

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ І МЕХАНОТРОНІКИ

«На правах рукопису»
УДК 629.017

До захисту допущено:
В.о.завідувача кафедри ПГМ
Олег ЛЕВЧЕНКО
“ ” 2024 р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою «Автоматизовані та роботизовані механічні
системи»
зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»
на тему: Удосконалення гідравлічної системи керування ходової частини автомобіля

Виконав: студент 2 курсу, групи МА-31мп
(шифр групи)

Кравчук Антон Валентинович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник Д.т.н., професор, Ковальов В.А. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

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

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

Студент(ка) _____
(підпис)

Київ – 2024 рік

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий механіко-машинобудівний інститут
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Автоматизовані та роботизовані механічні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри ПГМ

_____ Олег ЛЕВЧЕНКО

« ____ » _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

_____ **Кравчук Антон Валентинович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: Удосконалення гідравлічної системи керування ходової частини автомобіля

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

затверджені наказом по університету від « 07.11.2024 р. » №5000-с

2. Термін подання студентом(кою) дисертації _____

3. Об'єкт дослідження Система активної зміни геометрії підвіски автомобіля

4. Вихідні дані: корисне зусилля $P = 1,3$ кН, робочий тиск $p = 12$ МПа, Довжина ходу штока $L = 60$ мм.;

5. Перелік завдань, які потрібно розробити Розділ 1. Огляд сучасних автоматизованих систем в автомобільній промисловості, Розділ 2. Вивчення проблематики, та постановка задачі, Розділ 3. Розробка принципової схеми, Розділ 4. Дослідження впливу налаштувань підвіски на ходові характеристики авто, Розділ 5. Технологія машинобудування, Розділ 6.безпечна експлуатація та обслуговування об'єкту проектування, Розділ 7. розробка стартап проекту.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу A4 - 9 листів

7. Орієнтовний перелік публікацій _____

8. Дата видачі завдання 20.09.2024

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз ринку, огляд існуючих технічних рішень	26.09.2024	
2	Розробка концепції, проектування макету системи	10.10.2024	
3	Гідравлічні розрахунки, створення принципової схеми	29.10.2024	
4	Проведення досліджень, для реалізації правильної роботи системи	15.10.2024	
5	Створення 3D моделі гідроциліндру, та креслень його деталей	20.10.2024	
6	Розділ “Безпечна експлуатація та обслуговування”	27.11.2024	
7	Розділ “Розробка стартап проекту”	01.11.2024	

Студент

Кравчук А.В.

Керівник

Ковальов В.А.

Анотація

КПІ ім. Ігоря Сікорського, «Механіко-машинобудівний інститут»

«Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки»

Студент – Кравчук А.В.

Керівник – професор Ковальов В.А.

Дисертація містить 7 розділів, 85 сторінки, 32 таблиці, 28 ілюстрацій, та 14 інформаційних джерел, які використовувались під час виконання завдань поставлених при її виконанні.

Дана магістерська дисертація присвячена розробці системи автоматизованої зміни розвалу коліс автомобіля, спрямованої на покращення його ходових характеристик, безпеки та адаптації до змінних умов експлуатації. У ході виконання дисертації проведено всебічний аналіз існуючих аналогів і рішень в автомобільній промисловості, що дозволило визначити технічні вимоги до проектованої системи.

Ключові слова: підвіска автомобіля, гідравлічна схема, адаптивна підвіска, ходові характеристики автомобіля

Annotation

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

"Department of Applied Hydroaeromechanics and Mechanotronics"

Student - Kravchuk A.V.

Supervisor - Professor Kovalev V.A.

The dissertation contains 7 chapters, 85 pages, 32 tables, 28 illustrations, and 14 information sources used in the course of its completion.

This master's thesis is devoted to the development of a system for automated wheel alignment of a vehicle aimed at improving its driving characteristics, safety and adaptation to changing operating conditions. In the course of the project, a comprehensive analysis of existing analogues and solutions in the automotive industry was carried out, which made it possible to determine the technical requirements for the designed system.

Keywords: car suspension, hydraulic scheme, adaptive suspension, driving characteristics of the car

Пояснювальна записка до магістерської дисертації

на тему: Удосконалення гідравлічної системи керування ходової частини
автомобіля

Київ – 2024 рік

ЗМІСТ

ВСТУП	11
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД СУЧАСНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ В АВТОМОБІЛЬНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	13
1.1 Загальна інформація про інтеграцію та використання автоматизованих систем у автомобілях	13
РОЗДІЛ 2. Вивчення проблематики, та постановка задачі.....	21
2.1. Проблематика та переваги певних значень розвалу коліс автомобіля	21
2.2. Оптимізація розвалу для різних умов	24
2.3. Ефективність несиметричного розвалу	25
2.4. Опис і пояснення принципу роботи системи	26
2.5. Основні компоненти системи	26
2.6. Принцип роботи системи	28
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ	28
3.1 формування технічного завдання	29
3.2. Розрахунок системи гідроприводу	30
3.3. Визначення розмірів основного гідроциліндра	31
3.4. Вибір робочої рідини	32
3.5. Визначення витрат	34
3.6. Визначення діаметрів трубопроводів:	34
3.7. Визначення втрат тиску.....	35
3.8. Тепловий розрахунок системи гідроприводу.....	36
3.9. Розрахунок міцності циліндрів	37
3.10. Розрахунок різьбових з'єднань.....	39
3.11. Підбір обладнання:.....	42
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НАЛАШТУВАНЬ ПІДВІСКИ НА ХОДОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТО	42

					<i>МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Кравчук А.В.			Літ.		Арк.	Акрушів
Перевірів		Ковальов В.А.						

4.1 Вивчення принципу дії кута ковзання	42
4.2. Механізм виникнення кута ковзання	43
4.3. Оптимальні значення кута ковзання	44
4.4. Дослідження кута ковзання, та виявлення оптимальних налаштувань підвіски.....	44
4.5. Обробка даних дослідження	48
4.6. Висновок	49
РОЗДІЛ 5. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ	51
5.2 Випробування коефіцієнту запасу міцності корпусу.....	52
5.3 Технологія виготовлення деталі.	53
5.4. Висновок до розділу	59
РОЗДІЛ 6: БЕЗПЕЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ.....	60
6.1. Вступ	60
6.2. Механічна небезпека та її основні джерела	61
6.3. Заходи для зниження механічної небезпеки	61
6.4. Небезпека при роботі з системою високого тиску	62
6.5. Заходи безпеки	62
6.6. Температурні режими роботи системи.....	63
6.7. Необхідність розробки фаєрволу	64
6.8. Технічні заходи для забезпечення стабільного температурного режиму	65
6.9. Захист оператора під час тестування	65
6.10. Термозахист:.....	65
6.11. Системи пожежогасіння	66
6.12. Принцип роботи систем пожежогасіння	66

					<i>МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ</i>				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Кравчук А.В.					Літ.	Арк.	Акрушів
Перевірів		Ковальов В.А.							

6.13. Наявні регламенти для встановлення систем пожежогасіння в автомобілях	67
6.14. Необхідність адаптації систем пожежогасіння для автомобілів із системою автоматичної зміни розвалу	68
6.15. Висновок	69
РОЗДІЛ 7. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ	70
7.1. Опис ідеї стартап-проекту	70
7.2. Аналіз техніко-економічних переваг ідеї	70
7.3. Технологічний аудит ідеї проекту	71
7.4. Аналіз попиту та стану ринку	72
7.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту	72
7.6. Аналіз факторів впливу	73
7.7. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку	74
7.8. Аналіз конкуренції за моделлю 5 сил М. Портера	75
7.9. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності.....	76
7.10. Порівняльний аналіз сильних і слабких сторін	76
7.11. SWOT-аналіз стартап-проекту.....	77
7.12. Альтернативи ринкового впровадження	77
7.13. Розробка ринкової стратегії	78
7.14. Визначення базової стратегії розвитку	78
7.15. Визначення стратегії конкурентної поведінки	79
7.16. Визначення стратегії позиціонування.....	79
7.17. Визначення ключових переваг концепції.....	80
7.18. Опис трьох рівнів моделі товару	80
7.19. Визначення меж встановлення ціни.....	81
7.20. Формування системи збуту.....	81
7.21. Розроблення концепції маркетингових комунікацій.....	81

					<i>МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ</i>													
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата														
Розробив		Кравчук А.В.			<table> <tr> <td>Літ.</td><td>Арк.</td><td>Акрушів</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> </tr> </table>					Літ.	Арк.	Акрушів						
Літ.	Арк.	Акрушів																
Перевірів		Ковальов В.А.																

7.22. Висновок 82

ВИСНОВКИ..... 83

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....

					<i>МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ</i>				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		<i>Кравчук А.В.</i>					Літ.	Арк.	Акрушів
Перевірів		<i>Ковальов В.А.</i>							

Вступ

Автомобільна галузь постійно еволюціонує, впроваджуючи новітні технології для підвищення безпеки, ефективності та комфорту водіння. Однією з інноваційних концепцій є система автоматизованої зміни розвалу коліс, яка дозволяє динамічно змінювати геометрію підвіски в залежності від умов руху. Основна мета впровадження такої системи – покращення зчеплення шин із дорогою, оптимізація керованості та зниження зносу шин, особливо в умовах високих навантажень під час поворотів чи руху по нерівних поверхнях.

Ця система базується на використанні гідравлічних приводів, які коригують кут нахилу коліс залежно від швидкості, радіуса повороту чи дорожнього покриття. Вона забезпечує більш точний контроль над автомобілем, особливо в екстремальних умовах експлуатації.

У магістерській дисертації розглядається не лише конструктивна розробка системи, але й її безпечна експлуатація. Окрема увага приділяється механічній небезпеці, роботі з високим тиском, температурним режимам, а також впровадженню ефективних систем пожежогасіння. Крім того, проект охоплює аналіз ринкових можливостей та техніко-економічних переваг, що робить його актуальним у контексті сучасної автомобільної індустрії.

Мета проекту: метою даної магістерської дисертації є розробка системи автоматизованої зміни розвалу коліс автомобіля, яка забезпечить підвищення рівня безпеки, керованості та економічності транспортного засобу. Проект спрямований на інтеграцію інноваційних технологій у конструкцію підвіски автомобіля для адаптивного регулювання розвалу коліс залежно від умов експлуатації, таких як швидкість руху, радіус повороту та стан дорожнього покриття.

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ	А
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		11

Мета проекту: розробка системи автоматизованої зміни розвалу коліс автомобіля, здатної в реальному часі адаптувати параметри підвіски для покращення керованості, зчеплення з дорогою та стійкості автомобіля в змінних умовах руху.

Об'єкт дослідження: системи адаптивної підвіски автомобіля, елементи гідроприводу, та датчики для забезпечення автоматичного налаштування геометрії підвіски автомобіля.

Предмет дослідження: робочі параметри системи зміни розвалу коліс і їхній вплив на динаміку та стійкість автомобіля. Економічна доцільність та перспективи комерціалізації розробки в автомобільній галузі.

Наукова новизна розробки: система розроблена у роботі - є досить інноваційною та ще не інтегрована у автобудівельну промисловість. Також в ході досліджень визначено оптимальні параметри адаптивного розвалу для різних значень навантажень на автомобіль.

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ	12
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД СУЧАСНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ В АВТОМОБІЛЬНІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

1.1 Загальна інформація про інтеграцію та використання автоматизованих систем у автомобілях

Сучасні автомобілі активно інтегрують автоматичні системи, що виконують функції помічників водія та сприяють покращенню ходових характеристик. Розвиток таких технологій обумовлений прагненням підвищити безпеку, комфорт та ефективність транспортних засобів. Системи Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) допомагають водіям уникати аварій та підвищують комфорт під час керування. Основні функції ADAS включають: Адаптивний круїз-контроль (ACC), Автоматичне екстрене гальмування (AEB), Система утримання в смузі (LKA), Контроль сліпих зон (BSD). Ці технології базуються на використанні камер, радарів, лідарів і ультразвукових датчиків, які взаємодіють із бортовими комп'ютерами для обробки даних у реальному часі.

Також сучасні автомобілі оснащуються системами, які адаптивно покращують їх ходові властивості. Основні з них: адаптивна підвіска, системи активної стабілізації, які автоматично регулюють стабілізатори поперечної стійкості для зменшення крену в поворотах та активна аеродинаміка, яка регулює положення спойлерів і повітряних заслінок для покращення притискної сили на високих швидкостях

Сучасні автомобільні виробники, такі як Tesla, Audi, Mercedes-Benz, Toyota та інші, активно впроваджують подібні технології в серійне виробництво. Дослідження показують, що до 2030 року більшість автомобілів буде оснащена повним набором ADAS-систем, а технології активного управління підвіскою стануть стандартом для преміум-сегменту. Інтеграція автоматичних систем у транспортні засоби є ключовим напрямом розвитку автомобільної галузі, спрямованим на досягнення максимального рівня безпеки, комфорту та технологічності.

