

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект ділянки ремонтного цеху для ремонту підвіски
автомобіля Hyundai Solaris з дослідженням динамічного моделювання
автомобіля

Виконав: студент 6 курсу, групи МАм-62
спеціальності 274

Автомобільний транспорт

(шифр і назва спеціальності)

Олександр
КОВАЛЬЧУК
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Тетяна НАВРОЦЬКА
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Роман ХОРОШУН
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зав. кафедри Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

12 листопада 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 Автомобільний транспорт
(шифр і назва спеціальності)

студенту Ковальчуку Олександру Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект ділянки ремонтного цеху для ремонту підвіски автомобіля Hyundai Solaris з дослідженням динамічного моделювання автомобіля

Керівник роботи Навроцька Тетяна Дем'янівна., к.т.н., ст. викл.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від 12 листопада 2024 року № 4/7-1088

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2024

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес ремонту підвіски автомобіля Hyundai Solaris

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.
4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Установка для миття автомобіля знизу – 1А1.

Приспосіблення для збирання пружини із стійкою передньої підвіски – 1А1.

Індикаторне пристосування для регулювання підшипників ступиці – 1А1.

Стенд для перевірки амортизаторів. – 1А1.

Стенд для діагностування кутів установки коліс – 1А1.

Результати наукових досліджень – 2А1.

План ділянки ремонту підвіски автомобіля – 1А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Стручок В.С.		

7. Дата видачі завдання 12.11.2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	21.11.24р	
2	Технологічний розділ	28.11.24р	
3	Конструкторський розділ	03.12.24р	
4	Науково-дослідний розділ	12.12.24р	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	19.12.24р	
6	Оформлення графічної частини	19.12.24р	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	28.12.24р	

Студент

(підпис)

Ковальчук Олександр Олегович

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Навроцька Тетяна Дем'янівна

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: Проект ділянки ремонтного цеху для ремонту підвіски автомобіля Hyundai Solaris з дослідженням динамічного моделювання автомобіля.

Робота виконана на кафедрі автомобілів ТНТУ ім.. І. Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи магістра к.т.н. Навроцька Т.Д.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 76 сторінки формату А4 та 8 аркушів формату А1 графічної частини 2 сторінки додатків.

Ключові слова: симуляція руху, керування, інженерія, підвіска, технологія.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1 Класифікація та функції підвіски автомобіля.....	8
1.2 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра.....	15
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	15
2.1 Типові несправності підвіски автомобіля Hyundai Solaris.....	19
2.2 Усунення несправностей підвіски легкових автомобілів.....	22
2.3 Технологічні процеси ремонту окремих несправностей автомобіля Hyundai Solaris.....	22
2.3.1 Технологічний процес ремонту амортизаційної стійки.....	22
2.3.2 Технологічний процес заміни кульової опори.....	25
2.3.3 Технологічний процес заміни важеля передньої підвіски.....	28
2.3.4 Технологічний процес заміни деталей стабілізатора поперечної стійкості.....	28
2.4 Розробка технічної документації для ремонту передньої підвіски автомобіля Hyundai Solaris.....	30
2.5 Розрахунок параметрів технологічних операцій.....	33
2.6 Розрахунок і підбір основного технологічного обладнання.....	36
2.7 Глибокий аналіз ділянки поточного ремонту.....	37
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	40
3.1 Аналіз існуючих аналогів обладнання для розбирання стійки.....	40
3.2 Розроблення установки для монтажу та демонтажу амортизаційних стійок.....	45
3.3 Розрахунок конструкції стенда для розбирання/збирання амортизаційних стійок.....	48
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....	54
4.1 Концепції моделювання амортизаторів.....	54
4.2 Симуляційна модель автомобіля.....	58
4.3 Умови тестування.....	60
4.4 Огляд результатів та аналіз.....	62

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ**СИТУАЦІЯХ..... 68**

5.1 Заходи безпеки лазерів..... 68

5.2 Організація та структура цивільної оборони на об'єкті..... 69

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ..... 73**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ..... 74****ДОДАТКИ**

ВСТУП

Ремонт підвіски автомобіля є однією з ключових операцій, яка забезпечує не тільки комфорт водіння, але й безпеку пасажирів та довговічність автомобільної техніки. В цьому контексті, розробка спеціалізованого проекту ділянки ремонтного цеху для автомобіля Hyundai Solaris відкриває нові можливості для покращення сервісних послуг.

Ця магістерська робота присвячена створенню проекту ділянки ремонтного цеху, який не тільки оптимізує процеси ремонту підвіски, але й включає застосування передових методик динамічного моделювання автомобіля. Динамічне моделювання дозволяє заздалегідь аналізувати поведінку автомобільної підвіски під час різних умов експлуатації, що сприяє точності діагностики та підвищує ефективність ремонтних робіт.

Використання спеціалізованого обладнання та сучасних технологій у процесах ремонту вимагає глибокого розуміння механіки руху автомобіля та особливостей його конструкції. Розробка такого проекту не тільки сприятиме підвищенню якості обслуговування, але й забезпечить більшу безпеку на дорогах, зменшуючи ризик аварій через технічні несправності.

Проектування ремонтної ділянки включатиме вивчення найкращих практик та методів в індустрії, аналіз потреб споживачів та вимог до обладнання, що дозволить створити оптимальне робоче середовище для технічних фахівців і максимально знизити час на виконання ремонтних робіт. Завдяки цьому дослідженню, можна буде не тільки поліпшити якість ремонтних послуг, але й зробити процес більш економічно вигідним та екологічно стійким.

Таким чином, ця магістерська робота відіграватиме важливу роль у розвитку сервісних послуг автомобільної індустрії, спрямовуючись на підвищення стандартів обслуговування та безпеки, що є актуальним у контексті зростаючих вимог до якості та надійності автомобільного транспорту.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Класифікація та функції підвіски автомобіля

Підвіска автомобіля є фундаментальним компонентом, який гарантує стабільне пересування транспортного засобу по дорозі, забезпечуючи при цьому комфорт без небажаних струсів та вібрацій. Конструктивні елементи підвіски з'єднують колеса з кузовом, амортизуючи коливання, а також абсорбують і розподіляють навантаження, що впливають на автомобіль. У салоні легкових автомобілів водій та пасажери можуть спостерігати як повільні, так і швидкі коливання, різні за амплітудою. М'яка оббивка сидінь, гумові елементи двигуна та трансмісії служать для захисту від швидких, низькоамплітудних коливань. Натомість, повільні, високоамплітудні коливання контролюються за допомогою пружних частин підвіски, а також коліс і шин. Система підвіски включає передню і задню секції, колеса та шини, що в сукупності сприяють забезпеченню стійкості та безпеки руху.

Підвіска автомобіля є ключовою системою, що амортизує та поглинає коливання, передані від дорожніх нерівностей до кузова автомобіля. Завдяки ефективній роботі підвіски, кузов має змогу виконувати вертикальні, поздовжні, кутові та поперечно-кутові рухи, що значно покращує комфорт під час їзди.

Основні функції підвіски включають:

Структурне з'єднання коліс або нерозрізних мостів з несучою системою автомобіля — кузовом чи рамою;

Передачу сил і моментів від коліс до несучої системи, які виникають під час взаємодії з дорожнім покриттям;

Забезпечення контрольованого руху коліс відносно кузова або рами для підтримання необхідної стабільності та плавності ходу.

Підвіска автомобіля містить кілька ключових компонентів, які забезпечують її функціональність та ефективність.

Пружні елементи ці компоненти відіграють важливу роль у сприйнятті та

передачі вертикальних сил реакції дороги, які виникають, коли колесо долає дорожні нерівності. Вони забезпечують основну амортизацію, що пом'якшує удари і знижує вібрації, що передаються на кузов автомобіля.

Напрямні елементи вони визначають траєкторію руху коліс та забезпечують їхню взаємодію із несучою системою автомобіля. Напрямні елементи критично важливі для передачі поздовжніх і бічних сил, а також моментів від коліс до кузова, що впливає на стабільність і керованість автомобіля під час руху.

Амортизатори ці елементи відповідають за гасіння коливань несучої системи, викликаних динамічним взаємодією з дорожнім покриттям. Амортизатори покращують загальну якість їзди, знижуючи резонанс і підвищуючи комфорт пасажирів.

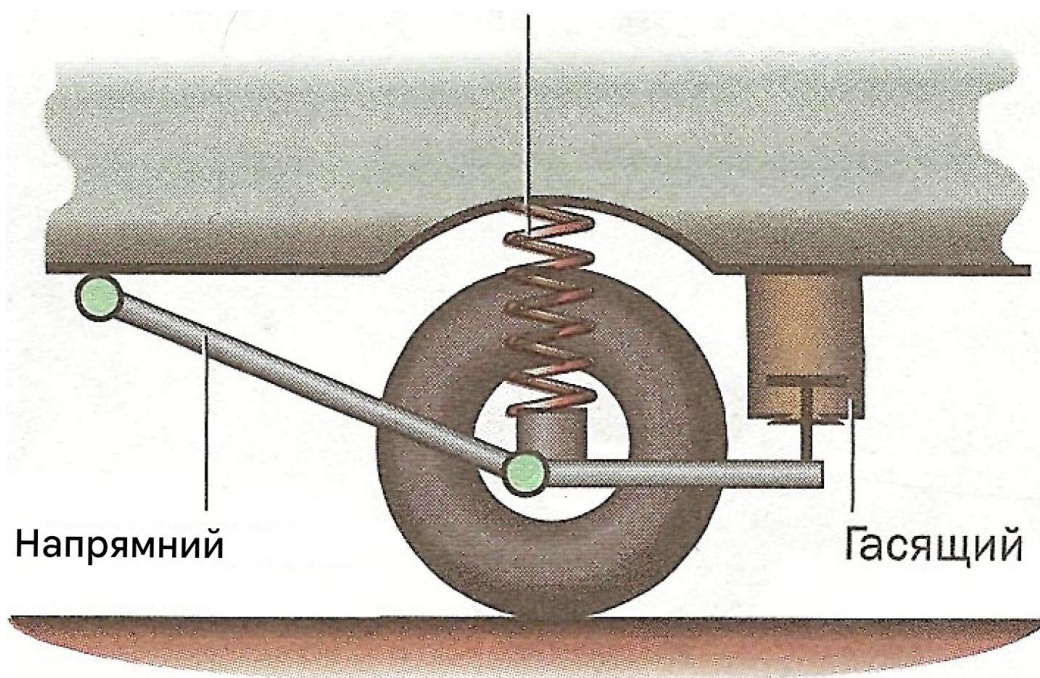


Рис. 1.1. Основні елементи підвіски.

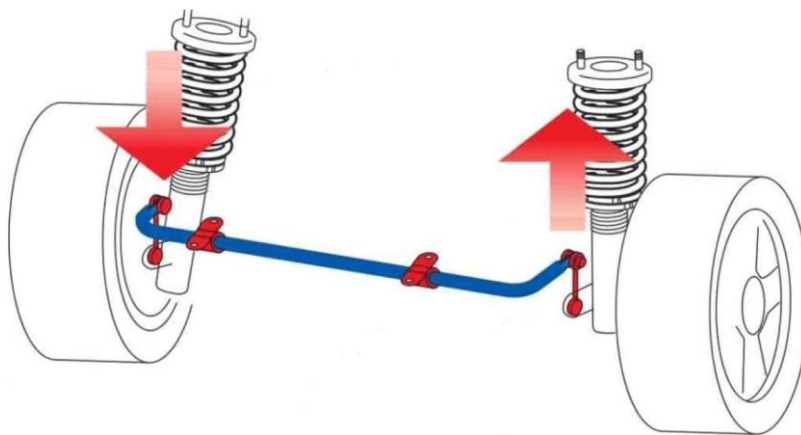
У традиційних конструкціях підвіски часто можна спостерігати, що один елемент виконує кілька важливих функцій. Наприклад, класична багатолистова ресора, яка використовується в задній ресорній підвісці, одночасно забезпечує пружність (реагує на вертикальні сили від дорожньої поверхні), напрямність (сприймає бічні та поздовжні сили) і амортизацію за рахунок міжлистового тертя, функціонуючи як фрикційний амортизатор.

Проте в сучасних автомобільних підвісках використовується розподіл

функцій між кількома спеціалізованими конструктивними елементами. Це дозволяє точніше задавати характеристики переміщення коліс щодо несучої системи та дороги, забезпечуючи оптимальні параметри стійкості та керованості автомобіля. Це розподілення відповідальностей між елементами підвіски сприяє підвищенню загальної ефективності системи і забезпечує кращу адаптацію до різноманітних дорожніх умов.

Сучасні системи підвіски автомобілів є високотехнологічними комплексами, які інтегрують механічні, гідравлічні, пневматичні та електричні компоненти, часто доповнені електронними системами керування. Це інтеграція дозволяє оптимально поєднувати комфорт, керованість та безпеку, відповідаючи сучасним вимогам автомобільної індустрії. Через свою складність, ці системи забезпечують плавне і точне реагування на дорожні умови, знижуючи втомлюваність водія і забезпечуючи високий рівень захисту пасажирів під час руху.

Стабілізатор поперечної стійкості виступає як незамінний елемент підвіски в сучасних транспортних засобах. Цей компонент, хоча і не завжди помітний на перший погляд, відіграє ключову роль у зменшенні нахилу кузова під час маневрування та сприяє запобіганню перекиданню автомобіля. Ефективність стабілізатора поперечної стійкості безпосередньо впливає на стійкість, керованість та маневреність автомобіля, підвищуючи безпеку як водія, так і пасажирів. Його наявність та належна робота є критично важливими для забезпечення оптимальної поведінки автомобіля на дорозі.



1.2. Стабілізатор поперечної стійкості.

Основна функція стабілізатора поперечної стійкості полягає у

рівномірному розподіленні навантаження між пружними елементами підвіски під час поворотів, коли автомобіль схильний до крену. У таких моментах стабілізатор активізується: коли одна зі стійок підвіски піднімається, інша водночас опускається, а центральна частина (стрижень стабілізатора) скручується. Це скручування створює протидію крену, з одного боку підіймаючи кузов автомобіля, який переважає, а з іншого - опускаючи його. Завдяки цьому механізму крен автомобіля мінімізується, що сприяє стабільності руху та покращеному зчепленню з дорожнім покриттям.

Стабілізатор поперечної стійкості сконструйований з трьох основних елементів: сталевій труби П-подібної форми (стержня), двох стійок (тяг), а також кріплень, які включають хомут та гумові втулки. Детальніше оглянемо кожен з цих компонентів.

Цей компонент є пружною поперечною розпівкою, виготовленою з високоякісної пружинної сталі. Він розміщений поперек кузова автомобіля і служить як основний елемент стабілізатора поперечної стійкості. Стержень зазвичай має складну форму, адаптовану до просторових обмежень під кузовом автомобіля, що дозволяє врахувати розташування інших важливих деталей транспортного засобу.



Рис. 1.3. Компоненти стабілізатора поперечної стійкості.

Стійка стабілізатора поперечної стійкості, відома також як тяга, є критичним компонентом, який забезпечує зв'язок між сталевим стрижнем стабілізатора та важелем або амортизаційною стійкою підвіски. Цей елемент, зовнішньо схожий на шток, має довжину від 5 до 20 сантиметрів. На обох кінцях стійки розташовані шарнірні з'єднання, захищені пильовиками, що дозволяє їй кріпитися до інших елементів підвіски. Шарнірні з'єднання забезпечують необхідну рухливість стійки, що є важливим для адекватної роботи підвіски.

Через інтенсивне навантаження в процесі експлуатації, шарнірні з'єднання цих стійок можуть зазнавати зносу, що призводить до їхнього швидкого виходу з ладу, зазвичай після проходження 20-30 тисяч кілометрів. Кріплення стабілізатора складається з гумових втулок та хомутів, які зазвичай монтуються до кузова автомобіля в двох місцях. Основна функція хомутів полягає у надійному закріпленні стрижня, тоді як гумові втулки дозволяють стрижню вільно обертатися, забезпечуючи необхідну гнучкість роботи стабілізатора.

Залежно від розташування на автомобілі розрізняють передній та задній стабілізатори поперечної стійкості. На деяких моделях легкових автомобілів задній стабілізатор може бути відсутній, тоді як передній стабілізатор є стандартною складовою для більшості сучасних транспортних засобів.

Також існує концепція активного стабілізатора поперечної стійкості, що являє собою керований елемент підвіски. Ця технологія дозволяє адаптувати жорсткість стабілізатора в залежності від умов дороги та режиму водіння. Наприклад, максимальна жорсткість стабілізатора активується при проходженні крутих поворотів, а помірна жорсткість — на ґрунтових дорогах. В умовах екстремального бездоріжжя цей компонент підвіски часто відключається для забезпечення більшої адаптивності і комфорту при русі.

Жорсткість стабілізатора поперечної стійкості може бути регульована за допомогою кількох технологічних рішень: використання гідроциліндрів замість традиційних стійок, застосування активного приводу, а також заміна звичайних втулок на гідроциліндри. В усіх цих випадках основним елементом, що регулює

жорсткість, є гідравлічний привід.

Конструкція цього приводу може значно варіюватися в залежності від конкретної гідравлічної системи, що встановлена на автомобілі. Такі інноваційні рішення дозволяють адаптувати поведінку підвіски до змінних умов дороги, забезпечуючи оптимальний баланс між комфортом і стабільністю руху автомобіля.



Рис. 1.4. Загальний вигляд стійок стабілізатора поперечної стійкості



Рис. 1.5. Активний стабілізатор поперечної стійкості.

Недоліки стабілізатора поперечної стійкості включають зменшення ефективності ходу підвіски та погіршення прохідності автомобілів позашляхового типу. Під час руху по складному бездоріжжю можливий ризик втрати контакту одного з коліс з дорожньою поверхнею, що звичайно називають "вивішуванням" колеса, що призводить до втрати тяги.

Для вирішення цих проблем автовиробники пропонують два основних підходи. Перший - це відмова від використання стабілізатора на користь систем адаптивної підвіски, які дозволяють змінювати характеристики підвіски залежно від умов дороги. Другий підхід полягає у застосуванні активних стабілізаторів поперечної стійкості, які можуть автоматично регулювати свою жорсткість, забезпечуючи оптимальну стабільність і комфорт на різних типах дорожнього покриття.

1.2 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра

Дослідити та класифікувати типові несправності підвіски Hyundai Solaris. Розробити методики усунення загальних несправностей підвіски для легкових автомобілів. Описати та стандартизувати процеси ремонту ключових компонентів підвіски, включаючи амортизаційні стійки, кульові опори, важелі передньої підвіски та компоненти стабілізатора поперечної стійкості. Створити технічну документацію для ремонту передньої підвіски. Визначити параметри технологічних операцій і підібрати необхідне обладнання для ремонтної зони.

