

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

УДК 631.3:629.35:62-21

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко-технологічного факультету

**НУБІП**

**Вячеслав БРАТШКО**

(підпис)

(ім'я, прізвище)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

**технічного сервісу та інженерного  
менеджменту ім. М.П.Момотенка**  
(назва кафедри)

**УКРАЇНИ**

**Іван РОГОВСЬКИЙ**

(підпис)

(ім'я, прізвище)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему **Удосконалення технології діагностування робочих каркасних  
поверхонь екстер'єру АТЗ категорії М1**

**НУБІП**

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»  
(код, назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»  
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна  
(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

**доктор технічних наук, професор**  
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

**Валерій ВОЙТЮК**

(ім'я, прізвище)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

**к.т.н., доц. каф.**  
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

**Валерій Іщенко**

(ім'я, прізвище)

**Виконав:**

**НУБІП**

(підпис)

**Владислав Ромашко**

(ім'я, прізвище)

КИЇВ – 2022

**НУБІП**

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри технічного сервісу та  
інженерного менеджменту ім. М.П.Момотенка

д.т.н., проф. Іван РОГОВСЬКИЙ  
(науковий ступінь, ученє звання) (підпис) (ім'я, прізвище)  
2022 р.

**ЗАВДАННЯ**

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ**

Владиславу Ромашку  
(прізвище, ім'я, по батькові)  
Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»  
(код і назва)  
Освітня програма «Автомобільний транспорт»  
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна  
(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи Удосконалення технології діагностування робочих  
каркасних поверхонь екстер'єру АТЗ категорії М1  
затверджена наказом ректора НУБіП України від «21» грудня 2021 р. № 2217 «С»  
Термін подання завершеної роботи на кафедру \_\_\_\_\_  
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи науково-технічна література; результати науково-  
дослідних робіт по літературних джерелах з технології діагностування робочих каркасних поверхонь  
екстер'єру АТЗ категорії М1

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз стану питання досліджень, мета, задачі дослідження
2. Теоретичний розрахунок значень технології діагностування робочих каркасних поверхонь  
екстер'єру АТЗ категорії М1
3. Методика експериментальних досліджень технології діагностування робочих каркасних поверхонь  
екстер'єру АТЗ категорії М1
4. Результати експериментальних досліджень, техніко-економічна ефективність виконаних досліджень

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 14 слайдах

Дата видачі завдання «11» листопада 2021 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ Іщенко В.В.  
(підпис) (ім'я прізвище)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Владислав РОМАШКО  
(підпис) (ім'я прізвище)

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 частоти 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
4.4 Принцип роботи схеми системи керування частотою обертання ведучих коліс електромобіля.....	65
4.5 Математична модель керування частотою обертання ведучих коліс електромобіля.....	66
4.5.1 Формули для математичної моделі керування частотою обертання.....	

ведучих коліс електромобіля .....	66
4.5.2 Постійні величини для створення математичної моделі .....	67
4.5.3 Перемінні величини для створення математичної моделі .....	67
4.5.4 Імітаційна модель системи керування частотами обертання ведучих колес .....	68
4.6 Результати та аналіз імітаційного дослідження моделі системи керування частотою обертання ведучих коліс електромобіля .....	69
4.7 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 укилу .....	76
Висновок .....	77
Список літератури .....	78

НУБІП України

НУБІП України

## ВСТУП

# НУБІП України

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 непростою 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.

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

## 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-ох 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 керуваність 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 Сх, 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 акумуляторів загальною ємністю 5,5 кВт год. Весь створований 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

# НуБіп України

BMW i3 – 5-дверний міський електричний автомобіль, і перший серійний автомобіль BMW з нульовим рівнем викидів CO<sub>2</sub>.

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

# НуБіп України

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.

# НуБіп України

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.

# НуБіп України

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.

# НуБіп України

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 одноденній зарядці буде додаватися близько 32-40 кілометрів їзди.

# НуБіп України

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

ХВИЛИН

# НУБІП України

## 1.3 Аналіз конструкції BMW i8

# НУБІП України

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.

# НУБІП України

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.

# НУБІП України

Габарити мають таке значення: довжина – 4689 мм; ширина – 1942 мм (з дзеркалами – 2039 мм); висота – 1298 мм; колісна база – 2800 мм; дорожній просвіт – 117 мм. Амплітуда відкриття дверей (вгору) досить значна. Маса машини в базовій комплектації складає 1485 кг.

# НУБІП України

Модель оснащена двома двигунами: внутрішнього згорання 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.

# НУБІП України

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.

# НУБІП України

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 згорання передає тягу на задню вісь. Він має

3 циліндра і робочий об'єм камери згоряння в 1,5 літра. Як прототип був узятий і дорацьований 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

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 1 – «Характеристики розглянутих автомобілів аналогів»

Параметри	Назва автомобіля			Розроблюваний електромобіль
	<i>Volkswagen XL1</i>	<i>BMW i3</i>	<i>BMW i8</i>	
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

# НУБІП УКРАЇНИ

### 2.1 Загальні відомості

# НУБІП УКРАЇНИ

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.

Рама 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 зміцєвим посиленням.

Також виділяють несучі кузова із замкнутою силовою структурою, у яких силова структура утворює замкнутий контур завдяки наявності даху, що зводить разом усі

# НУБІП УКРАЇНИ

вертикальні силові елементи, і з незамкнутою силовою структурою, тобто - відкриті, на зразок кабриолетів і родстерів, а також пікапи і фургони.

По конструктивному оформленню розділяють кузови (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 сталевих листів, 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 сталю-алюмінієві несучі кузови, у виробництві яких разом із зварюванням широко використовуються заклепувальні з'єднання і склеювання.

Без каркасні кузови 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 компоновок.

Параметри	Значення			
	Smart	Daewoo		
Назва автомобіля	Fortwo 0.8 CDi	Matiz Creative 0.8	Toyota iQ	Проектований автомобіль
Габаритна довжина, мм.	2695	3495	2985	2634
Габаритна ширина, мм.	1752	1495	1680	1450
Габаритна 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 100 км/ч., с	16,8	15,5	14,7	7
Максимальна швидкість, км/год	135	152	150	137

Витрата палива вміському режимі, л/100км	3,3	7	4,9
палива по трасі, л/100км	3,3	4	3,9
Витрата палива змішаному 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

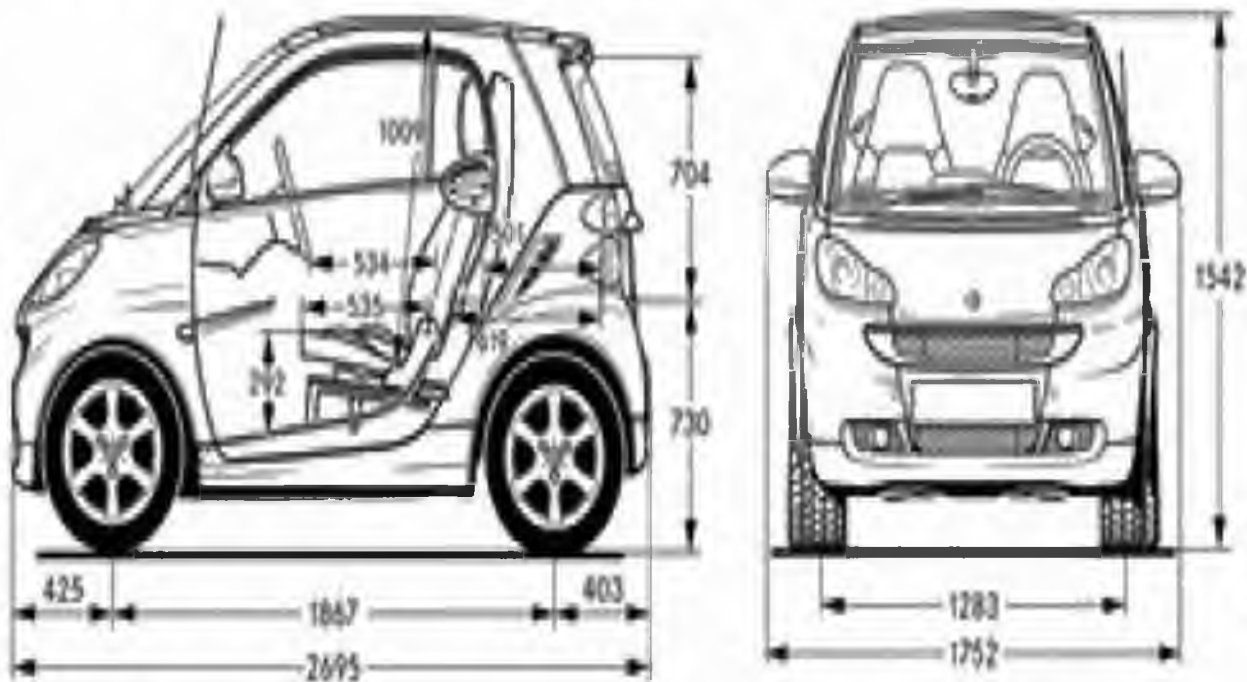


Рисунок 2.1 – Розміри Smart Fortwo 0.8 CDi 2012 року випуску

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 маневреність 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.

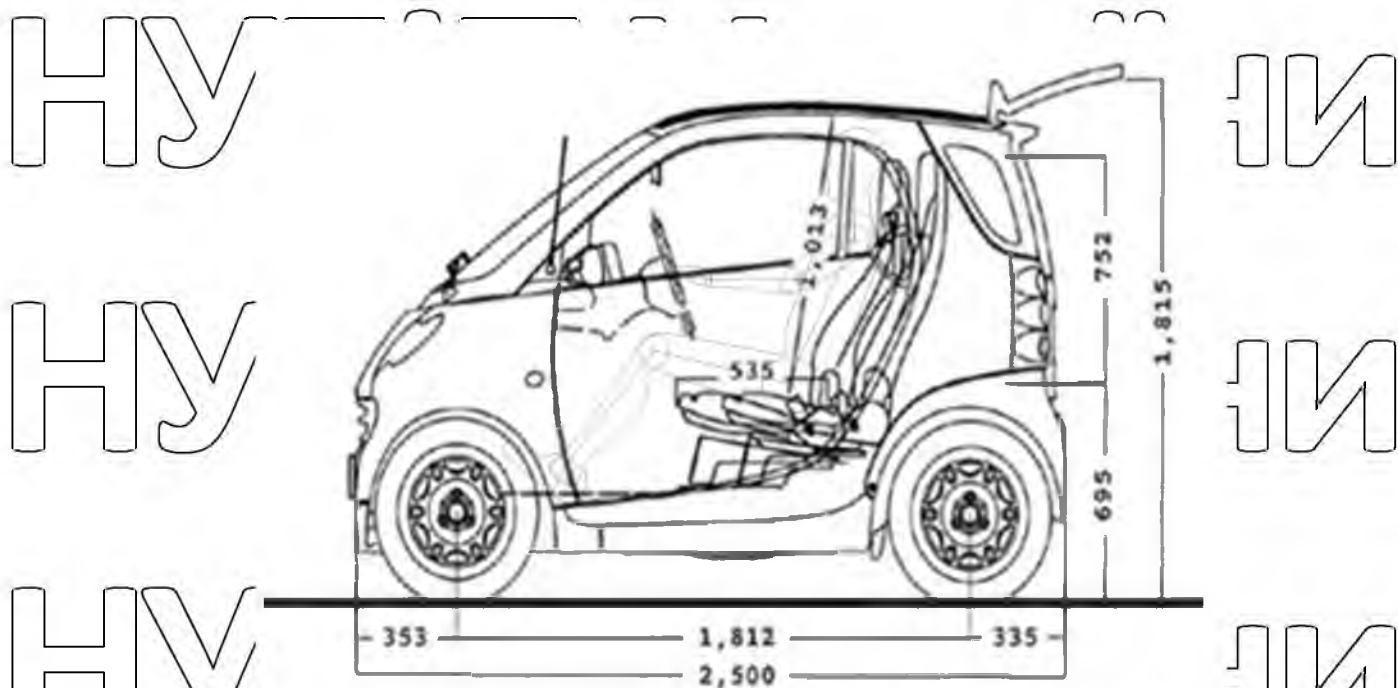


Рисунок 2.2 – Компоновка робочого місця водія та посадкового місця пасажирів

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 1м 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.

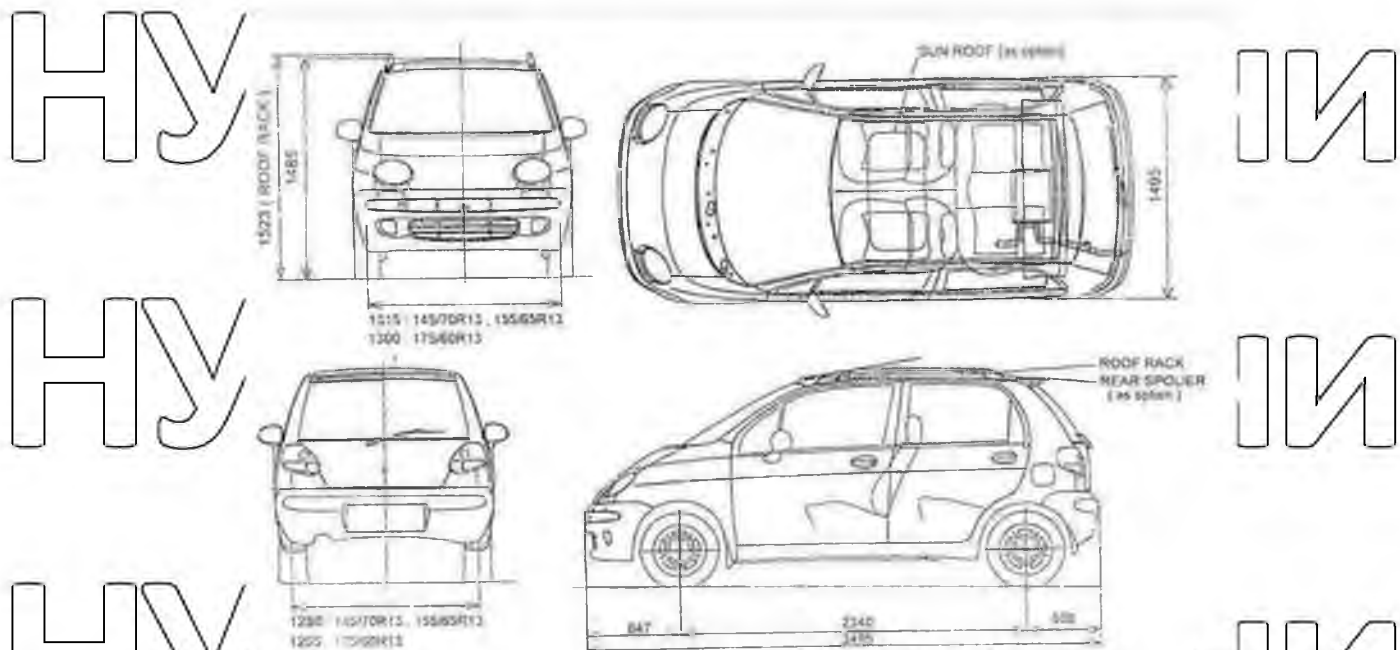


Рисунок 2.3 – Загальний вигляд та габаритні розміри Daewoo Matiz Creative 0.8.

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 пасажирів, яка представлена на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Компоновка робочого місця водія та 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 1 м 80 см, 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 2.5:

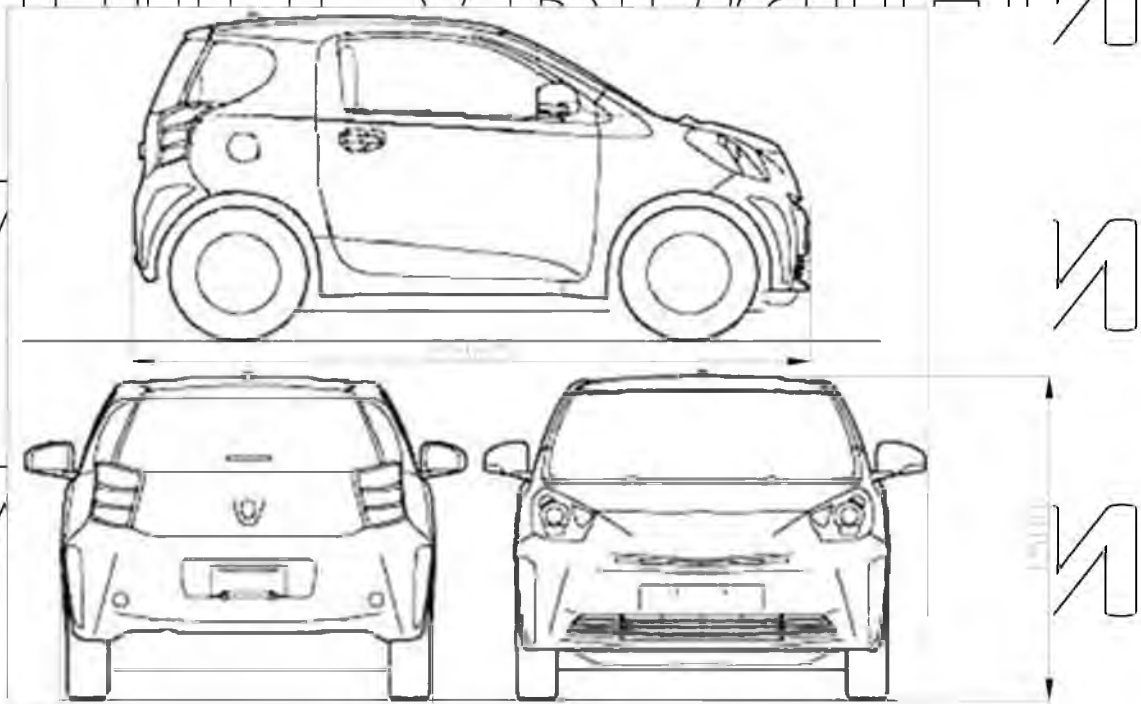


Рисунок 2.5 – Загальний вигляд та габаритні розміри *Toyota iQ* 1.0

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 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 2.6.

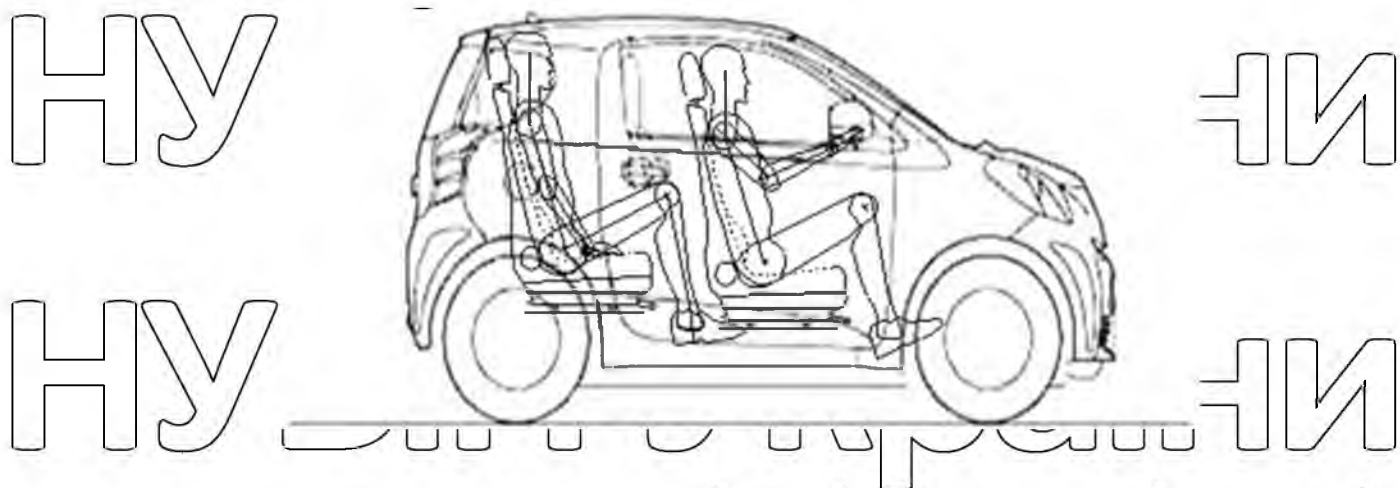


Рисунок 2.6 – Компонівка робочого місця водія та посадкового місця пасажирів

*Toyota iQ 1.0*

# НУБІП УКРАЇНИ

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

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-ібокові панелі та дах автомобіля.