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ	А
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		13

1. Система керування задніми колесами (Rear-Wheel Steering)

Опис системи:

Система керування задніми колесами (Rear-Wheel Steering, RWS) — це технологія, яка дозволяє заднім колесам автомобіля повертатися під певним кутом, незалежно від передніх. Ця система забезпечує поліпшену маневреність на низьких швидкостях і підвищену стабільність під час руху на високих швидкостях.

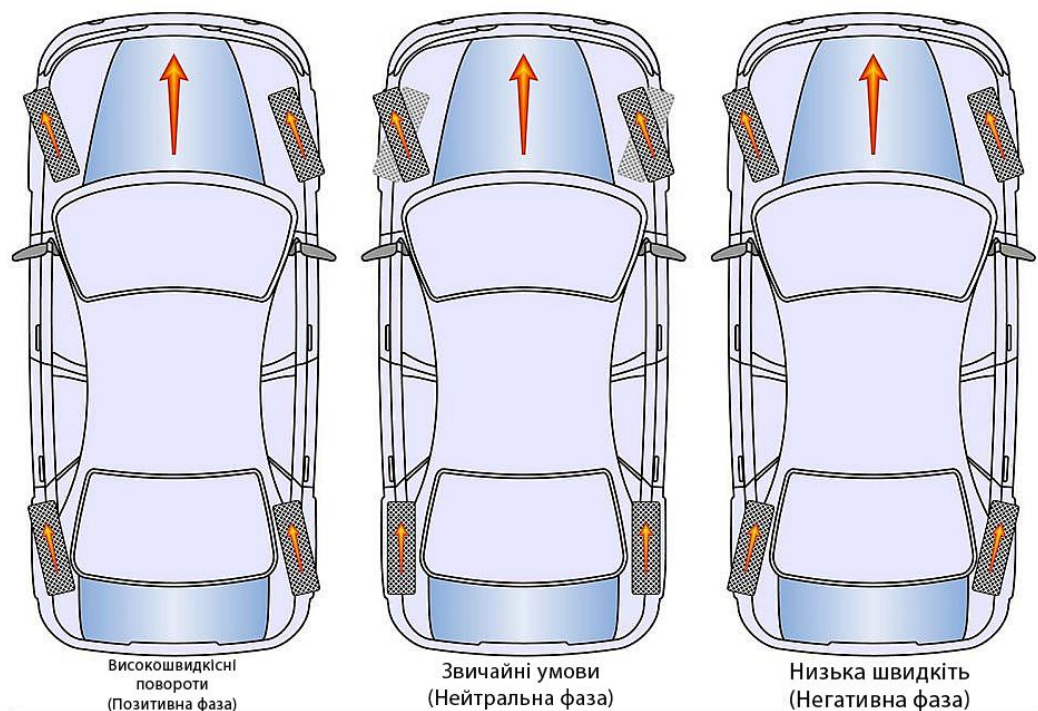


Рис. 1.1. Система керування задніми колесами (Rear-Wheel Steering, RWS)[1]

Принцип роботи:

1. На низьких швидкостях: задні колеса повертаються у протилежному напрямку до передніх. Це зменшує радіус повороту, полегшує маневрування, особливо в міських умовах.
2. На високих швидкостях: задні колеса повертаються у тому ж напрямку, що й передні. Це підвищує стабільність автомобіля під час перестроювання чи входження в повороти.

Технічні особливості:

Система керування задніми колесами зазвичай реалізується за допомогою: електромеханічних приводів, які керують поворотом задніх коліс, та сенсорів швидкості та кута повороту, що визначають оптимальний кут повороту залежно від умов руху.

2. Адаптивна підвіска (Adaptive Suspension)

Опис системи

Адаптивна підвіска — це високотехнологічна система, яка автоматично регулює жорсткість амортизаторів та інші параметри підвіски автомобіля залежно від дорожніх умов, швидкості руху та стилю водіння. Її мета — забезпечити оптимальний баланс між комфортом і керованістю.

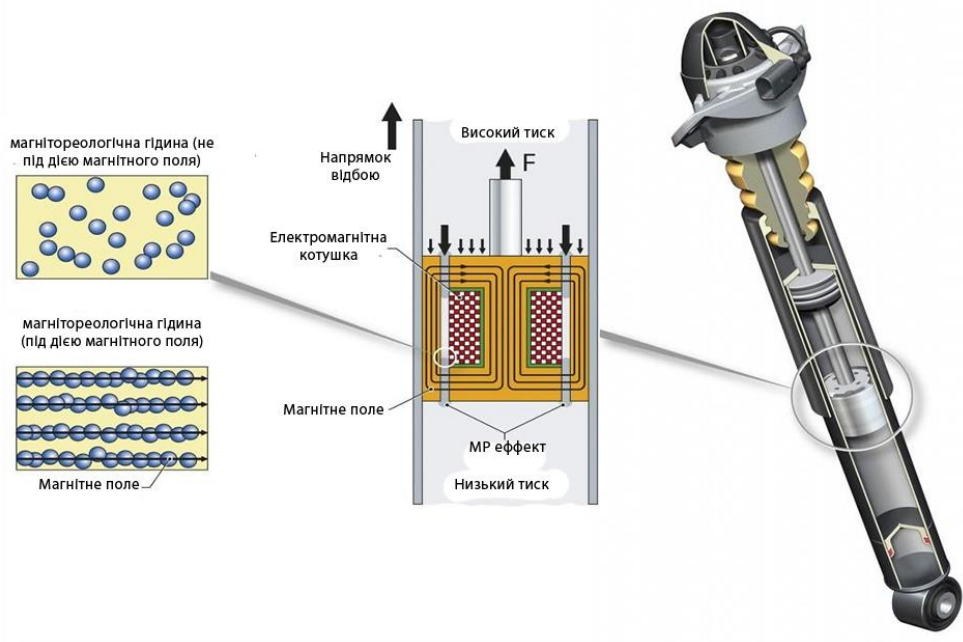


Рис. 1.2. Адаптивна підвіска (Adaptive Suspension)[2]

Основні компоненти адаптивної підвіски:

1. Електронно керовані амортизатори: Їх жорсткість змінюється за допомогою електромагнітних клапанів або спеціальних рідин.

2. Сенсори: Вимірюють параметри руху (прискорення, швидкість, крен кузова) і передають дані в блок управління.

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мн.00.00.00 ПЗ	15
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

3.Електронний блок управління (ECU): Аналізує дані з сенсорів та коригує параметри підвіски в реальному часі.

Принцип роботи:

1. Реакція на дорожнє покриття: При русі по нерівностях підвіска пом'якшується для підвищення комфорту. На рівній дорозі система забезпечує більш жорстку настройку для поліпшення керованості.

2. Режими налаштування: Ручний вибір режиму водієм (комфорт, спорт, офф-роуд). Автоматичний перехід між режимами на основі даних з сенсорів.

3. Активна аеродинаміка (Active Aerodynamics)

Опис системи

Активна аеродинаміка — це комплекс технологій, які дозволяють автомобілю динамічно змінювати свої аеродинамічні характеристики під час руху. Це досягається за допомогою рухомих елементів кузова, таких як спойлери, повітряні заслінки або дифузори, які адаптуються до швидкості, умов дороги чи маневрів.

Принцип роботи

1. На низьких швидкостях: система мінімізує опір повітря, закриваючи аеродинамічні отвори або змінюючи кут анти-крила, це сприяє економії пального або підвищенню запасу ходу для електромобілів.

2. На високих швидкостях: рухомі елементи підіймаються для збільшення притискної сили, що покращує зчеплення з дорогою.

3. При гальмуванні: активується "повітряне гальмо" — спойлер переходить у вертикальне положення, створюючи додатковий опір повітря для скорочення гальмівного шляху.

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ	16
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

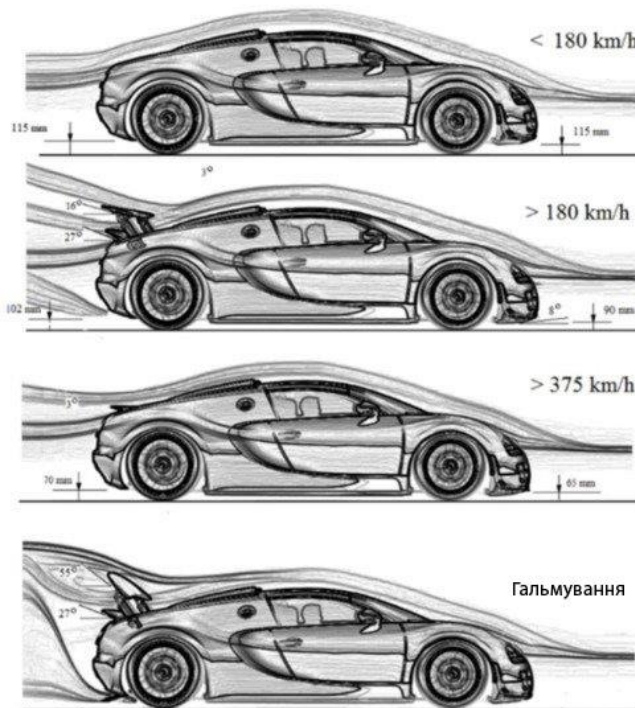


Рис. 1.3. Схематичне зображення активної аеродинаміки[3]

Переваги системи активної аеродинаміки

1. Покращення стійкості та керованості: Збільшення притискної сили дозволяє утримувати автомобіль на дорозі на високих швидкостях або під час різких маневрів.
2. Зменшення витрат пального: Низький опір повітря сприяє економії пального або збільшенню запасу ходу для електрокарів.
3. Оптимізація охолодження: Регульовані повітряні заслінки покращують подачу повітря до систем охолодження.

4. Система автоматичного вирівнювання автомобіля (Automatic Ride Height Adjustment)

Опис системи

Система автоматичного вирівнювання автомобіля — це технологія, яка динамічно регулює кліренс (дорожній просвіт) транспортного засобу залежно від навантаження, швидкості та умов дорожнього покриття. Основне завдання системи — забезпечити оптимальний баланс між комфортом, керованістю та прохідністю.

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ	17
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

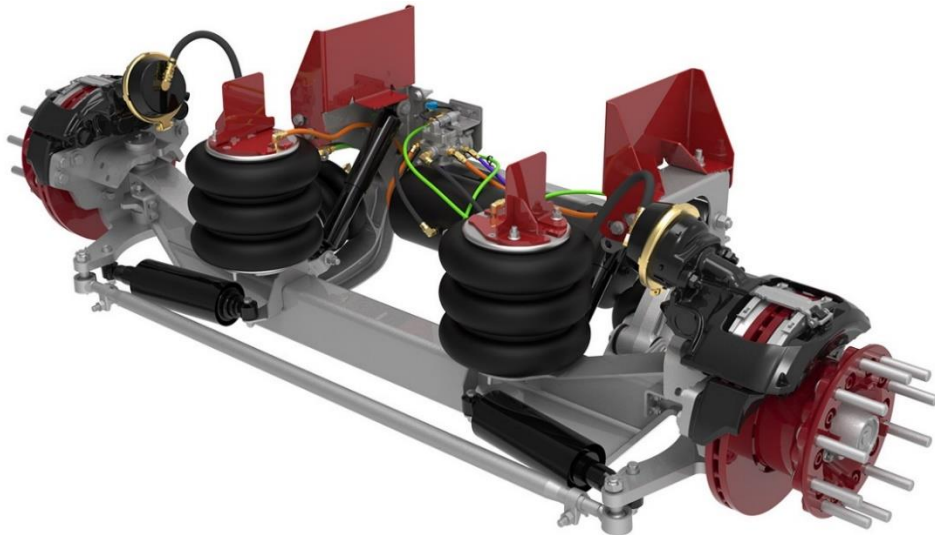


Рис. 1.4. Система автоматичного вирівнювання автомобіля[4]

Основні компоненти системи:

1. Пневматичні або гідропневматичні амортизатори: вони змінюють довжину ходу підвіски залежно від команд системи управління.
2. Сенсори рівня кузова: вимірюють положення кузова відносно дорожнього покриття.
3. Електронний блок управління (ECU): аналізує дані з сенсорів і керує роботою підвіски.