Проаналізувати існуючі рішення обладнання для розбирання стійок. Спроекувати установку для ефективного монтажу та демонтажу амортизаційних стійок. Розробити стенд для розбирання і збирання амортизаційних стійок з огляду на ергономіку та ефективність.

Розробити концепції моделювання амортизаторів для покращення їх характеристик. Створити симуляційну модель для аналізу поведінки автомобіля при різних умовах дороги. Визначити умови тестування та провести аналіз отриманих результатів для оцінки ефективності запропонованих рішень. [1]

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Типові несправності підвіски автомобіля Hyundai Solaris

Несправності підвіски автомобіля можуть значно погіршити водіння, провокуючи неприємні шуми, такі як скрипи та стуки, що особливо дратують водіїв і можуть впливати на їхнє терпіння та комфорт під час руху. Їзда на автомобілі з несправними амортизаторами може стати вкрай некомфортабельною і навіть небезпечною.

Серйозні поломки підвіски не тільки загрожують безпеці, але й можуть призвести до дорожньо-транспортних пригод. Додатково, проблеми з підвіскою спричиняють підвищений знос шин, збільшення витрат палива та негативно впливають на роботу інших систем автомобіля, що може призвести до їх передчасного виходу з ладу.

Раннє виявлення та усунення несправностей підвіски є критично важливими для забезпечення безпечного і ефективного функціонування транспортного засобу.

Характеристика типових дефектів деталей

Давайте розглянемо найбільш поширені дефекти деталей, які можуть виникати під час експлуатації автомобілів:

Зміна геометричних параметрів. це включає зміну розмірів та форм базових поверхонь, що може впливати на правильність монтажу та функціонування деталей.

Неточність розташування. порушення точності взаємного розташування базових поверхонь може призвести до збільшення зносу та неправильної роботи механізмів.

Механічні ушкодження. ці пошкодження можуть включати тріщини, вм'ятини або інші видимі дефекти, що негативно впливають на довговічність та надійність деталей.

Корозія. корозійні пошкодження є значною проблемою, оскільки вони можуть призвести до слабкості матеріалу та його подальшого руйнування.

Зміна властивостей матеріалів. довготривала експлуатація може змінити фізико-механічні властивості матеріалів, зменшуючи їх міцність та еластичність.

Для детального вивчення несправностей підвіски представлено таблицю 2.1, яка включає перелік типових проблем, їх ознаки та можливі причини. Вивчення цієї інформації допоможе визначити оптимальні способи усунення зазначених дефектів та забезпечити більшу надійність та безпеку автомобіля в процесі його використання.

Таблиця 2.1. Основні несправності підвіски: ознаки та причини.

Несправність	Причина
Поздовжні коливання кузова під час руху, збільшене розгойдування при гальмуванні та на поворотах, а також підвищені вібрації:	Вихід з ладу амортизаторів Знос або пошкодження втулок поперечного стабілізатора Втрата жорсткості або поломка пружин
Скрипи і постукування при русі, виконанні маневрів, підвищений знос гуми.	Сайлент-блоки, їх зносом з'являються скрипи, а в разі значного зносу можуть виникати стуки, що свідчить про нестабільність підвіски і потребу в їх негайній заміні. Знос кульових шарнірів і шарнірів важелів підвіски. Їх знос може призвести до втрати точності керування, що небезпечно під час руху. Невірна установка розвалу-сходження передніх коліс. Це вимагає діагностики та корекції на стенді. Деформація і дисбаланс колісних дисків. Регулярна перевірка і балансування дисків є обов'язковою

	для забезпечення безпечного керування. Осідання або поломка пружини. Їх осідання або поломка може призвести до зниження кліренсу та погіршення амортизаційних властивостей автомобіля, особливо на нерівних дорогах. Несправність амортизаторів. Заміна амортизаторів є необхідною при виявленні ознак їх непрацездатності.
Вертикальні коливання передніх коліс (часті жорсткі удари)	Великий дисбаланс коліс. Регулярна перевірка і коригування балансу коліс допомагає уникнути цих проблем. Осідання пружин підвіски. Це також може вплинути на загальну стабільність автомобіля, особливо при високих швидкостях та на поворотах. Нефункціонування амортизаторів. Негайна заміна амортизаторів рекомендована при виявленні їх непрацездатності. Нефункціонування стабілізатора поперечної стійкості. Його вихід з ладу може призвести до зниження ефективності поворотів і загальної безпеки, особливо на швидких поворотах або при русі по нерівному покриттю.
Боковий крен ненавантаженого автомобіля (різниця висоти 25 мм)	Осідання або поломка пружини може вплинути на висоту кузова автомобіля,

	що призводить до нерівного розподілу навантаження та зменшення кліренсу. Це може спричинити не тільки некомфортне водіння, але й підвищити ризик пошкодження нижньої частини автомобіля при русі по нерівній поверхні. Осідання або знос гумових втулок цих шарнірів може знизити їхню ефективність, що призводить до збільшення вібрацій, шуму під час руху та зменшення точності керування автомобілем. Деформація нижнього важеля з однієї сторони. Також це може призвести до нерівномірного зносу шини і збільшити ймовірність її передчасної заміни.
Відведення автомобіля від прямолінійного руху.	Знос сайлентблоків може призвести до зміщення задньої балки, що негативно позначається на керованості автомобіля та може збільшувати знос шин через нерівномірний контакт з дорогою. Регулярна перевірка та заміна зношених сайлентблоків є необхідною для підтримання належного стану задньої балки. Поломка або осідання однієї з пружин може спотворити правильне розташування автомобіля, змінюючи його кліренс та впливаючи на загальну

	амортизаційну здатність. Це може призвести не тільки до нерівномірного зносу шин, але й до зниження комфорту при їзді, особливо на нерівних поверхнях.
Несправності пружин	Поломка пружин може виникнути через механічні пошкодження, тривале навантаження або через використання матеріалів нижчої якості. Просідання пружин є поступовим процесом, що може виявитися в зниженні кліренсу автомобіля, що впливає на його аеродинамічні характеристики та збільшує ймовірність пошкодження нижньої частини кузова під час їзди по вибоїнах.

2.2 Усунення несправностей підвіски легкових автомобілів

Несправності амортизатора (розгерметизація, скрипи):

Для забезпечення належної роботи амортизаторів важливо своєчасно діагностувати та усувати несправності. Найпоширеніші проблеми та їх вирішення включають:

Знос сальника штока – замінити зношений сальник на новий;

Усадка або пошкодження ущільнювального кільця резервуара – провести заміну ущільнювального кільця;

Надмірна кількість рідини в амортизаторі – злити надлишкову рідину до встановленого рівня;

Знос гумових втулок у шарнірах – виконати заміну втулок у верхніх та нижніх шарнірах;

Деформація або пошкодження кожуха – пошкоджений кожух слід замінити;

Ослаблення гайок резервуара, поршня або клапана стиснення – підтягнути гайки до необхідного моменту затяжки;

Недостатній рівень рідини в амортизаторі – додати рідину до рекомендованого рівня. [2]

У випадках, коли амортизатор є нерозбірним або належить до типів газових, газо-масляних чи газо-масляних із системою підкачування, їхні несправності не підлягають ремонту. Конструктивні особливості цих амортизаторів не дозволяють проводити відновлювальні роботи, тому єдиним рішенням є їхня заміна.

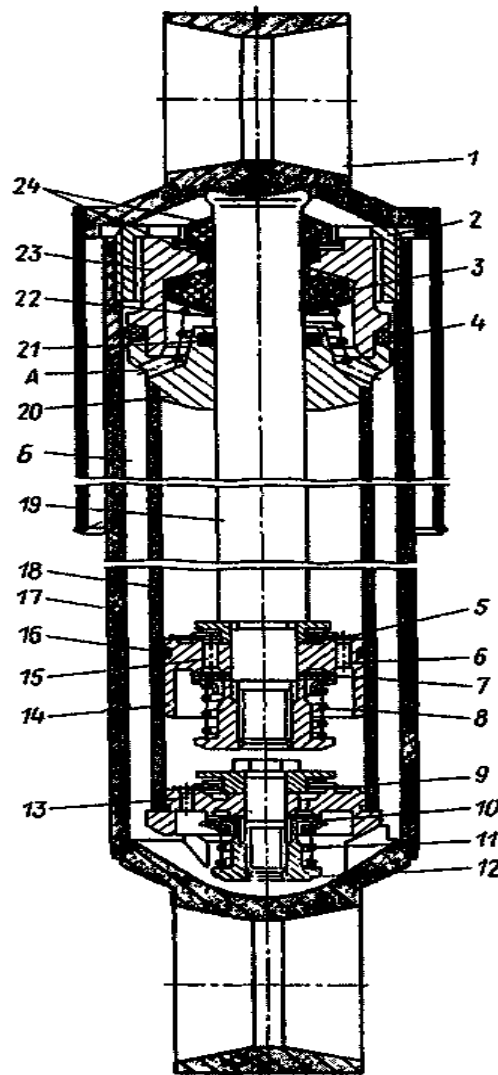


Рис. 2.1. Будова амортизатора:

1- нижня пружина; 2- корпус клапана стискання; 3- диски клапана стискання; 4- дросельний диск клапана стискання; 5- пружина клапана стискання; 6- обойма

клапана стискання; 7- тарілка клапана стискання; 8- гайка клапана віддачі; 9- пружина клапана віддачі; 10- поршень амортизатора; 11- тарілка клапана віддачі; 12- диски клапана віддачі; 13- кільце поршня; 14- шайба гайки клапан віддачі; 15- дросельний диск клапана віддачі; 16- тарілка перепускного клапана; 17- пружина перепускного клапана; 18- обмежувальна тарілка; 19- резервуар; 20- шток; 21- циліндр; 22- кожух; 23- направляюча втулка штока; 24- ущільнювальне кільце резервуара.

Для забезпечення оптимальної роботи підвіски та збереження балансу транспортного засобу, заміна амортизаторів повинна виконуватися одночасно для обох елементів на одній осі. Це дозволяє уникнути дисбалансу у роботі підвіски та забезпечує рівномірний розподіл навантаження між колесами, що позитивно впливає на стабільність і керуваність автомобіля.

Регулярне обслуговування та своєчасна заміна зношених амортизаторів є важливою складовою підтримки безпеки та комфорту під час експлуатації автомобіля.

Основні причини втрати жорсткості пружин:

Зменшення жорсткості через втомлення матеріалу: Під час тривалої експлуатації метал пружин втрачає свої початкові механічні властивості, що призводить до зниження їхньої жорсткості. У цьому випадку необхідно виконати заміну зношених пружин.

Механічне пошкодження або поломка пружини: Розрив або тріщини в структурі пружини можуть значно вплинути на ефективність її роботи. Для відновлення нормального функціонування підвіски пошкоджені пружини слід замінити на нові. [3]

Особливості заміни пружин:

При заміні пружин важливо виконувати заміну парою на одній осі автомобіля. Це дозволяє уникнути дисбалансу в роботі підвіски та перекосу кузова, що може зберігатися при нерівномірній заміні. Такий підхід гарантує правильну висоту посадки кузова і рівномірний розподіл навантаження між колесами.



Рис. 2.2. Приклад поломки пружини, що вимагає негайного втручання для забезпечення безпеки та комфорту під час руху.

2.3 Технологічні процеси ремонту окремих несправностей автомобіля Hyundai Solaris

2.3.1 Технологічний процес ремонту амортизаційної стійки

Ремонт амортизаційної телескопічної стійки часто виявляється неефективним, оскільки відновлення її початкових характеристик є складним та економічно недоцільним. У зв'язку з цим рекомендується виконувати повну заміну амортизаційної стійки, що забезпечить довготривалу роботу підвіски та підвищить безпеку експлуатації автомобіля.

Інструменти, необхідні для виконання заміни:

Набір ріжкових ключів, що дозволяють здійснювати монтажні та демонтажні роботи;

Пристосування для стискання пружин, яке забезпечує безпечне зняття та встановлення елементів підвіски.

Використання якісних інструментів і дотримання технологічного процесу заміни є запорукою успішного ремонту та відновлення експлуатаційних характеристик автомобіля.

Для проведення розбирання амортизаційної стійки необхідно виконати наступні операції:



Рис. 2.3. Амортизаційна стійка в зборі.

Демонтаж стійки з автомобіля. Зняти амортизаційну стійку, забезпечуючи доступ до її складових компонентів.

Стиснення пружини. Встановити пристосування для стискання пружини та обережно стиснути її, щоб запобігти пошкодженням під час демонтажу.

Зняття верхньої частини стійки. Відкрутити гайку штока амортизатора, утримуючи шток від обертання другим ключем. Демонтувати верхню опору, а також тарілчасту та плоску шайби (див. рис. 2.4, а, б). [4]



Рис. 2.4. Схема знімання верхньої опори та шайб.

Демонтаж захисних елементів. Зняти захисний кожух разом із буфером стискання, щоб отримати доступ до інших елементів стійки.

Видалення пружини. Зняти пружину з використанням відповідного обладнання (див. рис. 2.5).



Рис. 2.5. Схема знімання пружини.

Демонтаж нижньої прокладки пружини. Зняти нижню прокладку, щоб підготувати амортизаційну стійку до подальших операцій.

Зняття амортизатора. Відкрутити гайку, що фіксує амортизатор у корпусі стійки. Затиснути корпус стійки в лещата, а сам амортизатор обережно відкручувати шляхом обертання стійки (див. рис. 2.6).



Рисунок 2.6. Схема знімання гайки.

Зняти гайку і вийняти амортизатор з корпусу стійки, забезпечивши вільний доступ до внутрішніх компонентів.

Оглянути захисний кожух і при виявленні пошкоджень замінити його.

Встановити амортизатор вертикально і кілька разів активно переміщувати шток вгору та вниз, щоб переконатися у його справності. Шток має переміщатися гладко, без провалів, заїдань і стуків. Наявність будь-яких неправильних рухів або шумів вимагає заміни амортизатора.

При виявленні слідів витоків рідини необхідно також провести заміну амортизатора.

Замінити пошкоджений буфер ходу стиснення, який захищає амортизатор при крайніх стисканнях.

Перевірити верхню опору на осьове переміщення в корпусі опори та на вільне обертання підшипника. У разі заїдань або надмірного зносу провести заміну.

Встановити всі деталі в зворотному порядку до розбирання.

Під час збірки налаштувати захисний чохол так, щоб виступ на лівій стійці був направлений вперед, а на правій — назад.

Тарілчасту шайбу верхньої опори встановити опуклою стороною вгору.

Остаточного затягнути гайку штока амортизатора з моментом зусилля 55 Нм, коли автомобіль стоїть на землі.

Після ремонту амортизаційної стійки обов'язково перевірити та при необхідності відрегулювати кути установки коліс.

Виконати процедуру розвалу-сходження коліс, щоб забезпечити правильну установку та збалансований рух автомобіля.

2.3.2 Технологічний процес заміни кульової опори

Необхідні інструменти для заміни кульової опори:

Набір рожкових ключів, які дозволяють здійснити демонтаж та монтаж кріпильних елементів.

Знімач шарових шарнірів, інструмент спеціально призначений для безпечного та ефективного випресовування шарніра з важеля.

Процедура заміни кульової опори включає наступні кроки:

Підняти автомобіль за допомогою домкрата і надійно закріпити на опорах. [22]

Зняти колеса для забезпечення доступу до кульової опори.

Зняти пружинний фіксатор гайки пальця шарової опори. Цей елемент забезпечує додаткову фіксацію і захист гайки від самовільного відкручування.

Відкрутити гайку кріплення шарової опори, яка утримує опору в зібраному стані з важелем.

Встановити знімач кульових шарнірів на важіль підвіски та акуратно випресувати палець шарової опори з важеля. Використання знімача допомагає уникнути пошкоджень компонентів підвіски та самого важеля.



Рис. 2.7. Шарова опора, яка ілюструє кріплення та основні частини компоненту.

Завершення ремонтних робіт: Після встановлення нової кульової опори слід звернути увагу на правильність всіх з'єднань і надійність кріплення. Останнім етапом є затягування гайки штока амортизатора з рекомендованим моментом зусилля, перевірка правильності установки коліс та проведення регулювання розвал-сходження для забезпечення оптимальної керованості та зносостійкості шин.



Рисунок 2.8. Випресування кульової опори універсальним знімачем

Використовуйте свердло для висвердлювання заклепок, що забезпечить можливість їх видалення без пошкодження важеля підвіски.

Відкрутіть три самоцентруючі гайки, утримуючи болти від провертання за допомогою другого ключа. Важливо зазначити, що самоцентруючі гайки не призначені для повторного використання; їх слід замінити на нові.

Після видалення заклепок або відкручування гаєк, вийміть заклепки або болти з кульової опори та важеля, а потім акуратно зніміть саму опору.

Встановіть нову кульову опору, слідуючи процедурі в зворотному порядку до зняття. При установці бережіть захисний чохол опори від можливих пошкоджень. [5]

Після установки нової опори та зібрання всіх компонентів опустіть автомобіль та кілька разів качніть його, щоб перевірити правильність монтажу.

Затягніть гайку кріплення пальця кульової опори та болти кріплення опори до важеля з зусиллям 70 Нм.

Встановіть пружний фіксатор пальця опори.

Після виконання заміни кульової опори на передній підвісці необхідно перевірити та при необхідності відрегулювати кути установки коліс для забезпечення правильної геометрії ходової частини.

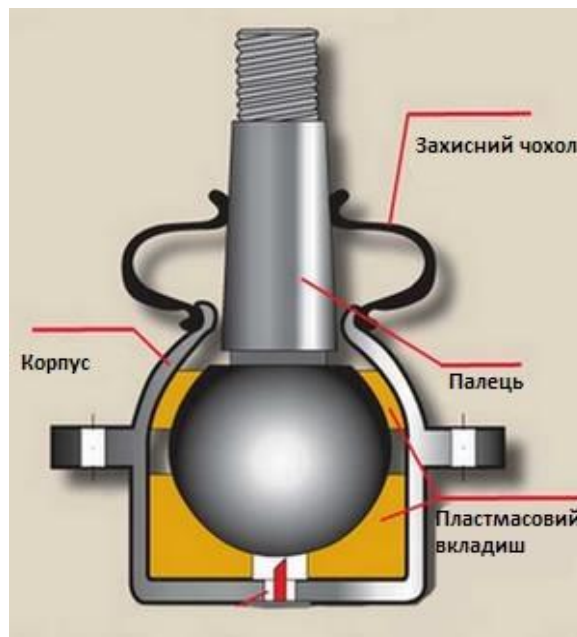


Рис. 2.9. Будова кульової опори.