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

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

# НУБІП УКРАЇНИ

## 2.3 Технологія виготовлення несучої системи

# НУБІП України

Композитний матеріал – багатофазний однорідний

анізотропний матеріал регулярної структури з чітко вираженою межею розділу

фаз.

# НУБІП України

Композитний матеріал традиційно складається з армуючого матеріалу, наприклад, волокна, тканини, покладеного в певному порядку, і єднального компонента – різних смол. Кінцеві механічні властивості композитного матеріалу

# НУБІП України

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

# НУБІП України

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

# НУБІП України

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,

# НУБІП України

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

# НУБІП України

максимальний відносний вміст армуючого матеріалу до 65-70 % практично повна відсутність повітря між шарами – менше 2 %. Проте ця технологія дуже витратна, оскільки задалегідь просочені волокна мають обмежений час життєстійкості,

# НУБІП України

вимагають спеціальних умов зберігання – в холодильниках при температурах порядку  $-20^{\circ}\text{C}$ . Робота з ними вимагає високу кваліфікацію робітників, твердіння займає декілька годин, вимагає підвищеній температуру ( $130 - 170^{\circ}\text{C}$ ) 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 автоклавовання, 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 розкряю сухого армуючого матеріалу - зрушення і розкряй країв – вирішили шляхом створення спеціального аерозоля - клею, що дозволяє комфортно працювати з сухим матеріалом. RTM-технологію відрізняє низька пористість отриманого 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.

НУБІП України

НУБІП України

### 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 <sup>3</sup>
	Межа текучості	62,01 МПа
	Межа міцності при крученні	72 МПа
	Допустимі напруження при крученні	16 МПа
	Допустимі напруження при розтягненні	28,5 МПа
	Допустимі напруження при стисненні	31 МПа
Напруження	Модуль Юнга	$0,23 \cdot 10^5$ МПа
	Коефіцієнт Пуассона	0,38
	Модуль пружності при зсуві	$0,824 \cdot 10^3$ МПа

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

# НУБІП України

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

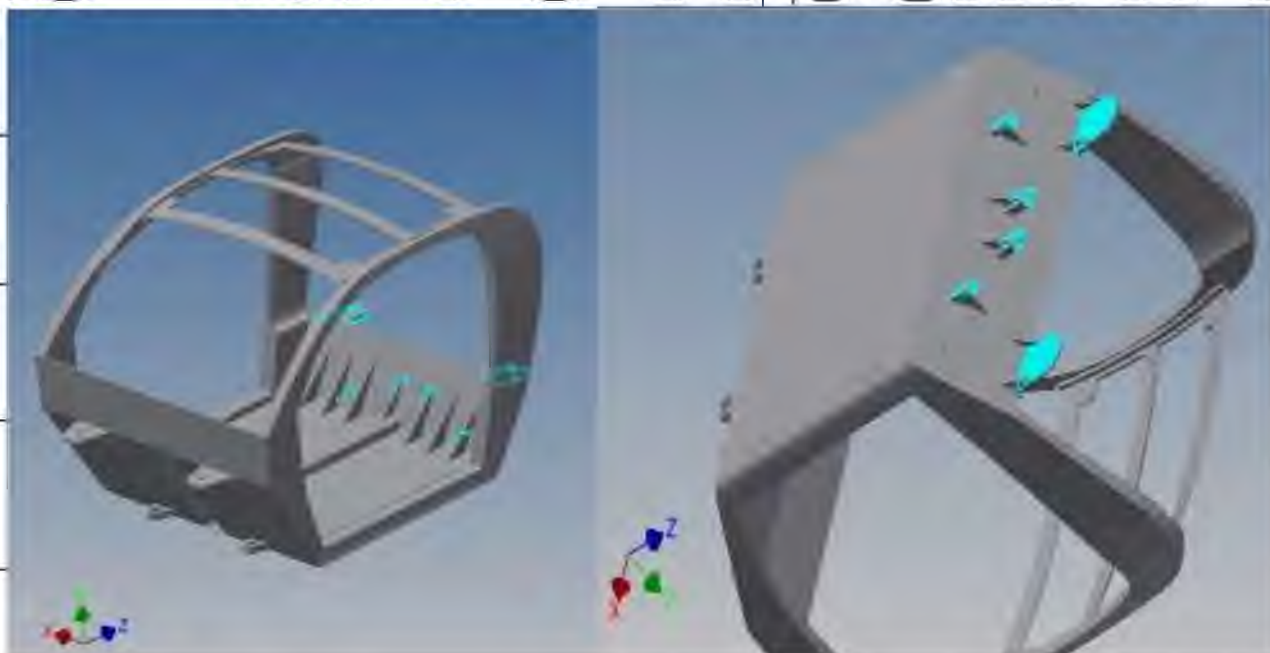


Рисунок 3.1. – Фіксація несучої системи під час максимального прискорення

Під час екстремного 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 протилежному 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

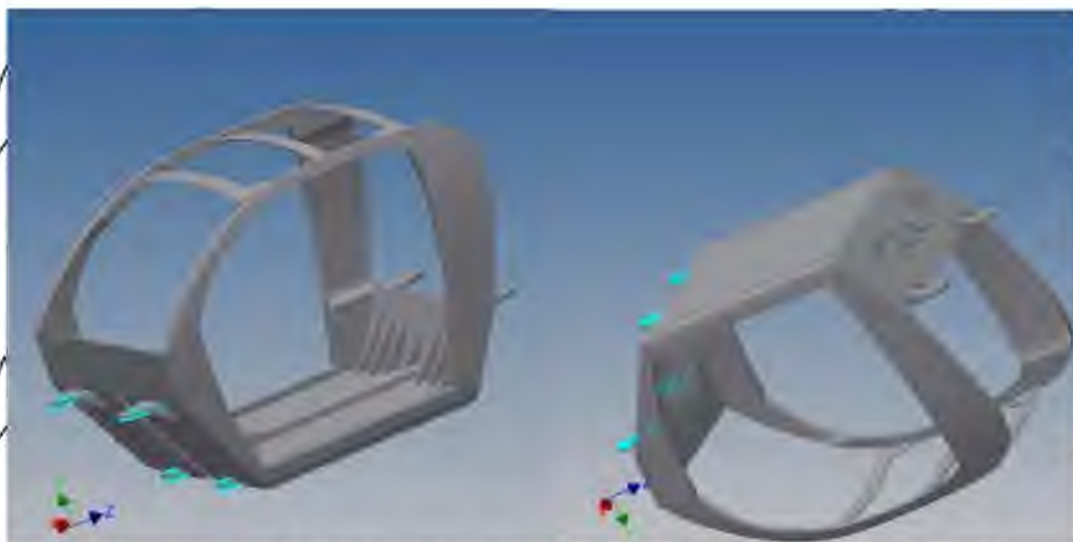


Рисунок 3.2 – Фіксація несучої системи під час екстремного гальмування

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.

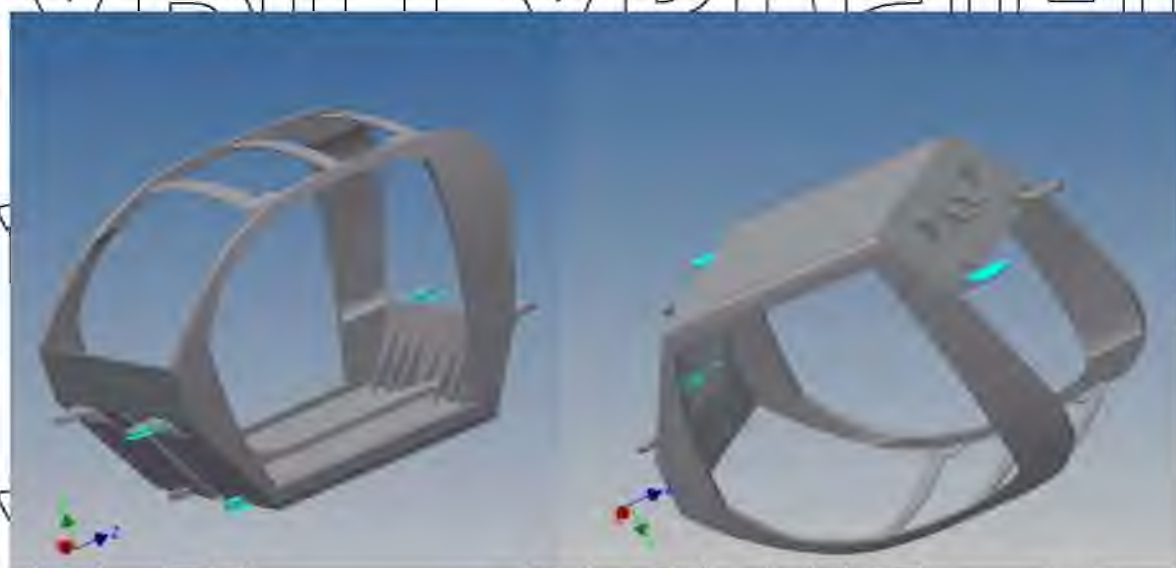


Рисунок 3.3 – Фіксація несучої системи під час діагонального вивішування

Для проведення порівняння жорсткості лонжона 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 місця його кріплення з заднім підрамником, при цьому з протилежного боку діяв, однаковий в обох випадках, момент.

Фіксація обох деталей зображена на рисунку 3.4.

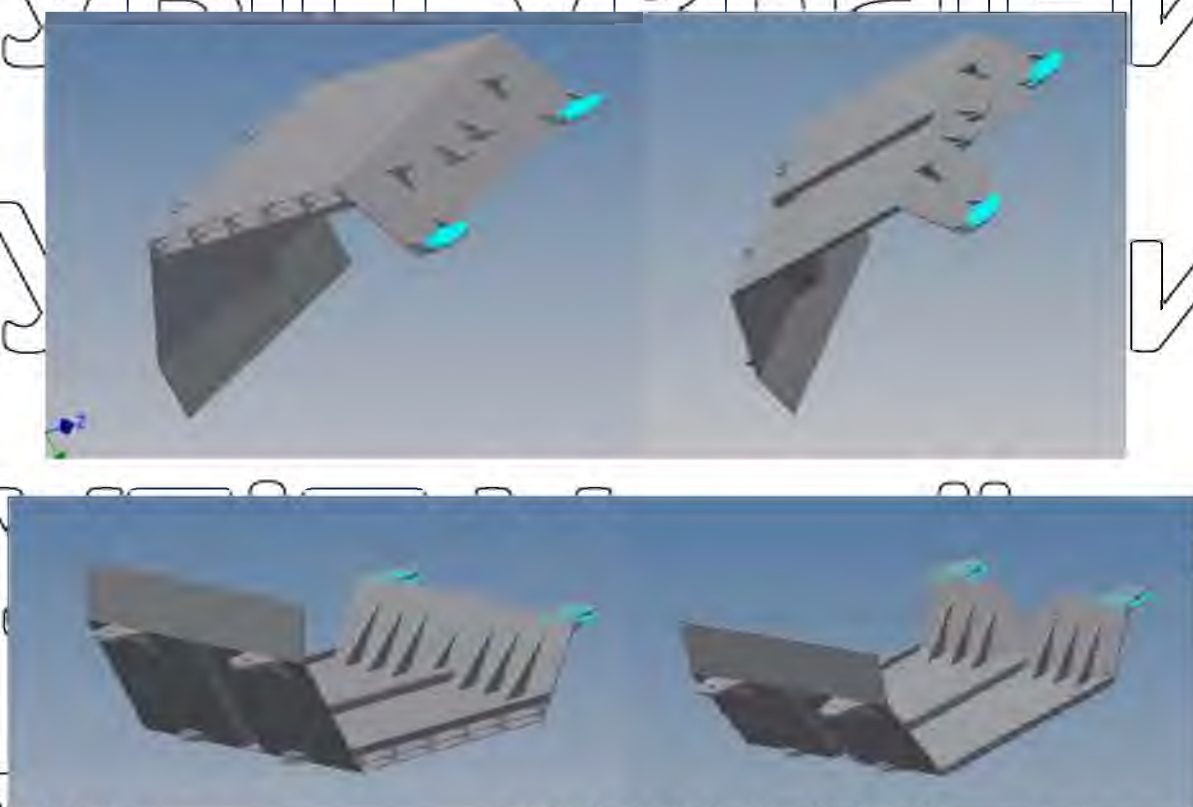


Рисунок 3.4 – Фіксація дна в одинарному та подвійному дні

### 3.3 Розрахунок навантажень на несучу систему

Таблиця 3.3 – Сили та моменти реакції в залежностях у випадку

максимального розгону електромобіля

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

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 3.4 – Сили та моменти реакції в залежностях у випадку екстремного 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	0 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	0 Н·м	0 Н·м
	0 Н	0 Н	100 Н·м	-50 Н·м
	0 Н	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

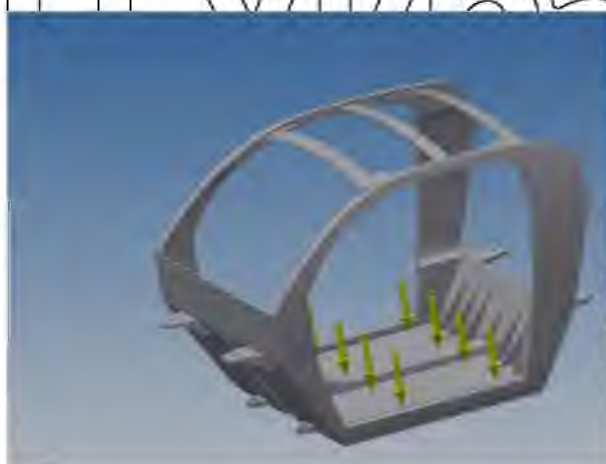


Рисунок 3.5 – Вертикальні навантаження з боку водія та пасажирів

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

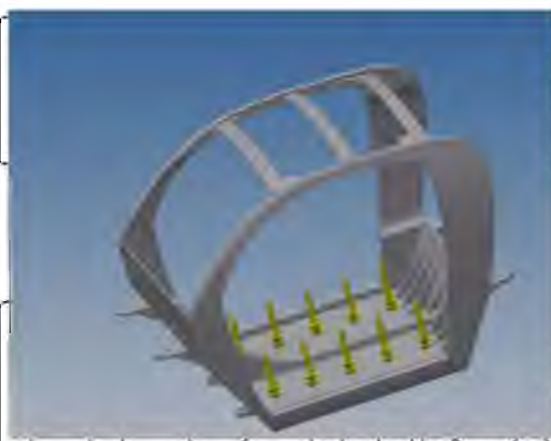


Рисунок 3.6 – Вертикальні навантаження акумуляторних батарей

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

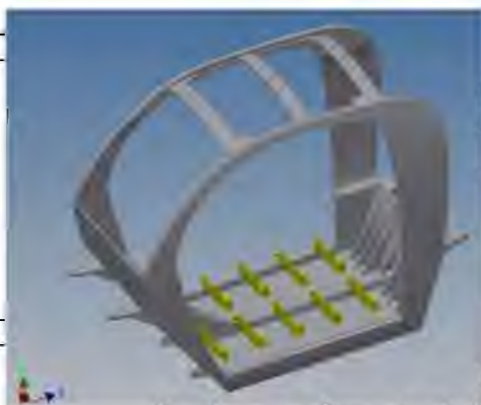


Рисунок 3.7 – Сумарні навантаження, які враховують вертикальні навантаження та сили інерції акумуляторних батарей під час максимального розгону

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

3.8

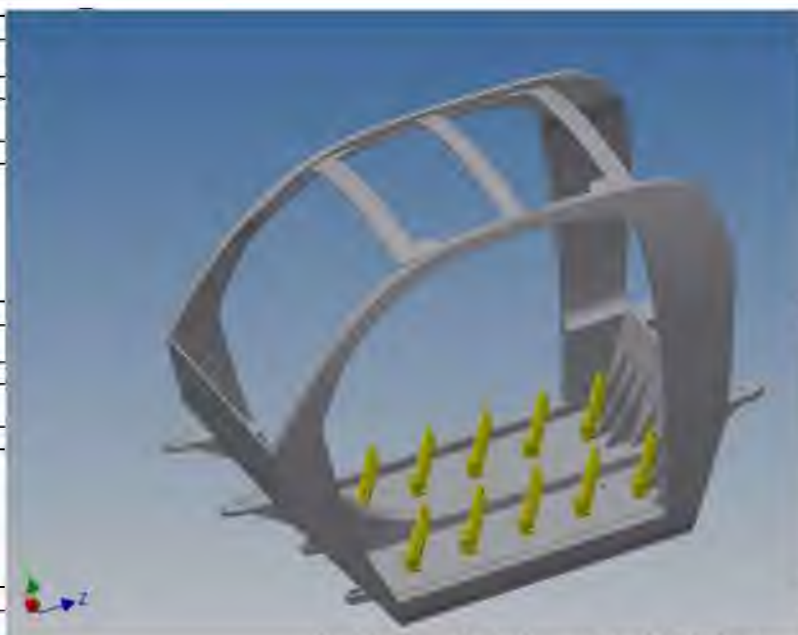


Рисунок 3.8 – Сумарні навантаження, які враховують вертикальні навантаження та сили інерції акумуляторних батарей під час екстреного гальмування

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

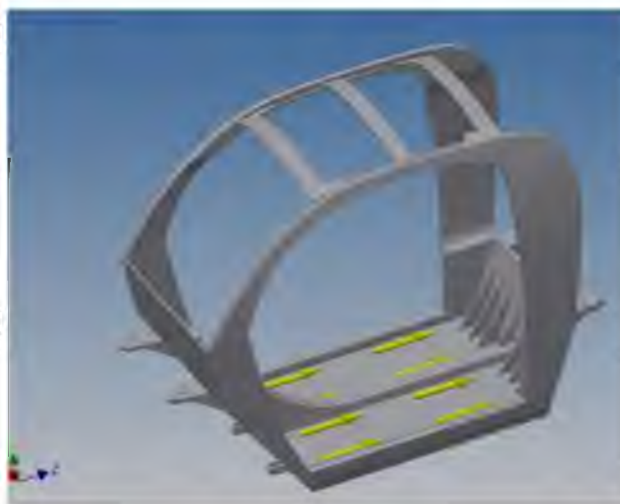


Рисунок 3.9 – Сили інерції водія, пасажирів та їх сидінь під час максимального розгону