Принцип роботи:

1. При зміні навантаження: під час завантаження автомобіля система підвищує кліренс для збереження оптимального рівня кузова.
2. На високих швидкостях: автомобіль автоматично знижує кліренс, зменшуючи опір повітря для покращення аеродинаміки.
3. При русі по бездоріжжю: кліренс підвищується для забезпечення більшої прохідності.

Переваги:

Комфорт і стабільність (збереження рівного положення кузова незалежно від навантаження), ефективність і економія (зниження опору повітря на високих швидкостях підвищує економічність пального) прохідність (підвищений кліренс дозволяє впевнено долати складні ділянки дороги)

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ	А 18
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

6. Система управління вектором тяги (Torque Vectoring)

Опис системи

Система управління вектором тяги (Torque Vectoring) — це технологія, яка дозволяє розподіляти тягу між колесами одного або обох мостів автомобіля залежно від умов руху. Її основна мета — покращення стійкості, маневреності та зчеплення, особливо в поворотах і на нерівній поверхні.

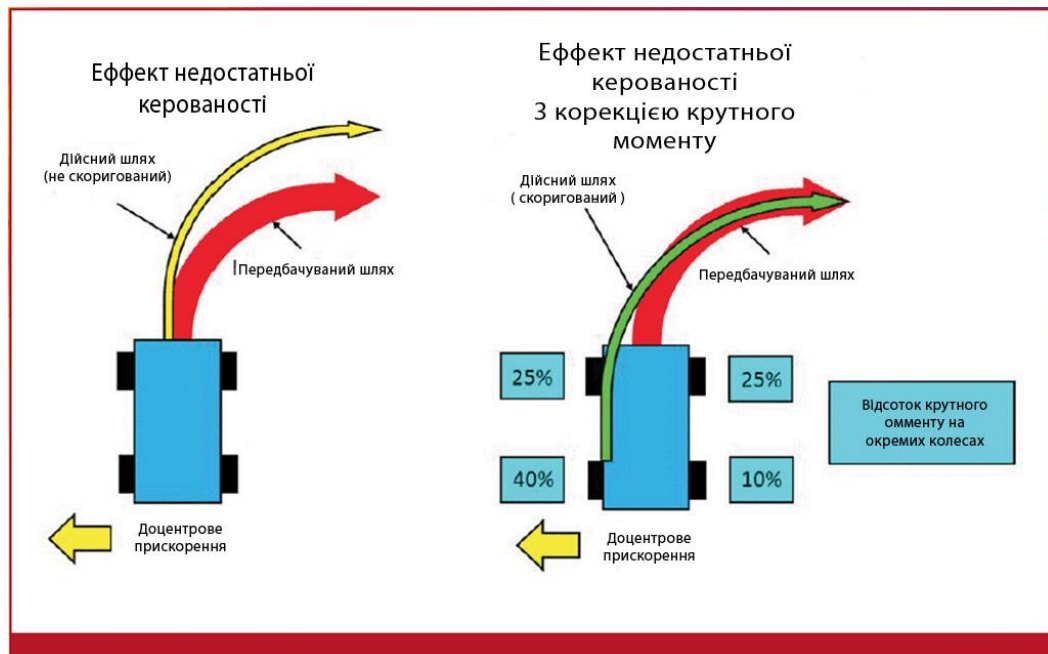


Рис. 1.5. Система управління вектором тяги[5]

Принцип роботи:

1. Розподіл тяги:

У поворотах система збільшує тягу на зовнішніх колесах (із кращим зчепленням) і зменшує на внутрішніх.

2. Контроль динаміки:

Датчики аналізують швидкість, кут повороту керма, прискорення та зчеплення кожного колеса. Електронний блок управління (ECU) миттєво змінює подачу тяги на окремі колеса через електромеханічні диференціали або електродвигуни.

Переваги:

1. Покращена керованість: автомобіль стає більш передбачуваним і стабільним під час входження в повороти.
2. Збільшена прохідність: оптимальний розподіл тяги допомагає впевнено долати складні ділянки дороги.
3. Ефективність гальмування: система дозволяє регулювати тягу так, щоб уникнути втрати зчеплення під час різкого гальмування.

Висновок

Сучасні автомобілі оснащені багатьма автоматизованими системами, які значно підвищують безпеку, комфорт та ефективність транспортних засобів. Інноваційні рішення, такі як система керування задніми колесами, адаптивна підвіска, активна аеродинаміка та система управління вектором тяги, дозволяють автомобілям адаптуватися до різних умов руху, знижуючи навантаження на водія і підвищуючи загальну продуктивність автомобіля.

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ	А 20
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 2. Вивчення проблематики, та постановка задачі

Розділ 2.1: Проблематика та переваги певних значень розвалу коліс автомобіля

Розвал коліс – це кут між вертикальною віссю колеса та вертикальною площиною автомобіля. Він є важливим параметром для забезпечення стабільності, зчеплення та зносу шин. Правильне налаштування розвалу залежить від типу автомобіля, стилю водіння та дорожніх умов. В цьому розділі розглянемо проблематику і переваги різних значень розвалу коліс.

Нейтральний (нульовий) розвал

Нейтральний розвал (0°) означає, що колеса розташовані вертикально, без відхилення від центральної осі.

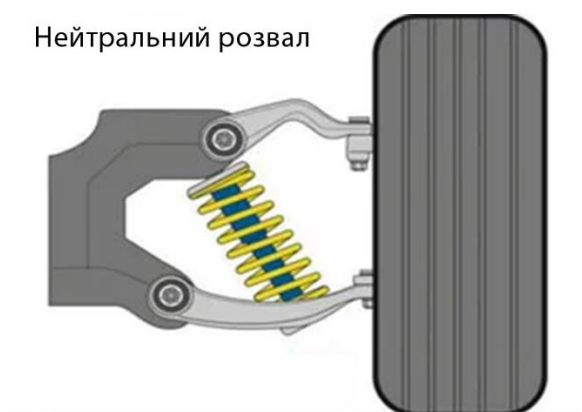


Рис. 2.1. Підвіска з нульовим розвалом[6]

Переваги:

1. Рівномірний знос шин. При нейтральному розвалі шина зношується рівномірно по всій поверхні контакту.
2. Оптимальне зчеплення з дорогою на рівній поверхні. Такий розвал забезпечує максимальний контакт з поверхнею дороги, що підходить для стандартних умов міського або шосейного руху.
3. Підвищена паливна ефективність. При нульовому розвалі зменшується опір коченню, що дозволяє знизити споживання палива.

Проблематика:

1. Нестабільність у поворотах. Нейтральний розвал може не забезпечити достатнє зчеплення шин з дорогою під час проходження різких поворотів, що може знижувати стійкість автомобіля в спортивному або агресивному стилі водіння.

2. Недостатнє зчеплення на нерівних дорогах. При нейтральному розвалі колеса гірше адаптуються до нерівностей, що може зробити поведінку автомобіля на поганих дорогах менш передбачуваною.

Позитивний розвал

Позитивний розвал означає, що верхня частина колеса нахилена назовні, а нижня – всередину (кут розвалу $> 0^\circ$).

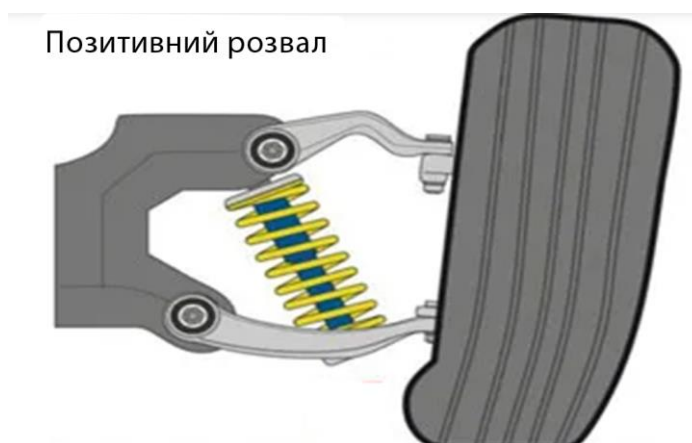


Рис. 2.2. Підвіска з позитивним (додатнім) розвалом[6]

Переваги:

1. Стабільність на нерівних дорогах. Позитивний розвал краще підходить для автомобілів, що їздять по бездоріжжю або нерівних поверхнях, оскільки забезпечує кращу стійкість і здатність долати перешкоди.

2. Полегшене рульове управління. Позитивний розвал зменшує зусилля на кермі, що полегшує маневри на низьких швидкостях.

Проблематика:

1. Нерівномірний знос шин. При позитивному розвалі шини швидше зношуються з зовнішнього краю, що зменшує термін їх служби.
2. Зниження зчеплення в поворотах. Позитивний розвал може зменшувати площу контакту шин з дорогою під час проходження поворотів, що погіршує керованість і стійкість.

Негативний розвал

Негативний розвал означає, що верхня частина колеса нахилена всередину, а нижня – назовні (кут розвалу $< 0^\circ$). Це найпоширеніший тип розвалу в спортивних автомобілях та авто для агресивної їзди.

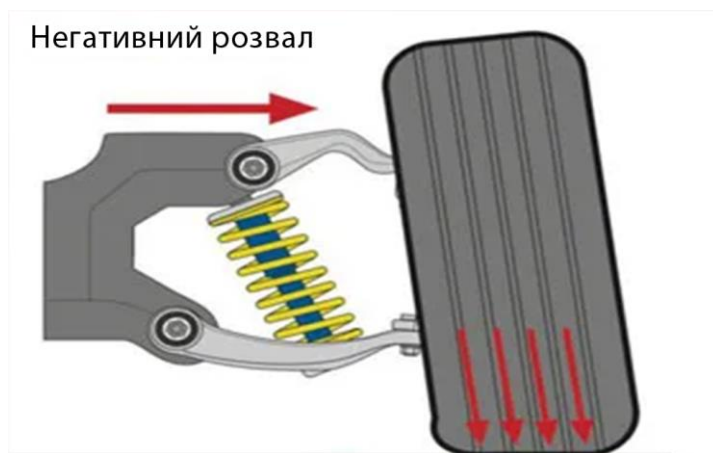


Рис. 2.3. Підвіска з негативним(від'ємним) розвалом[6]

Переваги:

1. Покращене зчеплення в поворотах. Негативний розвал дозволяє шинам ефективніше контактувати з дорогою під час проходження поворотів на високих швидкостях, оскільки внутрішня частина колеса більше контактує з поверхнею.
2. Краща стійкість. Автомобілі з негативним розвалом краще тримають траєкторію на високих швидкостях і забезпечують стабільність в агресивних маневрах.

3. Зменшення нахилу кузова в поворотах. Негативний розвал знижує нахил автомобіля при різких маневрах, що підвищує контроль над автомобілем.

Проблематика:

1. Нерівномірний знос шин. Негативний розвал призводить до інтенсивного зносу внутрішньої частини шин, що може скоротити їх термін служби і підвищити витрати на заміну.

2. Погіршене зчеплення на прямій дорозі. На рівних поверхнях негативний розвал може зменшувати площу контакту шин, що погіршує зчеплення і збільшує знос.

3. Зниження паливної ефективності. Негативний розвал збільшує опір коченню, що підвищує споживання палива, особливо під час їзди по прямій.

2.2. Оптимізація розвалу для різних умов

Розвал коліс — це один із найважливіших параметрів налаштування підвіски гоночного автомобіля, який безпосередньо впливає на зчеплення шин із трасою, стійкість автомобіля в поворотах та ефективність передачі тяги. Оптимізація розвалу вимагає тонкого балансу між ефективністю на конкретному треку, стилем водіння пілота і поведінкою автомобіля під час прискорення чи гальмування.

Оптимальне налаштування розвалу залежить від багатьох факторів:

- Ширини поворотів траси та її радіусу.
- Типу покриття.
- Малюнка шин і їхньої температурної чутливості.

2.3. Ефективність несиметричного розвалу

На деяких трасах, які мають значну кількість лівих чи правих поворотів, або ж за умов зміщеного розташування автомобіля на треку (наприклад, овальні треки), ефективніше працює налаштування з несиметричними кутами розвалу.

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ	24
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

В таких випадках знаходження оптимальних налаштувань підвіски вимагає інтегрованого підходу, який включає:

- Аналіз даних з телеметрії про знос шин і бічні прискорення.
- Вибір параметрів відповідно до треку: для треків із довгими прямими необхідний більш компромісний розвал, щоб забезпечити стабільність при прискоренні і гальмуванні.
- Компенсація потенційних недоліків через додаткові налаштування підвіски (пружини, стабілізатори поперечної стійкості).