2.3.3 Технологічний процес заміни важеля передньої підвіски

Необхідні інструменти: Набір рожкових ключів. Торцева головка. Круглогубці. Знімач кульових шарнірів.

Процедура заміни включає наступні кроки:

Загальмувати автомобіль стоянковим гальмом.

Встановити противідкотні упори під задні колеса.

Підняти передню частину автомобіля за допомогою домкрата та закріпити на надійних опорах.

Зняти колесо, відкрутивши гайки кріплення коліс.

Зняти пружинний фіксатор та відкрутити гайку кріплення пальця кульової опори.

Випресувати палець кульової опори.

Відкрутити гайку кріплення стійки стабілізатора до штанги та зняти стійку.

Відкрутити два болти кріплення скоби задньої опори важеля та зняти скобу.

Відкрутити гайку кріплення болта передньої опори важеля.

Зняти шайбу, вийняти болт разом з другою шайбою. Якщо болт не виймається, вибити його з кронштейна кузова, наносячи удари по задній частині важеля.

Зняти важіль разом з кульовою опорою. Оскільки оригінальні нижні важелі передньої підвіски зазвичай поставляються в зборі з шаровою опорою, сайлентблоком і втулкою задньої опори, подальше розбирання важеля зазвичай не має сенсу.

Встановити новий важіль в зворотньому порядку до зняття.

Не затягувати остаточно кріплення резинометалічних шарнірів важеля і стабілізатора поперечної стійкості до моменту опускання автомобіля на землю.

Опустити автомобіль на землю і кілька разів сильно погойдати його.

Остаточно затягнути різьбові з'єднання підвіски на автомобілі, що стоїть на землі.

Після заміни шарової опори передньої підвіски перевірити і при необхідності відрегулювати кути установки коліс, виконати розвал-сходження коліс.

2.3.4 Технологічний процес заміни деталей стабілізатора поперечної стійкості

Необхідні інструменти для заміни деталей стабілізатора поперечної стійкості: Набір рожкових ключів для роботи з гайками різних розмірів. Торцеві головки, що забезпечують зручний доступ до важкодоступних гайок. Вороток, який допомагає забезпечити додаткове зусилля при відкручуванні або закручуванні. Подовжувач, який забезпечує додатковий важільний вплив. Карданний шарнір для виконання робіт у складних для доступу місцях.

Покрокова процедура заміни:

Підняти передню частину автомобіля і встановити на надійні опори.

Зняти бризговики двигуна для доступу до стабілізатора.

Зняти колеса.

Відкрутити гайки кріплення стійки стабілізатора, утримуючи болт торцевою головкою і воротком.

Зняти верхню шайбу та гумову втулку. Перед зняттям важливо промаркувати положення деталей для збереження коректної установки під час збірки.

Вийняти шайби, гумові втулки та розпірну втулку, висуваючи болт вниз.

Відкрутити гайки кріплення скоб штанги стабілізатора з обох боків, використовуючи подовжувач та карданний шарнір для лівої скоби.

Зняти скоби кріплення, гумові втулки і саму штангу стабілізатора.

Переконалися, що трубки не зігнуті під час демонтажу.

Встановити штангу стабілізатора, обережно вмістити втулки та шайби згідно з позначками.

Важливо забезпечити, щоб виступи втулок входили в отвори важеля і штанги, а болт стійки не торкався інших елементів.

Встановити і затягнути гайки до виміряного розміру В, що має бути 38 мм, коли автомобіль стоїть на землі.

Опустити автомобіль і декілька разів погойдати, щоб переконатися в правильності зібрання.

Перевірити та відрегулювати кути установки коліс після заміни деталей стабілізатора.

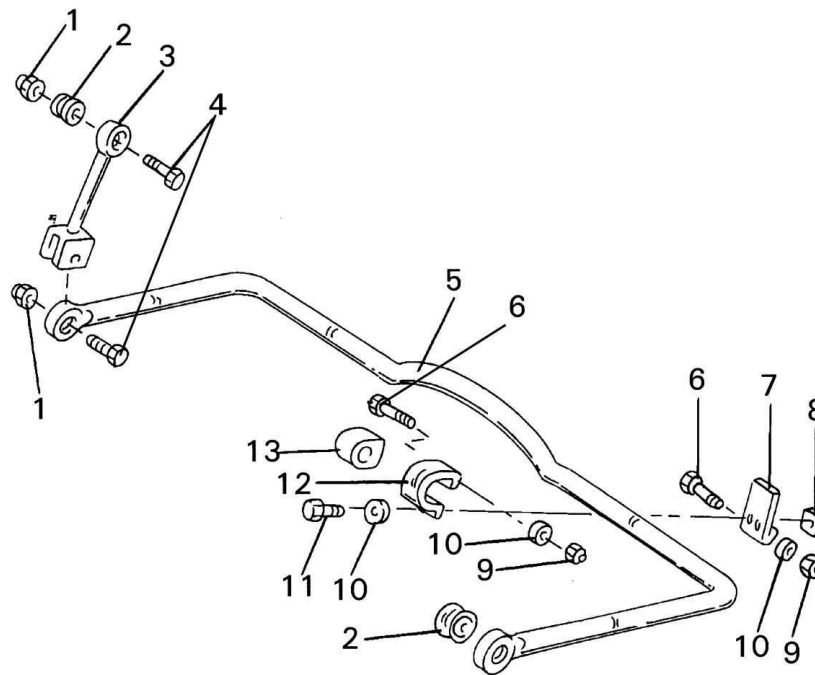


Рис. 2.10. Деталі для кріплення штанги стабілізатора поперечної стійкості:
1- гайка; 2,13 – сайлентблоки; 3 - стойка стабілізатора, 4 – болт; 5 - штанга стабілізатора, 6 – болт; 7 - тримач; 8 - гайка чотиригранна; 9 – гайка; 10 - шайба, 11 – болт; 12 - монтажна скоба.

2.4 Розробка технічної документації для ремонту передньої підвіски автомобіля Hyundai Solaris

Операції з ремонту передньої підвіски автомобіля Hyundai Solaris виконуються на спеціалізованій дільниці сервісного центру. Детальний опис процесів ремонту вміщено в технологічній карті, яка зазначена в таблиці 2.2. Загальний обсяг робіт оцінено в 20,2 людино-хвилини (0,34 людино-години). Відповідальний за виконання робіт — кваліфікований слюсар третього розряду, спеціалізований на поточному ремонті.

Таблиця 2.2 – Технологічна карта демонтажу, перевірки та розбирання підвіски автомобіля Hyundai Solaris.

№	Найменування операції	Кількість точок впливу	Місце виконання	Прилади та інструменти	Трудомісткість, люд.-хв	Технічні вимоги
1	Демонтаж стійки	-	-	-	9,9	-
1.1	Розмістіть транспортний засіб на підйомник	1	Зверху	Двостійковий підйомник	2	-
1.2	Розгвинтіть гайки, що тримають колесо.	1	Збоку	Змінна головка 17	1,0	Перед відкручуванням використовувати проникаючу змазку. Момент затягування 88,3 - 107,9 Н•м.
1.3	Підійміть транспортний засіб.	1	Збоку	Двостійковий підйомник	0,5	-
1.4	Відкрутіть болти, які служать кріпленням.	1	Збоку	Змінна головка 17, гайковерт	1,0	4 болта
1.5	Зніміть колесо.	1	Збоку	-	1,0	Не пошкодити болти ступиці.
1.6	Витягніть болти фіксації.	3	Збоку	Ключ рожковий на 13	1,0	Три болта
1.7	Від'єднайте гальмівний шланг.	1	Знизу	-	0,1	-
1.8	Від'єднайте датчик обертів колеса.	1	Знизу	-	0,1	-
1.9	Розкрутіть гайку, що фіксує тягу.	1	Знизу	Змінна головка 17, гайковерт	0,2	Перед відкручуванням використовувати проникаючу змазку. Момент затягування 98,1 – 177,7 Н•м
1.10	Від'єднайте тягу.	1	Знизу		0,2	-
1.11	Відкрутіть гайки, які фіксують стійку.	3	Зверху	Змінна головка 13	0,3	Перед відкручуванням використовувати проникаючу змазку. Момент затягування 49,0 – 68,6 Н•м
1.12	Розгвинтіть гайку, яка закріплює поворотний кулак.	2	Знизу	Змінна головка 17, гайковерт	0,5	Перед відкручуванням використовувати проникаючу змазку. Момент затягування 98,1 – 177,7 Н•м
1.13	Вийміть болти фіксації поворотного кулака.	2	Знизу	Молоток	0,5	При заклинюванні легко потукати, щоб не пошкодити різьбу.

1.14	Відокремте вузол передньої стійки від поворотного кулака.	1	Знизу	Молоток	0,5	Легенько постукати
1.15	Зніміть стійки.	1	Знизу	Молоток	1,0	Не пошкодити
2.0	Перевірте технічний стан.	-	-	-	6,0	-
2.1	Огляньте компоненти стійки.	1	Зверху	Візуально	2,0	Не має бути деформації та пошкоджень.
2.2.	Перевірте шток на наявність тертя.	1	Зверху	-	2,0	Стиснути та витягнути шток; Не має бути значного опору.
2.3.	Перевірте шток на наявність звуків сторонніх.	1	Зверху	-	1,0	Стиснути та витягнути шток; Не має бути значного опору.
2.4	Демонтаж передньої стійки.	1	Зверху	-	1,0	Стиснути та витягнути шток; У разі наявності стороннього шуму замінити.
3	Процедура розбирання	-	-	-	4,3	-
3.1	Встановіть стійку на стенд.	1	Стенд	Стенд для розбирання/збирання стійок	1,5	Стиснути стійку; Стискати до ослаблення стопорної гайки.
3.2	Стиснути пружинний елемент.	1	Стенд	Стенд для розбирання/збирання стійок	1	Стискати до ослаблення прижимання чашок.
3.3	Відкрутити гайку, яка фіксує шток.	1	Стенд	Змінна головка 17, гайковерт, Стенд для розбирання/збирання стійок	0,5	Перед відкручуванням використовувати проникаючу змазку. Момент затягування 49,0 – 68,6 Н·м Фіксувати шток амортизатора від провороту.
3.4	Зменшити натискання на пружину.	1	Стенд	Стенд для розбирання/збирання стійок	0,5	-
3.5	Зняти обмежувач ходу стиснення разом із опорою.	1	Верстак	-	0,1	-

3.6	Демонтувати опорний елемент.	1	Верстак	-	0,1	-
3.7	Видалити ущільнювальне кільце.	1	-	-	0,1	-
3.8	Зняти опорну чашу.	1	-	-	-	-
3.9	Демонтувати пружинний вузол.	1	Верстак	-	0,2	-
3.10	Зняти буфер ходу стиснення разом із захисним кожухом.	1	Верстак	-	0,2	-

2.5 Розрахунок параметрів технологічних операцій

Для визначення часу, необхідного на виконання операцій розбирання, використовується спеціальна математична формула, яка враховує технічні характеристики процесу та умови його реалізації.

$$T_{шкр} = \sum T_p \cdot K_p, \quad (2.1)$$

$$K_p = 1,2.$$

Для обчислення тривалості виконання операції використовується відповідна формула, яка дозволяє врахувати всі необхідні фактори, що впливають на її реалізацію:

$$T_p = T_m \cdot K_y, \quad (2.2)$$

Операція 005. Мийна.

1. Розрахунок необхідного часу для виконання зовнішнього очищення деталей здійснюється шляхом визначення норми, що враховує особливості їхньої поверхні та ступінь забруднення:

$$T_m = T_m \cdot K_y$$

$$T_m = 5,04 \text{ хв}; K_y = 1,2; T_m = 5,04 \cdot 1,2 = 6,05 \text{ (хв.)}.$$

Операція 010. Підготовча.

Розрахунок часу, необхідного для демонтажу коліс, проводиться шляхом встановлення відповідних нормативів, які враховують конструктивні особливості автомобіля та умови виконання робіт.

$$T_{n1} = T_m \cdot K_y \cdot n \cdot k$$

$$T_m = 0,18 \text{ хв. } K_y = 1,5. n = 5. k = 2.$$

$$T_{n1} = 0,18 \cdot 1,5 \cdot 5 \cdot 2 = 2,7 \text{ (хв.)}$$

Розрахунок нормативу часу для встановлення автомобіля на підйомник та його підняття:

Для виконання цього етапу приймаємо значення $T_{п2} = 8,6$ хвилин.

Розраховуємо норму часу, необхідну для виконання підготовчих операцій, враховуючи специфіку процесу та технічні умови:

$$T_n = 2,7 + 8,6 = 11,3 \text{ (хв.)}$$

Операція 015. Розбиральна.

Розрахунок часу для демонтажу амортизаційної стійки з автомобіля:

Встановлюємо норматив часу для виконання операції з видалення шплінта з гайки маточини, враховуючи складність конструкції та особливості з'єднання:

$$T_{p1} = T_m \cdot K_y$$

$$T_m = 0,34 \text{ хв. } K_y = 1,5.$$

$$T_{p1} = 0,34 \cdot 1,5 = 0,51 \text{ (хв.)}$$

Визначаємо нормативний час для відкручування з'єднання рульової тяги, враховуючи конструктивні особливості механізму та рівень доступності вузла:

$$T_{p5} = T_m \cdot K_y. T_m = 0,16 \text{ хв. } K_y = 1,5.$$

$$T_{p5} = 0,16 \cdot 1,5 = 0,24 \text{ (хв.)}$$

Встановлюємо норматив часу для виконання операції з відкручування верхнього шарнірного з'єднання стійки стабілізатора, враховуючи конструктивні особливості деталі та умови доступу до вузла:

$$T_{p6} = T_m \cdot K_y$$

$$T_m = 0,28 \text{ хв. } K_y = 1,5.$$

$$T_{p6} = 0,28 \cdot 1,5 = 0,42 \text{ (хв.)}$$

Розрахунок часу для від'єднання пальця кульової опори від поворотного кулака:

Встановлюємо нормативний час для виконання цієї операції, приймаючи значення $T_{p7} = 1$ хвилина. [6]

Розрахунок часу для демонтажу амортизаційної стійки в зборі (без врахування поворотного кулака). Визначаємо тривалість операції, враховуючи конструктивні особливості вузла та необхідні умови демонтажу:

$$T_{укр} = \sum T_p \cdot K_p$$

$$K_p = 1,2.$$

$$T_{укр} = (0,51+1+0,3+1+0,24+0,42+1+0,21+2+2) \cdot 1,2 = 10,41 \text{ (хв.)}$$

Для демонтажу другої стійки потрібен аналогічний часовий ресурс, тому загальний час для зняття обох валів розраховується шляхом подвоєння нормативу, визначеного для однієї стійки:

$$T_{укр} = 10,41 \cdot 2 = 20,82 \text{ (хв.)}$$

Операція 020. Ремонтна.

Розрахунок часу для заміни амортизаторів:

Встановлюємо нормативний час для виконання операції заміни, враховуючи конструктивні особливості вузла та умови доступу до кріплень.

Розрахунок часу для нанесення маркувальної позначки на диск фарбою:

Приймаємо норматив $T_{p1} = 0,1$ хвилини.

Розрахунок часу для відкручування болтів:

Визначаємо тривалість цієї операції на основі технічних характеристик кріпильних елементів та їхнього розташування.:

$$T_{p2} = T_m \cdot K_y \cdot n$$

$$T_m = 0,28 \text{ хв. } K_y = 1,5. n = 6 - \text{кількість болтів;}$$

$$T_{p2} = 0,28 \cdot 1,5 \cdot 6 = 2,52 \text{ (хв.)}$$

Визначаємо норму часу на встановлення:

$$T_{p6} = T_m \cdot K_y \cdot n$$

$$T_m = 0,36 \text{ хв. } K_y = 1,5. n = 6 - \text{кількість болтів.}$$

$$T_{p6} = 0,36 \cdot 1,5 \cdot 6 = 2,6 \text{ (хв.)}$$

Визначаємо загальний час для заміни амортизатора:

$$T_{укр} = \sum T_p \cdot K_p$$

$$K_p = 1,2.$$

$$T_{укр} = (0,1+2,52+0,1+0,29+1+2,6) \cdot 1,2 = 8 \text{ (хв.)}$$

Операція 025. Складальна.

Процес збирання виконується у послідовності, яка є протилежною до етапів розбирання, і його тривалість визначається відповідно до розрахованих нормативів часу:

$$T_c = T_{роз} \cdot K_{yn} + T_{роз} \quad (2.3)$$

$$K_{yn} = 0,3;$$

$$T_{роз} = 20,82 + 49,3 = 70,12 \text{ (хв.)}$$

$$T_c = 70,12 \cdot 0,3 + 70,12 = 91,15 \text{ (хв.)}$$

Операція 030. Контроль якості ремонту.

Контроль якості виконаного ремонту проводиться на діагностичному стенді, і тривалість цієї процедури становить 20 хвилин.

2.6 Розрахунок і підбір основного технологічного обладнання

До складу технологічного обладнання входять як стаціонарні, так і мобільні стенди, різноманітні верстати, контрольно-вимірювальні прилади, допоміжні пристрої та інвентар для організації виробничого процесу, зокрема стелажі, робочі столи, шафи та інше оснащення.

Загальна кількість металообробного устаткування розраховується за допомогою відповідної залежності, яка враховує виробничі потреби та технологічні вимоги.

$$B = \sum T_{PM} \cdot \varphi_D / \Phi_{РПР} \Phi_{ДПР} \cdot \eta_B \approx 3.$$

$$\varphi_D = 1,2 \dots 1,3; \eta_B = 0,7 \dots 0,8.$$

Розподіл загальної кількості металообробних верстатів за видами робіт здійснюється у наступному співвідношенні: токарні — 60%, фрезерні — 12%, шліфувальні — 10%, заточувальні — 8%, стругальні — 5%, свердлильні — 5%.

За прийнятим значенням $B=1,91$, кількість установок для миття транспортних засобів відповідає числу потокових ліній технічного обслуговування рухомого складу, а саме двом. Для визначення оптимального типу мийної установки, яка буде здатна забезпечити виконання запланованої виробничої програми з технічного обслуговування рухомого складу, необхідно спочатку оцінити її пропускну здатність.

$$W = \varphi \cdot A_E / \Phi_{\text{дщо}} \cdot M_y \cdot \eta_B \approx 18 \text{ авто/год},$$

На основі розрахованої пропускної здатності мийної установки здійснюється вибір конкретної моделі з відповідної довідкової літератури. Для визначеної пропускної здатності рекомендовано установку моделі М-129.