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

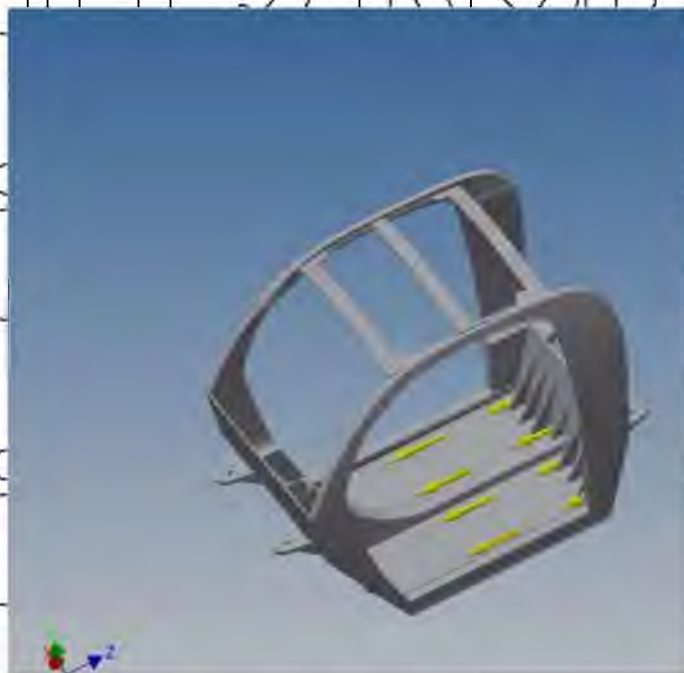


Рисунок 3.10 – Сили інерції водія, пасажирів та їх сидінь під екстремного гальмування

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

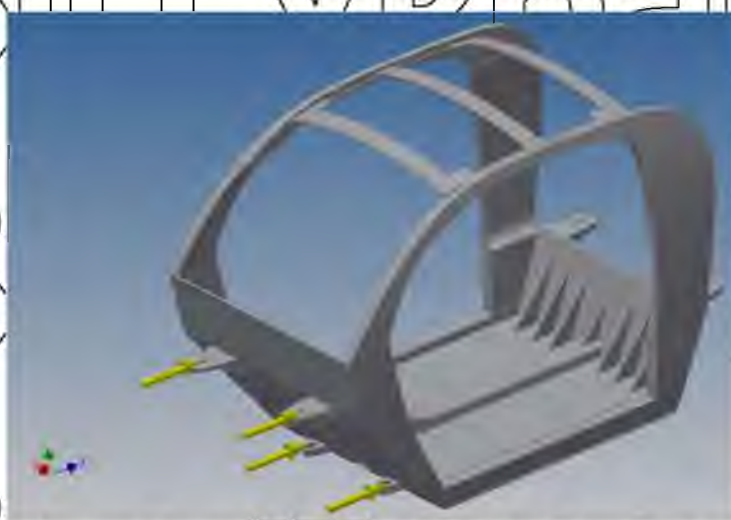


Рисунок 3.11 – Момент інерції з боку переднього підрамника, переднього багажного відділення та передньої підвіски

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

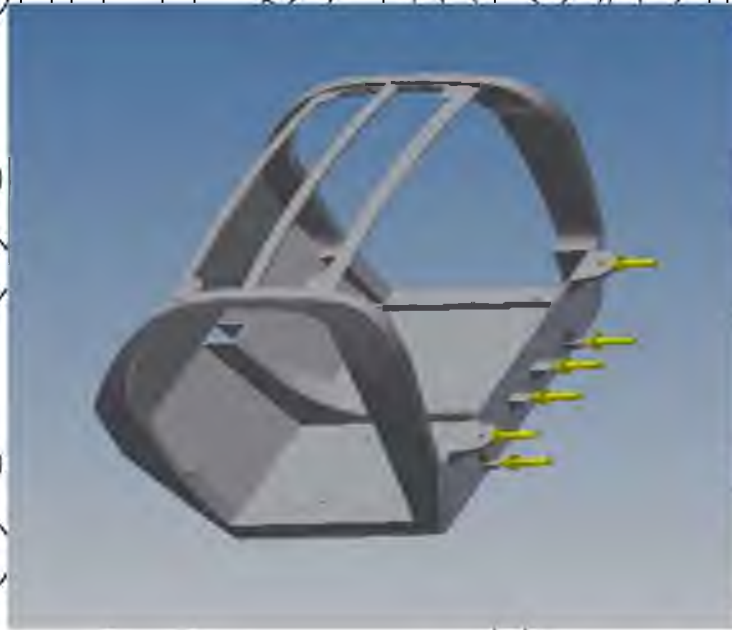


Рисунок 3.12 – Момент інерції з боку заднього підрамника, заднього багажного відділення, двигунів та трансмісії та задньої підвіски

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

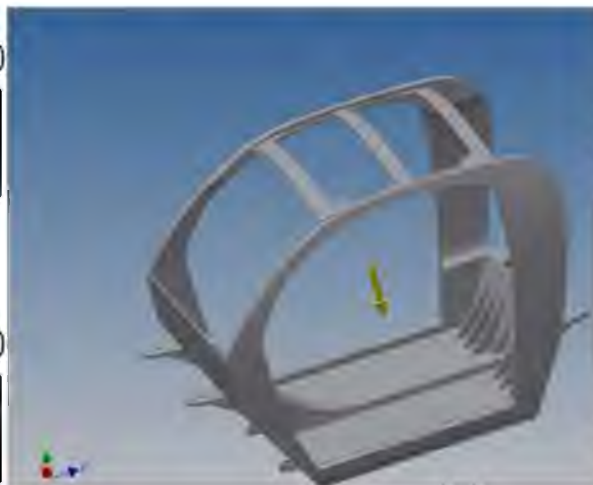
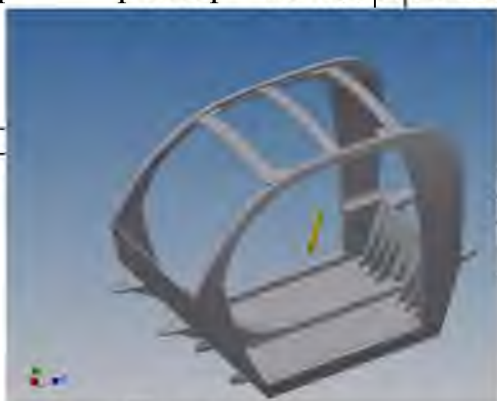


Рисунок 3.13 – Сила тяжіння

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 3.15 – Вектор сумарного прискорення під час екстремного гальмування



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

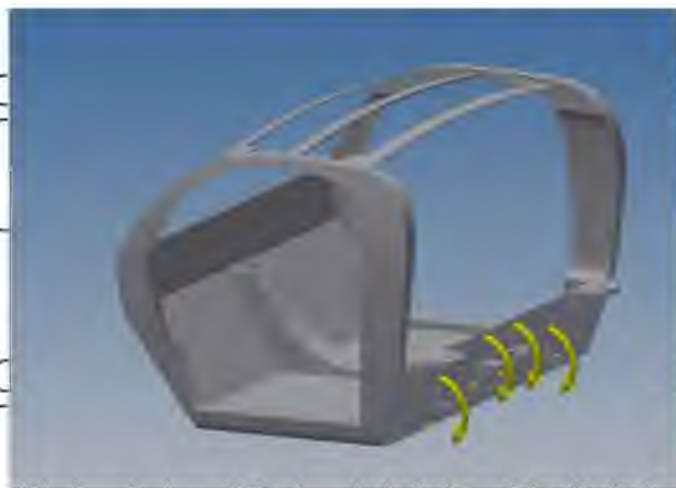


Рисунок 3.16 – Реактивний момент в місцях кріплення двигуна

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 зодинарним дном



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

### 3.4 Результати розрахунків

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

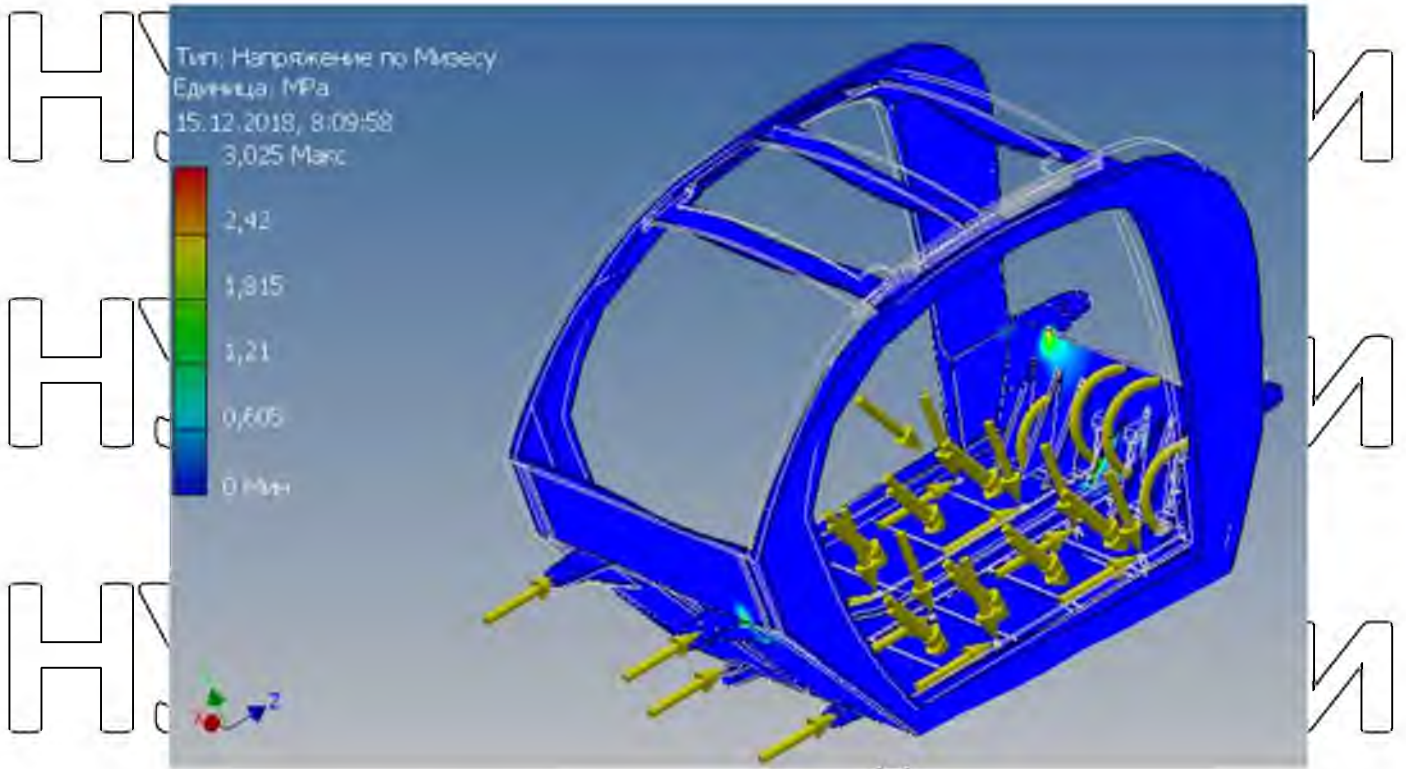
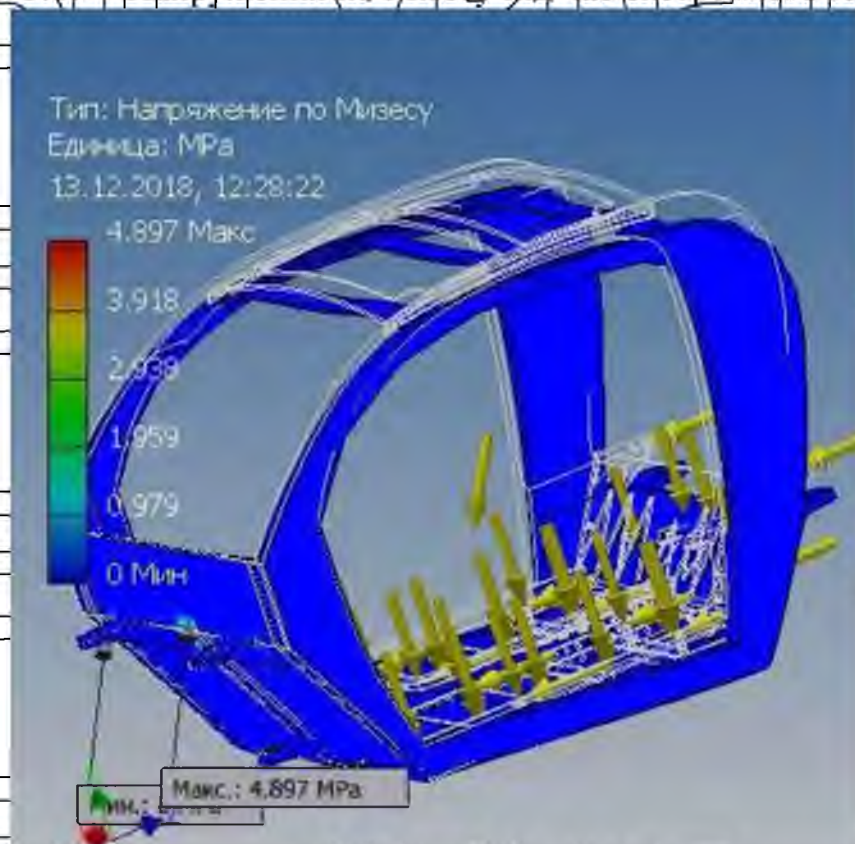