Проте такі налаштування ведуть за собою явні недоліки, головним з яких являється нерівномірна передача зусилля на колеса, яка може призвести до зниження ефективності розгону, оскільки колесо під час прямолінійного руху має менший контакт із дорогою.

Отже, хоч налаштування розвалу коліс і можна оптимізувати, знайшовши значення, які використовують максимум потенціалу покриття на усій трасі, проте це вимагає дуже багато зусиль і часу. Та навіть з такими значеннями, які близькі до ідеальних, у автомобіля з'являються недоліки на прямих ділянках траси.

Для подолання цієї проблеми в ході роботи буде спроектована система автоматичної зміни розвалу коліс автомобіля.

2.4. Опис і пояснення принципу роботи системи

В даній магістерській дисертації буде представлена система динамічної зміни налаштувань розвалу коліс підвіски автомобіля. Ця система дозволяє в реальному часі коригувати кут розвалу підвіски, залежно від швидкості, типу дороги, стилю водіння та інших факторів, покращуючи керованість, стійкість і комфорт водіння.

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мл.00.00.00 ПЗ	А 25
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		



Рис. 2.4. Приблизна модель реалізації системи.

2.5. Основні компоненти системи

1. Контролер

Центральний елемент системи, який приймає дані від різних датчиків (швидкості, положення рульового колеса, кутів нахилу кузова тощо) та визначає оптимальний кут розвалу для кожного колеса в конкретний момент часу.

2. Гідравлічна система, виконуюча зміну налаштувань підвіски

Механізм який безпосередньо змінює геометрію підвіски і кут розвалу коліс на основі команд від контролеру.

2.6. Принцип роботи системи

Система автоматизованої зміни розвалу працює за рахунок постійного моніторингу різних параметрів автомобіля і швидкої реакції на зміну умов руху. Основні етапи роботи системи:

1. Збір даних

Датчики відстежують навантаження на підвіску автомобіля.

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ	26
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

2. Обробка даних

Контролер аналізує зібрані дані та подає сигнал зміни розвалу коліс, для покращення зчеплення шин з дорогою або для збільшення комфорту водія та пасажирів.

3. Корекція розвалу

Сигнал надходить у гідравлічну систему, яка регулює положення стійок амортизаторів змінюючи кут нахилу колеса.

Висновок:

Отже подальшою ціллю дисертації буде проектування системи, яка дозволить виконати поставлену задачу, та уникнути усіх недоліків певних значень налаштувань підвіски автомобіля, забезпечивши максимальне розкриття потенціалу колісних шин.

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ	А 27
		Ковальов В.А				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

3.1 формування технічного завдання

В систему включені чотири гідроприводи, які керуються розподільниками, та рухаються на певну відстань в залежності від сигналу.

Параметри гідроциліндру:

Корисне зусилля $P = 1,3 \text{ кН}$;

Робочий тиск $p = 12 \text{ МПа}$;

Довжина ходу штока $L = 60 \text{ мм.}$;

Довжина трубопроводів $l = 2 \text{ м}$;

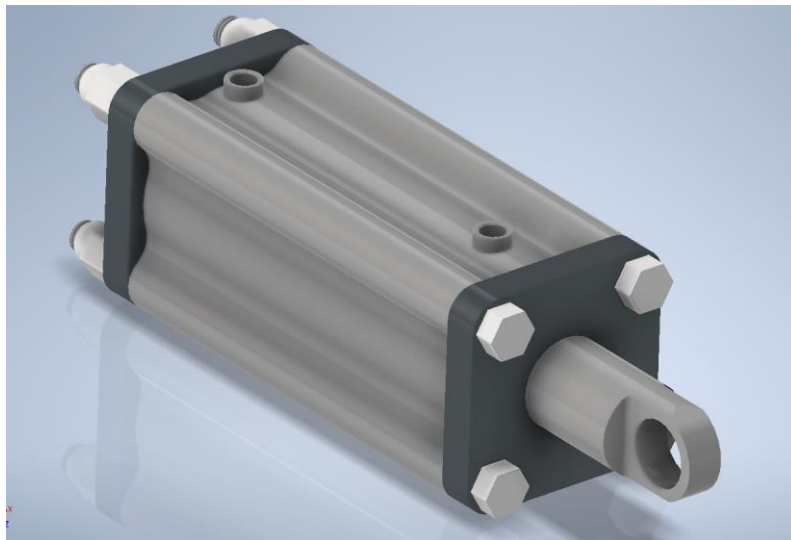


Рис. 3.1. 3-Д модель гідроциліндру

3.2. Розрахунок системи гідроприводу

Гідравлічна схема:

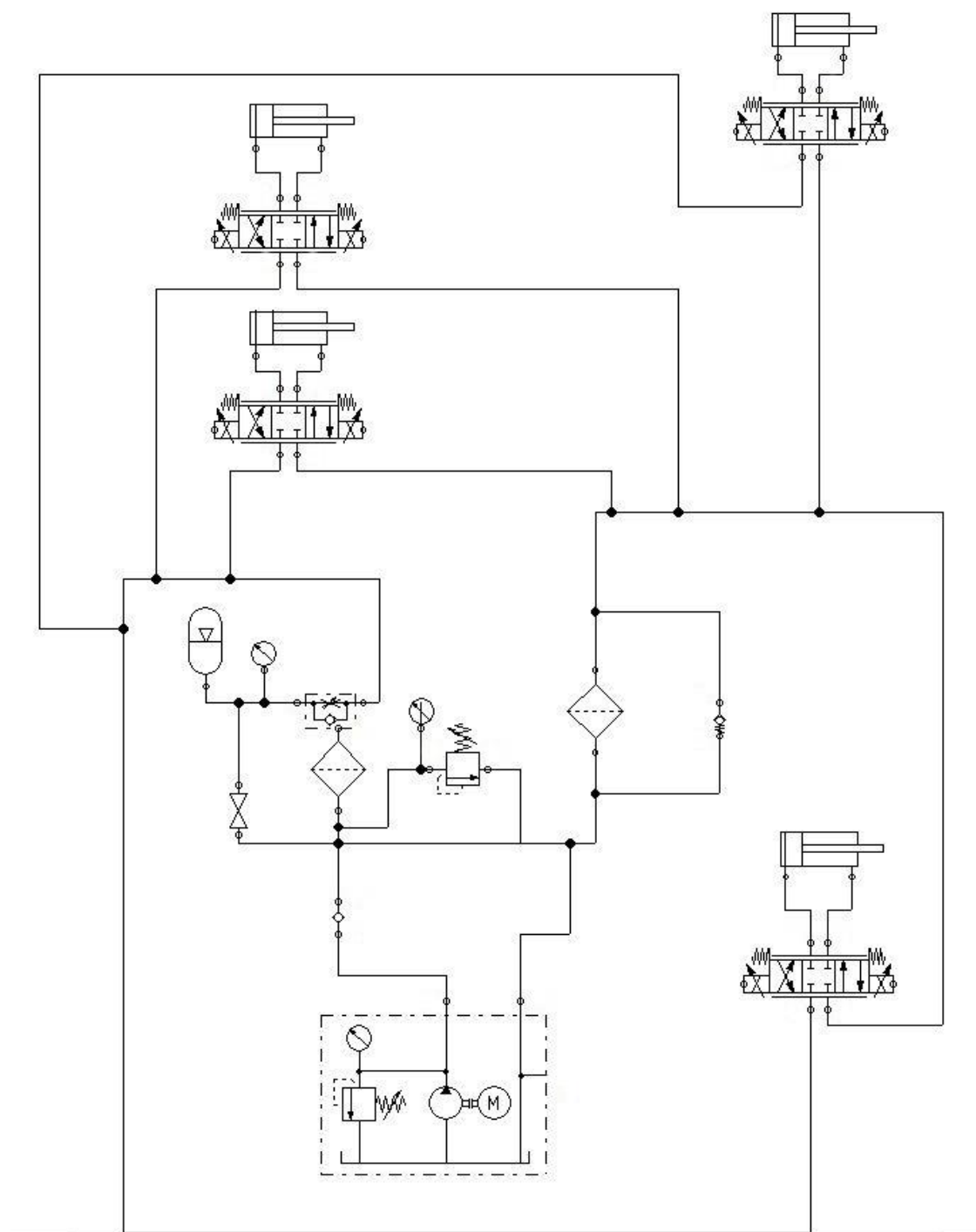


Рис. 3.2. Принципова схема гідроприводу

3.3. Визначення розмірів основного гідроциліндра

Представимо рівняння рівноваги сил, які діють на поршень таким способом:

$$p_1 F_1 - p_2 F_2 - P' = 0$$

p_1, p_2 – тиски в штоковій і поршневій порожнинах циліндру; F_1, F_2 – площі поршня в штоковій і поршневій порожнинах циліндру;

P' – повне навантаження, $P' = P + P_{тр}$; P – корисне зусилля на штоці; $P_{тр}$ – сила тертя в ущільненнях і направляючих поршня і штока.

З урахуванням механічного ККД гідроциліндра:

$$P' = P / \eta_m$$

Діаметр гідроциліндра з однобічним штоком, який працює на виштовхування:

$$D = 2 \sqrt{\frac{P}{\pi(p_2 - p_1/\Psi)\eta_m}}$$

де P – задане зусилля, p_1, p_2 – тиск в штоковій і поршневій порожнинах циліндру, $\Psi = F_1 / F_2 = D^2 / (D^2 - d^2)$ – відношення площі поршня з боку поршневої і штокової порожнин.

Тиск p_2 приймемо за 65,3% від робочого тиску цього ж гідроциліндра:

$$p_2 = 0,653 \cdot p_1 = 0,653 \cdot 10 = 6,53 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт відношення площ з нормальним діаметром штока $\Psi = 1,5$.

Механічний ККД гідроциліндра залежить від способу ущільнення. Для гідроциліндра із манжетними ущільненнями $\eta_m = 0,95$.

Визначаємо діаметр :

$$D = 2 \sqrt{\frac{1 \cdot 10^3}{3,14 \cdot \left(6,53 - \frac{10}{1,33}\right) \cdot 0,95 \cdot 10^6}} = 0,037 \text{ м} = 37 \text{ мм.}$$

$$D = 40 \text{ мм.}$$

Діаметр штока визначаємо із співвідношення:

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ	30
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$d = D\sqrt{1 - 1/\Psi}$$

$$d = 40 \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{1.5}} = 23,09 \text{ мм}$$

Приймаємо: $d = 25 \text{ мм}$.

Діаметр отворів підводу, м :

$$d_n = \sqrt{\frac{D^2 \cdot v_{\text{шп}}}{v}}$$

Середню швидкість прямивання рідини приймаємо $v_p = 0,05 \text{ м/с}$

$$d_n = \sqrt{\frac{20^2 \cdot 6}{\pi \cdot 6 \cdot 60}} = 1.4571 \text{ мм}$$

приймаємо $d = 2 \text{ мм}$

3.4. Вибір робочої рідини

Масло 5W-30, яке широко використовується в двигунах автомобілів, має низку характеристик, що дозволяють розглядати його як робочу рідину для гідросистем. Актуальність його використання зумовлена такими аспектами:

1. Поширеність та доступність

Масло 5W-30 є одним із найпоширеніших видів моторних масел, доступне в більшості автомагазинів і сервісних центрів. На відміну від спеціалізованих промислових гідравлічних рідин, воно є дешевшим і простішим у придбанні.

2. В'язкісно-температурні характеристики

В'язкість залишається оптимальною навіть при високих навантаженнях, що робить масло придатним для роботи гідравлічних систем під тиском.

3. Сумісність

Не викликає корозії металевих компонентів гідросистеми та сумісне з багатьма ущільнювальними матеріалами.

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мн.00.00.00 ПЗ	31
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Масло 5W-30 є практичним рішенням для використання як робочої рідини в автомобільних гідросистемах завдяки його поширеності, універсальності та хорошим в'язкісно-температурним характеристикам. Проте, у випадках надвисоких навантажень або специфічних умов експлуатації, доцільніше використовувати спеціалізовані гідравлічні рідини.