Розрахунок кількості паливозаправних колонок, необхідних для забезпечення потреб автотранспортного підприємства (АТП), проводиться з урахуванням інтенсивності експлуатації автопарку та вимог до заправлення транспортних засобів.

$$\Pi_K = A_E \cdot D_3 / 60 \cdot \Phi_K \approx 5,$$

$$D_3 = t_{\text{пз}} + t_3 = 2 + 2,31 = 4,31$$

$$\Phi_K = 3 \text{ год. } t_{\text{пз}} - 1 \dots 3.$$

$$t_3 = V_{\text{дп}} / W_K = 69,3 / 30 = 2,31.$$

2.7 Глибокий аналіз ділянки поточного ремонту

Ділянка, призначена для поточного ремонту, виконує комплексну обробку агрегатів та вузлів автомобіля, несправності яких не можуть бути усунені шляхом стандартних регулювальних операцій, спрямованих на відновлення їх функціональності та параметрів.

На ділянці поточного ремонту здійснюється демонтаж несправних вузлів і деталей автомобіля, а також механізмів з їх подальшою заміною на нові або відновлені компоненти. У зоні ремонту виконуються всі необхідні регулювальні процедури після відновлення, які не вимагають використання спеціалізованих стендів.

Організація ремонтного процесу на ділянці базується на агрегатному підході. Несправні вузли замінюються на аналогічні, відновлені агрегати, які надходять з оборотного фонду. Відремонтовані компоненти після обробки на інших ділянках повертаються до фонду для подальшого використання.

Функціонування ділянки організовано в однозмінному режимі. До складу персоналу входять 5 працівників, які розподіляються між робочими постами

залежно від завдань, що надходять. Під час формування графіків роботи для технологічного персоналу підприємство суворо дотримується чинних норм трудового законодавства.

Технологічне забезпечення ділянки включає різноманітне обладнання: верстати, прилади, стенди, а також стаціонарні та мобільні пристосування (верстаки, робочі столи тощо). Повний перелік обладнання ділянки представлений у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3. Табел ь технологічного обладнання.

|||||

Найменування	Модель	Розміри, мм	Площа одиниці обл., м ²	Кіль- ть, шт.	Площа , м ²
Верстак слюсарний	ОРГ- 1468	1400x800	1,12	4	4,48
Колонка для роздачі повітря	С-413М	400x500	0,20	1	0,2
Контейнер для протирачних матеріалів		250x250	0,06	1	0,06
Контейнер для збору сміття	ОТ-03- 000	250x250	0,06	1	0,06
Шафа для приладів і пристосувань	ОРГ- 1063	1000x500	0,50	2	1
Візок для інструментів	VTM 1300	680x450	0,25	4	1
Установка для відсмок- тування відпрацьованих газів	OMAS - HR75	800x300	0,24	1	0,24
Установка для заправки трансмісійним маслом	3119 Б	525x500	0,26	1	0,26
Змазувально-заправочна	С-1011-3	623x986	0,41	1	0,41

установка					
Стаціонарний нагнітач мастила	MECLU 1142	1626x870	1,41	1	1,41
Установка для збору відпрацьованого масла	MECLU BE:1438	1000x500	0,50	1	0,5
Стелаж для запчастин	MS HARD	1000×300	0,3	2	0,6
Двостійковий підйомник	Станкоімпорт ПГН2-4.	2000×4500	9	4	36
Трансмісійна стійка	AE&T T60101	220×270	0,06	1	0,06
Гідравлічний прес	Nordberg N3612JL ECO	490×180	0,09	1	0,09
Платформений візок	AE&T TJ-15	520×855	0,44	1	0,44
Всього					46,22

Розмір площі, відведеної для ділянки поточного ремонту, визначається наступним чином:

$$F_{agr} = 46,22 \cdot 4,0 = 184,88 \text{ м}^2.$$

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Аналіз існуючих аналогів обладнання для розбирання стійки

Для вибору найоптимальнішої конструкції стенда, призначеного для розбирання і складання амортизаційних стійок, розглянемо обладнання, що пропонують такі виробники: KraftWell, EQFS, Nordberg та AE&T.

Гідравлічний пристрій для стиснення пружин моделі KraftWell KRWSCS (див. рисунок 3.1) істотно полегшує виконання робіт, пов'язаних зі зняттям та встановленням пружин на амортизаційних стійках транспортних засобів. Його функціонування засноване на механізмі вертикального руху штока гідроциліндра, який взаємодіє з рухомою опорою, призначеною для надійного закріплення амортизаційної стійки.



Рис. 3.1. Стиснення пружин моделі KraftWell KRWSCS.

Стенд відзначається міцною конструкцією з металу, яка вирізняється високою стійкістю до зношування. Використання гідравлічного приводу суттєво зменшує фізичне навантаження на оператора, сприяючи підвищенню продуктивності роботи. Для забезпечення стійкості конструкції передбачено спеціальні отвори для фіксації до підлоги, що мінімізує ризик перекидання та забезпечує додатковий рівень безпеки під час використання. [7]

Особливості конструкції та функціонування гідравлічної стяжки пружин KraftWell KRWSCS:

можливість регулювання висоти верхньої опори;
 налаштування гачки для захоплення на верхній опорі;
 ножний механізм управління підйомом і опусканням нижньої опори (дві педалі);

контрольоване плавне опускання нижньої опори, що виключає ризик випадіння пружини;

стаціонарна конструкція з можливістю закріплення до основи.

Професійна стяжка пружин EQFS ES0301C (зображення 3.2) оснащена гідравлічним циліндром. Пристрій обладнаний ножним механізмом для регулювання підйому та опускання опорного елемента.

Дане обладнання призначене для стискання пружин автомобілів легкового типу, мікроавтобусів і легких вантажівок. Принцип роботи пристрою полягає у тому, що робоча каретка піднімається за допомогою гідравлічного домкрата, забезпечуючи стискання пружини



Рис. 3.2. Професійна стяжка пружин EQFS ES0301C.

Особливості конструкції пристрою для стискання пружин:

Наявність одного гідравлічного циліндра, оснащеного клапанним блоком і зворотною пружиною. Металева педаль для підйому, обладнана гумовим покриттям, яке запобігає ковзанню. Високоточна обробка внутрішніх поверхонь

гідроциліндра, що значно подовжує термін служби пристрою. Робочий майданчик із фіксатором, що дозволяє регулювати його положення в поздовжньому напрямку залежно від розмірів пружини. Верхній захоплювач із можливістю регулювання висоти для оптимального налаштування.

Стаціонарна стяжка пружин NORDBERG SC-1 (рисунок 3.3) гарантує високу якість виконання робіт і максимальну безпеку в експлуатації. Цей пристрій призначений для здійснення операцій, пов'язаних із заміною автомобільних пружин.



Рис. 3.3. Стаціонарна стяжка пружин NORDBERG SC-1.

Широкий діапазон регулювання рухомих захоплювачів і можливість надійного закріплення пружини створюють комфортні умови для роботи. Дане обладнання ідеально підходить для ремонту амортизаційних стійок легкових автомобілів, мікроавтобусів і невеликих вантажівок. Кріплення пристрою до підлоги забезпечує високу стійкість конструкції та точність виконання операцій.

Пристрій дає змогу ефективно виконувати демонтаж і монтаж картриджів стійок підвіски типу McPherson, забезпечуючи швидкість і зручність у роботі.

Механічний пристрій AE&T T01403 (див. рисунок 3.4) використовується для демонтажу та монтажу амортизаційних стійок із вбудованими пружинами. Цей інструмент має надійне кріплення завдяки спеціальному затискному механізму.

Трилопатева ручка забезпечує комфортне та безпечне управління, оскільки вона не висковзує з рук під час обертальних дій. Компресія пружин відбувається через вертикальний рух зубчатої штанги всередині колонки. Всі частини цієї

конструкції покриті антикорозійним матеріалом, що істотно збільшує їхній термін служби.



Рис. 3.4. Механічний пристрій AE&T T01403.

Отже, для аналізу якості системи змащування автомобільних вузлів та агрегатів ми використовуємо критерії, зазначені у таблиці 3.1. Оцінка якості за індивідуальними критеріями та загальний рівень якості представлені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.1. Включає рівні якості для кожного з параметрів вибраного обладнання.

Характеристика	KraftWell	EQFS	Nordberg	AE&T
Хіт штока, мм.	360	220	250	360
Зусилля, кН.	1000	1000	950	990
Вага, кг	40	24,5	35	31
Висота пружини яка стискається, мм	570	570	450	570
Площа, м ²	0,059	0,133	0,180	0,126
Максимальний діаметр пружини яка стискається, мм	4000	165	200	400
Вартість, грн.	22370	15910	23100	21978

Таблиця 3.2. Розраховані значення рівня якості обраного обладнання.

Характеристика	KraftWell	EQFS	Nordberg	AE&T
Хіт штока, мм.	1,6	1,0	1,1	1,6
Зусилля, кН.	1,0	1,0	1,0	1,0
Вага, кг	0,6	1,0	0,7	0,8
Висота пружини яка стискається, мм	1,0	1,0	0,8	1,0
Площа, м ²	2,3	1,0	0,7	1,1
Максимальний діаметр пружини яка стискається, мм	2,4	1,0	1,2	2,4
Вартість, грн.	0,7	1,0	0,7	0,7
Рівень якості	9,6	7,0	6,2	8,6

Виходячи з даних, отриманих в результаті аналізу визначених параметрів, ми розробимо циклограму (див. рисунок 3.5), яка відображатиме технічний стан установок, призначених для монтажу та демонтажу амортизаційних стійок.

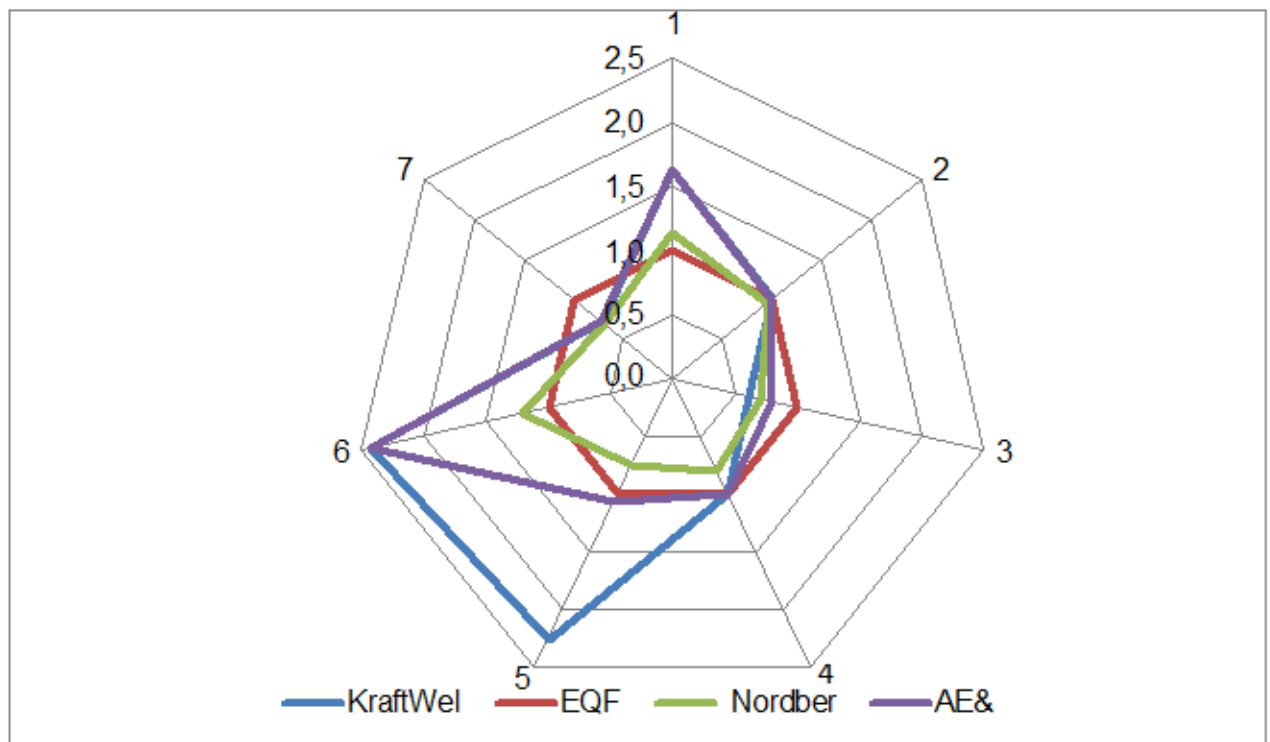


Рис. 3.5. Циклограму, яка ілюструє якість стенду.

Згідно з результатами аналізу, ми вирішили вибрати стенд виробництва компанії KraftWell.

3.2 Розроблення установки для монтажу та демонтажу амортизаційних стійок

Установка для монтажу та демонтажу амортизаційних стійок використовується в ремонтних цехах. Цей агрегат застосовується під час робіт зі стійками авто Hyundai Solaris. Обладнання має універсальне призначення, ідеально підходить для розборки та зборки стійок. Його можна налаштувати для використання на більшості сучасних передньоприводних автомобілів з передніми підвісками типу Мак-Ферсон. Також установка використовується на сервісних станціях та в авторемонтних майстернях для обслуговування та ремонту підвісок автомобілів Hyundai Solaris.

Розробка цієї установки спрямована на зміну конструкції традиційних моделей шляхом зменшення кількості компонентів, спрощення вузлів та підвищення виробничої ефективності. Це дозволяє виробляти обладнання з меншими витратами на виробництво, використовувати економічніші конструкції та стандартизовані компоненти.

Метою цієї розробки є створення набору конструкторських документів, на підставі яких будуть вироблені робочі документи, які, в свою чергу, дозволять виготовити прототип стенду для демонтажу телескопічних стійок автомобіля Hyundai Solaris. Стенд призначено для експлуатації у приміщеннях, де температура повітря варіюється від 15 до 40°C, а вологість не перевищує 80%. Ефективність роботи стенду забезпечується його установкою на рівній поверхні, такій як верстат. При цьому обладнання не вимагає безпосередньої близькості до джерел електроенергії. Розробка конструкції стенду здійснюється на базі технічних характеристик існуючих аналогів.

Установка для ремонту амортизаційних стійок автомобіля Hyundai Solaris повинна задовольняти такі критерії:

висока надійність та економічна вигода у використанні;

стабільна робота без збоїв протягом тривалого часу;
 зручність у проведенні ремонтних робіт;
 оптимізованість виробничих процесів;
 ефективне зберігання без втрати якості;
 гарантована пожежна безпека.

При дизайні стенду важливо застосовувати компоненти, стандарти яких визначені національним законодавством. Нова конструкція стенду повинна мати можливість модернізації, щоб поліпшити технічні параметри та споживчі властивості. Стенд для демонтажу та монтажу амортизаційних стійок автомобіля Hyundai Solaris має бути призначений для легкості ремонту. Він також має бути конструктивно пристосованим до легкого розбирання та пакування в контейнери для зручності транспортування та зберігання. Технічні специфікації цього стенду детально викладені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. Головні технічні специфікації розроблюваного стенду.

Технічні характеристики	Значення
Хід штока, мм	300
Сила стиснення пружини, кг	100
Максимальний діаметр амортизаційної стійки, мм	200
Максимальна висота стенду, мм	1000
Максимальна висота стійки, мм	600
Максимальна ширина стенду, мм	700
Максимальна довжина стенду, мм	700
Привід силового механізму	Ручний механічний

Створення стенду з параметрами, наведеними у таблиці, забезпечить високу якість та безпеку при проведенні заміни амортизаційних стійок на виробництві. Основне застосування цього обладнання планується для сервісного обслуговування ходової системи автомобілів Hyundai Solaris. Рекомендований стенд (див. рисунок 3.6) має забезпечити надійний та безпечний процес монтажу та демонтажу амортизаційних стійок не тільки для

автомобілів Hyundai Solaris, але й для інших марок авто з схожою конструкцією передньої підвіски. Використання такого стану передбачається як у таксопарках, так і на спеціалізованих підприємствах, які займаються ремонтом та технічним обслуговуванням ходових частин легкових автомобілів.

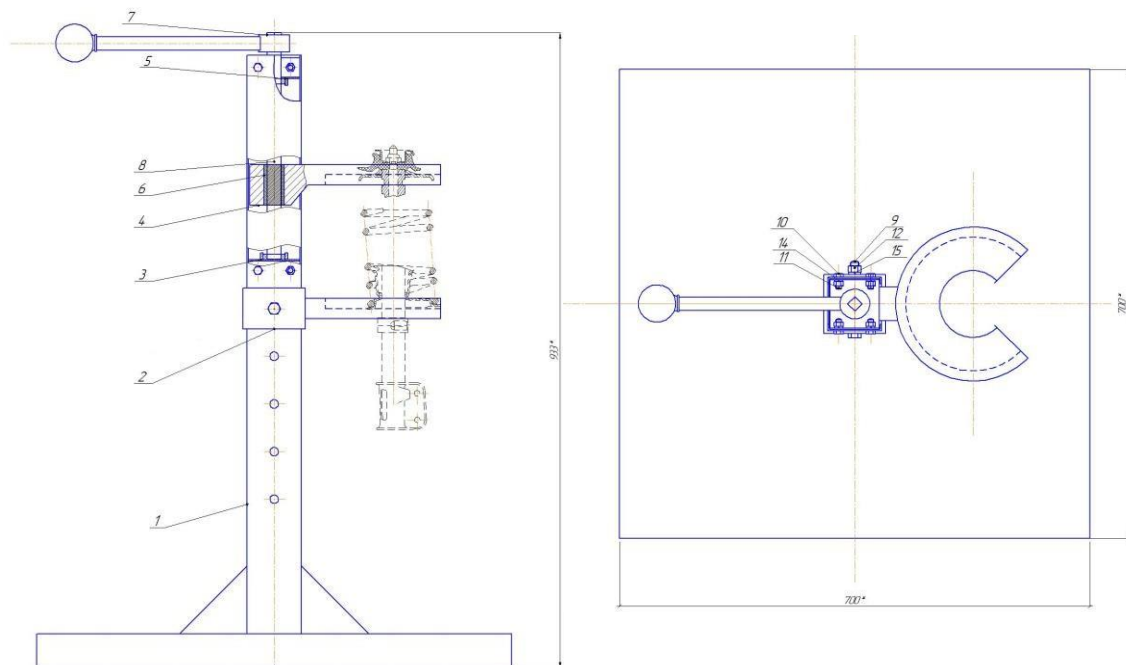


Рис. 3.6. Конструкція стану для розбирання/збирання стійок амортизаторів:
1 – стійка; 2 – нижній захоплення; 3 – нижня опора гвинта; 4 – верхнє захоплення; 5 – верхня опора гвинта; 6 – ходова гайка; 7 – рукоятка; 8 – гвинт.