Рисунок 3.18 – Напруження по Мізесу під час максимального прискорення

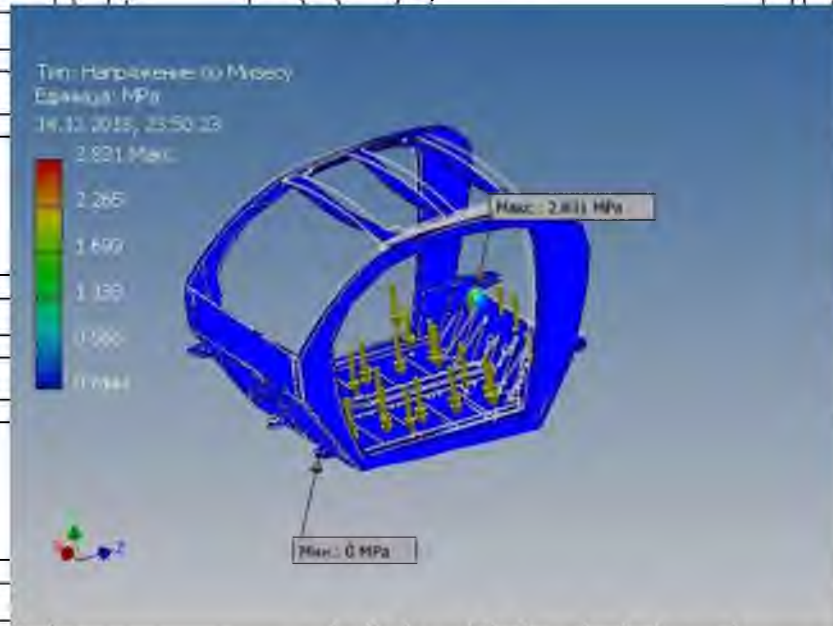
електромобіля

Рисунок 3.19 – Напруження по Мізесу під час екстремного гальмування



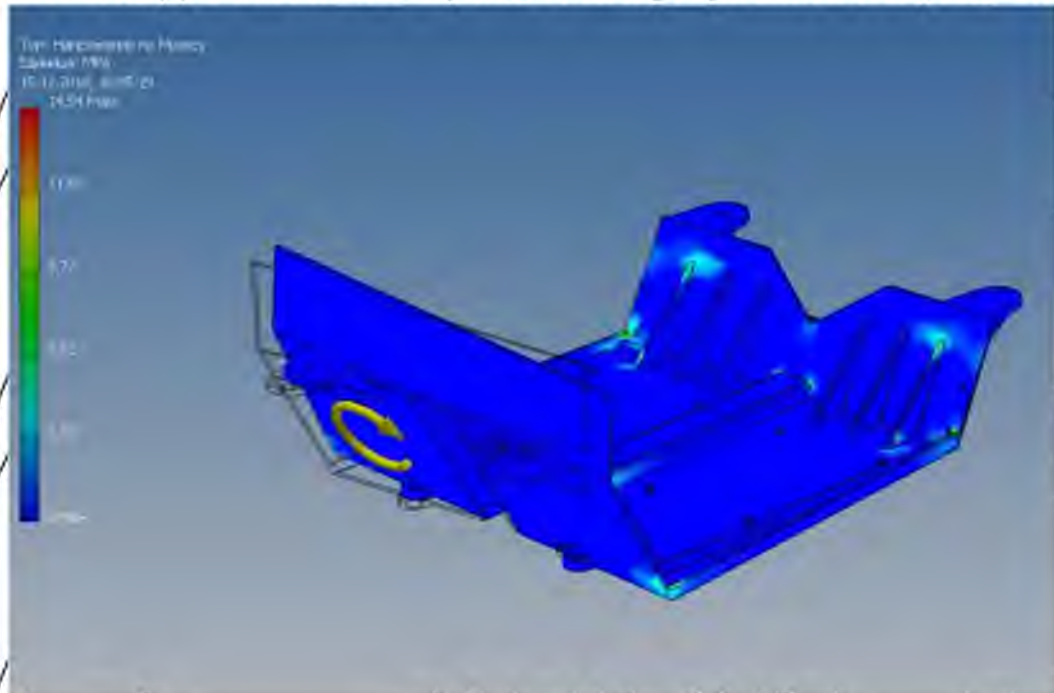
електромобіля

Рисунок 3.20 – Напруження по Мізесу під час діагонального вивішування



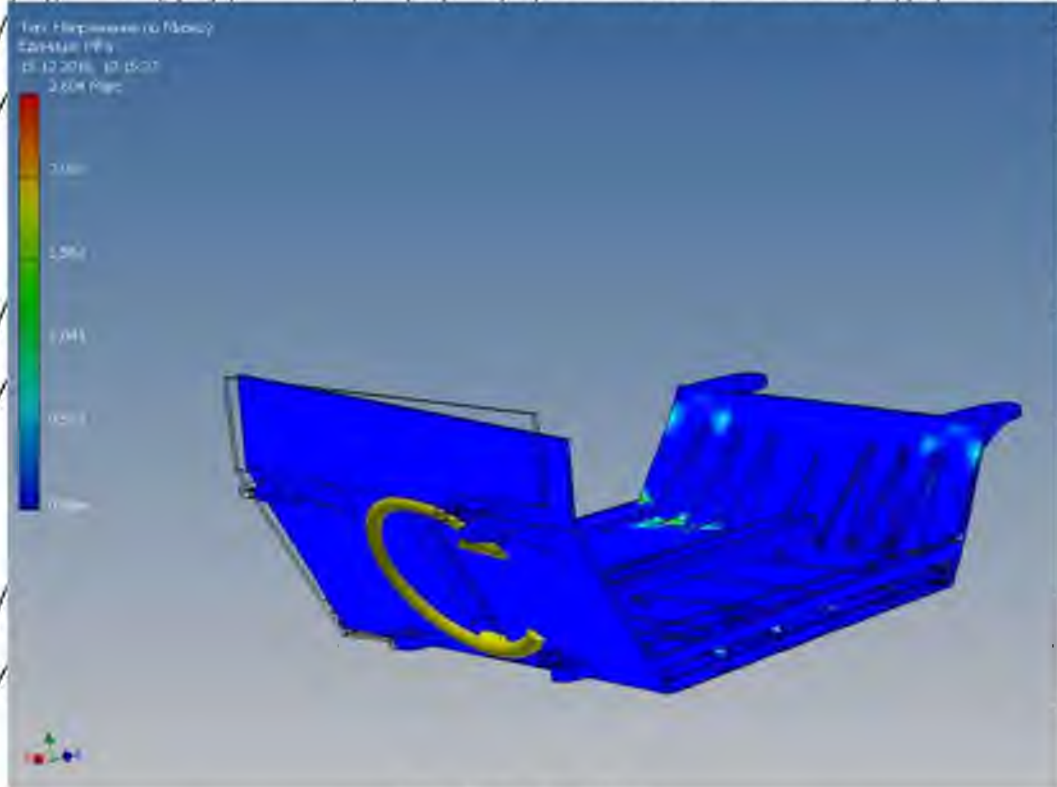
електромобіля

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



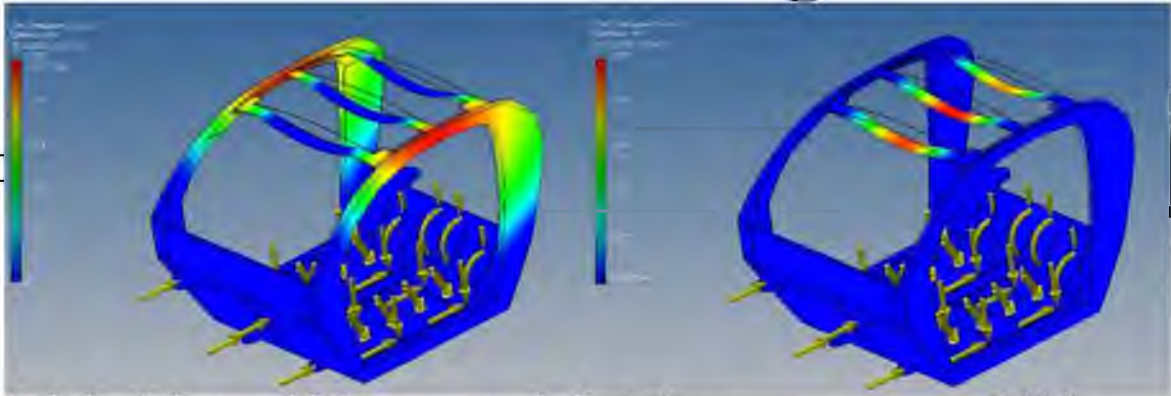
одинарним дном

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



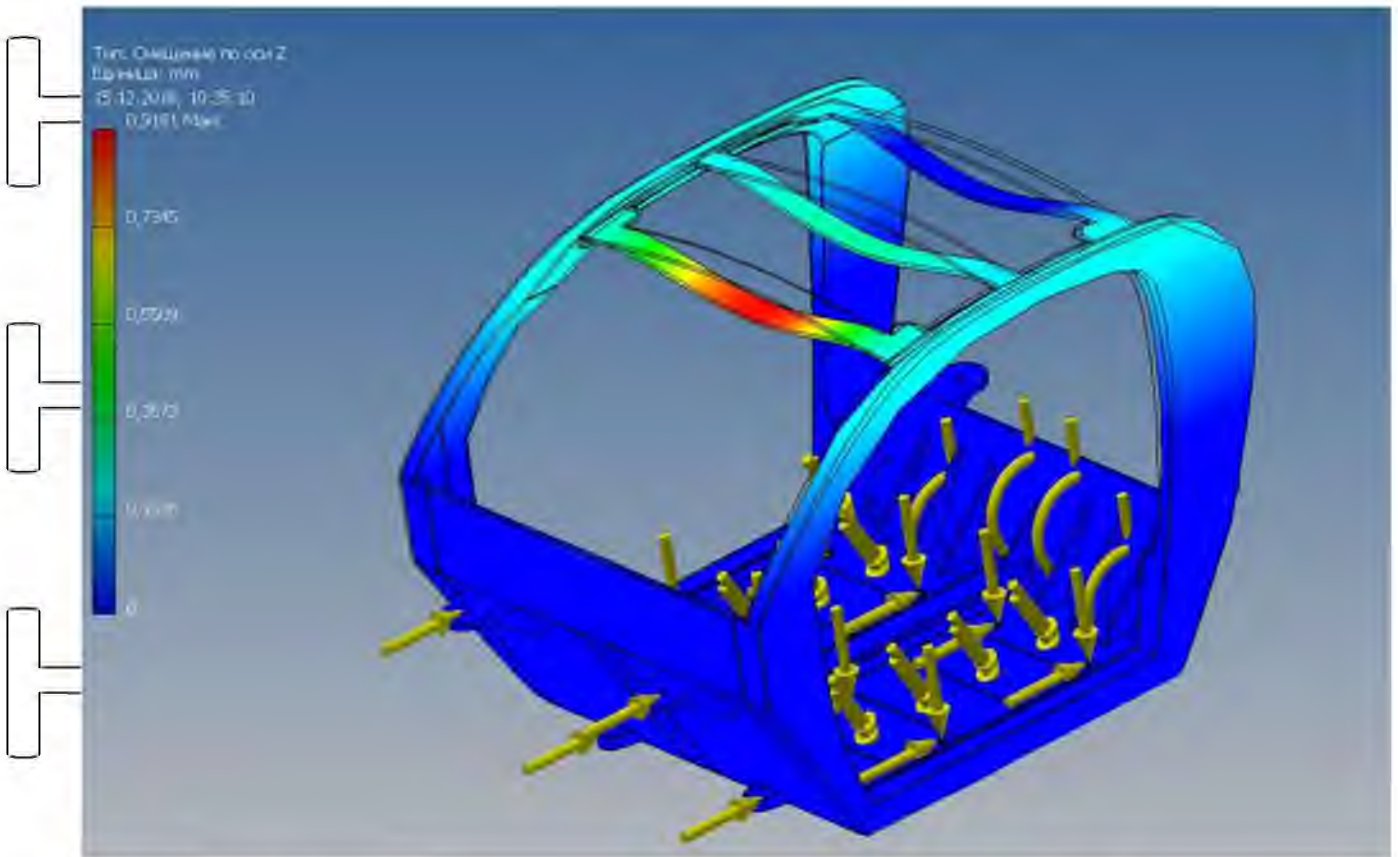


Рисунок 3.23 – Деформація в різних площинах несучої системи під час максимального прискорення

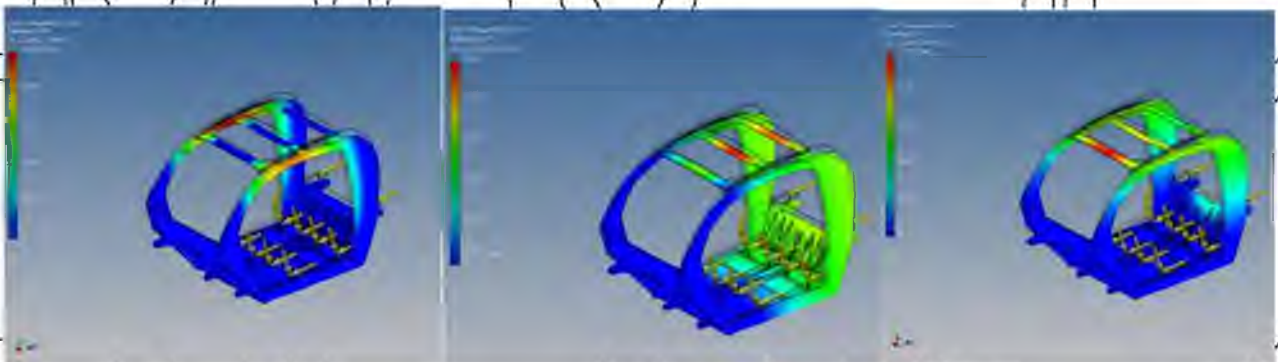


Рисунок 3.24 – Деформація в різних площинах несучої системи під час екстреного гальмування

НУБІП України

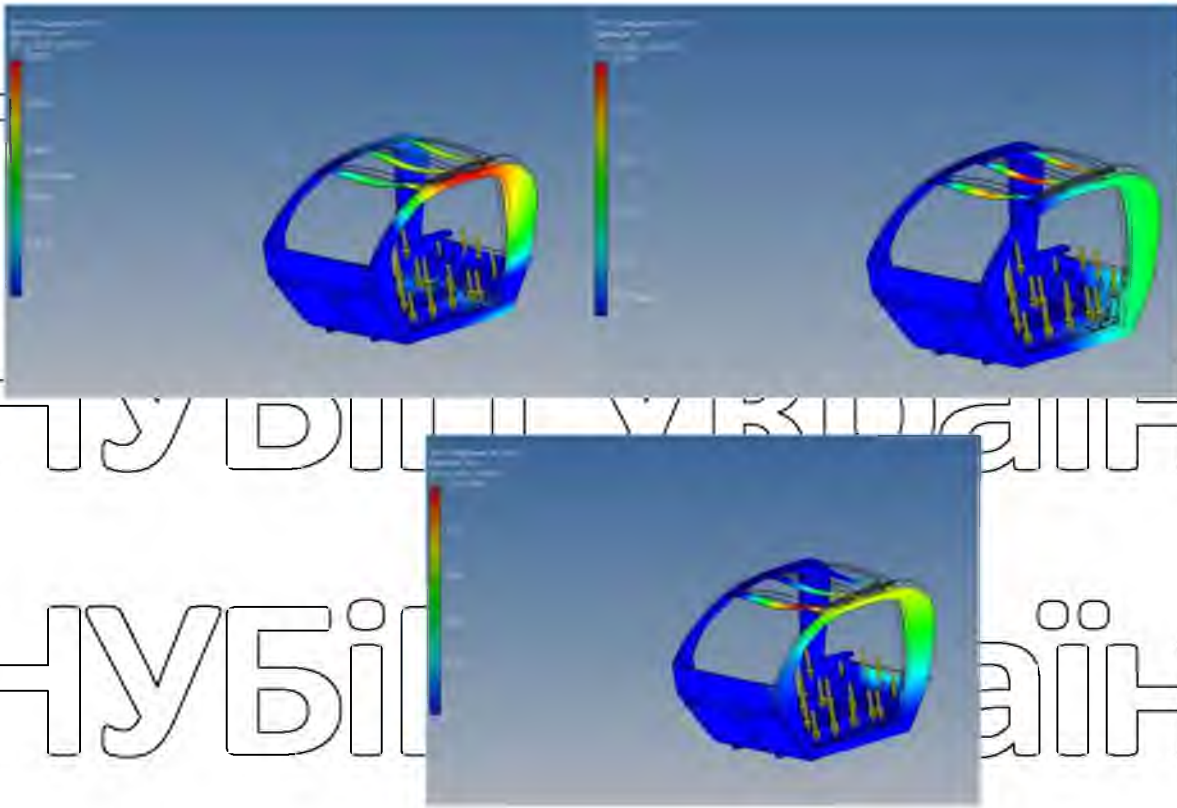
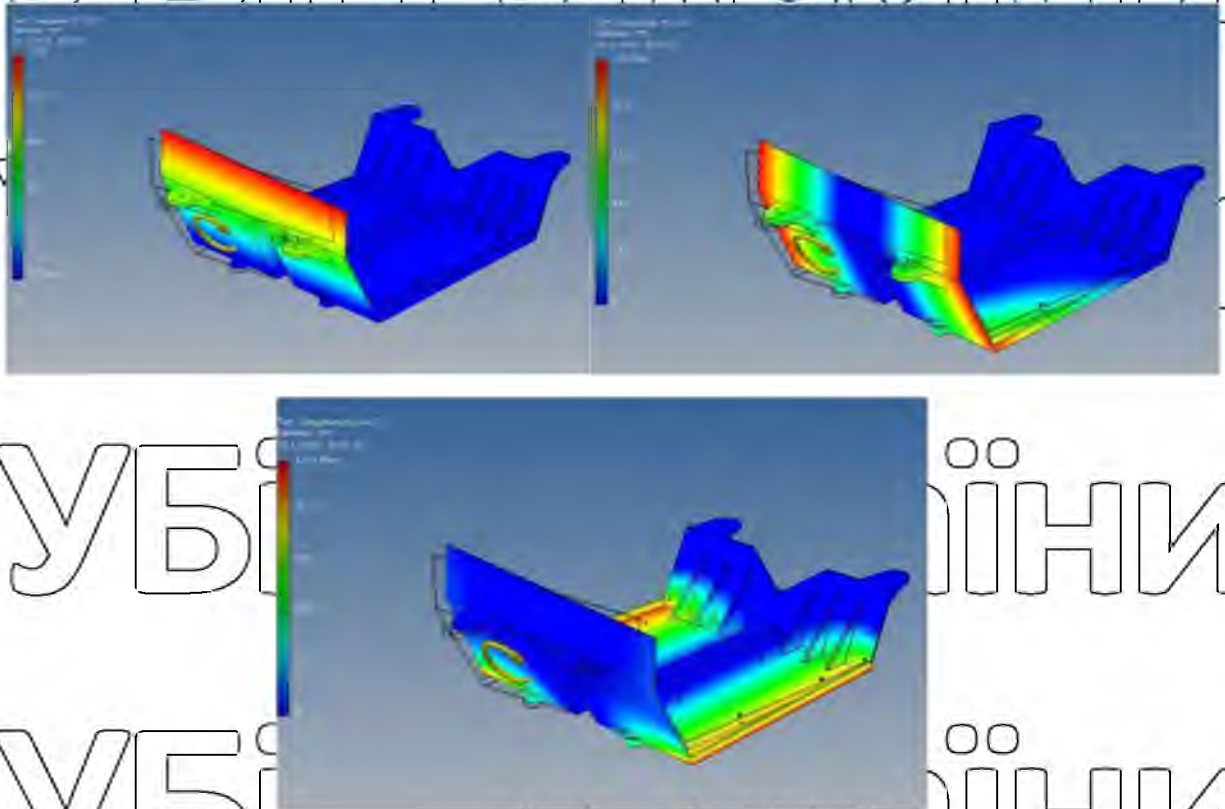


Рисунок 3.25 – Деформація в різних площинах несучої системи під час діагонального вивішування

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



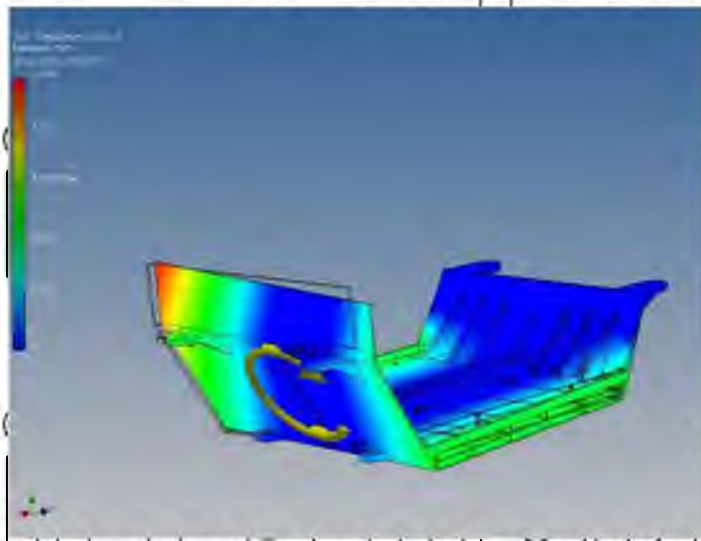
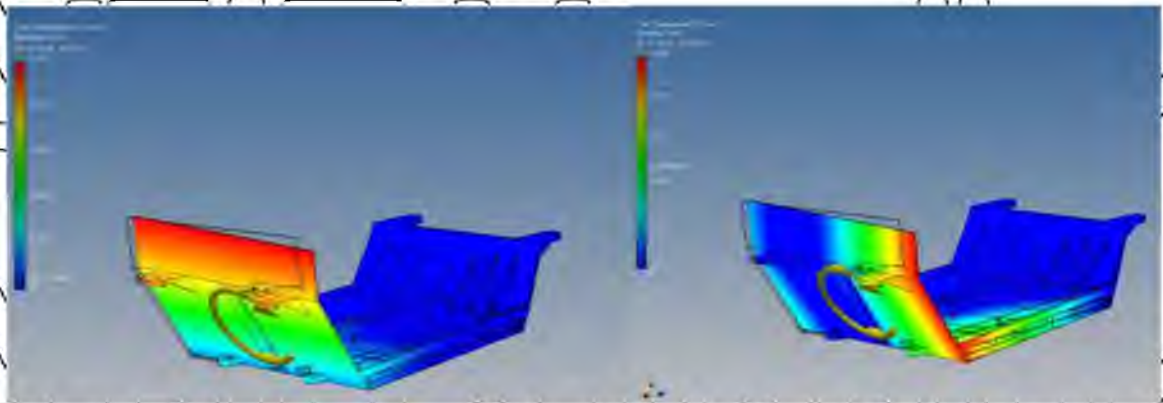


Рисунок 3.27 – Деформація в різних площинах днища кузова з подвійним дном

Коефіцієнти запасу міцності для кожного випадку представлені на рисунках

3.28-3.32

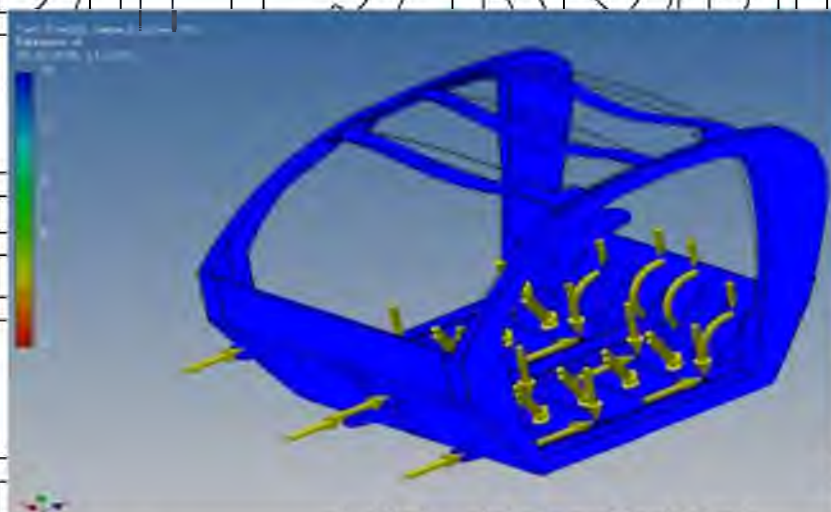
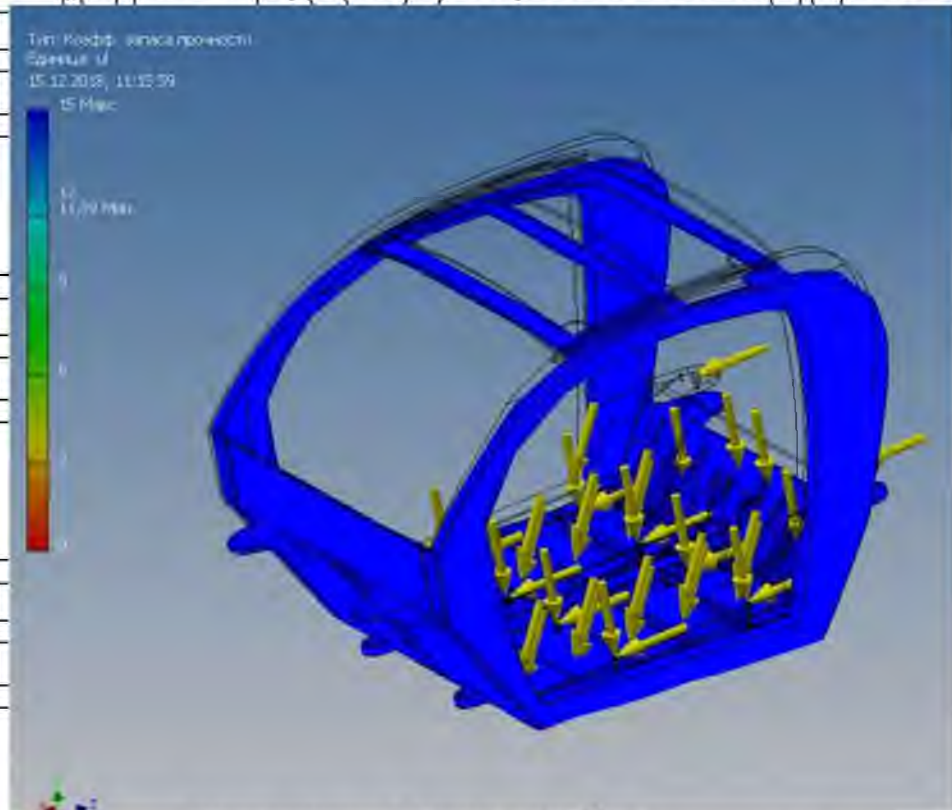