Густина при 20⁰С – 855 кг/м³

Кінематична в'язкість при 40⁰С – 57,65

Кінематична в'язкість при 100⁰С – 10,35

Індекс в'язкості – 170,2

Температура спалаху – 222⁰С

Температура втрати текучості – -39⁰С

3.5. Визначення витрат

Площі поршня і штока

Визначимо площу поршня і штока:

$$F_{\text{п}} = \frac{\pi D_1^2}{4} = \frac{\pi \cdot 40^2}{4} = 1256.64 \text{ мм}^2$$

$$F_{\text{ш}} = \frac{\pi D_{\text{ш}}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 25^2}{4} = 490.87 \text{ мм}^2.$$

Витрати

Формули для витрат:

При виштовхуванні:

$$Q_{\text{п}} = F_{\text{п}} \cdot v ;$$

При втягуванні:

$$Q_{\text{ш}} = (F_{\text{п}} - F_{\text{ш}}) \cdot v ;$$

Швидкість $v = 0.05$

$$Q_{\text{п}} = 1.25664 \cdot 10^{-3} \cdot 0.05 = 6.2832 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с} = 3.77 \text{ л/хв}$$

$$Q_{\text{ш}} = (1.25664 \cdot 10^{-3} - 4.9087 \cdot 10^{-4}) \cdot 0.05 = 3.8287 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с} = 2.30 \text{ л/хв}.$$

Тиск

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мн.00.00.00 ПЗ	32
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Формула для тиску:

$$p = \frac{P}{F}$$

При виштовхуванні:

$$p_{\text{п}} = \frac{1.3 \cdot 10^3}{1.25664 \cdot 10^3} = 1.034 \text{ МПа.}$$

При втягуванні:

$$p_{\text{ш}} = \frac{1.3 \cdot 10^3}{4.9087 \cdot 10^{-4}} = 1.034 \text{ МПа.}$$

Час ходу

Формула для часу:

$$t = \frac{L}{v}$$

$$t_{\text{в}} = t_{\text{ш}} = 1.2 \text{ с}$$

Розрахунок подачі насоса:

Загальна подача насоса повинна відповідати умові:

$$Q_{\text{н}} \geq \sum Q_i$$

де Q_i — витрати для кожного такту роботи системи.

Об'єм рідини $V_{\text{ц.с.}}$, споживаний гідросистемою за час циклу:

$$V_{\text{ц.с.}} = (Q_{\text{п}} \cdot t_1 + Q_{\text{ш}} \cdot t_2);$$

$$V_{\text{ц.с.}} = (0.06283 \cdot 1.2 + 0.03833 \cdot 1.2) = 0.1214 \text{ л.}$$

Обсяг гідроаккумулятора:

Робочий об'єм гідроаккумулятора:

$$V_{\text{ГА}} = ((Q_{\text{шп}} - Q_{\text{н}}) \cdot t_{\text{шп}} + (Q_{\text{шв}} - Q_{\text{н}}) \cdot t_{\text{шв}}) \cdot k_3 / 60;$$

Де $k_3 = 1.1$ – коефіцієнт запасу

$$V_{\text{ГА}} = ((0.06283 - 0.05) \cdot 1.2 + (0.03833 - 0.05) \cdot 1.2) \cdot 1.1 / 60 =$$

$$(0.0154 - 0.014) \cdot 1.1 / 60 = 0.000025 \text{ м}^3 = 0.025 \text{ л}$$

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мн.00.00.00 ПЗ	33
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Вибираємо акумулятор із найближчим більшим об'ємом: WA.2.0,05
(Мембранний розширювальний) Детальніше: <https://h-g.com.ua/ua/p490176189-membrannyj-gidroakkumulyator-wa2005.html?srsltid=AfmBOorjkfaWQbmvEe3DpMO2PxxkZIdyWg0p9t4cpttqZ1HVVbRbtUu7C>

3.6. Визначення діаметрів трубопроводів:

Формула для внутрішнього діаметра трубопроводу:

$$d_T = \sqrt{\frac{4Q_T}{\pi v_{cp}}}$$

Де:

Q_T —витрата рідини на ділянці

v_{cp} —витрата рідини на ділянці

Напірна лінія:

$$Q_T = 6.28 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$v_{cp} = 5 \text{ м/с}.$$

$$d_T = \sqrt{\frac{4 \cdot 6.28 \cdot 10^{-5}}{\pi \cdot 5}} = 0.005 \text{ м}$$

Округлюємо до стандартного значення $d_T = 6 \text{ мм}$ згідно з ДСТУ 8732-78.

Напірна лінія:

$$Q_T = 3.83 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$v_{cp} = 5 \text{ м/с}.$$

$$d_T = \sqrt{\frac{4 \cdot 3.83 \cdot 10^{-5}}{\pi \cdot 5}} = 0.005 \text{ м}$$

$$d_T = 6 \text{ мм}.$$

3.7. Визначення втрат тиску

Формула для втрат на тертя:

$$\Delta p_T = (0,5 \lambda l p v^2) / d_T$$

де λ - коефіцієнт тертя; l - довжина ділянки; p - щільність рідини; v - дійсна

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мн.00.00.00 ПЗ	34
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

середня швидкість рідини; d_T - діаметр труби або шлангу.

λ - коефіцієнт тертя приймаємо (0.02)

$$\Delta p_T = (0,5 \cdot 0,02 \cdot 2 \cdot 880 \cdot 5^2) / 0,006 = 0,02 \cdot 2 \cdot 880 \cdot 25 / 0,006 = 146676 \text{ Па.}$$

Втрати у місцевих опорах

$$\Delta p_M = 0,5 \rho \xi v^2$$

де ξ коефіцієнт місцевого опору.

$$\Delta p_M = 0,5 \cdot 880 \cdot 4^2 \cdot 9,43 = 66316 \text{ Па}$$

Загальні втрати на кожній ділянці трубопроводу

$$\Delta p_3 = 0,146676 + 0,066316 = 0,212 \text{ МПа}$$

3.8. Тепловий розрахунок системи гідроприводу

Розрахуємо необхідний тиск насоса:

$$p_H = p_{max} + \Delta p_{max} = 12 + 0,212 \text{ МПа} = 12,212 \text{ МПа}$$

Кількість теплоти, що утворюється в системі через втрати потужності насоса:

$$Q = \frac{\Delta p \cdot Q_H}{\eta}$$

де:

Δp — тиск у системі, Па

Q_H — витрата рідини, $\text{м}^3/\text{с}$

η — ККД насоса (приймаємо $\eta = 0,85$)

Обчислення теплоти:

$$Q = \frac{12,212 \cdot 10^6 \cdot 5,0 \cdot 10^{-5}}{0,85} = 718,35 \text{ Вт}$$

За годину:

$$Q_{\text{год}} = 718,35 \cdot 3600 = 2586060 \text{ Дж} = 2586,06 \text{ кДж.}$$

Різниця між температурою масла в баку і температурою навколишнього середовища:

$$\Delta T = \frac{Q_{\text{год}}}{m \cdot c}$$

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мн.00.00.00 ПЗ	35
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Де:

- m — маса масла, кг

- c — теплоємність масла (2100 Дж/кг · °C).

Масу масла визначаємо через густину:

$$m = \rho \cdot V_{\text{бак}}$$

Де $\rho = 880$ кг/м³

$$m = 880 \cdot 0.02 = 17.6 \text{ кг}$$

Розрахунок:

$$\Delta T = \frac{2586.06 \cdot 10^6}{17,6 \cdot 2100} = 69.98 \text{ °C}$$

Загальна температура системи:

$$T_{\text{системи}} = T_{\text{набк}} + \Delta T$$

Приймаємо $T_{\text{набк}} = 20 \text{ °C}$

$$T_{\text{системи}} = 20 + 69.98 = 89.98 \text{ °C}$$

Система працює в межах допустимих температур, але враховуючи, що система встановлюється близько до моторного відсіку автомобіля, є доцільним використання додаткового охолодження.

3.9. Розрахунок міцності циліндрів

Товщина стінки гільзи

Товщину стінки можна розрахувати за формулою:

$$t = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \sigma_{\text{доп}}}$$

де:

- D — зовнішній діаметр гільзи, 0.04 м

- $\sigma_{\text{доп}}$ — допустима напруга матеріалу = 160 МПа (для сталі 20)

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мл.00.00.00 ПЗ	36
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Розрахунок товщини стінки t :

$$t = \frac{12.212 \cdot 10^6 \cdot 0.04}{2 \cdot 160 \cdot 10^6} = \frac{0.048848}{320} = 1.53 \text{ мм.}$$

Приймаємо $t = 3 \text{ мм}$

Напруги у стінках гільзи:

$$\sigma_{об} = \frac{p \cdot r}{t}$$

де:

- r — внутрішній діаметр, $= 0.02 \text{ м}$
- t — товщина стінки

Розрахунок напруги у стінках гільзи:

$$\sigma_{об} = \frac{12.212 \cdot 10^6 \cdot 0.02}{0.003} = 81.414 \text{ МПа.}$$

Напруга у стінках менша за допустиму $\sigma_{доп} = 160 \text{ МПа}$, тому умова міцності виконується.

Коефіцієнт запасу міцності:

Коефіцієнт запасу визначається як:

$$k = \frac{\sigma_{доп}}{\sigma_{макс}}$$

Коефіцієнт запасу:

$$k = \frac{160}{81.414} = 1.96$$

Гільза з Сталі 20 витримує потрібні навантаження, та має позитивний коефіцієнт запасу.

3.10. Розрахунок різьбових з'єднань

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мн.00.00.00 ПЗ	37
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Формула для осьової напруги:

$$\sigma_{\text{осьова}} = \frac{F_{\text{одн}}}{A}$$

Де:

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (d_{\text{ср}}^2),$$

А $d_{\text{ср}} = D - 0.64952 \cdot P$ (середній діаметр різьби).

$$d_{\text{ср}} = 8 - 0.64952 \cdot 1.5 = 7.025 \text{ мм.}$$

Тоді:

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (7.025^2) = 38.77 \text{ мм}^2.$$

Розрахунок зусилля на одну різьбове з'єднання.

$$F_{\text{одн}} = \frac{F_{\text{заг}} \cdot k_{\text{зап}}}{n} = \frac{1300 \cdot 1.5}{4} = 487.5 \text{ Н.}$$

Осьова напруга:

$$\sigma_{\text{осьова}} = \frac{487.5}{38.77} = 12.57 \text{ МПа.}$$

Дотичні напруги в різьбленні:

Формула для дотичних напруг:

$$\sigma_{\text{дт}} = \frac{F_{\text{одн}}}{A_{\text{конт}}}$$

Де $A_{\text{конт}} = \pi \cdot d_{\text{ср}} \cdot h_{\text{конт}}$, а висота контактної площі $h_{\text{конт}} \approx 0.613 \cdot P$.

$$h_{\text{конт}} = 0.613 \cdot 1.5 = 0.9195 \text{ мм}$$

Розрахунок контактної площі:

$$A_{\text{конт}} = \pi \cdot 7.025 \cdot 0.9195 = 20.27 \text{ мм}^2$$

Дотична напруга:

$$\sigma_{\text{дт}} = \frac{487.5}{20.27}$$

Приведена напруга:

Формула для приведеної напруги:

$$\sigma_{\text{пр}} = \sqrt{\sigma_{\text{осьова}}^2 + 3 \cdot \sigma_{\text{дт}}^2}$$

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мл.00.00.00 ПЗ	38
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Розрахунок:

$$\sigma_{\text{пр}} = \sqrt{12.57^2 + 3 \cdot 24.06^2} = \sqrt{1895.7} = 43.52 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу по пластичних деформаціях:

$$k = \frac{\sigma_{\text{Т}}}{\sigma_{\text{пр}}} = \frac{147}{43.52} = 3,09 > 1,1$$

Коефіцієнт запасу $k = 3,09$ свідчить про достатню надійність різьбового з'єднання для заданих умов.