Обраний механізм тиску функціонує за принципом обертання гвинта, який переміщує ходову гайку, закріплену на захваті. Це переміщення змінює положення захвату, що забезпечує ефективне стискання пружини. Ця система дозволяє здійснювати плавне стискання пружини амортизаційної стійки та її надійну фіксацію в потрібному положенні. Додатково, на стійці стану передбачено спеціальні регульовальні отвори, які дозволяють адаптувати висоту ремонтної стійки. Застосування цих отворів для кріплення нижнього захвату дозволяє регулювати висоту стійки. Глибокі впадини в конструкції захвату забезпечують надійне утримання стійки, що сприяє комфортній роботі та стабільності деталі під час ремонту. Розроблений механізм ефективно сприяє швидкому стисканню та фіксації пружини, значно скорочуючи час необхідний для виконання робіт. [8]

Конструкція стенду вирізняється своєю простотою та надійністю, а також не потребує використання зовнішніх джерел енергії, таких як стиснене повітря чи електрика, що робить його мобільним та зручним у використанні на ремонтних майданчиках. Захвати, які використовуються для фіксації амортизаційної стійки, забезпечують надійне її утримання через механізм, що активується обертанням рукоятки, змушуючи верхній захват знижуватись і тиснути на стійку. Важливо підтримувати стійку під час її закріплення до моменту повного фіксування. Регулювання відстані між захватами можливе завдяки демонтажу регулювального болта, що дозволяє адаптувати нижній захват до потрібної висоти і ремонтувати стійки різного розміру. Бортики на захваті забезпечують додаткову безпеку, запобігаючи зіскакуванню стійки під час роботи, що гарантує стабільність та безпеку процесу.

Під час розбирання амортизаційних стійок доцільно попередньо відкрутити гайки, які фіксують кришки опор, ще до встановлення стійки на стенд. Це значно спрощує процес демонтажу. У деяких випадках виробники автомобілів рекомендують виконувати відкручування стопорних гайок ще до зняття амортизаторів із транспортного засобу.

Після того як амортизаційну стійку встановлено на стенд, необхідно стиснути пружину, щоб зняти навантаження з чашки верхньої опори, яке створюється пружиною. Виконавши цю дію, слід відкрутити кріпильний гвинт і демонтувати опору з амортизатора.

3.3 Розрахунок конструкції стенда для розбирання/збирання амортизаційних стійок

Аналіз міцності стійки. Здійснимо розрахунок міцності стійки стенда, яка зазнає впливу сили стиснення пружини, виготовленої з конструкційної сталі марки 25. Схематичне зображення розподілу сил, що діють на стійку під впливом навантаження пружини, представлено на рисунку 3.7. У процесі аналізу передбачено розрахунки на вигин для рейки та на зминання для втулки рейки.

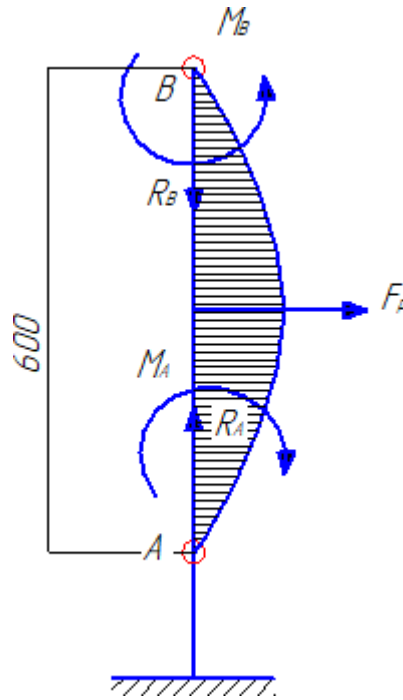


Рис. 3.7. Схема сил, що діють на стійку під час встановлення пружини.

При стисненні пружини утворюється поздовжня вигинна сила. Для оцінки міцності стержня проведемо необхідні обчислення, починаючи з визначення площі поперечного перерізу:

$$A = a_1^2 - a_2^2. \quad (3.1)$$

$$A = 80^2 - 76^2 = 624 \text{ мм}^2 = 6,24 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Визначаємо мінімальний осьовий момент інерції:

$$I_{min} = I_z = \frac{b_1 \cdot h_1^3 - b_2 \cdot h_2^3}{12}. \quad (3.2)$$

$$I_{min} = I_z = \frac{80 \cdot 80^3 - 76 \cdot 76^3}{12} = 633152 \text{ мм}^4 = 63,32 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4.$$

Обчислення мінімального радіуса інерції перерізу здійснюється за наведеною формулою:

$$i_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}}. \quad (3.3)$$

$$i_{min} = \sqrt{\frac{63,32 \cdot 10^{-8}}{6,24 \cdot 10^{-4}}} = 0,32 \cdot 10^{-2} \text{ м}.$$

Далі виконуємо розрахунок параметра гнучкості стійки, використовуючи відповідну формулу:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i_{min}}. \quad (3.4)$$

$$\mu = 2,0.$$

$$\lambda = \frac{2,0 \cdot 0,6}{0,0032} = 375.$$

Розрахунок критичної напруги виконуємо за наступною формулою:

$$\sigma_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2}. \quad (3.5)$$

$$\sigma_{кр} = \frac{3,14^2 \cdot 2 \cdot 10^5}{375^2} = 14,02 \text{ МПа}.$$

Розрахунок критичної сили здійснюємо, використовуючи таку формулу:

$$P_{кр} = \sigma_{кр} \cdot A. \quad (3.6)$$

$$P_{кр} = 14,02 \cdot 6,24 \cdot 10^{-4} = 8,74 \text{ кН}.$$

Розрахунок максимально допустимого значення сили стиснення здійснюється за допомогою наступної формули:

$$[P] = \varphi \cdot [\sigma] \cdot A. \quad (3.7)$$

У контексті заданих параметрів, де λ становить 37,5, показник φ досягає 0,93.

Це вказує на певну характеристику в роботі системи, яка дозволяє розглядати величину стискальної сили, що залишається у межах допустимих норм:

$$[P] = 0,93 \cdot 250 \cdot 6,24 \cdot 10^{-4} = 145 \text{ кН}.$$

Коефіцієнт надійності у випадку стійкості повинен задовольняти специфікації, що застосовуються до сталевих матеріалів:

$$n_y = \frac{P_{кр}}{[P]} \leq [n_y] = 1,8 - 3,0. \quad (3.8)$$

$$n_y = \frac{8,74}{145} = 0,06 \leq [n_y] = 1,8 - 3,0.$$

Аналітичний розгляд показує, що значення критичної стискаючої сили $P_{кр}$ дорівнює 8,74 кН, що перевищує необхідне значення $P_{тр}$, яке становить 1,0 кН. Таким чином, конструкційний елемент відповідає нормам з міцності та стабільності.

Розрахунок гвинтового механізму. Обираємо для застосування ходову гайку з не термічно обробленого сірого чавуну СЧ 10, з властивостями на рівні: $\sigma_B=100$ МПа і $\sigma_H=280$ МПа, твердість HB в межах 143-229. В якості матеріалу для гвинта вибрано закалену в олії сталь 40X, характеристики якої включають: $\sigma_T=140$ МПа, твердість HRC між 34 та 42. Розробляємо схему сил, що діють на ходову гайку під час експлуатації стенда, зокрема під впливом обертального моменту T_p та осьової сили F_a , що є підставою для формування проектної схеми цього елемента (див. рисунок 3.8).

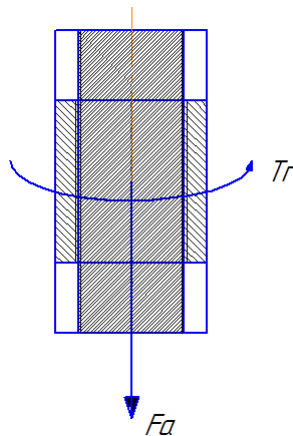


Рис. 3.8. Схема для обрахунку ходової гайки.

Проведемо дизайнерський розрахунок і уточнимо характеристики ходової гайки. Висота гайки розраховується відповідно до наступної формули:

$$H_r = \psi_H \cdot d_2 \quad (3.9)$$

$$H_r = 1,5 \cdot 21,5 = 32,25 \text{ мм.}$$

Для визначення робочої висоти профілю різьби використовуємо наступну формулу:

$$h = \psi_h \cdot P. \quad (3.10)$$

$$h = 0,5 \cdot 3 = 1,5 \text{ мм.}$$

Обрахунок кількості обертів різьби у гайці проводимо за цією формулою:

$$z = \frac{H_r}{P}. \quad (3.11)$$

$$z = \frac{32,25}{3} = 10,75.$$

Зовнішній діаметр гайки розраховується відповідно до такої формули:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_p}{\pi \cdot [\sigma_p]} + d_{\text{отв}}^2}. \quad (3.12)$$

$$d_{\text{отв}} = D_4 = 26,5; [\sigma_p] = 20 \dots 24 \text{ МПа.}$$

Для визначення осьової сили застосовуємо наступну формулу:

$$F_p = 1,25 \cdot F_a. \quad (3.13)$$

$$F_p = 1,25 \cdot 1000 = 1250 \text{ Н.}$$

Розрахунок зовнішнього діаметру гайки проводимо так:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1250}{3,14 \cdot 22} + 26,5^2} = 27,8 \text{ мм}$$

Зовнішній діаметр гайки, з урахуванням параметрів фланця, визначаємо відповідно до цієї формули:

$$D_L \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_a}{\pi \cdot [\sigma_{\text{см}}]} + D^2}, \quad (3.14)$$

$$[\sigma_{\text{см}}] = 42 \dots 55 \text{ МПа.}$$

$$D_L \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 1000}{3,14 \cdot 50} + 27,8^2} = 28,3 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D_L = 30 \text{ мм}$. Ключовим показником функціональності механізмів з ковзним тертям виступає їхня стійкість до зношування, що вимірюється за рівнем середнього тиску у різьбленні:

$$p = \frac{F_a}{\pi \cdot d_2 \cdot h \cdot z} \leq [p], \quad (3.15)$$

$$[p] = 4 \dots 6 \text{ МПа.}$$

$$p = \frac{1250}{3,14 \cdot 21,5 \cdot 1,5 \cdot 10,75} = 1,15 \text{ МПа} \leq 6 \text{ МПа}.$$

Оцінимо стабільність гвинта згідно з встановленими критеріями:

$$n_y = \frac{F_{\text{окр}}}{F_a} \geq [n_y], \quad (3.16)$$

$$[n_y] = 4.$$

$$F_{\text{окр}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(\mu \cdot l)^2},$$

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}; \mu = 0,707.$$

Момент інерції для поперечного перерізу обчислюємо використовуючи наступну формулу:

$$I = \frac{\pi \cdot d_3^4}{64}, \quad (3.17)$$

$$I = \frac{3,14 \cdot 24,5^4}{64} = 17677,2 \text{ мм}^4.$$

Лінійні розміри гвинта розраховуємо згідно з формулою:

$$l = H + H_{\Gamma}, \quad (3.18)$$

$$l = 300 + 32,25 = 332,25 \text{ мм}.$$

Тоді:

$$F_{\text{окр}} = \frac{3,14^2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 17677,2}{(0,707 \cdot 332,25)^2} = 631733,6 \text{ Н}.$$

Встановлюємо значення n_y :

$$n_y = \frac{631733,6}{1000} = 631,7 > 4.$$

Аналіз конструкції гвинта демонструє, що він залишиться стабільним при заданих умовах експлуатації.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Концепції моделювання амортизаторів

Представлено три концепції моделювання амортизаційної поведінки:

Модель 1 характеризується базовою пропорційною поведінкою та прямолінійною характеристикою. Ця модель є найпростішою та використовується для аналізу за допомогою симуляції. Вона інтегрує тільки лінійні характеристики, демонстровані в рівнянні (4.1). Коефіцієнт гасіння було отримано як лінійну величину ($R = 1315 \text{ Н} \cdot \text{с/м}$), що ілюструється на рис. 4.1.

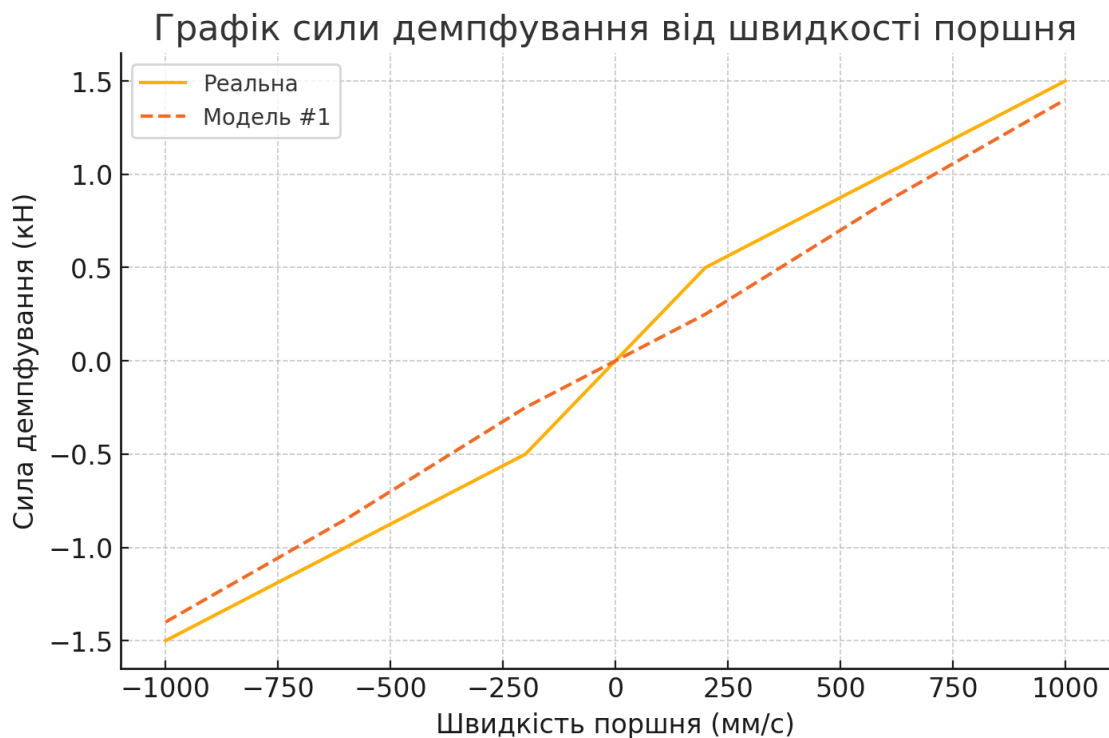


Рис. 4.1. Перша модель амортизатора.

$$f = Rv \quad (4.1)$$

Модель 2 проявляє різноманітні реакції під час стиснення та відновлення, змінюючи свій градієнт при зміні швидкостей переміщення штока та володіє складною нелінійною статикою. [9]

В рамках другої моделі була розроблена білінійна симуляція характеристик амортизатора. Відзначено, що сила під час розширення перевищує ту, яка спостерігається в фазі стискання. Окрім того, включено

аспекти, пов'язані з вищими тисками внутрішнього середовища, які активізують клапани для випуску тиску, а також враховано зміни нахилу кривої в точці активації цих клапанів, що регулюються за тиском. Рисунок 4.2 демонструє модель амортизатора 2. Рівняння (4.2) ілюструє математичне моделювання поведінки цієї моделі у фазі відбою.

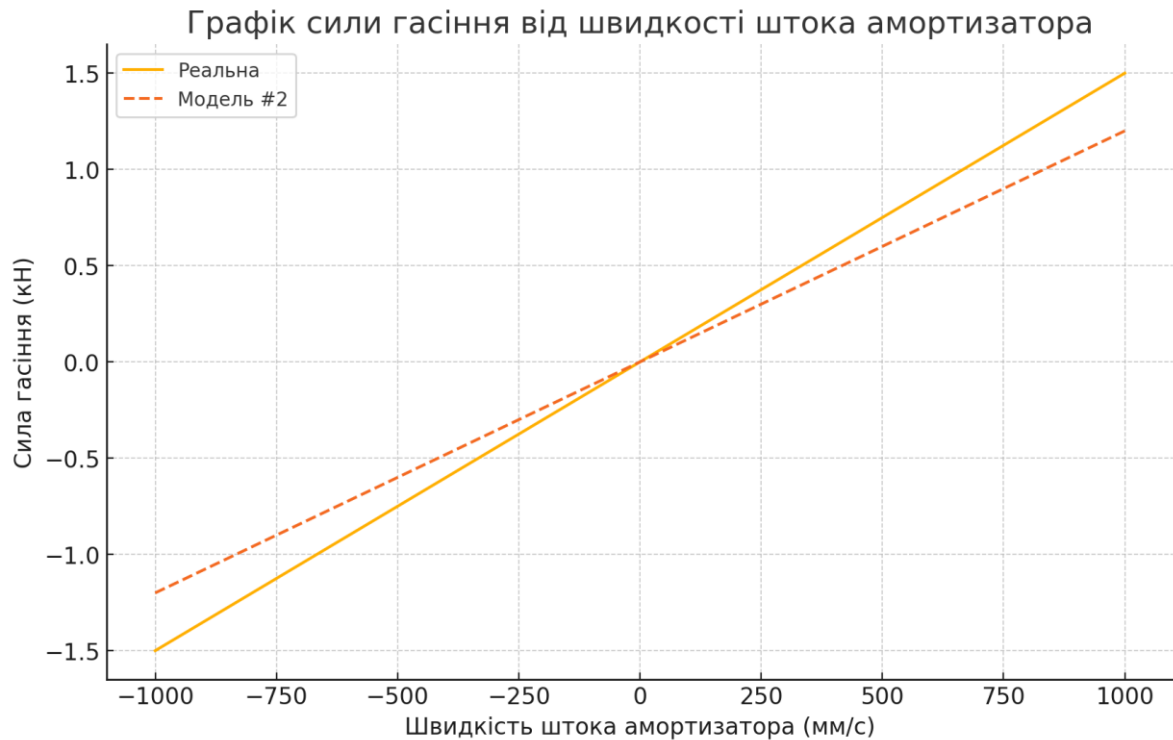


Рис. 4.2. Друга модель амортизатора.

$$f = \begin{cases} 3030v, & 0 \text{ м/с} \leq v < 0.2 \text{ м/с} \\ 1303v, & v \geq 0.2 \text{ м/с} \end{cases} \quad (4.2)$$

та для стиснення

$$f = \begin{cases} 1760v, & -0.2 \text{ м/с} \leq v < 0 \text{ м/с} \\ 855v, & v < -0.2 \text{ м/с} \end{cases} \quad (4.3)$$

Модель 3 представляє собою складну нелінійну гістерезисну систему.