Рисунок 3.28 – Коефіцієнти запасу міцності несучої системи під час максимального прискорення електромобіля

Рисунок 3.29 – Коефіцієнти запасу міцності несучої системи під час максимального



прискорення електромобіля

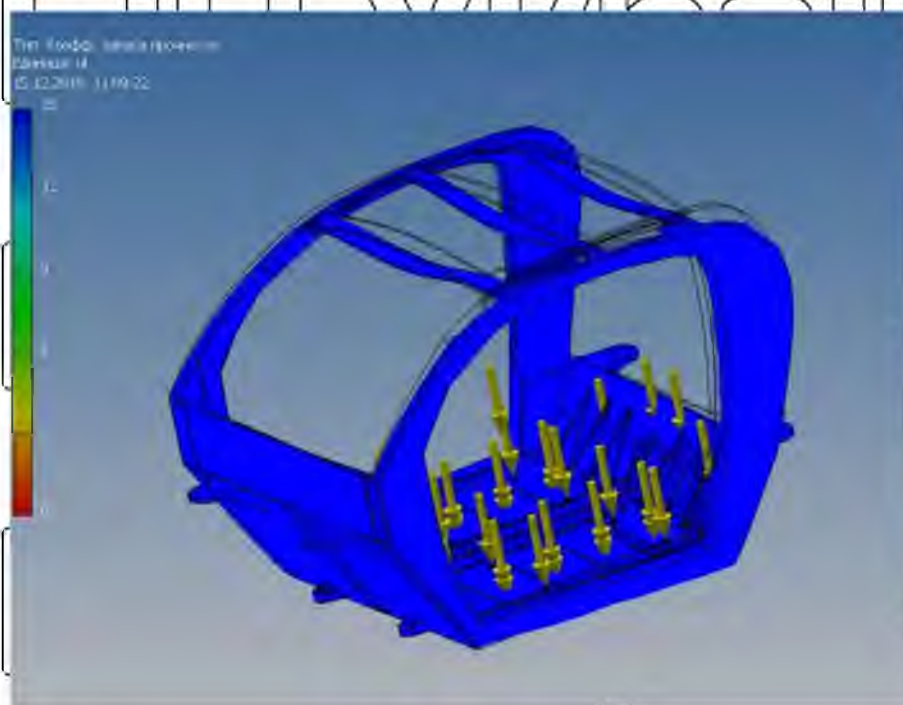


Рисунок 3.30 – Коефіцієнти запасу міцності несучої системи під час діагонального вивішування електромобіля

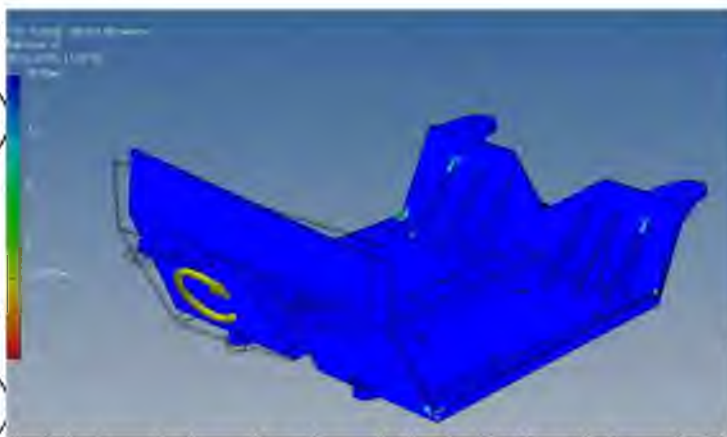


Рисунок 3.31 – Коефіцієнти запасу міцності днища з одинарним дном

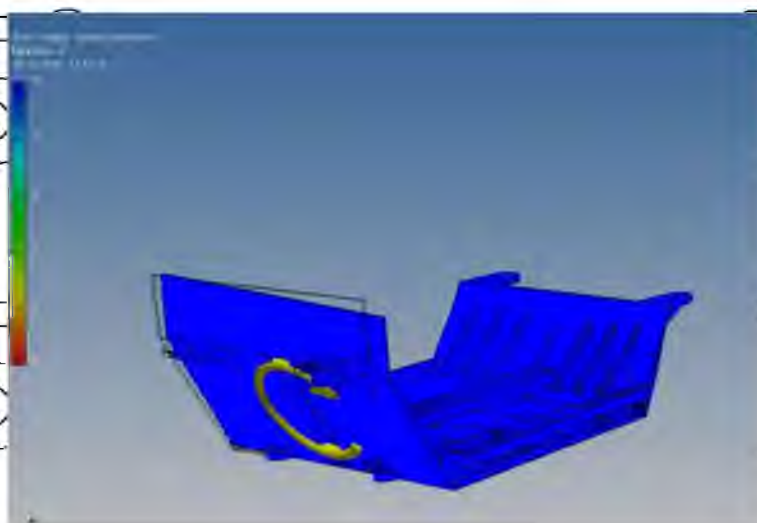


Рисунок 3.32 – Коефіцієнти запасу міцності днища з подвійним дном

Висновок: виконаний аналіз доводить, що застосування подвійного дна для розміщення акумуляторних батарей збільшує жорсткість днища в 3 рази. При цьому, розроблена 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.

НУБІП України

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

На розроблюваному електромобілі застосовуються 2 безколекторних електродвигуна, зовнішня швидкісна характеристика яких представлена нарисункові

4.1. Повна маса автомобіля була розрахована за формулою (4.1)

$$m_a = m_0 + (m_u + m_6) (n_c + 1) = 710 + (75 + 20) \cdot 2 = 900 \text{ кг.} \quad (4.1)$$

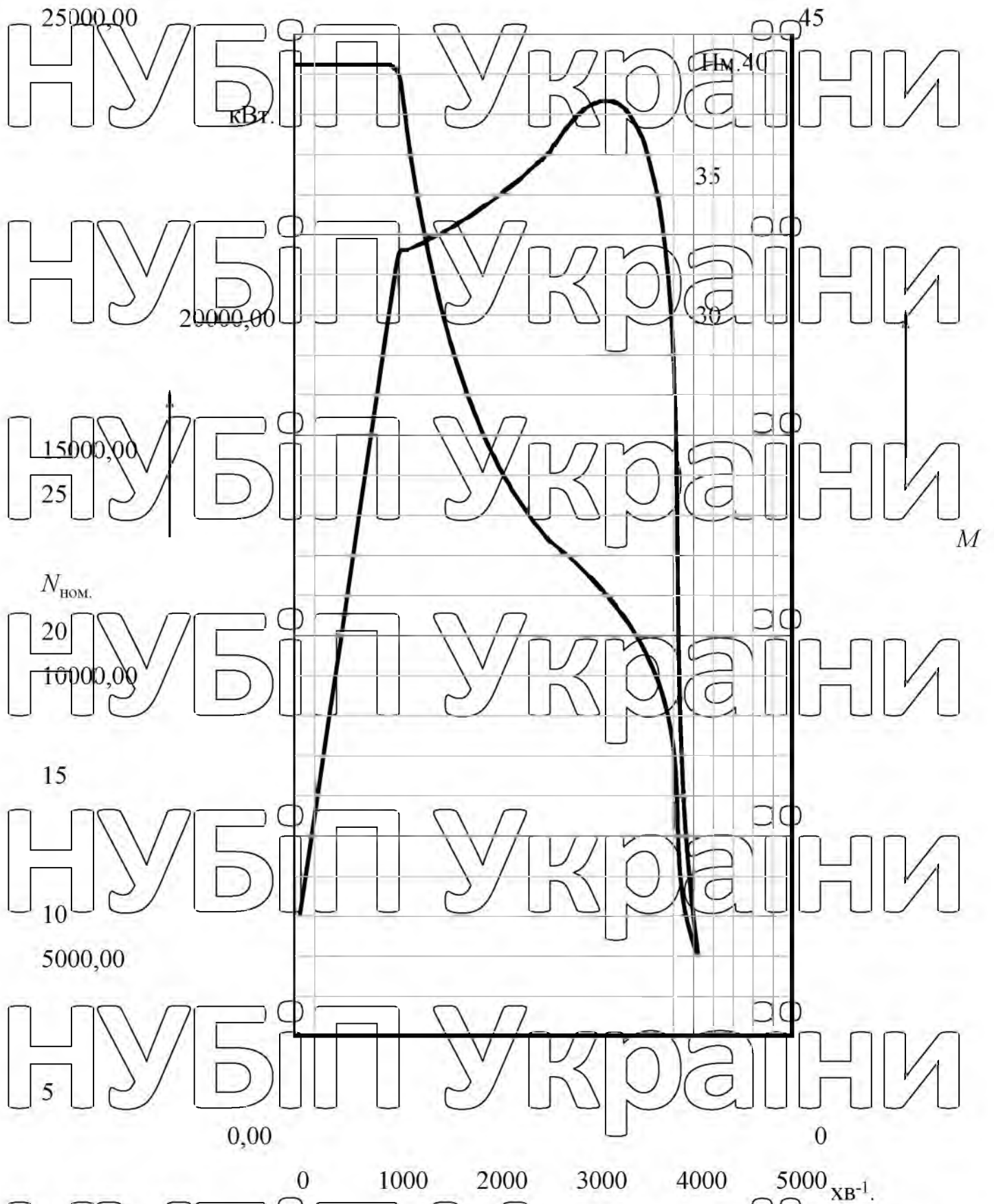


Рисунок 4.1. – І графік зовнішньої швидкісної характеристики двигуна

## 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 заєновані 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 однострумовану її передачу від джерела до споживача в формі фактора потужності. Так як розвивається двигун 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  $e_d\omega$  ( $M_{ed}$ ), відповідну механічній характеристиці електродвигуна. На рис. 1.2 представлені вихідні базові характеристики елементів розімкнутої 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 (НХП) і другого характерного процесу (ВХП).

У тяговому електроприводі обидва характерних процеси протікають зазвичай одночасно, тобто має місце синтез двох характерних процесів (СХП).

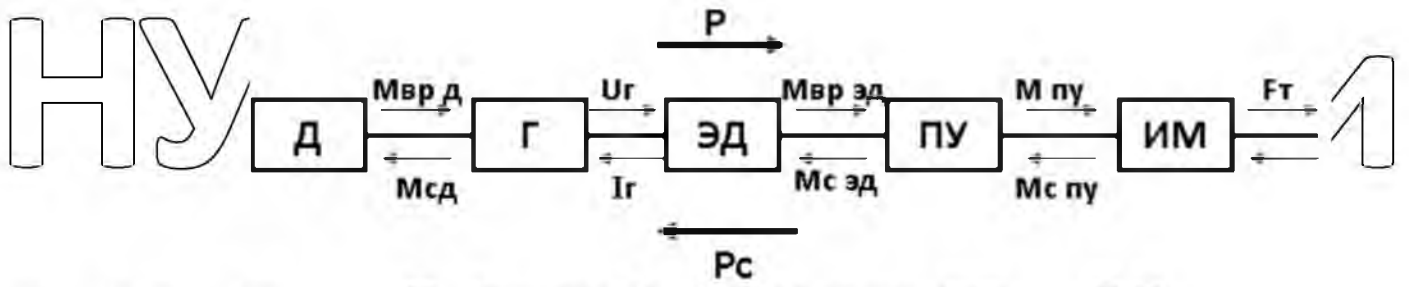


Рисунок 4.2 – Силлові потоки ТЕП



Рисунок 4.3 – Базові характеристики елементів ТЕП

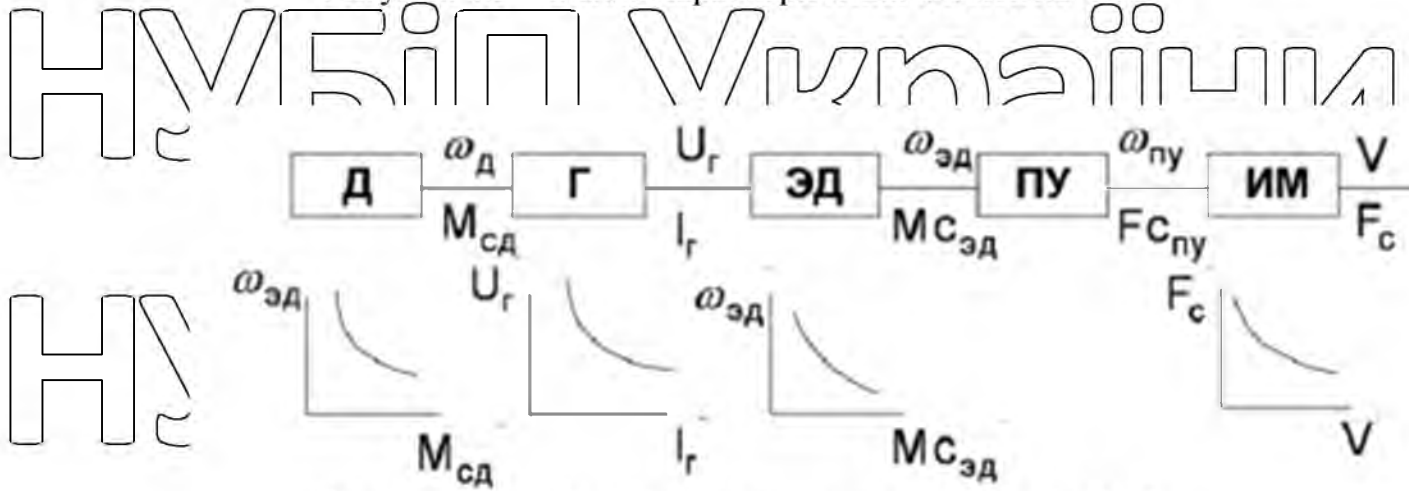


Рисунок 4.4 – Базові характеристики елементів ТЕП

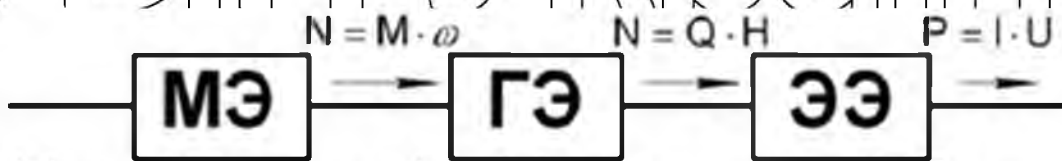


Рисунок 4.5 – Силловий потік в системі з гідролічним приводом

При синтезі характерних процесів робоча точка переміщається (в естації) 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  $\omega$ ,  $M_c$  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 одноступенною енергетичною установкою (ЕУ) є привід електромобіля (ЕМ), що містить в складі силового ланцюга джерело енергії, електродвигун і механічну трансмісію.

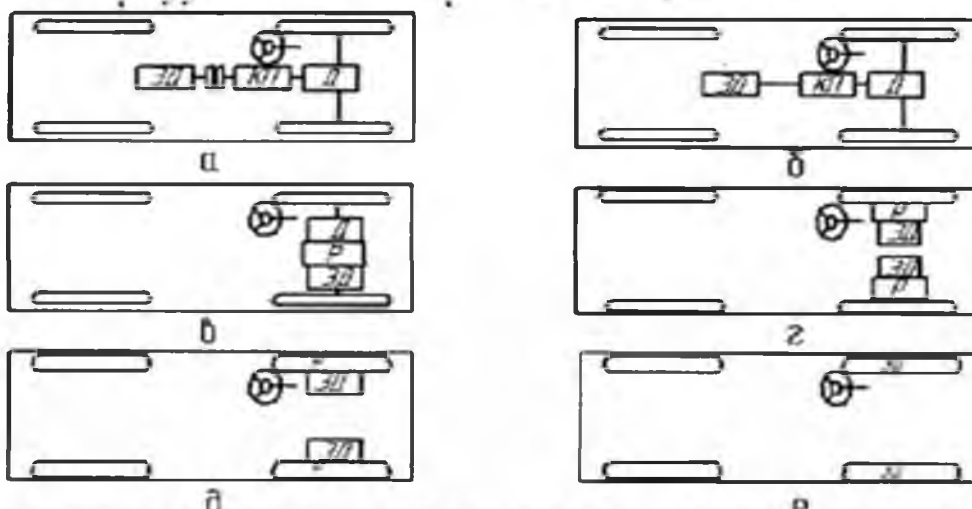
Перетворювальне, електродвигуні і передавальні пристрої ТЕП ЕМ за своїм функціональним призначенням подібні аналогічним пристроям автомобіля з ДВС.

Сучасний ЕМ має досить досконалу структуру і задовольняє вимогам експлуатації, відповідно до свого конкретного призначення. 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 узагальненою структурною 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 рисунку 4.5 (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 зміні швидкості колеса і швидкості транспортного засобу. Однак перозташування 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: силового 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.

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.

Створені 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 ТЕР 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 ТЕР ЕМ з використанням досягнень електронної техніки.

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 якорного 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. Силовий 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.

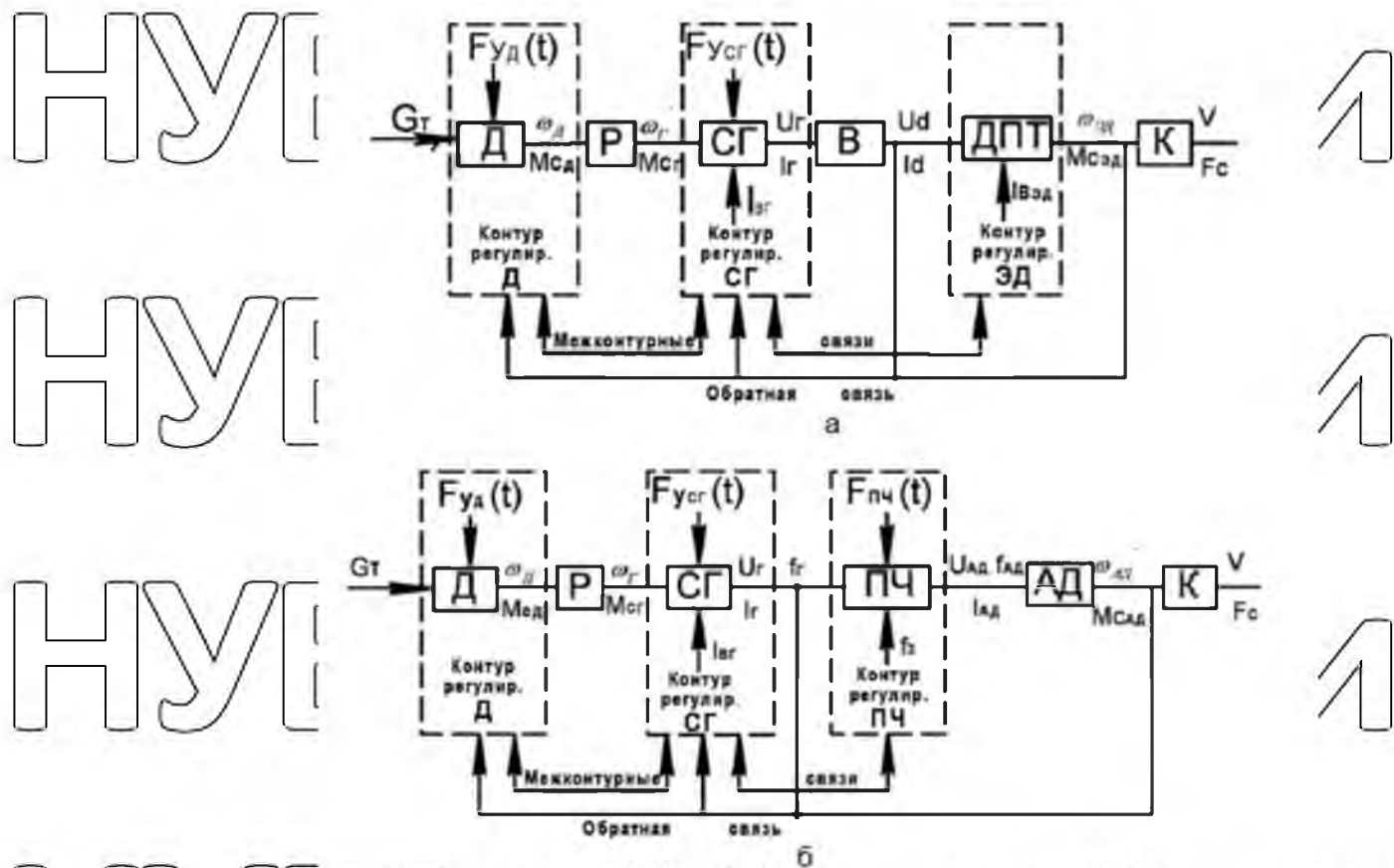


Рисунок 4.8 – Структурна схема приводу: а- змінно-постійного струму; б- змінного струму

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

Елементами силового ланцюга структурної схеми ТЕР 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 ТЕР 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 з'явними 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 ТЕРП 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 ТЕРП БА, представленої на рис. 2.4.