3.11. Підбір обладнання:

Таблиця 3.11. Підбір обладнання

1. Шестеренний насос MOZIONI MGP1K5R G160G(5 см3)	https://h-g.com.ua/ua/p766624235-gidronasos-mozioni-mgp1k5rg160g.html?srsltid=AfmBOoqhDmODy2_lHMpbODQG_PwjbNYmHK0EW4GbXbjneWmmyCFoAm3Vh Робочий об'єм - 5 см3 Макс. робочий тиск - 230 Бар Макс. пікове тиск - 270 Бар Максимальна швидкість - 3500 об/хв Вхідний отвір - 3/8" Вихідний отвір - 3/8" Вага - 1,05 кг
2. Гідроаккумулятор мембранний Epoll 0,05 л 210 Bar	https://hydrolider.com.ua/ua/p666032189-gidroakkumulyator-membrannyj-epoll.html?srsltid=AfmBOopkgQ81Zbj4URtpte9hDJYctAoiX5Zuq8zqfn7Jjd4TWv-4K6cY Робочий тиск: до 210 бар Робочий об'єм: 0,05 л Мін./макс. робоча температура: -10/+80°C Матеріал: сталевий корпус

3. Двигун постійного струму 600 Вт 12 В 3000 об/хв	https://promzona.vn.ua/ua/p348190340-dvigatel-postoyannogo-toka.html Напруга - 12 В Споживаний струм - 71 А Частота обертання - 3000 об/хв Потужність - 0.6 кВт Маса - 6.6 кг
4. Манометр гідравлічний, цифровий Ø72 мм з підключенням знизу	Діаметр циферблату - 72 мм Тиск Бар - від 0 до 700,0 Ступінь захисту - IP65 Підключення - знизу Робоча температура - від -20 до +60 °С Різьба - G 1/2"
5. Зливний клапан VS2C 1/2"	Максимальний робочий тиск, Бар : до 200 Пропускна здатність, л/хв : 101-120 Тип монтажу : Трубний Різьба - G 1/2"
6. Напірний фільтр HYDAC HFBN/HC-16A10X3	Тонкість: 10 мкм Максимальний робочий тиск: 16МПа, Пропускна здатність: 20л/хв.
7. Зворотний фільтр PALL HC9400	Тонкість: 20 мкм Максимальна витрата: 8 л/хв

8.Розподільник 4/2 4WE10C-3XCG24N9Z5L	Тиск: до 315 бар. Витрата робочої рідини до 80 л/хв. Напруга: 12В
9. тензодатчик Esit BS(2000кг)	Максимальне навантаження - 2000кг Ступінь захисту - IP68

Висновок: в ході розділу були проведені розрахунки гідросистеми пов'язані з міцністю компонентів , та її тепловими характеристиками. Також у ході розділу був обраний гідроаккумулятор для системи, та виконаний підбір обладнання.

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НАЛАШТУВАНЬ ПІДВІСКИ НА ХОДОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТО

Розділ 4.1 Вивчення принципу дії кута ковзання

Кут ковзання (Slip Angle) — це різниця між напрямком обертання колеса і фактичним напрямком його руху. Він виникає під час поворотів, коли бічні сили деформують шину і викликають зміщення контактної плями. Цей параметр є ключовим для оцінки зчеплення коліс з дорогою та керованості автомобіля.

4.2. Механізм виникнення кута ковзання

Коли автомобіль входить у поворот, виникають сили, які викликають деформацію гуми шин. Як результат:

- Контактна пляма колеса направлена в сторону руху автомобіля
- Інша основна частина шини направлена визначає сторону, в яку повернуті колеса автомобіля.

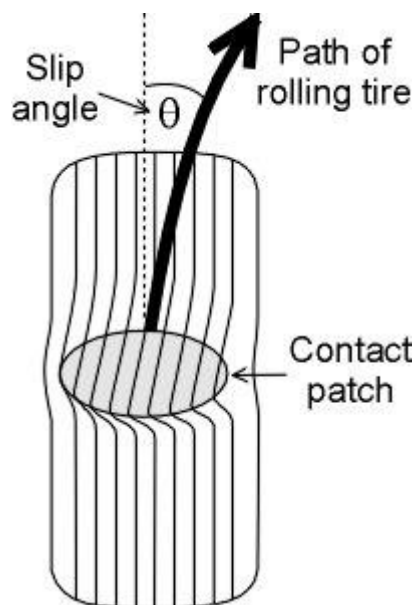


Рис.4.1. Схематичне зображення кута ковзання[7]

Slip angle - кут ковзання;

Path of rolling tire - напрямок кочення колеса;

Contact patch - пляма контакту;

Це відхилення створює кут ковзання, що визначається як різниця між напрямком швидкості і площиною обертання колеса.

4.3. Оптимальні значення кута ковзання

Дослідження показують, що максимальна бічна сила зчеплення досягається при невеликому куті ковзання (приблизно $(6-7)^\circ$ для більшості шин). При більшому куті зчеплення починає знижуватися.

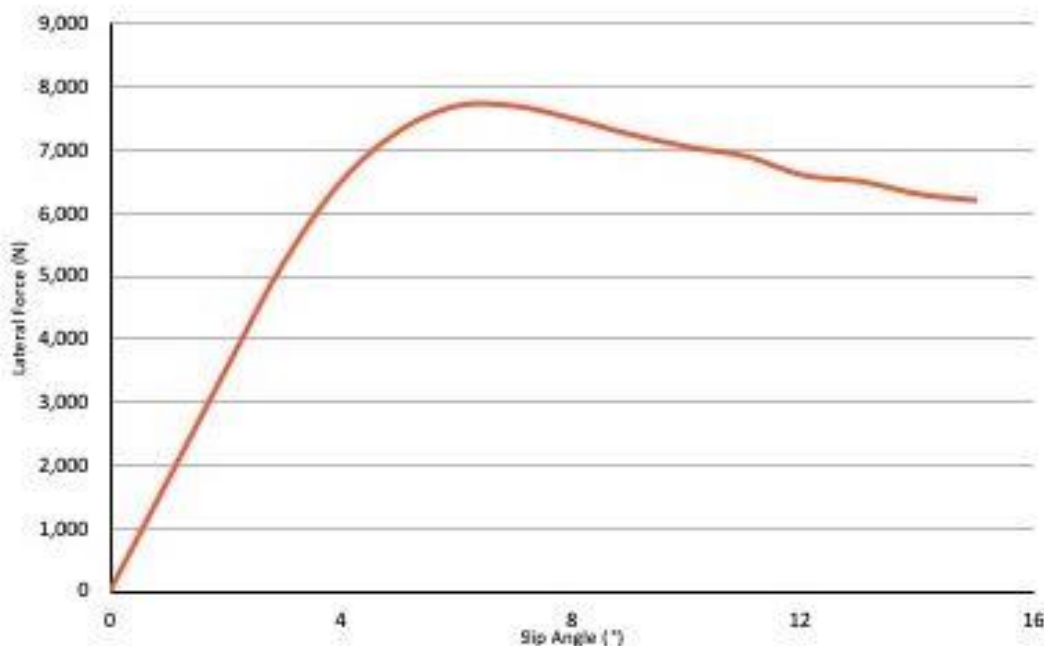


Рис.4.2. Графік кута ковзання[8]

Вплив на динаміку автомобіля

- Передні колеса:** Великий кут ковзання може спричинити недостатню поворотність .
- Задні колеса:** Збільшення кута ковзання задніх шин викликає надмірну поворотність, що може призвести до втрати контролю.

Зміна графіку куту ковзання в залежності від куту розвалу коліс

Зміна куту розвалу коліс буде позитивно впливати на пікове значення допустимих навантажень на шину автомобіля, збільшуючи пляму контакту при збільшенні навантажень, проте при занадто великі значення негативно вплинуть на лінійність графіку, і керуваність автомобіля втратить плавність.

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ	А 43
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

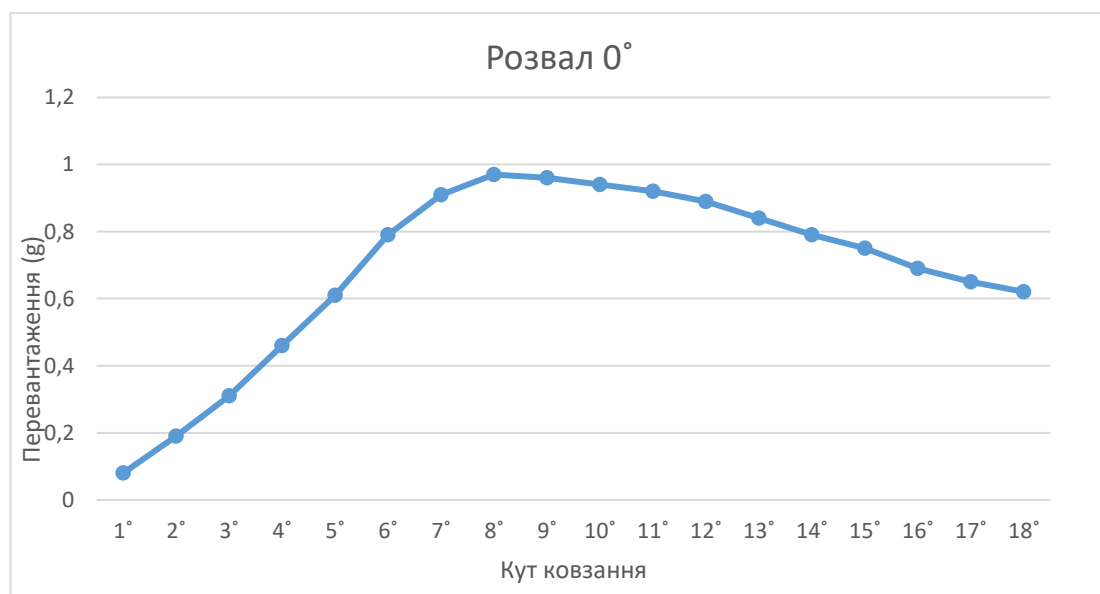
Через цей ефект дуже важливо підібрати точні значення розвалу коліс для системи, під певні значення перевантажень які переносить автомобіль. Правильна робота системи дозволить зберегти лінійність графіку(зчеплення коліс з дорогою на малих швидкостях), та при цьому збільшити пікові значення зчеплення коліс для більших кутів ковзання та перевантажень.

Розділ 4.4. Дослідження кута ковзання, та виявлення оптимальних налаштувань підвіски

Для дослідження був обраний фізично точний авто-симулятор (BeamNG.drive), який дозволяє досліджувати поведінку автомобіля в умовах, максимально наближених до реальних. Для вивчення впливу кута розвалу коліс на показники автомобіля проведено дослідження, яке включає аналіз перевантажень, кутів ковзання і зміну характеристик автомобіля залежно від налаштувань підвіски.

Дослідження полягало у створенні ідентичних умов, у яких автомобіль поступово збільшував кут повороту коліс, а датчик показував значення перевантажень, які після аналізу переносились у таблиці, для створення графіків залежностей.

Дослідження для куту розвалу в 0°



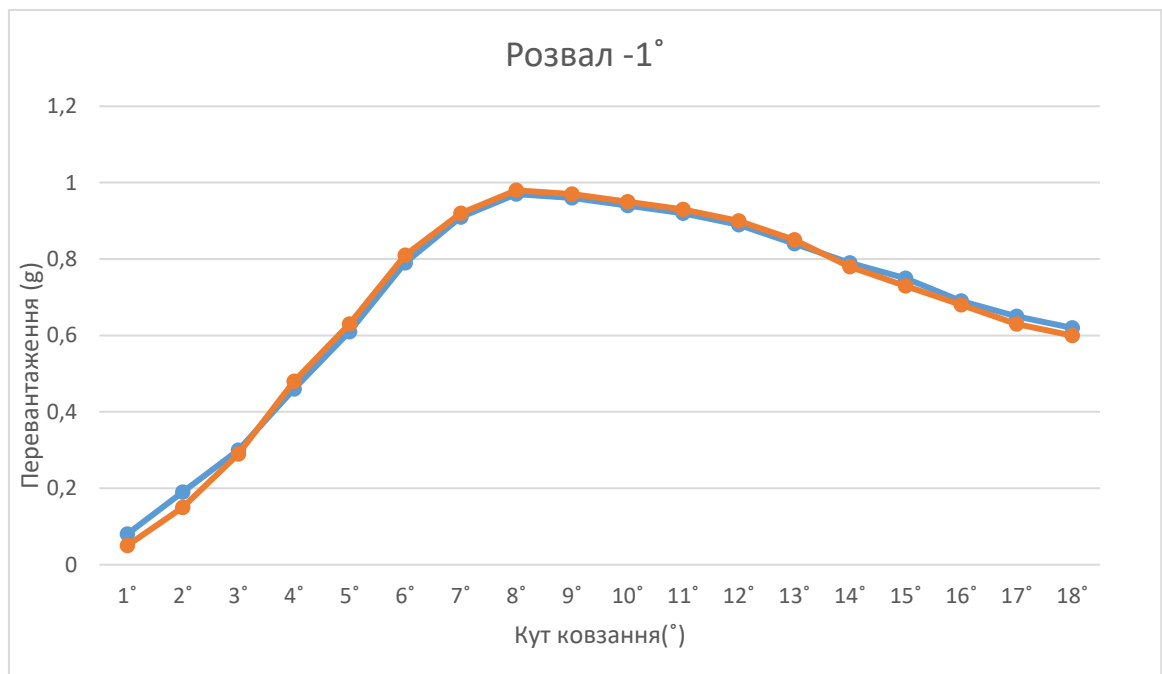
Графік 4.1. Залежність перевантажень від куту ковзання передніх коліс при 0° розвалу коліс

Таблиця 4.1. данні з дослідження №1

	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
g	0,08	0,19	0,31	0,46	0,61	0,79	0,91	0,97

(0°) - Оптимальне значення куту розвалу для більшості автомобілів, яке забезпечує достатній рівень зчеплення у більшості ситуацій при повсякденному використанні авто.