Численні науковці приклали значні зусилля до створення моделей, які можуть визначати гістерезисну активність амортизаторів [10]. Існують два основних підходи до ідентифікації: параметричний та непараметричний. Параметричні моделі вважаються більш прийнятними, адже їх параметри несуть у собі певний фізичний сенс. Однак, головна проблема цих методів полягає в необхідності вимірювання відповідної сили демпфінгу для кожного параметру, а також у виборі відповідної феноменологічної форми моделі. Це

часто вимагає значних обчислювальних ресурсів. Найбільш деталізованою параметричною моделлю для опису поведінки амортизаторів є феноменологічна модель Бука–Вена, розроблена Спенсером та іншими []. Ця модель ефективно прогнозує відгук амортизатора на різноманітні навантаження. Феноменологічна модель Бука–Вена зображена на рис. 4.3. Сили, що діють на кожну сторону жорсткого бруса, є рівносильними; тому,

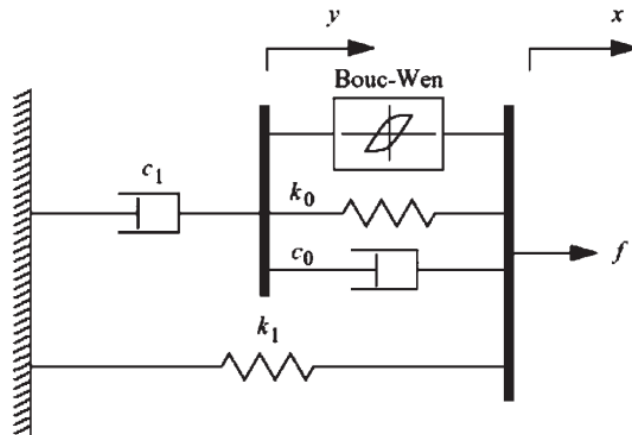


Рис. 4.3. Феноменологічний підхід до моделювання амортизатора.

$$c_1 \dot{y} = \alpha z + k_0(x - y) + c_0(\dot{x} - \dot{y}) \quad (4.4)$$

Еволюційну змінну z регулює наступне співвідношення.

$$\dot{z} = -\gamma|\dot{x} - \dot{y}|z|z|^{n-1} - \beta|\dot{x} - \dot{y}||z|^n + A|\dot{x} - \dot{y}| \quad (4.5)$$

Визначення виразу для y з рівняння (4.4) призводить до такого результату:

$$\dot{y} = \frac{\alpha z + c_0 \dot{x} + k_0(x - y)}{c_0 - c_1} \quad (4.6)$$

Загальна сила, яку виробляє система, визначається шляхом додавання сил, діючих у верхній та нижній секціях системи, що зображені на рисунку 4.3. Відповідно до рівняння (4.4), цю загальну силу можна також виразити як

$$f = c_1 \dot{y} + k_1(x - x_0) \quad (4.7)$$

У даній моделі, жорсткість акумулятора визначено параметром k_1 , а в'язке демпфування, яке спостерігається при високих швидкостях, представлено через c_0 . Включений у модель демпфер c_1 слугує для моделювання зниження сили, зафіксоване в експериментальних даних на низьких швидкостях, k_0 використовується для регулювання жорсткості при

високих швидкостях, а x_0 — це початкове зміщення пружини k_1 , асоційоване з номінальною силою амортизатора через акумулятор. [11]

Для опису характеристик амортизатора було визначено 14 параметрів моделі на основі експериментальних даних за допомогою алгоритму нелінійної оптимізації із обмеженнями. Використовуючи зміщення та швидкість як вхідні дані, модель здатна з високою точністю прогнозувати силу амортизатора, як демонструється на рисунку 4.4.



Рис. 4.4. Порівняння гістерезисних характеристик амортизатора: фактичні дані та третя модель.

Ця модель має обмеження, пов'язане з тим, що поведінка під час стискання має ту саму швидкість, що і під час відбою; однак основним аспектом аналізу є відтворення гістерезисної поведінки. За допомогою блок-схеми в Simulink™ було розроблено модель амортизатора, що враховує рівняння від (4.4) до (4.7).



Рисунок 4.5 узагальнює три моделі амортизаторів, виведені з реальних результатів, отриманих на випробувальному стенді.

4.2 Симуляційна модель автомобіля

У рамках проведеного дослідження застосовувалась програма CarSim,. Ця програма вважається стандартом у сфері транспортних засобів для аналізу динаміки поведінки автомобілів, оснащених пневматичними шинами. Вона ілюструє динамічну реакцію автомобілів на команди водія та зміни у зовнішніх умовах, таких як дорожнє покриття та вітрові навантаження. Приклади використання моделі CarSim. Вихідні дані програми симуляції можуть бути представлені в залежності від часу або інших параметрів, включаючи більше ніж 500 показників, таких як: (а) зміщення, швидкість і прискорення по будь-якому з шести ступенів свободи пружної маси; (b) сили і моменти, що діють на шини; (c) кути повороту коліс; (d) сили пружин і гасіння, переміщення.

Програма дозволяє створювати інтегровані моделі в Simulink з усіма необхідними параметрами автомобіля, включаючи зовнішні компоненти, моделювання яких також здійснюється через Simulink для взаємодії з основною моделлю автомобіля. Дві початкові моделі реагування були реалізовані в

CarSim як графіки залежності сили від швидкості. Третя модель амортизатора була розроблена у Simulink для відтворення гістерезисних ефектів. Обидві програми (CarSim і Simulink) використовувалися спільно, результати різних маневрувань на дорозі порівнювались за умови використання різних моделей амортизаторів.

Дослідження здійснювалось на моделі середньокласного європейського автомобіля. Основні параметри автомобіля, які брали участь у дослідженні, викладені в таблиці 3.1. Додаткові параметри, які не включені до таблиці 3.1, впливали на поведінку автомобіля в меншій мірі, тому для них використовувались середні значення з бази даних CarSim.

Таблиця 3.1. Зведення характеристик транспортного засобу.

Параметр (одиниці виміру)	Значення
Колісна база (мм)	2690
Колія передніх і задніх коліс (мм)	1540
Вага спереду (Н)	10422
Вага ззаду (Н)	6306
Маса пружного елемента спереду (кг)	952
Маса пружного елемента ззаду (кг)	575
Маса непружного елемента спереду (кг)	100
Маса непружного елемента ззаду (кг)	80
Момент інерції на крен (кг м ²)	288
Момент інерції на пікіровання (кг м ²)	1152
Момент інерції на ривок (кг м ²)	1152
Висота центру ваги (мм)	480
Жорсткість шин спереду та ззаду (кН/м)	220
Жорсткість підвіски спереду та ззаду (кН/м)	26.4
Шини	205/60 R15

4.3 Умови тестування

Для аналізу впливу моделі демпфера на поведінку автомобіля під час симуляції було проведено три типи інтенсивних маневрів: (а) стандартний ISO тест подвійної зміни смуги руху (бічна динаміка); (b) критичне тестування гальмівної системи (продольна динаміка); (с) перевірка на великих нерівностях (вертикальна динаміка).

Тест подвійної зміни смуги руху є широко відомим методом оцінки. Він вимірює керованість автомобіля, використовуючи об'єктивні показники, такі як кут крену, швидкість крену, швидкість ривка, бічне прискорення та індекс динамічної стабільності. Тест виконувався на ділянці довжиною 80 метрів і шириною 3,5 метра, відповідно до маршруту, представленого на рисунку 10. Випробування проводилися починаючи зі швидкості 50 км/год і збільшуючи її до моменту втрати контролю.

Було прийнято кілька припущень для встановлення рамок умов гальмування у симуляціях:

Приймалося, що гальмування відбувається по прямій лінії без маневрування.

Під час гальмування водій не користувався кермом.

При інтенсивному гальмуванні вважалось, що педаль гальма натискана з великою силою (високий темп натискання).

Автомобіль не оснащувався системою антиблокування гальм.

Асфальтове дорожнє покриття перебувало у сухому та відмінному стані ($\mu_y = 0.85$). У всіх випробуваннях початкова швидкість автомобіля складала 100 км/год, при цьому трансмісія була відключена. Максимальний крутний момент на гальмівну систему було обмежено, аби уникнути блокування коліс та скоротити час зупинки. Сила гальмування впроваджувалась у вигляді відкритого контуру.

Рисунок 4.7. демонструє криву тиску гальмування, яку застосовував водій. Максимальний тиск у кожному випробуванні регулювався для уникнення блокування коліс. Автомобіль підтримував постійну швидкість. З

затримкою у 0.25 секунди водій активував педаль гальма, і система досягала заданого тиску через 0.25 секунди, після чого гальмування тривало до повної зупинки транспортного засобу.

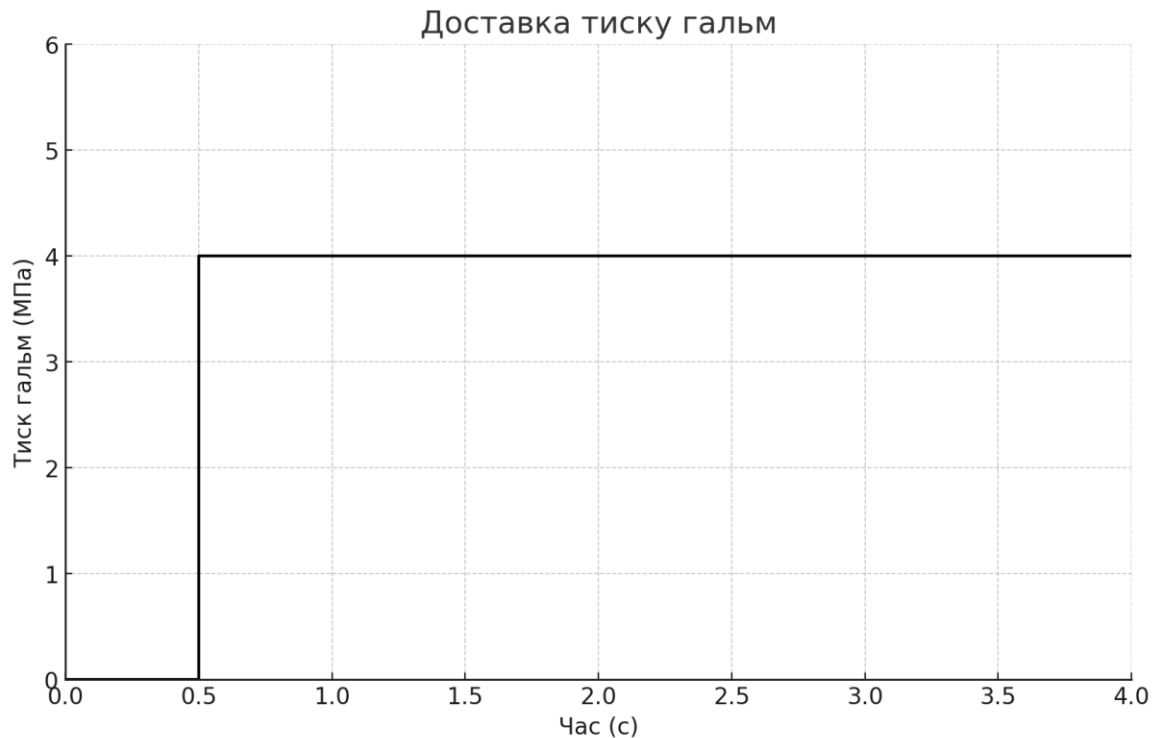


Рис. 4.7. Система подачі тиску у гальмівну систему.

Для симуляцій було використано два різних типи дорожнього покриття. Спочатку оцінювалася ефективність гальмування на гладкій дорозі. Потім було використано дорогу з ямами для моделювання вертикальних коливань.

Рисунок 4.8. показує профіль грубої дороги, створений буграми висотою 6 мм, розміщеними з інтервалом у 3 м. Цей профіль збуджував підвіску з частотою, що змінювалась від 35 Гц до 0 Гц зі спаданням швидкості автомобіля. Вибір форми бугрів обумовлений тим, що модель шини, що використовується в CarSim, не адаптована до поверхневих особливостей, розміри яких є частками розміру контактної плями шини, яка стандартно складає приблизно 100 мм.

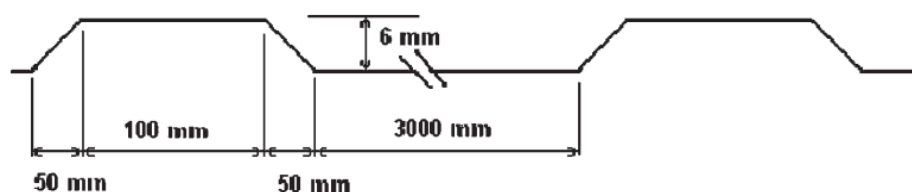


Рис. 4.8. Типовий профіль розбитої дороги.

Дослідження надійності та продуктивності різних моделей амортизаторів в стандартних дорожніх умовах включало аналіз профілю з буграми. Цей профіль представлений на рис. 4.9.

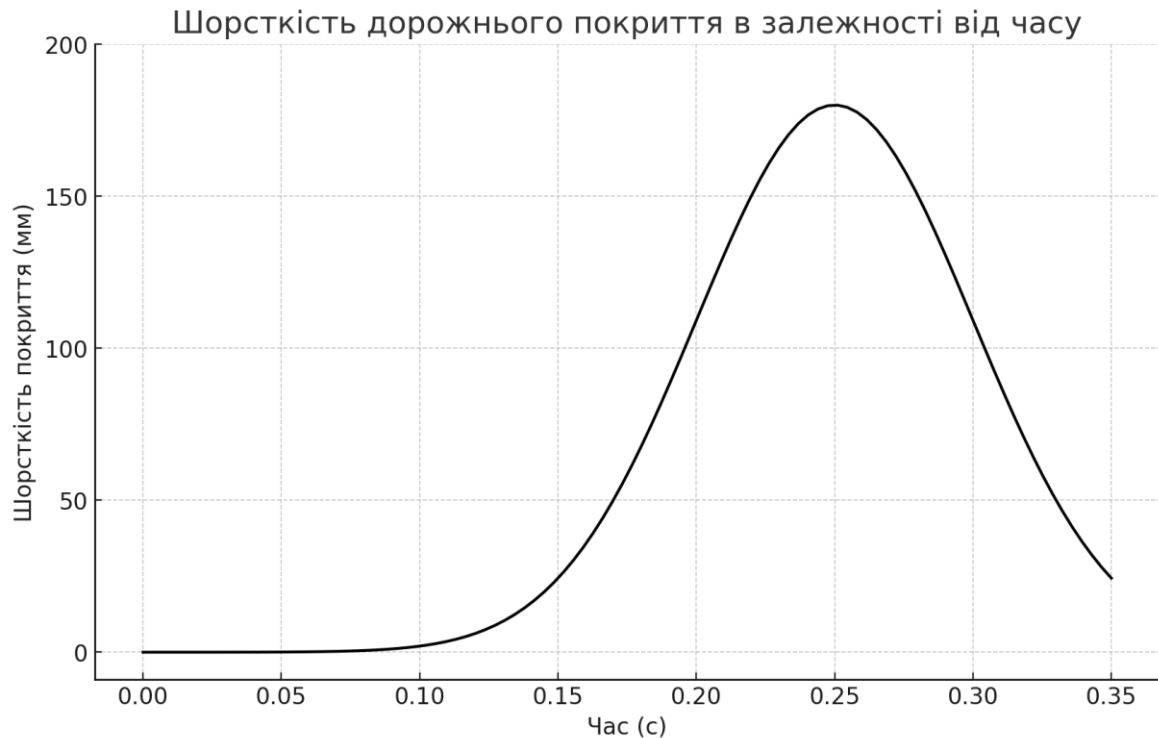


Рис. 4.9. Дорожній вибій з амплітудою 20 сантиметрів.

$$r(t) = \begin{cases} \frac{\epsilon}{2} \{1 - \cos[20\pi(t - 0.15)]\}, \\ 0, \end{cases} \quad (4.8)$$

$$0.15 \text{ s} \leq t < 0.25 \text{ s}$$

де ϵ позначає висоту бугра. У розглянутій моделі дороги передбачається, що швидкість автомобіля становить 10 м/с. Такий профіль вважається нормативним для моделювання вертикальних перешкод, які застосовуються при випробуваннях і налаштуванні характеристик підвіски. Це дозволяє ефективно аналізувати та порівнювати функціонування системи підвіски у різних умовах

4.4 Огляд результатів та аналіз

Три типи амортизаторів було випробовано в однакових умовах для кожного типу маневру, з порівнянням поведінки автомобілів з урахуванням ключових параметрів.

Результати тесту на подвійну зміну смуги для оцінки поведінки під час подвійної зміни смуги була максимальна швидкість, досягнута автомобілем без втрати контролю через занос або перекидання. У цьому випробуванні автомобіль із першою моделлю амортизатора почав заноситись при швидкості вище 53 км/год, в той час як автомобілі з другою та третьою моделями дозволяли досягти вищих швидкостей без заносу. На рисунку 4.10 показано порівняння результатів симуляції подвійної зміни смуги між першою та третьою моделями: видно, що при швидкості 54,5 км/год перша модель заносилася і виходила з курсу, не пройшовши тест.

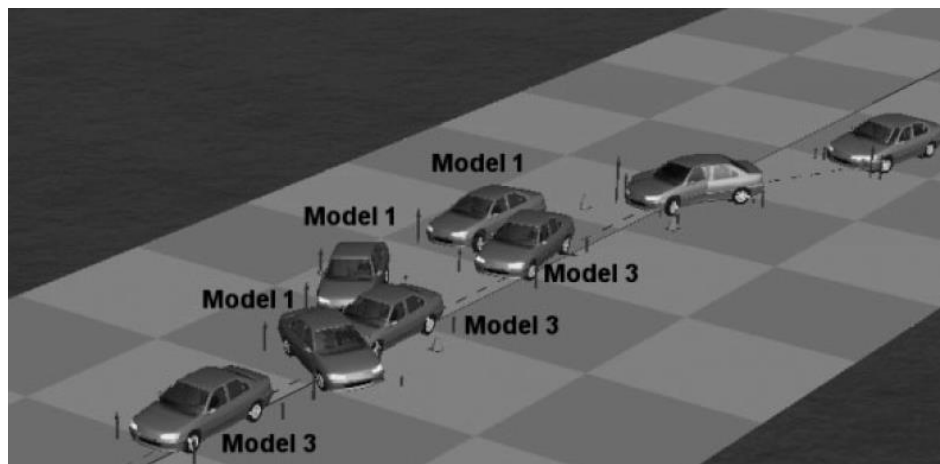


Рис. 4.10. Порівняльний аналіз поведінки автомобіля при маневрі подвійної зміни смуги: перша та третя моделі.