До складу функціональної схеми входять тепловий 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  $TGD\omega$ . 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  $EД\omega$ , і, відповідають рушійному силовому потоку і потоку опору руху.

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

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

Аналіз протікають в ТЕР 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 статисти) за влучним висловом, що має гіперболічний форму.  $ПГУ \sim ПГУ(I)$

Згідно ТХП, вказане тут переміщення робочих точок по характеристикам,  $ПГУ(I) \sim ЕДЕД(Mc) \omega$ , і 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  $CV(F) \sim CM(Mc) \omega$ , то зміна напруги генератора призводить до утворення нової механічної характеристики

$ЕД(Mc) \omega$  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.  $CF_{cons} = C(Mconst) = CF$

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

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.

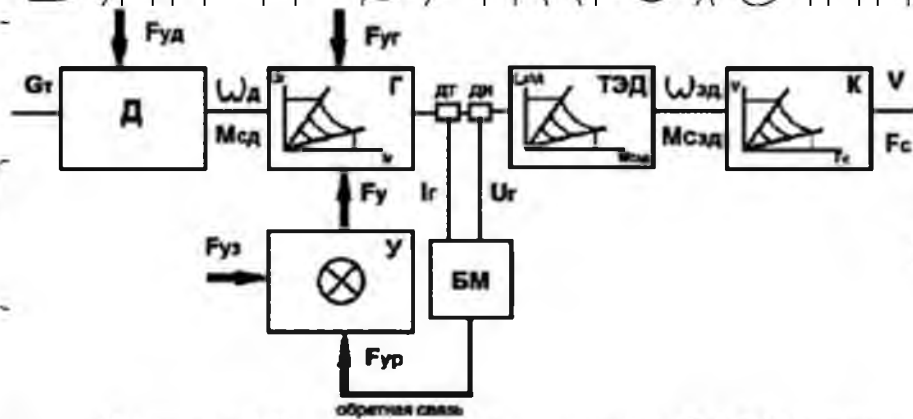


Рисунок 4.9 – Функціональна схема ТЕП БА

Одним із прикладів застосування тягового теплоелектричного приводу БА є ТЕП кар'єрних самоскидів Бел-А3, котрий випустив ряд модифікацій автомобілів і автопоїздів підвищеної і великої вантажопідйомності з різним типом системи тягового електроприводу.

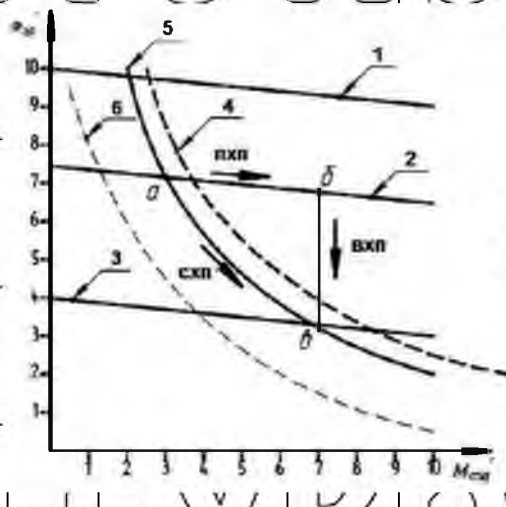


Рисунок 4.10 – Механічні характеристики ТЕП

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 розглянути вище функціонування ТЕП 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 силових 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 якорними обмотками і обмотками збудження тягових двигунів.

В даному ТЕП 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 нове 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*.

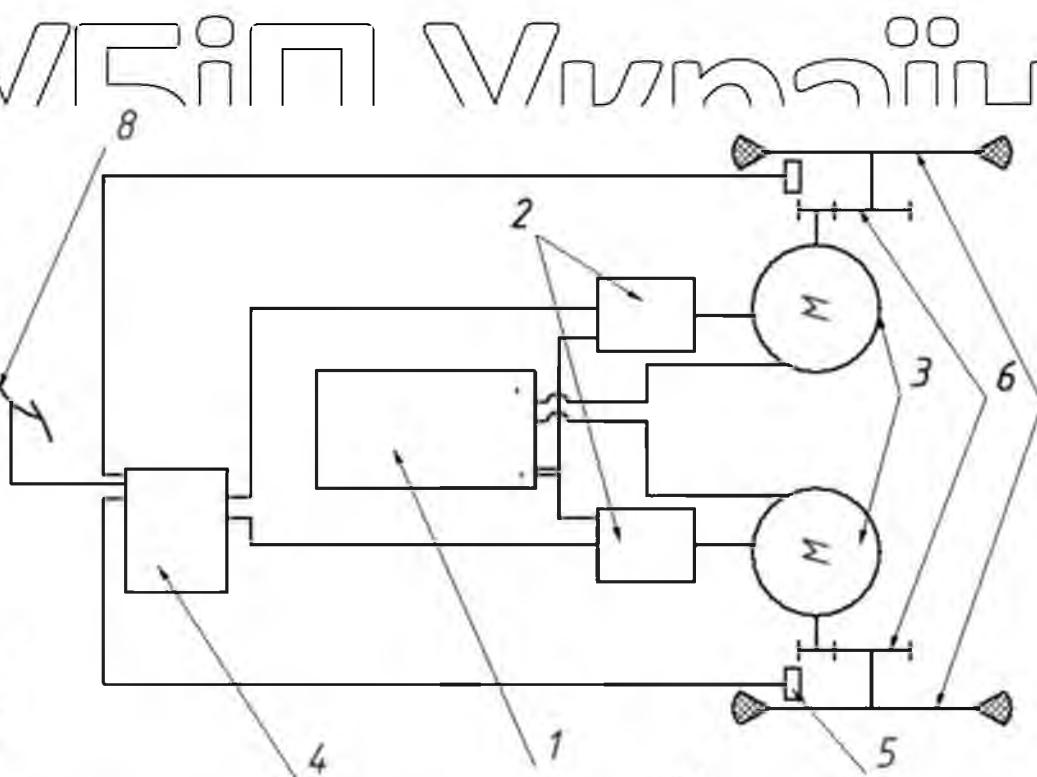
### 4.3 Розробка схеми керування частотами обертання ведучих коліс

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 величинита 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

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

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

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

#### 4.4.2 Постійні величини для створення математичної моделі

НУБІП України

Виходячи з розглянутих формул можна перелічити наступні постійні величини:

1. Коефіцієнти зчеплення відповідних ведучих коліс з дорогою,

$$\varphi_{л1} = 0,008; \varphi_{л2} = 0,014;$$

НУБІП України

2. Навантаження на ведуче колесо електромобіля,  $G_{л1}, G_{л2} = 2000\text{Н};$

3. Динамічний радіус колеса –  $0,27\text{м};$

4. Ступінь натиску водія на педаль газу,  $\alpha = 1;$

НУБІП України

#### 4.4.3 Перемінні величини для створення математичної моделі

НУБІП України

Виходячи з розглянутих формул можна перелічити наступні постійні величини:

Кутові швидкості ведучих коліс електромобіля,  $\omega_{л1}, \omega_{л2}$

Напруга, на яку треба змінити на двигунах, щоб вирівняти частоти обертання

ведучих коліс,  $\Delta U$

НУБІП України

#### 4.4.4 Імітаційна модель системи керування частотами обертання ведучих

колес

НУБІП України

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.

НУБІП України

Відповідно до формули 4.2, до складу блоку входять коефіцієнти зчеплення

відповідних ведучих коліс з дорогою ( $\varphi_d = 0,008$ ,  $\varphi_l = 0,014$ ) динамічний радіус колеса ( $r_d = 0,27$  м.) та навантаження на ведуче колесо електромобіля ( $G_d, G_l = 2000$  Н.). Оскільки даний блок складається з постійних величин, то він матиме лише один вихід та жодного входу. Зміст блоку зображений на рисунку 4.12

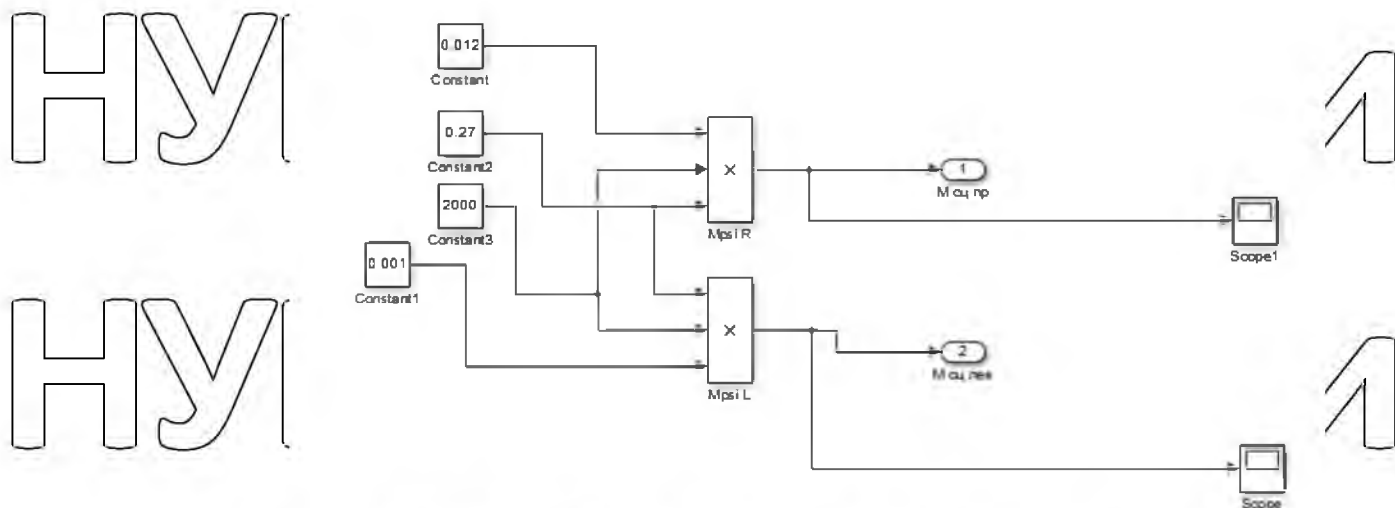


Рисунок 4.12 – Зміст блоку зчеплення ведучих коліс з дорогою

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 кутів 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.

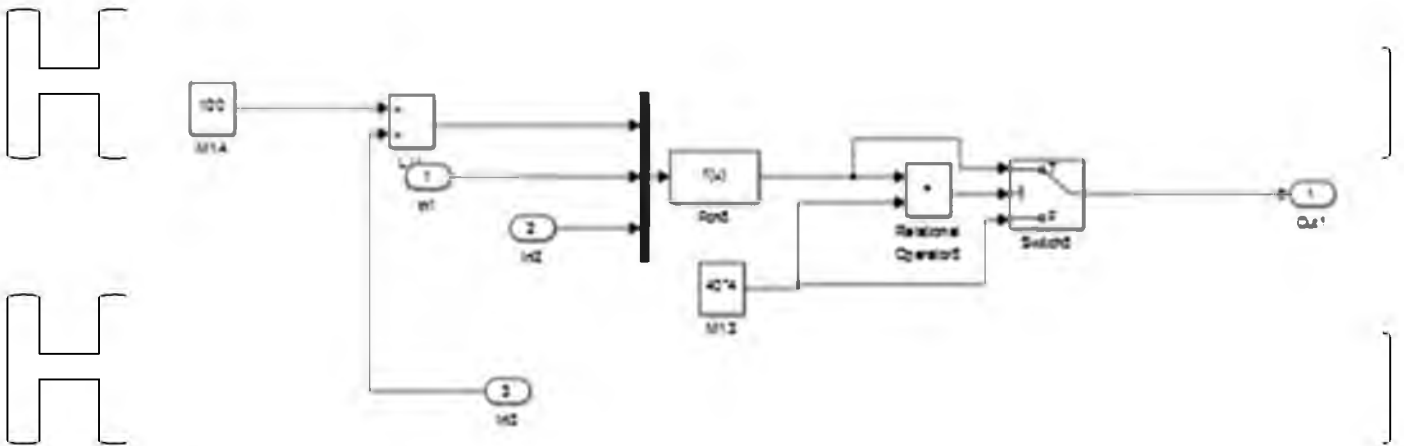


Рисунок 4.13 – Зміст блоку розподілу моменту на ведучому колесі електромобіля

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

Зміст блоку зображений на рисунку 4.14.

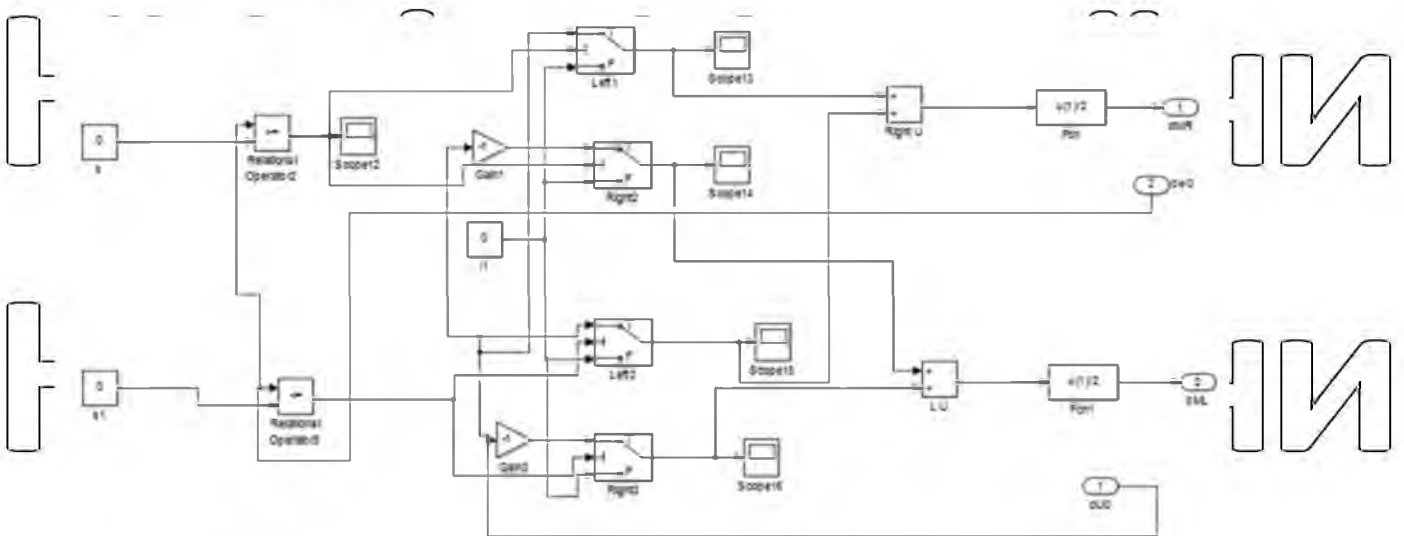


Рисунок 4.14 – Зміст блоку розподілу напруги на двигуни

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

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

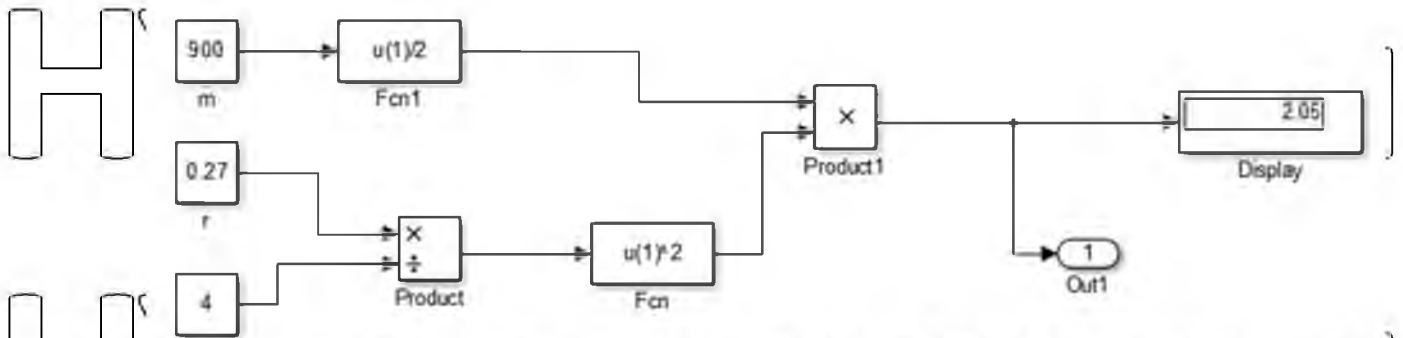


Рисунок 4.15 – Зміст блоку розрахунку моменту інерції електромобіля

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

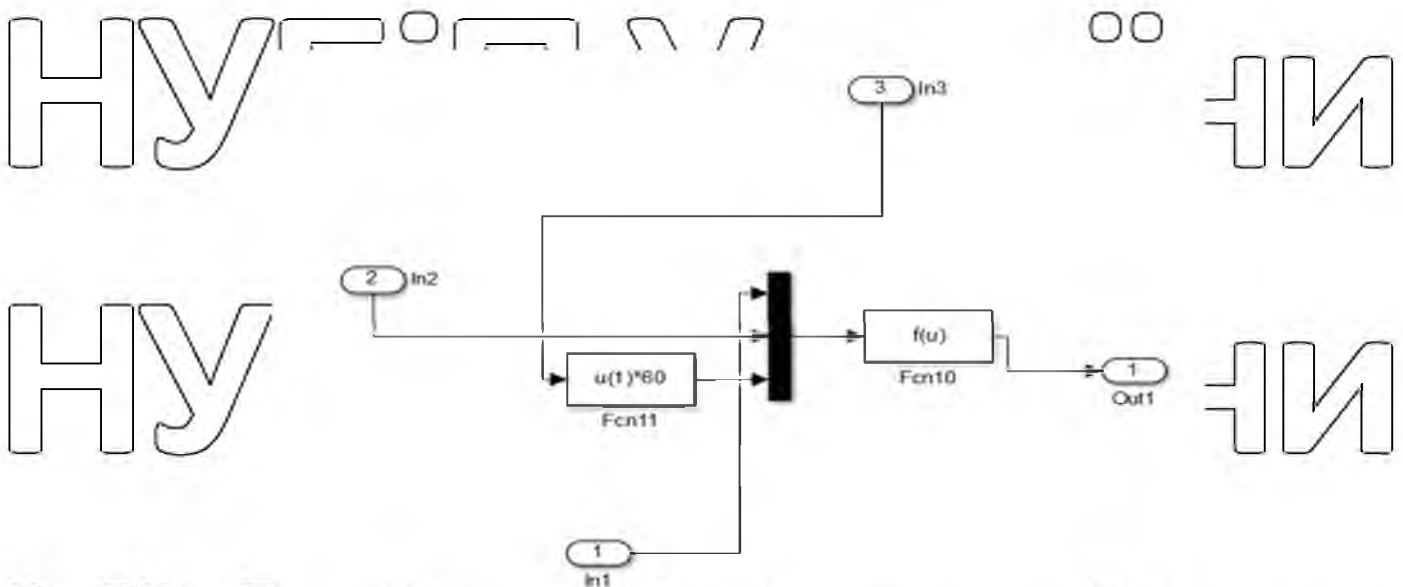


Рисунок 4.16 – Зміст блоку розрахунку величини напруги, на яку необхідно змінити напругу на двигунах