Дослідження для куту розвалу в -1°



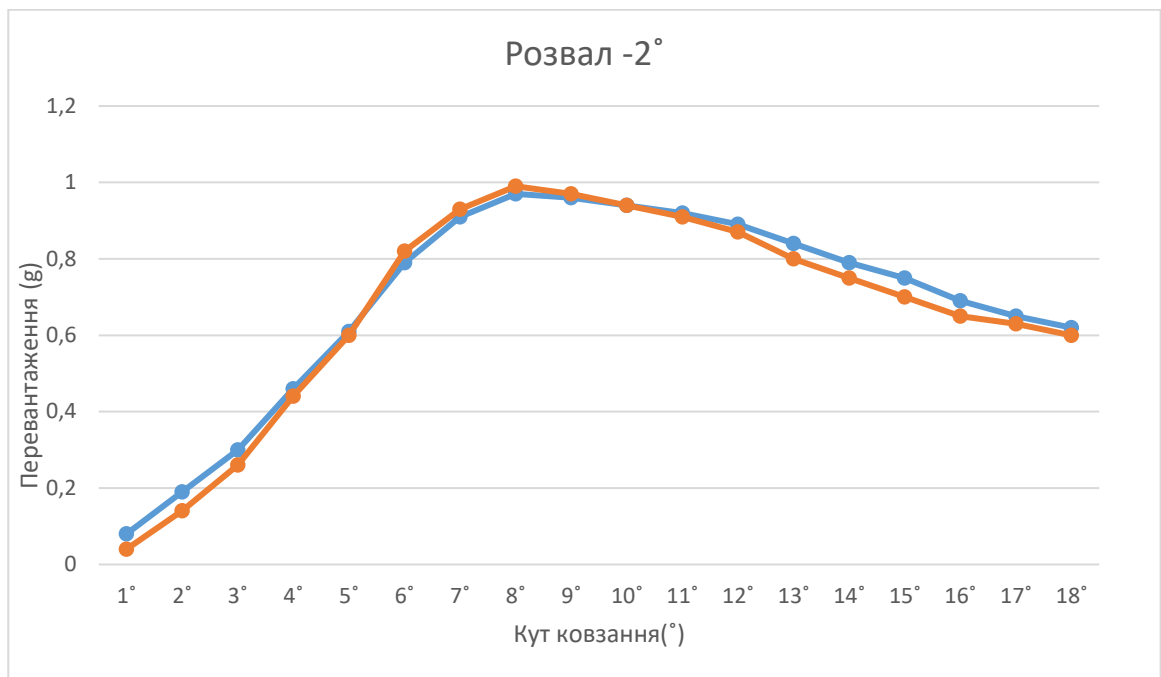
Графік 4.2. Залежність перевантажень від куту ковзання передніх коліс при (-1°) розвалу коліс

Таблиця 4.2. данні з дослідження №2

	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
g	0,05	0,15	0,3	0,49	0,63	0,80	0,92	0,98
Δg	-0,03	-0,04	-0,01	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01

(-1°) - Дозволяє досягти більших значень зчеплення з дорогою, і являється компромісним значенням для досягнення кращого зчеплення при не значному збільшенні зносу шин.

Дослідження для куту розвалу в -2°



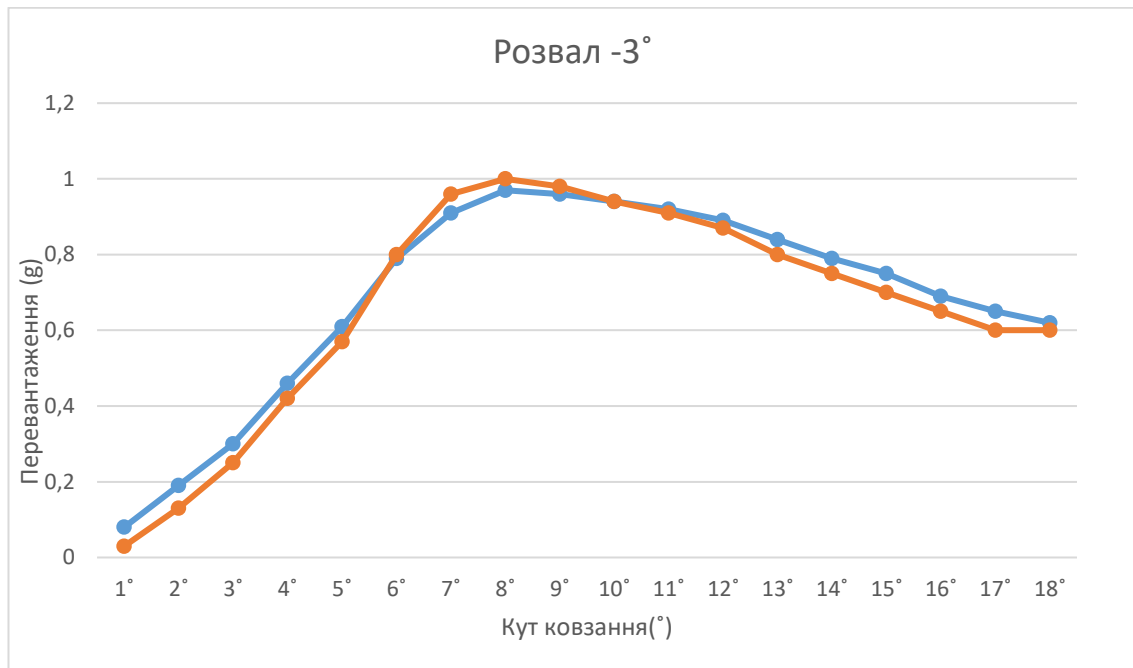
Графік 4.3. Залежність перевантажень від куту ковзання передніх коліс при (-2°) розвалу коліс

Таблиця 4.3. данні з дослідження №3

	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
g	0,04	0,14	0,26	0,44	0,6	0,82	0,93	0,97
Δg	-0,03	-0,04	-0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01

(-2°) – Являється приближением до “гоночних” налаштувань підвіски показуючи кращі значення зчеплення коліс з дорожнім покриттям, проте провокує значно сильніший та нерівномірний розхід шин.

Дослідження для куту розвалу в -3°



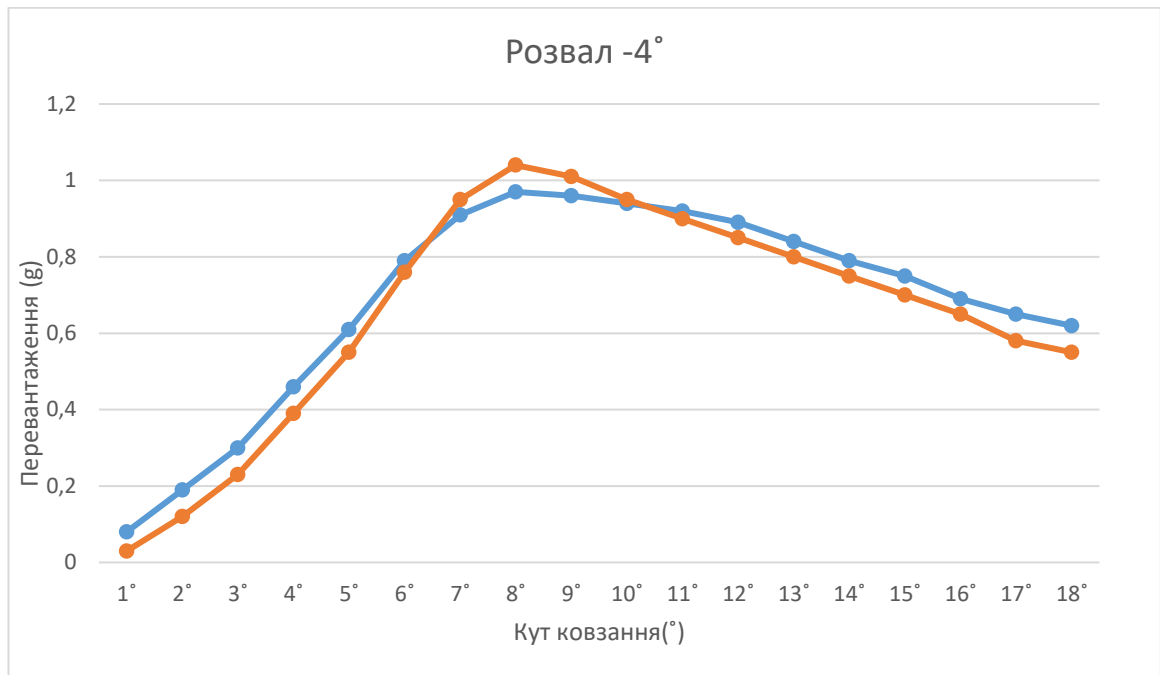
Графік 4.4. Залежність перевантажень від куту ковзання передніх коліс при (-3°) розвалу коліс

Таблиця 4.4. данні з дослідження №4

	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
g	0,03	0,13	0,25	0,42	0,57	0,8	0,96	1
Δg	-0,05	-0,06	-0,06	-0,04	-0,03	0,02	0,05	0,03

(-3°) – такі значення розвалу рідко використовуються при налаштуванні автомобілів, які пересуваються по дорогам загального користування, проте є досить звичайним значенням для автомобілів, які приймають участь у автоперегонах. Таке налаштування веде до сильно нерівномірного зношування шин і допомагає досягати більших значень зчеплення в умовах, які не досягаються при звичайній експлуатації авто.

Дослідження для куту розвалу в -4°



Графік 4.5. Залежність перевантажень від куту ковзання передніх коліс при (-4°) розвалу коліс

Таблиця 4.5. данні з дослідження №5

	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
g	0,03	0,12	0,23	0,39	0,55	0,76	0,95	1,04
Δg	-0,05	-0,07	-0,08	-0,07	-0,06	-0,03	0,04	0,07

(-4°) – екстремальні значення, які є дуже ситуативними, та рідко використовуються навіть при налаштуванні гоночних автомобілів. При таких значеннях куту розвалу, зчеплення з покриттям значно зменшується при прискореннях, та фазах гальмування, також такі значення ведуть до значного нерівномірного нагріву шини, що збільшує знос гуми.

Дослідження для куту в $(+1^\circ)$ не мало сенсу, так як графік залежності такого значення буде програвати у всіх його точках.

Кут розвалу $+1^\circ$ використовується як спеціальне рішення для оптимізації керованості і стабільності у повільних поворотах. Найбільшу ефективність він демонструє в ситуаціях, де важливе покращення зчеплення внутрішнього колеса з дорогою.

Тобто налаштування підвіски в значення $(+1^\circ)$, дає можливість підлаштувати “ненавантажене” колесо під зміну кліренсу авто при перевантаженнях, проте ефективність позитивних значень розвалу занадто мала, щоб збільшувати діапазон роботи системи більше ніж на діапазон $(+1 \dots -4)$.

Розділ 4.5. Обробка даних дослідження

У висновку даних досліджень отримуємо такі параметри розвалу:

До 3° куту ковзання оптимальним буде розвал коліс (0°)

Від 3° до 4° куту ковзання оптимальним буде розвал коліс (-1°)

Від 4° до 6° куту ковзання оптимальним буде розвал коліс (-2°)

Від 6° до 7° куту ковзання оптимальним буде розвал коліс (-3°)

Від 7° до 8° куту ковзання оптимальним буде розвал коліс (-4°)

Для реалізації правильної роботи системи будуть використовуватись дані про перевантаження авто в певний момент часу.

Таблиця 4.6. Значення розвалу для певних перевантажень автомобіля.

