режим доступу до ресурсу: <https://auto.ria.com/car/daewoo/matiz/2963969/tth/>
3. Матеріали сайту <http://www.autonet.ru> [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу : <http://www.autonet.ru/auto/ttx/toyota/iq/291859>
4. Bloomberg M. R. EXPLORING ELECTRIC VEHICLE ADOPTION IN NEW YORK CITY/ M. R. Bloomberg 2010. – 22с.
5. Павлюк В.І. Покращення керованості легкового автомобіля в неусталеному криволінійному русі. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук/ В.І. Павлюк. – Національний університет “Львівська політехніка” , 2013.–22с.
6. Осепчугов В.А., Фрумкин “Автомобиль: анализ конструкции и элементы расчета”/ В.А. Осепчугов , Москва 1989. –176с.
7. Киркач Н.Ф. “Расчет и проектирование деталей машин”/ Н.Ф. Киркач Р.А. Баласанян. – Основа 1991.–276с.
8. Алекса Н.Н. /«Методические указания к курсовому проекту по разделу ”Определение основных параметров проектируемого автотранспортного средства(автомобиля)”»/ Алекса Н.Н. Федосов А.С. Харьков 1991г.
9. Шепеленко І.Г., /«Методические указания к курсовому проекту на тему “Проектирование и расчет ведущих мостов ”»/Шепеленко І.Г. Хорошилов А.Н.
10. Анурьев В.И. /«Справочник конструктора-машиностроителя»/ Машиностроение 2001.–920с.
11. І. Г. Шепеленко, /Автомобілі. Робочі процеси та основи розрахунку механізмів і систем:/ І. Г. Шепеленко, С. М. Шуклінов, Д. М. Леонт'єв. навчальний посібник – ХНАДУ 2013.
12. Шепеленко І. Г., /МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ до курсового проекту з дисципліни «Робочі процеси автомобілів і тракторів»/ Шепеленко І. Г., Леонт'єв Д. М., Красюк О. М. , ХНАДУ 2013. – 34с.

14. Афанасьев, Д.В. /Безавтоклавные технологии / Д.В. Афанасьев, М.Ю. Ощепков / Мир композитов № 5.. 2010. – С. 28 - 37.