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

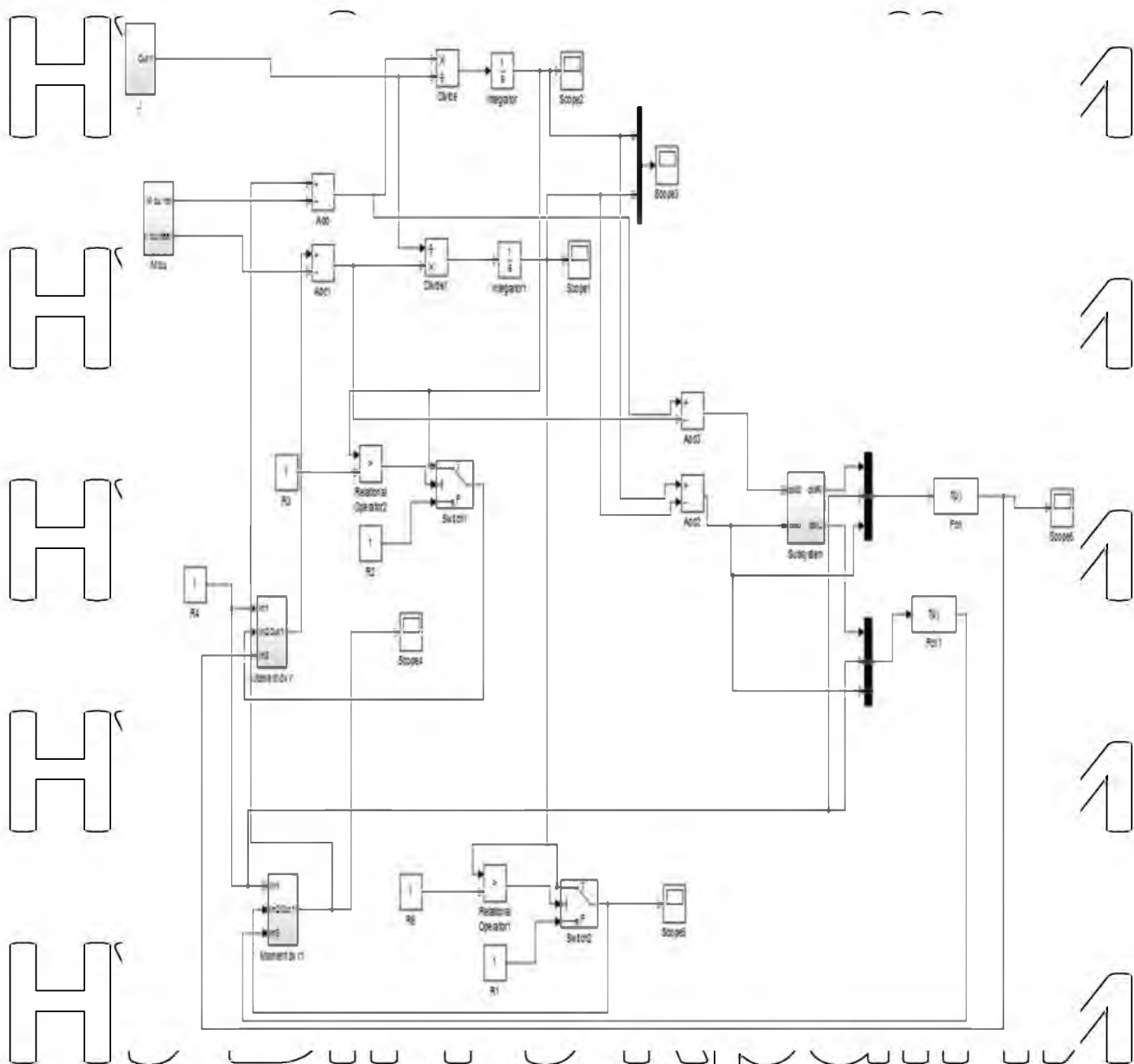


Рисунок 4.17 – Загальний вигляд імітаційної моделі системи керування частотою обертання ведучих коліс електромобіля

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 коліс електромобіля

# НУБІП УКРАЇНИ

Для аналізу результатів дослідження дані з середовища MatLAB були перенесені в середовище Microsoft Excel

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



# НУБІП УКРАЇНИ

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.

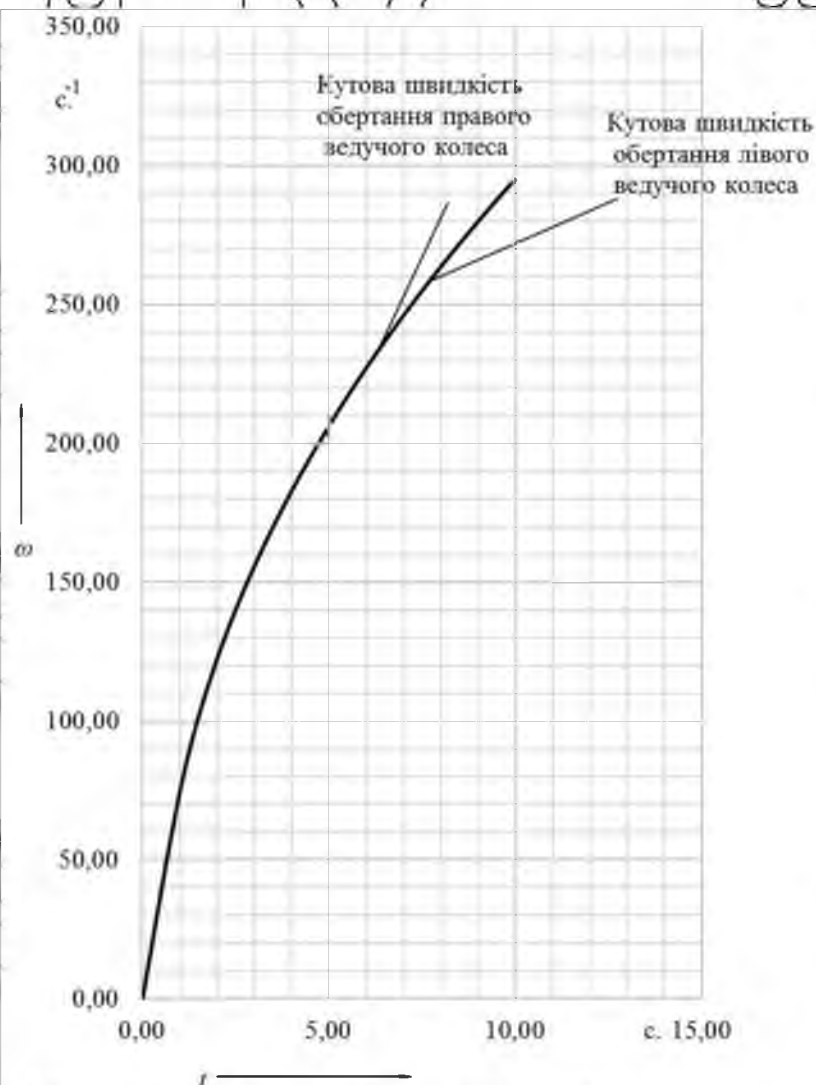


Рисунок 4.18 – Графік кутової швидкості ведучих коліс з регулюванням

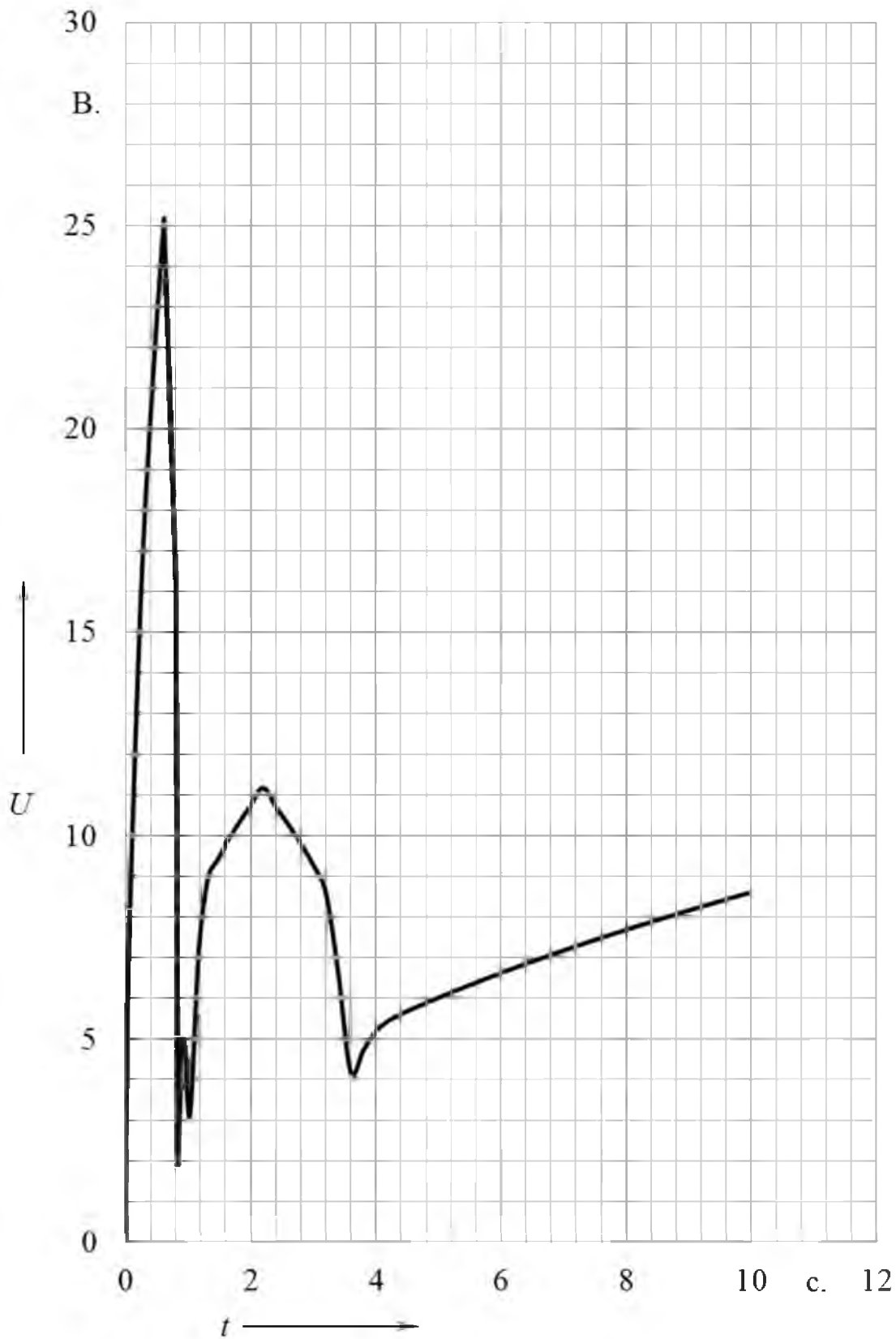


Рисунок 4.19 – Графік різниці напруг на двигунах



Рисунок 4.20 – Графік зміни напруг на двигунах

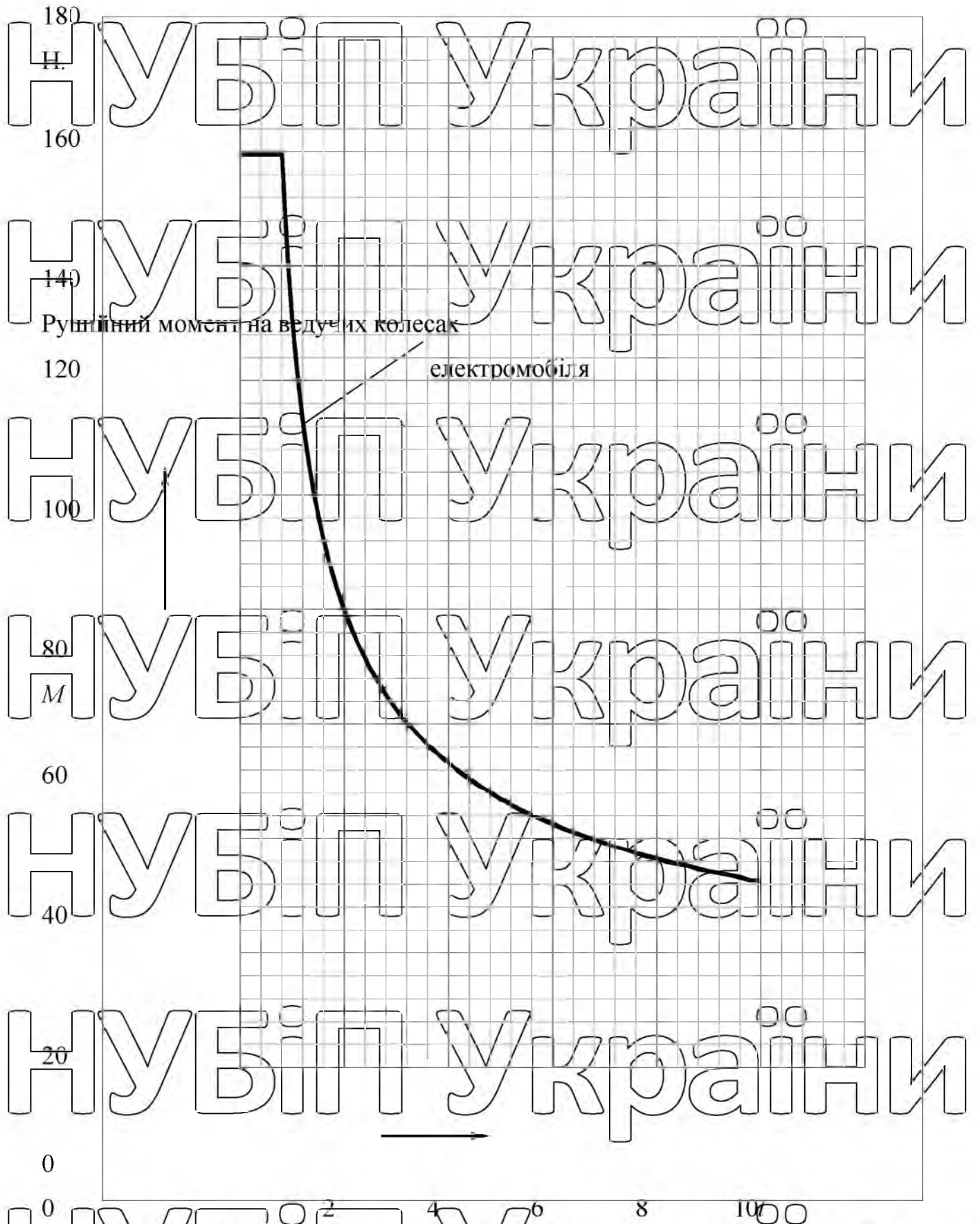
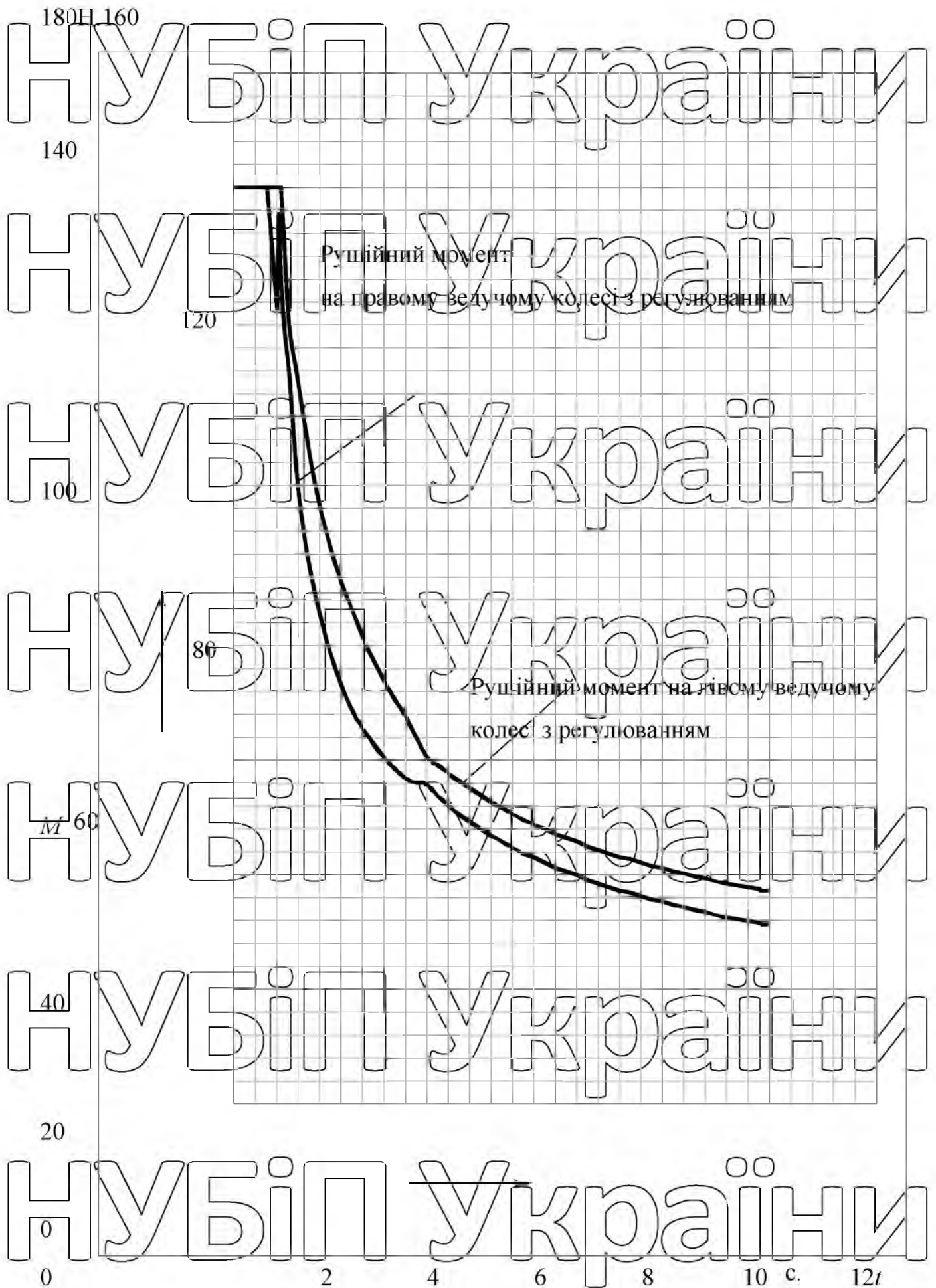


Рисунок 4.21 – Графік момент в двигунів без регулювання



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.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## 5. АНАЛІЗ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

### 5.1 Охорона праці

У даному проекті був розроблений транспортний засіб категорії  $M_1$  знесучою 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 натягуювальні 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 кузова 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, пилу (ковальсько-ресорний, зварювальний, малярський ділянки, ремонту приладів системи харчування, деревобробки) повинні бути ізольовані від інших приміщень. приміщення для технічного обслуговування, діагностування, поточного ремонту і збереження автомобілів обладнають припливною витяжкою, а канави, траншей припливної вентиляції, вони не повинні захарашуватися 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

$$L = 201g(p / p_0)$$

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

$$L_A = 201g(p_A / p_0)$$

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 прямій залежності від їхньої частоти й амплітуди зсуву.