Різниця у результативності становила менше 3 відсотків і не виправдовувала затрат часу на розробку більш складної моделі. Рисунки 4.11 та 4.12 демонструють відмінності у кутових швидкостях та бічних прискореннях між першою та третьою моделями при швидкості 53 км/год. У обох випадках, починаючи з першого маневру зміни смуги, перша модель показувала збільшення кутової швидкості та бічного прискорення через занос та вихід з курсу.

Для оцінки поведінки при гальмуванні використовували такі параметри: (а) продольне уповільнення; (б) час до повної зупинки автомобіля. Під час тестування гальмування на гладкій дорозі всі моделі амортизаторів показали однакову продуктивність. Швидкість амортизації під час інтенсивного гальмування виявилася значно нижчою, ніж при проїзді по нерівній дорозі.

Рисунок 4.13 ілюструє надзвичайно низьку швидкість амортизаторів під час тестування.

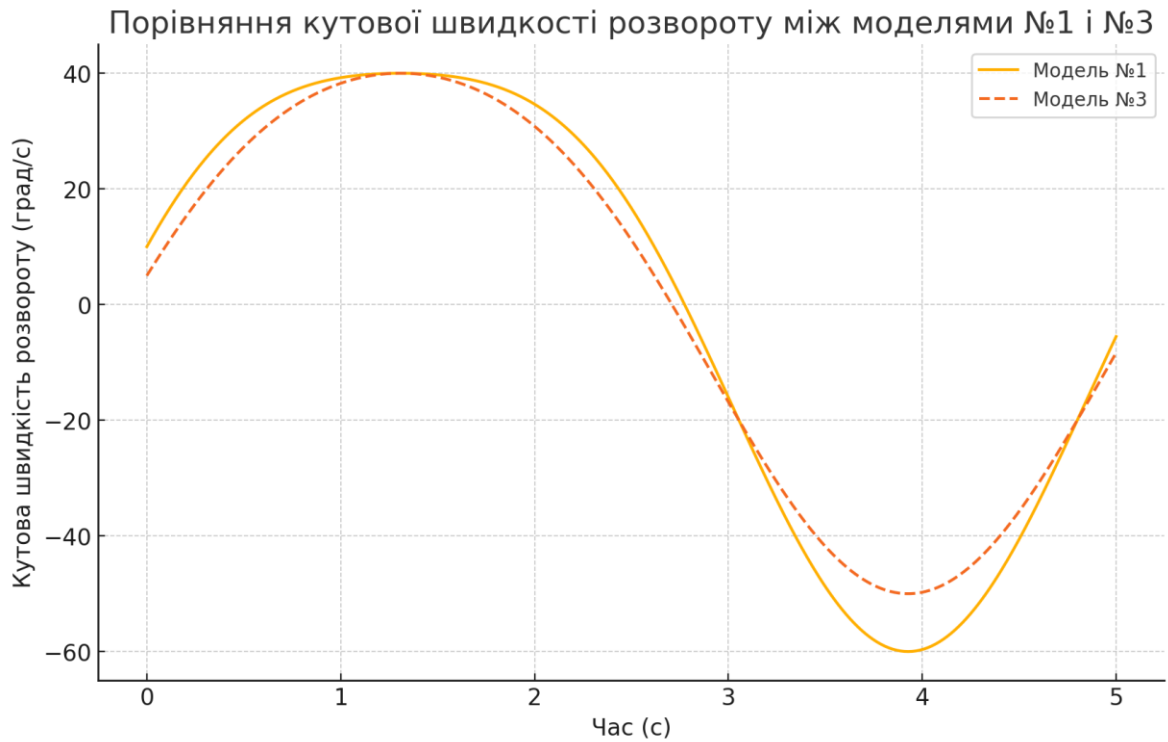


Рис. 4.11. Швидкість розвороту у випробуваннях на подвійну зміну смуги: порівняння першої та третьої моделей.

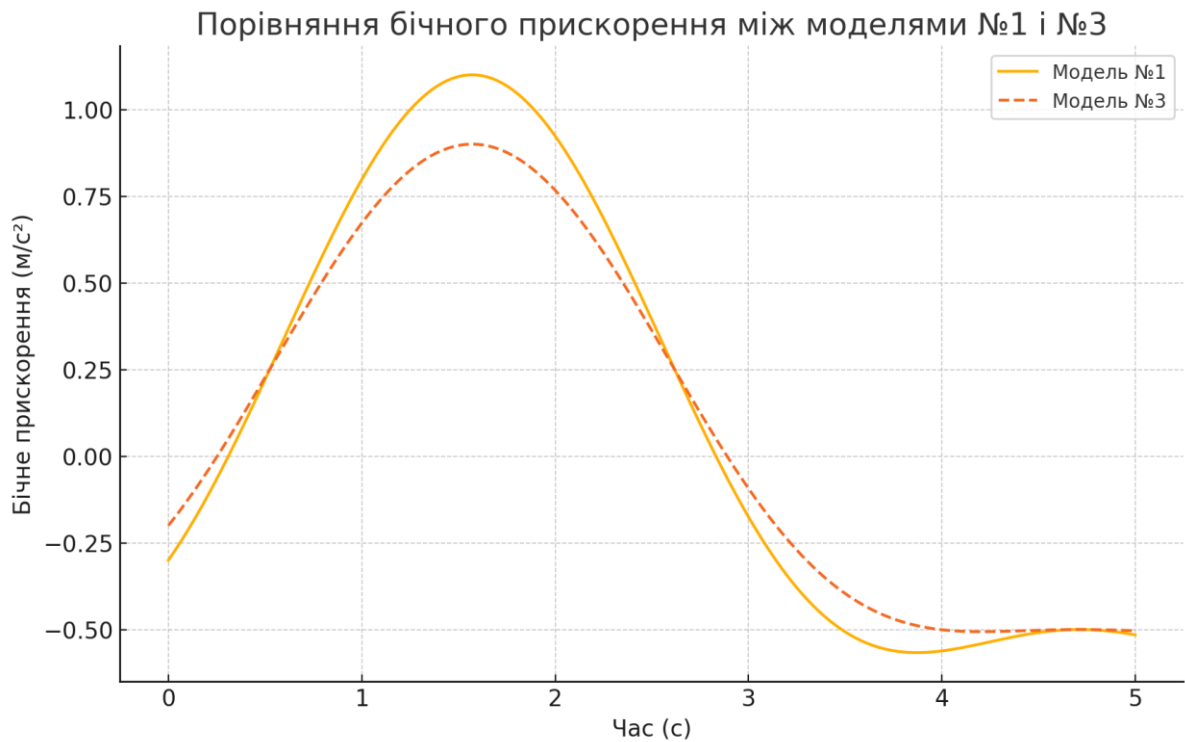


Рис. 4.12. Бокове прискорення під час тесту на подвійну зміну смуги: аналіз першої та третьої моделей.

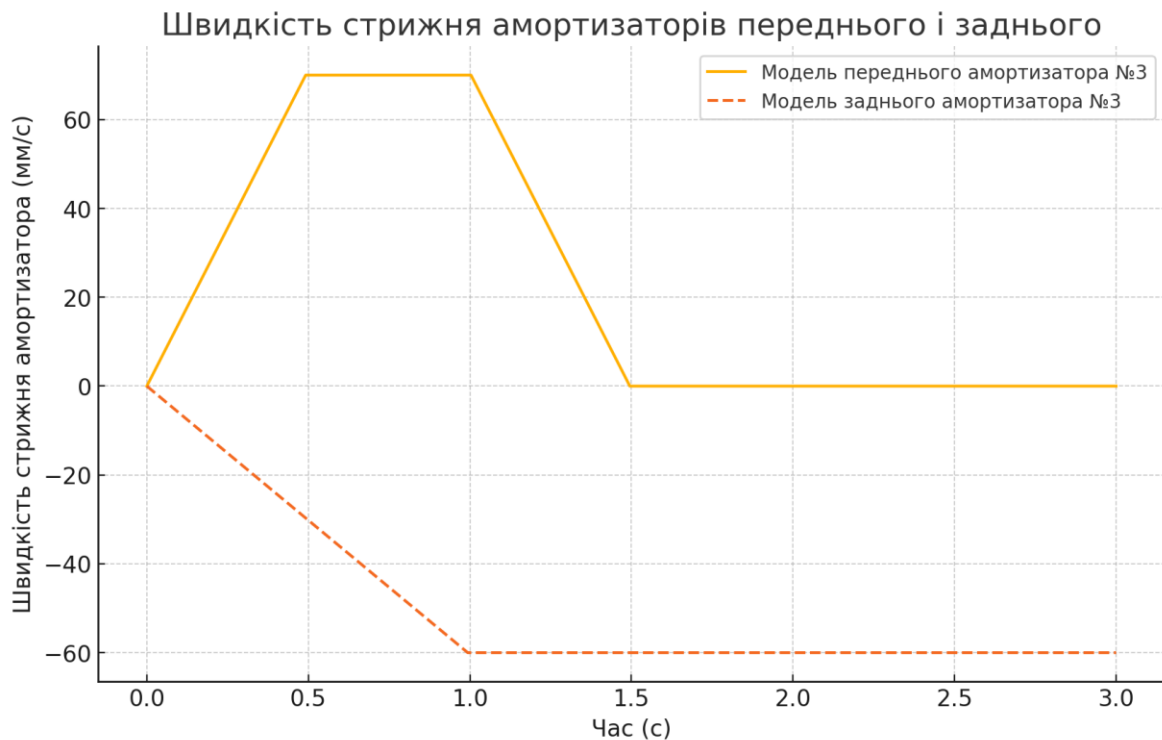


Рис. 4.13. Швидкість переміщення штока амортизатора під час гальмування.

Через цю низьку швидкість розсіяна енергія на амортизаторах була мінімальною і мала мало впливу на коливання пружної маси, не впливаючи на гальмівну продуктивність. На нерівному дорожньому покритті автомобіль потребував більше часу для зупинки через необхідність уникнення блокування коліс. Тиск гальмування довелось знизити, що призвело до незначного збільшення часу зупинки. Водночас, значних відмінностей між моделями не спостерігалось.

Система підвіски повинна забезпечувати ідеальний баланс між комфортом їзди та керованістю. Щоб покращити якість їзди, критично важливо ефективно відокремлювати пасажирів та вантаж від дорожніх нерівностей, а також знижувати резонансний пік на чутливій частоті для людського організму до приблизно 1 Гц. З іншого боку, для адекватної керованості необхідно забезпечити постійний контакт шини з дорожнім покриттям.

Для оцінювання керованості та комфорту існують два основні параметри: (а) ізоляція вібрації пружної маси, що визначає комфорт їзди; (б) сили контакту шини з дорогою, що забезпечують належні бічні та гальмівні характеристики. Для моніторингу цих параметрів аналізувались рівні середньоквадратичних значень (r.m.s.) часових відгуків на прискорення пружної маси та вертикальну

силу шини. Також, частотний аналіз прискорення пружної маси вказує на вплив моделі амортизаторів на динамічну поведінку пружної маси. Рисунок 4.14 демонструє спектральну густину потужності прискорення пружної маси для трьох досліджуваних моделей. Аналізуючи характеристики комфорту їзди і виходячи з того, що модель 3 є найточнішою та надійною, було встановлено, що всі три моделі забезпечують визначення природної частоти пружної маси близько 1.6 Гц. Проте, моделі 2 та 3 показали приблизно однакові пікові значення, тоді як у моделі 1 пік був на 20% нижчий. Що стосується часової відповіді, рівень r.m.s. прискорення моделі 1 був на 13% нижчий, ніж у моделі 3, а різниця між моделями 2 та 3 склала менше 2%.

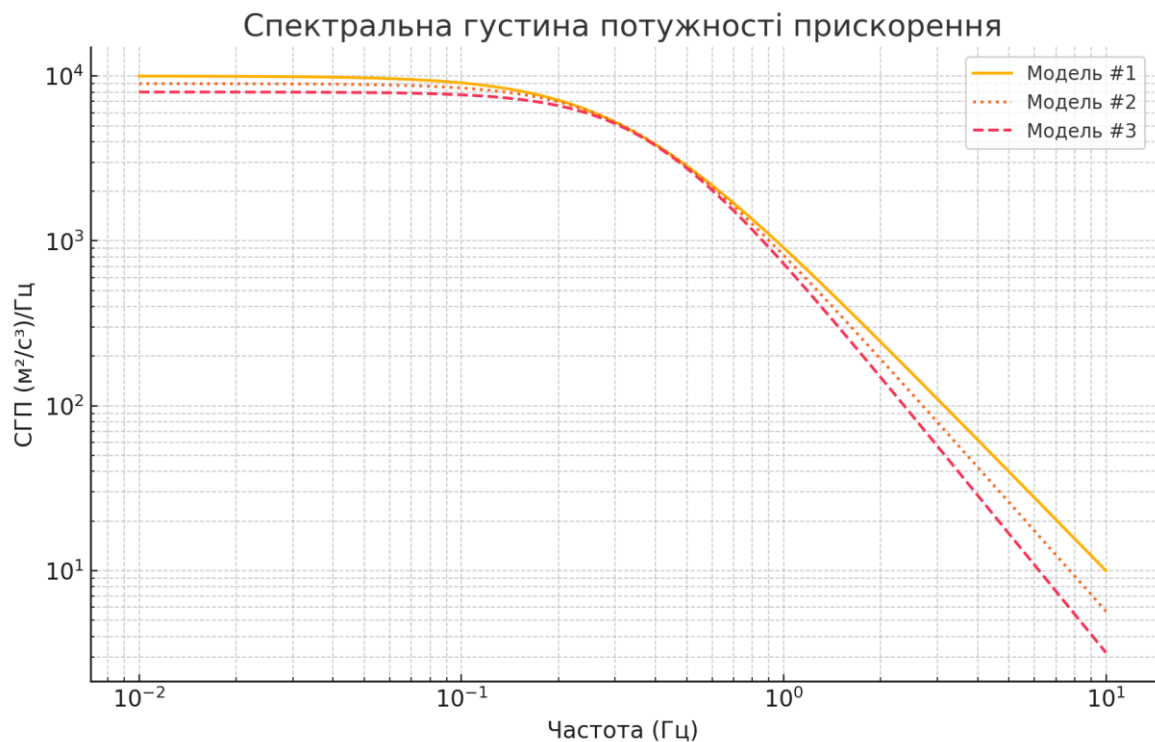


Рис. 4.14. Спектральна густина потужності (PSD) прискорення підпружиненої маси.

Рисунок 4.15 відображає перехідну відповідь прискорення пружної маси. З цього графіка видно, що моделі 2 і 3 мають схожу поведінку, однак модель 1 виявляє значні відмінності. В контексті комфорту їзди використання складнішої моделі може бути обґрунтованим, проте лише за наявності простішої моделі (модель 1).

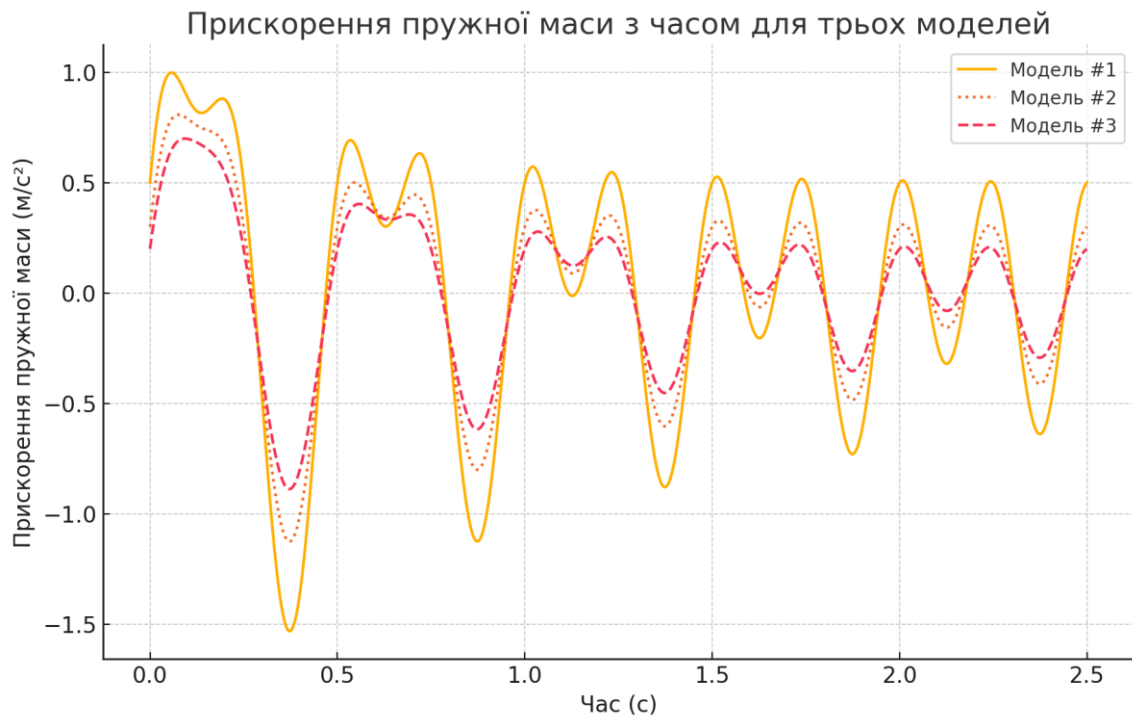


Рис. 4.15. Прискорення підпружиненої маси під час тесту на проїзд вибоїн.

Що стосується керованості, рисунок 4.16 ілюструє перехідну відповідь вертикальної сили шини. Незначні відмінності у вертикальній силі шини (менше 3% між простішою та складнішими моделями та відсутні між моделями 2 та 3) в загальному плані (r.m.s. значення) виправдовують використання складної моделі.