## 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

де  $m = 900$  кг – маса електромобіля;

$V = 25$

м/с – швидкість руху транспортного засобу в повороті,  $m$  – радіус

$R = 9$

повороту.

Перекидання відбудеться, коли перекидаючий момент стане рівним

поволоваючому моменту сили тяжкості:

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

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

Звідси швидкість перекидання виражається як:

Занесення автомобіля можливе тоді, коли відцентрова сила досягне значення

сили зчеплення коліс з дорогою, тобто де  $\mu = 0,8$  – максимально можливий коефіцієнт зчеплення (на сухій асфальтобетонній дорозі).

Звідси швидкість початку занесення рівна

Умова безпечного руху виконується при умові, тобто

Отже, при значеннях коефіцієнта занесення наступатиме раніше, ніж перекидання. А оскільки для сучасних шин транспортних засобів і дорожніх покриттів максимально можливий коефіцієнт зчеплення складає  $\mu = 0,85$ , 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.

НУБІП України

НУБІП України

## ВИСНОВОК

НУБІП України

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.

НУБІП України

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.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Pat. 2873979 United States, Tilting truck cab / Chester G. Venditty, Kenneth G. Crawford; Ford Motor Company. – № 663565; filed. 29.12.2013.
2. Pat. 2939541 United States, Mounting and lock means for a forwardly tilting motor vehicle cab / Francis W. Smalley; International Harvester Company (Chicago). – № 748450; filed. 14.07.2018.
3. Pat. 2947376 United States, Automotive vehicle with tilting overengine cab / Robert C. Norrie; Pacific Car and Foundry Company (Washington). – № 717589; filed. 26.02.2018.
4. Pat. 3819225 United States, Int. CL B62D 27/06, Overcenter latch mechanism for a tilting truck cab / Gilbert A. Carlisle, Charles E. Frank; General Motors Corporation (Detroit). – № 358986; filed. 10.05.2013.
5. Pat. 4026113 United States, Int. CL<sup>2</sup> F16D 31/02, Tilting cab control apparatus / Clarence A. Sherman; Clarence A. Sherman. – № 691277; filed. 01.06.2016.
6. Pat. 4110983 United States, Int. CL<sup>2</sup> F16D 31/02, F16B 13/09, Air operated hydraulic pump apparatus / Clarence A. Sherman; Terry McDermid. – № 805680; filed. 13.06.2018.
7. Pat. 3761123 United States, Int./CL B62D 33/06, Flow control of tilt cab in free fall / William T. Neill, Roy Reynolds; Applied Power Industries, Inc. – № 206777; filed. 10.12.2019.
8. Pat. 3642316 United States, Int. CL B62D 33/06, Pivoted cab with lost-motion tilting mechanism / Dieter Porth; Hans Rinnerschwentner (Germany); Daimler-Benz Aktiengesellschaft. – № 16056; filed. 03.03. 2020.
9. Pat. 4483409 United States, Int. CL<sup>3</sup> B62D 27/00, Integral hydraulic tilt-cab suspension and tilting apparatus / Johannes K. Fun; Applied Power Inc. – № 472493; filed. 07.03.2016.
10. Pat. 3792747 United States, Int. CL B62d 27/06, Pressure-compensated hand pump / Dale A. Knutson; Applied Power Industries. – № 210484; filed. 21.12.2016.
11. Pat. 3831999 United States, Int. CL B62d 27/06, B62d 33/06, Lost motion

connection means for hydraulic piston-cylinder device / Lambertus Johannes Sonneborn; Applied Power Inc. – № 312486; filed. 06.12.2012.

12. Pat. 3853368 United States, Int. Cl. B62d 27/06, B62d 33/06. Hydraulic piston-cylinder device having means for permitting limited reciprocating motion/ Alexander Victor Eichelsheim; Applied Power Inc. – № 347926; filed. 04.04.2013.

13. Aulin, V., Hrynkiv, A., Dykha, A., Chernovol, M., Lyashuk, O., Lysenko, S. (2018) Substantiation of diagnostic parameters for determining the technical condition of transmission assemblies in trucks. Eastern European Journal of Enterprise Technologies. 2, 1 (92). 4-13. doi: 10.15587/1729-4061.2018.125349

14. Jin, J.-M., Wang, W., Dai, Y.-H. (2015) On-Line Monitoring of Particle in Oil Based on Electromagnetic NDT Technique. Studies in Applied Electromagnetics and Mechanics. 40. 329-336. doi: 10.3233/978-1-61499-509-8-329

15. Lutsak, D., Prsyazhnyuk, P., Burda, M., Aulin, V. (2016) Development of a method and an apparatus for tribotechnical tests of materials under loose abrasive friction. Eastern European Journal of Enterprise Technologies. 5, 7 (83), P 19-26. doi: 10.15587/1729-4061.2016.79913

16. Yan, S.-F., Ma, B., Zheng, C.-S. (2018) Remaining useful life prediction for power-shift steering transmission based on fusion of multiple oil spectra // Advances in Mechanical Engineering. 10, 6. P 25-38. doi: 10.1177/1687814018784201

17. Aulin, V., Chernovol, M., Pankov, A., Zamota, T., Panayotov, K. (2017) Sowing machines and systems based on the elements of fluidics. INMATEH - Agricultural Engineering. 53, 3. P. 21-28.

18. URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85039172369&partnerID=40&md5=2468069fc8914b34091c229527a0cc3e>

19. Salgueiro, J., Peršin, G., Hrovatin, J., Juricic, D., Vizintin, J. (2015) On-line detection of incipient trend changes in lubricant parameters. Industrial Lubrication and Tribology. 67. 6. P. 509-519. doi: 10.1108/ILT-09-2013-0097

20. Van Rensselaar, J. (2013) Trends in industrial gear oils. Tribology and Lubrication Technology. 69, 2. P. 26-33.

21. URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

84873974634&partnerID=40&md5=9e4c6b38cc445f867bc21d4c67302f50

22. Anudhan, A., Karthicka, N., Manonmanis, K., Parimalamurugaveni, S. (2015) Interpretation of the properties of refined rice bran oil as bio lubricant. International Journal of Applied Engineering Research. 10, 55. P. 3952-3955

23. URL: [https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84942418557&partnerID=40&md5=c3484687ecdc1ca4f2f1652bcf6dd976)

84942418557&partnerID=40&md5=c3484687ecdc1ca4f2f1652bcf6dd976

24. Sharma, B., Perez, J., Erhan, S. (2007) Oil-based lubricants: A search for synergistic antioxidants. Energy and Fuels. 21, 4. P. 2408-2414. doi: 10.1021/ef0605854

25. Li, J., Liu, J., Sun, X., Liu, Y. (2018) The mathematical prediction model for the oxidative stability of vegetable oils by the main fatty acids composition and thermogravimetric analyze. LWT. 96. P. 51-57. doi: 10.1016/j.lwt.2018.05.003

26. Yata V.K., Tiwari B.C., Ahmad, I. Nanoscience in food and agriculture: research, industries and patents. Environmental Chemistry Letters, 2018, vol. 16, pp. 79-84.

27. Miu V. Combine Harvesters: Theory, Modeling, and Design CRC, 2016, pp. 208-224.

28. Jotautiene E., Juostas A., Janulevicius A., Aboltins A. Evaluation of bearing reliability of combine harvester straw chopper. Proceedings of 18th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 22-25, 2019, Latvia University of Agriculture, vol. 18, pp. 625-629.

29. Sergejeva N., Aboltins A., Strupule L., Aboltina B. Mathematical knowledge in elementary school and for future engineers. Proceedings of 17th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering, vol. 17, pp. 1166-1172.

30. Ivanovs S., Bulgakov V., Nadykto V., Kuvachov V. Theoretical investigation of turning ability of two-machine sowing aggregate. Proceedings of 17th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture, vol. 17, pp. 314-322.

31. Savinyh P., Sychugov Y., Kazakov V., Ivanovs S. Development and theoretical studies of grain cleaning machine for fractional technology of flattening forage grain. Proceedings of 17th International Scientific Conference “Engineering for rural

development". Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture, vol. 17, pp. 124-130.

32. Masek J., Novak P., Jasinskas A. Evaluation of combine harvester operation costs in different working conditions. Proceedings of 16th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 24-26, 2017, Latvia University of Agriculture, vol. 16, pp. 1180-1185.

33. Voinalovych O., Hnatiuk O., Rogovskii I., Pokutnii O. Probability of traumatic situations in mechanized processes in agriculture using mathematical apparatus of Markov chain method. Proceedings of 18th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 22-25, 2019, Latvia University of Agriculture, vol. 18, pp. 563-269.

34. Luo A.C.J., Guo Y. *Vibro-impact Dynamics*. Berlin, Springer-Verlag, 2013, 213 p.

35. Rogovskii I.L., Titova L.L., Trokhaniak V.I., Solomka O.V., Popyk P.S., Shvidia V.O., Stepanenko S.P. Experimental studies of drying conditions of grain crops with high moisture content in low-pressure environment. INMATEH. Agricultural Engineering. Bucharest, 2019, vol. 57, no 1, pp. 141-146.

36. Novotny J. Technical and natural sciences teaching at engineering faculty of FPTM UJEP. Proceedings of 15th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 23-25, 2016, Latvia University of Agriculture, vol. 15, pp. 16-20.

37. Dubbini M., Pezzuolo A., De Giglio M., Gattelli M., Curzio L., Covi D. Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. CIGR Journal, 2017, vol. 19, pp. 158-163.

38. Trokhaniak V.I., Rutylo M.I., Rogovskii I.L., Titova L.L., Luzan O.R., Bannyi O.O. Experimental studies and numerical simulation of speed modes of air environment in a poultry house. INMATEH. Agricultural Engineering. Bucharest, 2019, vol. 59, no 3, pp. 9-18.

39. Astashyev V., Krupenin V. Efficiency of vibration machines. Proceedings of 16th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava,

Latvia, May 24-26, 2017, Latvia University of Agriculture, vol. 16, pp. 108-113.

40. Rogovskii I., Titova L., Novitskii A., Rebenko V. Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. Proceedings of 18th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 22-25, 2019, Latvia University of Agriculture, vol. 18, pp. 291-298.

41. Viba J., Lavendelis E. Algorithm of synthesis of strongly non-linear mechanical systems. Industrial Engineering – Innovation as Competitive Edge for SME, 22 April 2006. Tallinn, Estonia, pp. 95-98.

42. Aldoshin N., Didmanidze O. Harvesting lupines albus axial rotory combine harvesters. Research in Agricultural Engineering, 2018, vol. 64 (4), pp. 209-214.

43. Pisarenko G., Voinalovych O., Rogovskii I., Motrich M. Probability of boundary exhaustion of resources as factor of operational safety for agricultural aggregates. Proceedings of 18th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 22-25, 2019, Latvia University of Agriculture, vol. 18, pp. 291-298.

44. Dubbini M., Pezzuolo A., De Giglio M., Gattelli M., Curzio L., Covi D., Yezekyan T., Marinello F. (2017). Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. CIGR Journal, vol. 19, 158-163.

45. Yata V.K., Tiwari B.C., Ahmad, I. (2018). Nanoscience in food and agriculture: research, industries and patents. Environmental Chemistry Letters, vol. 16, 79-84.

46. Rogovskii I.L., Melnyk V.I. (2016). Model of parametric synthesis rehabilitation agricultural machines. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. Vol. 241, 387-395.

47. Masek J., Novak P., Jasinskas A. (2017). Evaluation of combine harvester operation costs in different working conditions. Proceedings of 16th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 24-26, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 16, 1180-1185.

48. Rogovskii I. L., Titova L. L., Trokhaniak V. I., Solonka O. V., Popyk P. S.,

Shydia V. O., Stepanenko S. P. (2019). Experimental studies of drying conditions of grain crops with high moisture content in low-pressure environment. INMATEH. Agricultural Engineering. Bucharest. Vol. 57, No 1, 141-146. Scopus. WoS.

49. Zareei S. (2012). Regression and Neuro-Fuzzy Models for Prediction of Combine Header Loss. Iveco Journal of Science and Technology, Vol. 8. 43-47.

50. Miodragovic R., Djedjic M. (2016). Cotemporary combine harvesters in corn harvesting. Annals of faculty of Iginearing Hunedoarara, Tome IV, Fascicole 3, 199,206.

51. Maertens K., Reyniers M., De Bardemaeker J. (2015). Design of a Dynamic Grain Flow Model for a Combine Harvester. Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development. Manuscript PM01, vol. III. 1-13.

52. Mahmoudi A., Mirzazadch A., Abdollahpor S. (2012). Minimizing combine harvester rear losses by intelligent modeling of MOG1 passing concave. Elixir Agriculture. № 52, 11397-11401.

53. Evaluation Report. (2015). John Deere Sidehill 6600 Self-Propelled Combine. Prairie Agricultural Machinery institute, 1-9.

54. Laverda M400 Series. (2012). New Lewelling concept. Published by New Holland Brand Communications. Bts Adv. Printed in Italy- 05/12.2012. 2-7.

55. Viba J., Lavendelis E. (2006). Algorithm of synthesis of strongly non-linear mechanical systems. In Industrial Engineering – Innovation as Competitive Edge for SME, 22 April 2006. Tallinn, Estonia, 95-98.

56. Luo A.C.L, Guo Y. (2013). Vibro-impact Dynamics. Berlin: Springer-Verlag, 213.

57. Lovarelli D., Bacenetti J. (2017). Bridging the gap between reliable data collection and the environmental impact for mechanised field operations. Biosystems engineering, vol. 160, 109-123.

58. Lee J.W., Kim, J.S., Kim K.U. (2016). Computer simulations to maximise fuel efficiency and work performance of agricultural tractors in rotovating and ploughing operations. Biosystems engineering, vol. 142, 1-11.

59. Tiwari V.K, Pandey K.P. Pranav P.K. (2010). A review on traction prediction equations. Journal of Terramechanics, vol. 47, 191-199.

60. ГОСТ 27.002-89 Надійність у техніці. Основні поняття. Терміни та визначення. / М.: ЦК Видавництво стандартів, 1990. - 24 с.

61. ДСТУ ISO 9000-2008 Системи менеджменту якості. Основні положення та словник. / М.: ЦК Видавництво стандартів, 1997. - 12 с.

62. ДСТУ ISO 9001-2011 Міждержавний стандарт. Системи управління якістю. Вимоги. / М.: ЦК Видавництво стандартів, 2013.

63. Державна програма розвитку сільського господарства та регулювання ринків сільськогосподарської продукції, сировини та продовольства на 2013 – 2020 роки. / М.: ФДНУ «Росінформагротех», 2012. - 204 с.

64. EN ISO 1513:2010 Фарби та лаки. Контроль та підготовка зразків для випробувань. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www.gost.ru](http://www.gost.ru), вільний.

65. EN ISO 6270-1:2001 Фарби та лаки. Визначення вологостійкості. Частина 1. Безперервна конденсація. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www.gost.ru](http://www.gost.ru), вільний.

66. EN ISO 6270-2:2005 Фарби та лаки. Визначення вологостійкості. Частина 2. Методика витримування випробувальних зразків у атмосферах конденсаційної води. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www.gost.ru](http://www.gost.ru), вільний.

67. EN ISO 9514:2005 Фарби та лаки. Визначення життєздатності багатокомпонентних систем. Підготовка та кондиціонування зразків та керівні положення щодо випробувань. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www.gost.ru](http://www.gost.ru), вільний.

68. EN ISO 11341:2004 Фарби та лаки. Штучний атмосферний вплив та вплив штучного випромінювання. Вплив випромінювання дугової ксенонової лампи з фільтром. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www.gost.ru](http://www.gost.ru), вільний.

69. EN ISO 11507:2007 Фарби та лаки. Вплив штучних атмосферних умов покриття. Вплив флуоресцентних ультрафіолетових ламп та води. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www.gost.ru](http://www.gost.ru), вільний.

70. EN ISO 11997-1:2006 Фарби та лаки. Визначення стійкості за умов циклічної корозії. Частина 1. Вогкість (соляний туман)/сухість/вологість. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www.gost.ru](http://www.gost.ru), вільний.

71. EN ISO 11997-2:2006 Фарби та лаки. Визначення стійкості за умов циклічної корозії. Частина 2. Вогкість (соляний туман) / сухість / вологість / ультрафіолетове випромінювання. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www.gost.ru](http://www.gost.ru), вільний.

72. EN ISO 15710:2006 Фарби та лаки. Випробування на корозійну стійкість за допомогою почергового занурення та видалення буферного розчину з хлоридом натрію. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www.gost.ru](http://www.gost.ru), вільний.

73. ISO 2810:2004 Фарби та лаки. Руїнування покриттів під впливом атмосферних впливів. Витримка та оцінка. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www.gost.ru](http://www.gost.ru), вільний.

74. ISO 2812-1:2007 Фарби та лаки. Визначення стійкості до дії рідин. Частина 1. Метод занурення рідини, крім води. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www.gost.ru](http://www.gost.ru), вільний.

75. ISO 2812-2:2007 Фарби та лаки. Визначення стійкості до дії рідин. Частина 2. Метод занурення у воду. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www.gost.ru](http://www.gost.ru), вільний.

76. ISO 2812-3:2007 Фарби та лаки. Визначення стійкості до дії рідин. Частина 3. Метод із застосуванням абсорбуючого середовища. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www.gost.ru](http://www.gost.ru), вільний.

77. ISO 2812-4:2007 Фарби та лаки. Визначення стійкості до дії рідин. Частина 4. Методи визначення освіти плям. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www.gost.ru](http://www.gost.ru), вільний.

78. ISO 2812-5:2007 Фарби та лаки. Визначення стійкості до дії рідин. Частина 5. Методи визначення печі з температурним градієнтом. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www.gost.ru](http://www.gost.ru), вільний.

79. ISO 3231:1993 Фарби та лаки. Визначає стійкість до впливу вологої атмосфери, що містить діоксид сірки. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www.gost.ru](http://www.gost.ru), вільний.

80. ISO 6270-1:1998 Фарби та лаки. Визначення вологостійкості. Частина 1. Безперервна конденсація. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www.gost.ru](http://www.gost.ru),

вільний.

# НУБІП УКРАЇНИ

81. ISO 6270-2:2005 Фарби та лаки. Визначення вологостійкості. Частина 2.

Методика витримування випробувальних зразків у атмосферах конденсаційної води.

[Електронний ресурс] / Режим доступу: [www.gost.ru](http://www.gost.ru), вільний.

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