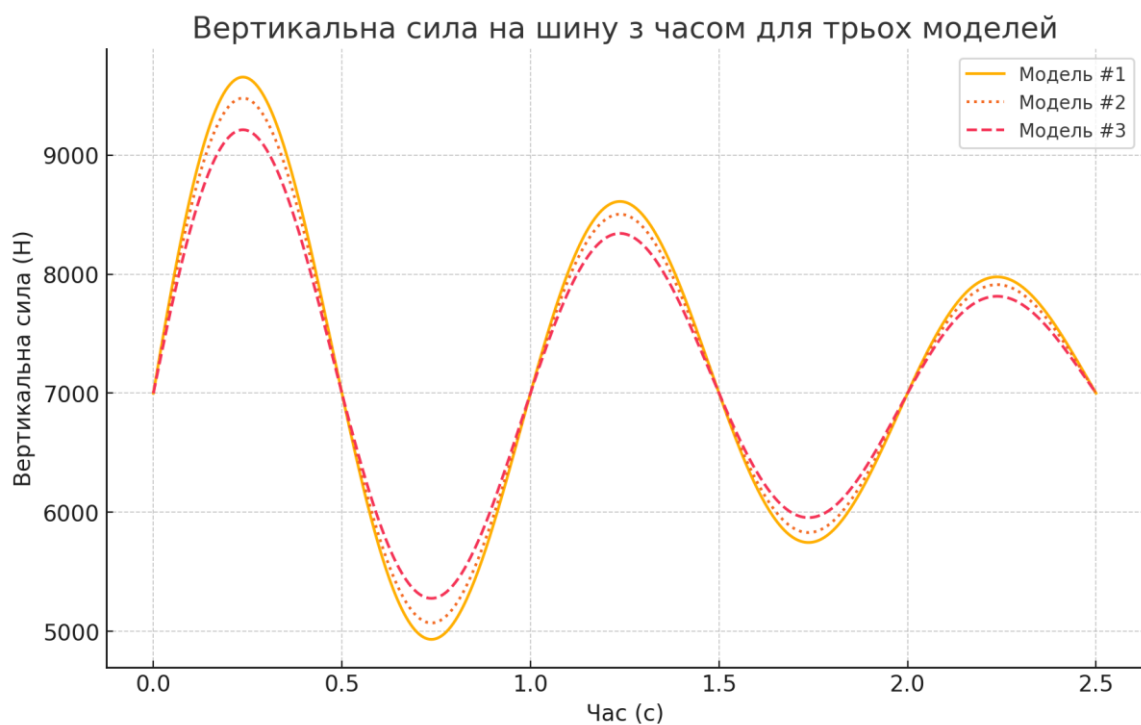


Рис. 4.16. Вертикальна сила, що діє на шину під час тесту на проїзд вибоїн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Заходи безпеки лазерів

Система класифікації безпеки лазерів досить полегшує вироблення необхідних заходів безпеки. На практиці, стандарти і кодекси лазерної безпеки, звичайно, вимагають застосування більш жорстких заходів контролю для кожного більш високого класу лазерів.

Перше правило лазерної безпеки:

Ніколи ні за яких обставин не дивіться очами на лазерний промінь!

Якщо ви зможете запобігти потраплянню лазерного променя і його відображень в око, ви зможете уникнути хворобливих і, можливо, засліплюючих травм.

На ділі, завжди бажано повністю закрити лазер і траєкторію проходження променя для того, щоб зробити недоступним потенційно небезпечне лазерне випромінювання. Іншими словами, якщо на робочому місці використовуються тільки лазерні пристрої класу 1, то безпека гарантована. Однак у багатьох ситуаціях це просто не реально, і тому потрібно підготовка робітників в галузі безпечного використання лазерів і заходів контролю небезпеки.

Крім дотримання очевидного правила - не направляти лазер людині в очі - для лазерних пристроїв класу 2 не потрібно інших заходів контролю. Для лазерів більш високих класів, безсумнівно, потрібно застосування заходів безпеки.

Якщо загальне загорожування лазера класу 3 або 4 неможливо, то використанням корпусів для променів (наприклад, труб), дефлекторів (екранів) і оптичних заслонів можна в більшості випадків, фактично, усунути ризик небезпечної експозиції очей.

Коли загорожування лазера класу 3 або 4 неможливо, то необхідно створити контрольовану лазером ділянку з контрольованим входом. Використання засобів анти-лазерного захисту очей всередині зони номінальної

небезпеки (NHZ) лазерного променя є обов'язковим. Хоча в більшості дослідних лабораторій, де використовуються колімаційні лазерні промені, NHZ включає в себе всю контрольовану лабораторію, для пристроїв із сфокусованим променем NHZ може бути надзвичайно обмеженою і не охоплювати всю кімнату.

При роботі з лазерами необхідно мати окуляри, що захищають від лазерного випромінювання. Захисні окуляри потрібні навіть для лазера 15мВт, так як без них очі сильно втомлюються. Для захисту очей не можна використовувати сонцезахисні окуляри!

Ступінь захисту окулярів від лазерного випромінювання вимірюється в OD. OD значить Optical Density - оптична щільність. Оптична щільність показує, у скільки разів очки послаблюють світло. Одиниця означає «в 10 разів». Відповідно, «оптична щільність 3» означає ослаблення в 1000 разів, а 6 - в мільйон. Правильна оптична щільність для видимого лазера така, щоб після окулярів від прямого попадання лазера залишилася потужність, що відповідає класу II (максимум десь 1 мВт). Для невидимого - чим більше, тим краще.

Від червоного і деяких інфрачервоних лазерів захищають вітчизняні окуляри марки ДТ-22 СЗ-С22. Вони схожі на окуляри зварювальника, але мають скло синього кольору.

5.2 Організація та структура цивільної оборони на об'єкті

Об'єкти господарської діяльності - виробничі підприємства (державні і приватні), організації, установи та ін., де найбільш повно вирішується весь обсяг завдань ЦО з питань проведення заходів щодо зменшення ризику виникнення НС і захисту працівників та інших груп населення, проведення рятувальних і інших невідкладних робіт вразі їх виникнення.

Цивільна оборона на об'єктах організовується з метою попередньої підготовки до захисту працівників в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу.

На цивільну оборону об'єкта покладені такі основні обов'язки:

Оповіщення працівників при загрозі виникнення стихійного лиха, катастроф чи воєнних дій.

Забезпечення захисними спорудами працюючої зміни, підтримка в стані постійної готовності захисних споруд ЦО.

Проведення заходів, щодо забезпечення стійкості роботи об'єкта в мирний час.

Створення, підготовка і підтримка в постійній готовності сил ЦО об'єкта.

Начальником ЦО об'єкта є його керівник. Він несе повну відповідальність за забезпечення захисту виробничого персоналу, а на небезпечних об'єктах і населення, яке проживає в небезпечній зоні об'єкта; постійну готовність органів управління, сил і засобів проведення рятувальних робіт. Начальник ЦО об'єкта підпорядковується відповідним посадовим особам відомства, у підпорядкуванні якого знаходиться об'єкт, а в оперативному відношенні начальнику ЦО державного органу управління за місцем розташування об'єкта.

Обов'язками начальника цивільної оборони є:

організація ЦО та повсякденне керівництво нею;

організація роботи комісій, що забезпечують цивільний захист особового складу об'єкта;

організація забезпечення евакуації і розосередження робітників і службовців та членів їх сімей у НС мирного і воєнного часу;

забезпечення сховищами працюючої зміни, підтримка в стані постійної готовності захисних споруд ЦО;

проведення заходів, що забезпечують стійкість роботи об'єкта в мирний та воєнний час;

створення, підготовка і підтримка в постійній готовності сил ЦО об'єкта;

організація стійкого управління, зв'язку та оповіщення, керівництво розробкою плану ЦО об'єкта;

організація навчання особового складу об'єкта та населення, яке проживає в межах зони небезпечного об'єкта;

керівництво аварійно-рятувальними та іншими невідкладними роботами на об'єкті.

На великих об'єктах призначаються:

заступник начальника ЦО об'єкта по евакуації і розосередженню робітників та службовців;

заступник по інженерно-технічній частині;

заступник по матеріально-технічному забезпеченню.

На всіх об'єктах створюється штаб ЦО, який комплектується з штатних працівників та посадових осіб об'єкта.

Завданнями штабів цивільної оборони є:

розробка і своєчасне коригування плану дій органів управління, сил щодо попередження і ліквідації НС;

підтримання в постійній готовності формувань ЦО до виконання завдань в осередках масового ураження людей, зонах стихійного лиха, аварій і катастроф;

організація розвідки;

забезпечення надійного зв'язку з галузевими та територіальними органами управління в системі ЦО;

розгортання пунктів управління, їх переміщення і охорона; [23]

забезпечення діяльності сил ЦО, які знаходяться у зонах виникнення НС.

Для підготовки та проведення аварійно-рятувальних і інших невідкладних робіт на об'єктах, що мають відповідну базу, створюються базові служби ЦО: оповіщення та зв'язку, матеріально-технічного забезпечення, охорони громадського порядку, сховищ та укриттів, аварійно-технічна, транспортна, медична, протирадіаційного і протихімічного захисту. В залежності від специфіки об'єкта і інші служби ЦО (захисту продовольства, води і т. ін.).

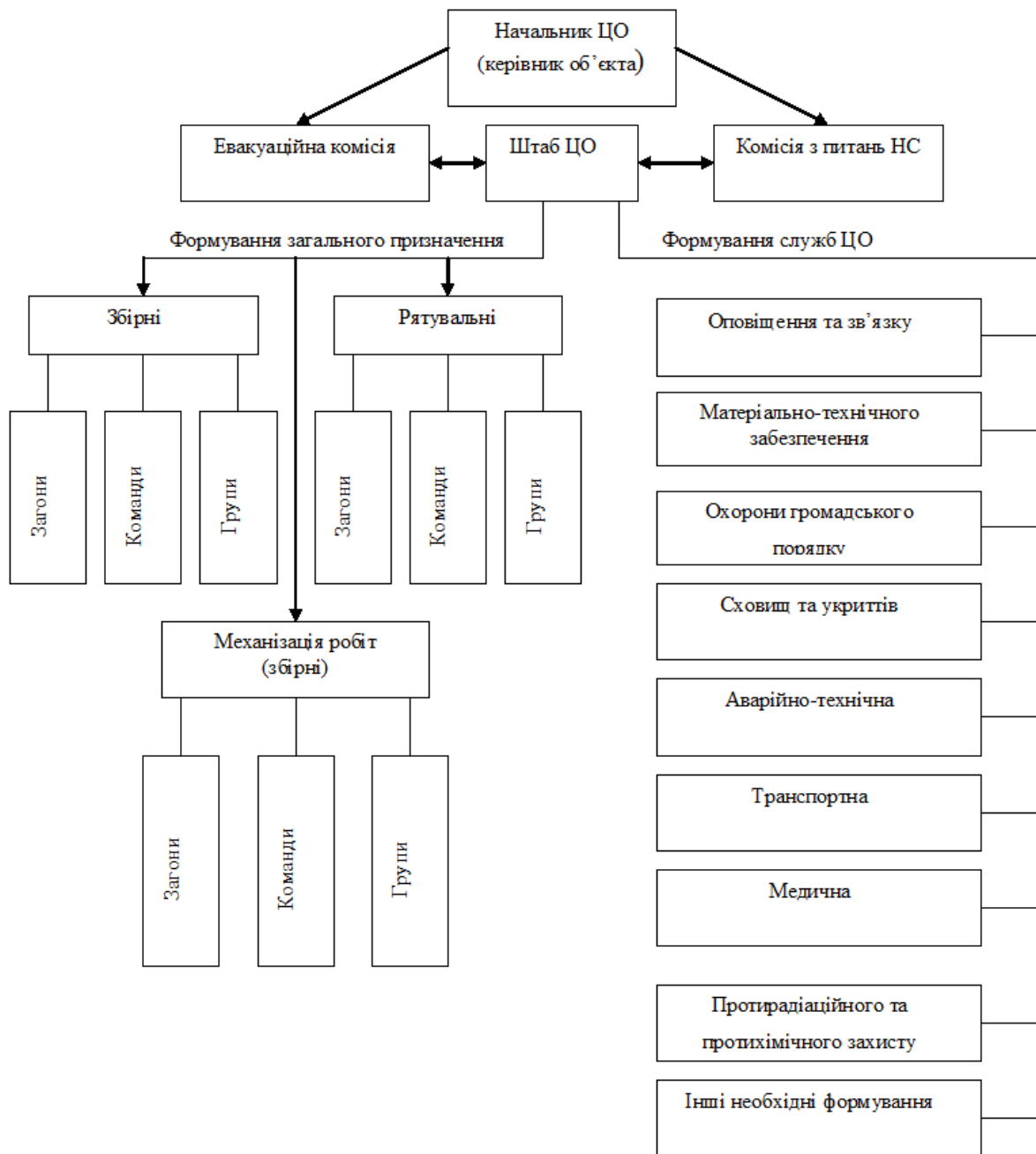


Рис. 5.1 Структура цивільної оборони на об'єкті народного господарства.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Робота охоплює комплексний підхід, включаючи класифікацію, діагностику, ремонт, і розробку нових технологічних рішень, що розкриває академічні та практичні аспекти теми. Ретельно класифікує та аналізує функції підвіски, що є критичним для розуміння різних варіантів конструкцій та їхнього впливу на загальні характеристики автомобіля.

Детальне висвітлення типових несправностей підвіски та їх усунення забезпечує практичну цінність для спеціалістів, які займаються ремонтом. Розробка технічної документації та розрахунок параметрів технологічних операцій підкреслюють здатність до аналітичної роботи та прикладного застосування теоретичних знань.

Розробка установки для монтажу та демонтажу амортизаційних стійок показує інноваційний підхід до вирішення специфічних проблем у ремонті підвіски. Розрахунок конструкції стенда свідчить про високий рівень інженерної підготовки та здатність до розробки обладнання, що відповідає специфічним вимогам.

Моделювання амортизаторів та симуляційні моделі автомобіля розширюють розуміння динамічних властивостей підвісок і впливу різних параметрів на поведінку автомобіля на дорозі. Огляд результатів і аналіз надають наукову глибину, підкреслюючи здатність автора до глибокого аналізу дослідницьких даних.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. О.Л. Ляшук, М.Г. Левкович, Д.В. Міронов, В.О. Тесля. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 274 Автомобільний транспорт галузі знань 27 Транспорт. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2023. – 60 с.

2. [Methodology of Force Parameters Justification of the Controlled Steering Wheel Suspension](#). B. Sokil, O. Lyashuk, M. Sokil, Y. Vovk, I. Lebid, I. Hevko, M. Levkovych, R. Khoroshun, A. Matviyishyn. - COMMUNICATIONS, 2022. - Vol. 24, № 3, P. 247-258. (Scopus).

3. Sakhno, V.P., Yashchenko, D.M., Marchuk, R.M., Marchuk, N.M., Lyashuk, O.L.. Research of a truck train movement when driving semi-trailer by slow downing wheels of one axis pin on the mode. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering Open Access Volume 17, Issue 1, 1 January 2020, Pages 7749-7757 <https://www.scopus>.

4. Information Technologies Use in the Study of Functional Properties of Wheeled Vehicles. Lyashuk O., Stashkiv M., Lytvynenko Iaroslav, Sakhno V., Khoroshun R. CEUR Workshop Proceedings. 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, ITTAP 2023. Ternopil 22 November 2023 до 24 November 2023. 3628, с. 370-381. <https://www.scopus>.

5. Міронов Д.В., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Гупка А.Б., Слободян Л.М., Гевко Б.Р., Хорошун Р.В. Розробка моделі узагальненого діагностичного показника технічного стану ходової частини автомобіля з використанням математичних методів теорії планування експерименту. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – № 2 (21). Луцьк: 2023. - С. 135 – 144.

6. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 276 с.

7. Comprehensive Assessment Of Technical Condition Of Vehicles During Operation Based On Harrington's Desirability Function. Aulin V., Rogovskii I.,

Lyashuk O., Titova L., Hrynkiv A., Mironov D., Volianskyi M., Rogatynskyi R., Solomka O., Lysenko S. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Technology Center. Ukraine. Том 1. Випуск 3(127), 2024. с. 37-46.

8. Rogatynskyi, R., Lyashuk, O., NevkoI., Horoshyn, R., & Shevchuk, V. (2023). Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 28, 115-122. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.28.2023.11>

9. Ляшук О. Л., Рогатинський Р. М., Гевко І. Б., Хорошун Р. В., Кашканова Г. Г., Антонюк О. П. Модель проходження повороту автомобілем . Вісник машинобудування та транспорту, ВНТУ.- No2(18) 2023.- С. 91-97.

10. Синтез підвіски автотранспортних засобів/ І.Б. Гевко, О.Л. Ляшук, Р.М. Рогатинський, А.Й. Матвіїшин, Р.В. Хорошун/ Центральноукраїнський науковий вісник. Технічнанауки. -№ 8(39)_I, 2023.-С. 153-164.

11. Liashuk O., Nevko I., Hud V., Khoroshun R., Nevko B., Matviishyn A., Sipravska M. Stands for car suspension research. Bulletin of Lviv National Environmental University. Agroengineering Research, No. 26 (2022). С 93-103.

12. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.

13. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К.: Мінтранс України, 1998. – 16 с. – (Нормативний документ Мінтрансу України).

14. Андрусенко С. І. Технологічне проектування автотранспортних підприємств: навч. посіб. / Андрусенко С. І., Білецький В. О., Бортницький П. І.; за ред. проф. С. І. Андрусенка. – К. : Каравела, 2009. – 368 с.

15. Законодавство України про автомобільний транспорт: збірник законодавчих актів : станом на 1 травня 2005 р. / Верховна Рада України. – К.: Парламентське видавництво, 2005. – 140 с. – (Нормативні директивні правові документи).

16. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту

автомобілів. Книга 1 :теоретичні основи. Технологія: підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигиринець – К. : "Вища школа", 1994. – 342 с.

17. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 2: організація, планування і управління : підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигиринець – К.: "Вища школа", 1994. – 383 с.

18. Курніков І. П. Технологічне проектування підприємств автомобільного транспорту : навчальний посібник / І. П. Курніков, М. К. Корольов, В. М. Токаренко. – К. : Вища школа, 1993. – 191 с.

19. Автомобілі. Теорія : навч. посіб. / В.П. Сахно, В.І. Сирота, В.М. Поляков, В. Г. Головань, О.В. Лисий; Військ. акад. - Одеса: Військ. акад., 2017. - 412 с.

20. Liu, Y. and Zhang, J. Nonlinear dynamic response of twin-tube hydraulic shock absorber. Mechanics Res. Commun., 2002, 29, 359–365.

21. Spencer, B., Dyke, S., Sain, M., and Carlson, J. Phenomenological model for magnetorheological dampers. J. Engng Mechanics, 1997, 123(3), 230–238.

22. Ляшук О. Л., Клендій В. М., Хорошун Р. В. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт». Тернопіль: Вид. ТНТУ, 2018. 302 с.

23. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.