Значення розвалу	0°	-1°	-2°	-3°	-4°
а	0,31	0,49	0,82	1	1+

Щоб розрахувати максимальне навантаження на стійку автомобіля, виконаємо такі обчислення:

Максимальне навантаження на стійку автомобіля під час перевантажень обчислюється за формулою:

$$F_{\text{макс}} = m \cdot (1 + a_g) \cdot \frac{L_1}{L_2} \cdot 0,7$$

де:

m - маса автомобіля (кг);

a_g - перевантаження (g);

L_1 - відстань від центра маси до стійки, що приймає навантаження (в м);

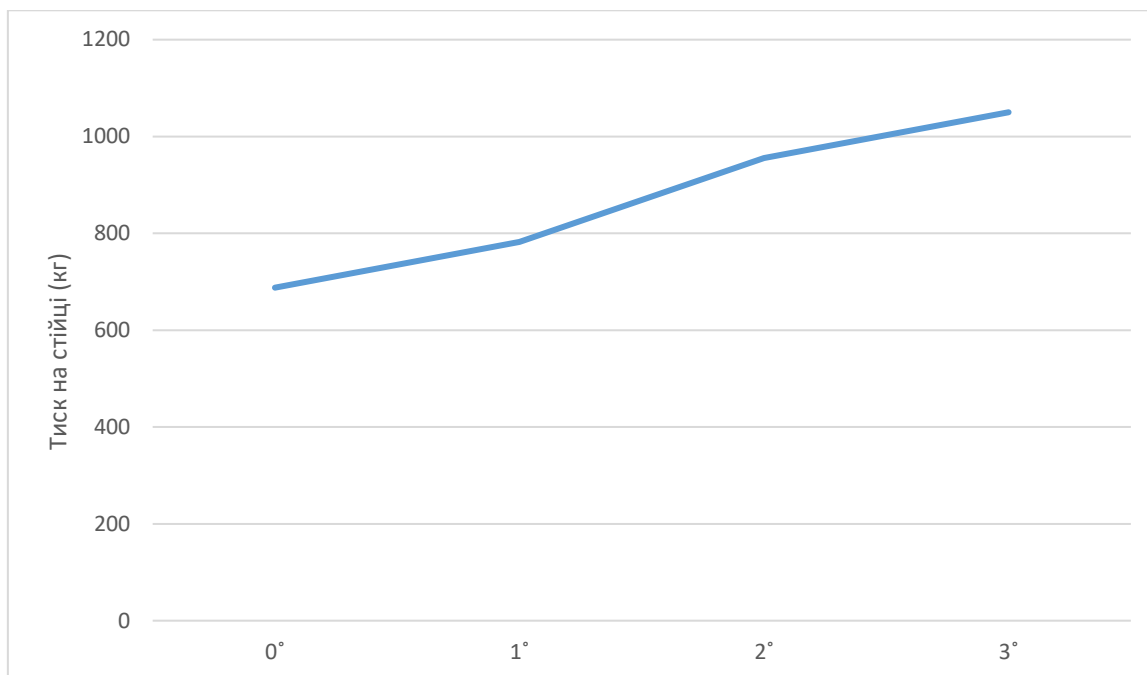
L_2 - ширина колії автомобіля (в м).

Для автомобіля масою 1500кг, та шириною колії 1,5 м ($\frac{L_1}{L_2} = 0,5$)

Після обчислень отримуємо дані для роботи системи через тиск на стійці автомобіля у повороті

Таблиця 4.7. Таблиця відношень тиску, до куту розвалу підвіски

Значення розвалу	0 °	-1 °	-2 °	-3 °	-4 °
F	375 — 687,75	782,25	955,5	1050	1050+



Графік 4.6. Зміна розвалу системою, в залежності від навантаження на підвіску авто.

4.6. Висновок

Результатом дослідження стали данні для оптимальних налаштувань системи. Проте ці дані актуальні тільки для випадку який розглядався у дослідженні, при використанні інших покриттів, зміні маси або зміщенні центру ваги автомобіля, потрібно буде провести калібрування системи під нові умови, для її правильної роботи.

РОЗДІЛ 5. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

5.1 Вибір матеріалу корпусу гідроциліндру.

Вибір алюмінієвого корпусу гідроциліндра з гільзою зі сталі 20, замість повністю сталевого гідроциліндра дозволяє значно зменшити вагу конструкції, що особливо важливо в таких сферах, як автомобільна промисловість.

Використання алюмінію в корпусі значно знижує вагу без суттєвої втрати міцності, що робить його ідеальним для мобільних машин і транспортних засобів, де мінімізація маси важлива для зменшення споживання палива та підвищення маневреності.

Сталь у якості гільзи забезпечує необхідну зносостійкість, міцність і стійкість до високого робочого тиску, отже поєднання алюмінієвого корпусу та сталевий гільзи зберігає механічні властивості, навіть у порівнянні з повністю сталевим корпусом.

Також алюміній має високу природну стійкість до корозії завдяки оксидному шару на поверхні. Це дає перевагу в умовах підвищеної вологості або хімічно агресивного середовища.

Порівняння ваги конструкції

Сталевий корпус $\approx 2,25$ кг

Алюмінієвий корпус $\approx 0,55$ кг

Сталева гільза $\approx 1,05$ кг

Зниження маси становить приблизно 0,65 кг, з одного гідроциліндру, що разом з стійкістю алюмінію до корозії підтверджує правильність використання такого рішення у системі розглянутій в дисертації.

5.2. Випробування коефіцієнту запасу міцності корпусу.

Таблиця 5.2. Параметри матеріалів гідроциліндру.

Характеристики алюмінію використаного у виготовленні корпусу	Характеристики Сталі 20(матеріалу для гільзи гідроциліндру)
Модуль юнга = 69ГПа	Модуль юнга = 200ГПа
Коефіцієнт Пуассона = 0,33	Коефіцієнт Пуассона = 0,28
Модуль зсуву = 25,94 ГПа	Модуль зсуву = 78,1 ГПа
Густина = 2700 кг/м ³	Густина = 7850 кг/м ³
Границя текучості = 120 МПа	Границя текучості = 245 Мпа
Границя міцності = 165 Мпа	Границя міцності = 410 Мпа

Випробування на міцність повністю алюмінієвого корпусу гідроциліндру при тиску 120 бар.

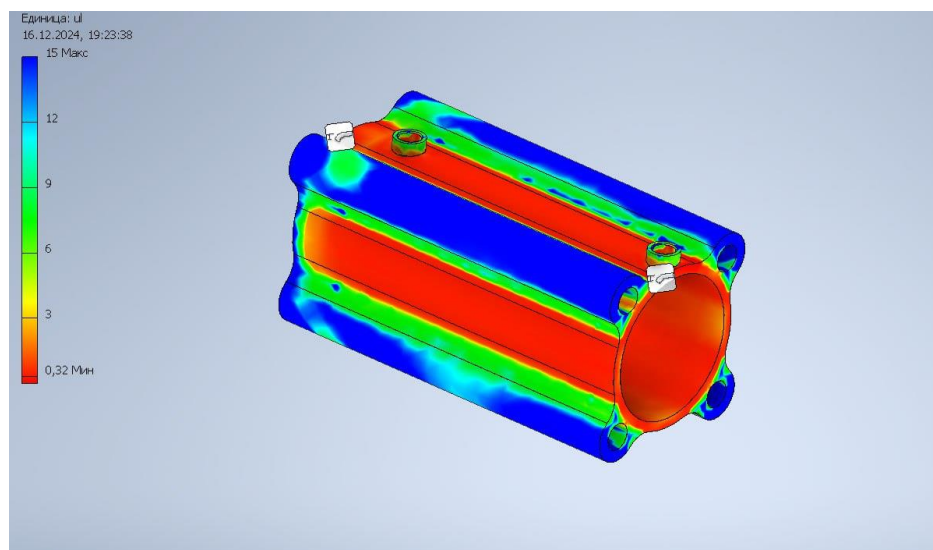


Рис 5.1. Результати випробування повністю алюмінієвого корпусу.

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ	53
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

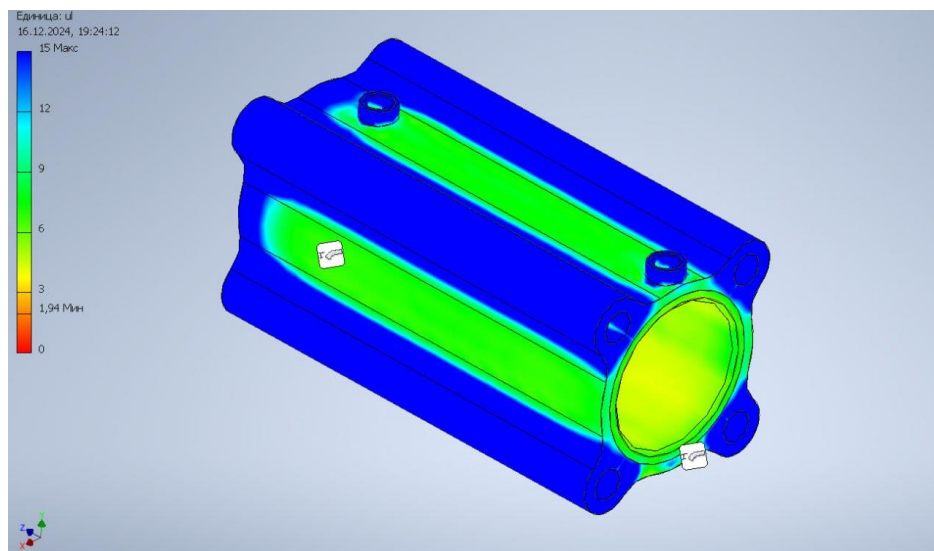


Рис 5.2. Результати випробування алюмінієвого корпусу з гільзою зі Сталі

20

Випробування показали, що використання лише алюмінієвого корпусу для гідроциліндра в умовах високих навантажень є неприпустимим через недостатню міцність. Комбінація алюмінієвого корпусу зі сталеву гільзою дозволяє не лише забезпечити необхідний запас міцності, але й зберегти переваги зниження ваги конструкції.

5.3. Технологія виготовлення деталі.

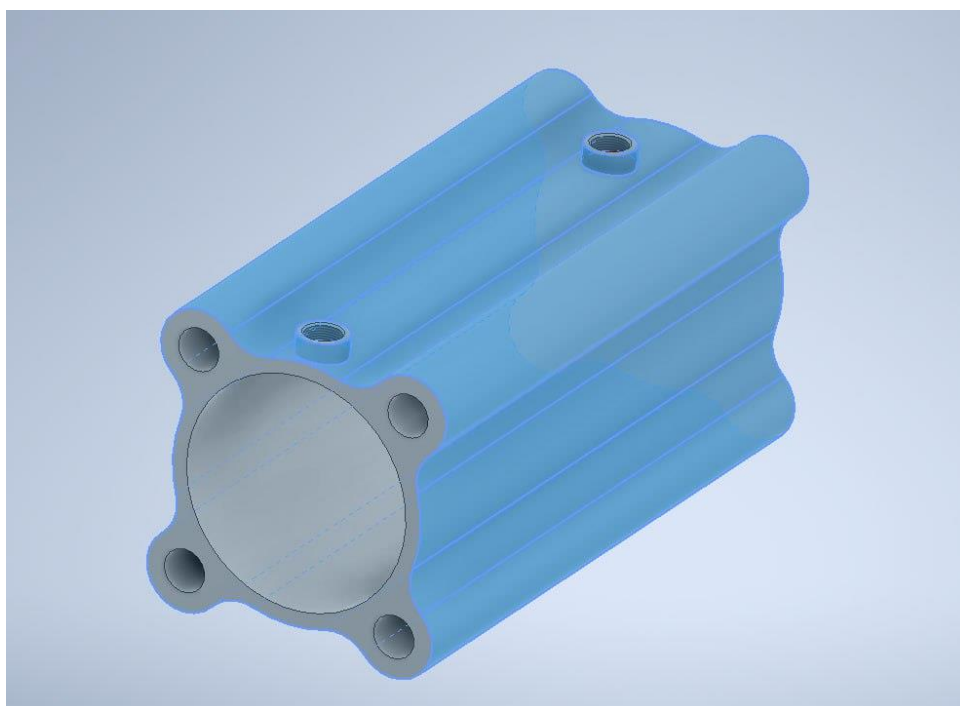


Рис 5.3. Обробка корпусу на фрезувальному верстаті

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мн.00.00.00 ПЗ	А 54
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Обробка корпусу на фрезувальному верстаті

Фреза для обробки заготовки: <https://frezycnc.in.ua/products-uk/%D1%84%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B0-%D0%BF%D0%BE-%D0%B0%D0%BB%D1%8E%D0%BC%D1%96%D0%BD%D1%96%D1%8E-d51241753f> Дана фреза, діаметром 5 мм, довжиною ріжучої частини 24 мм,

загальною довжиною 75 мм і трьома ріжучими кромками (3F), оптимально підходить для обробки алюмінієвих деталей, враховуючи легкість обробки матеріалу.

Охолодження: забезпечується подача стисненого повітря або мастильно-охолоджувальної рідини (MOR), щоб уникнути налипання алюмінію на ріжучі кромки.

Фрезування отвору під гільзу

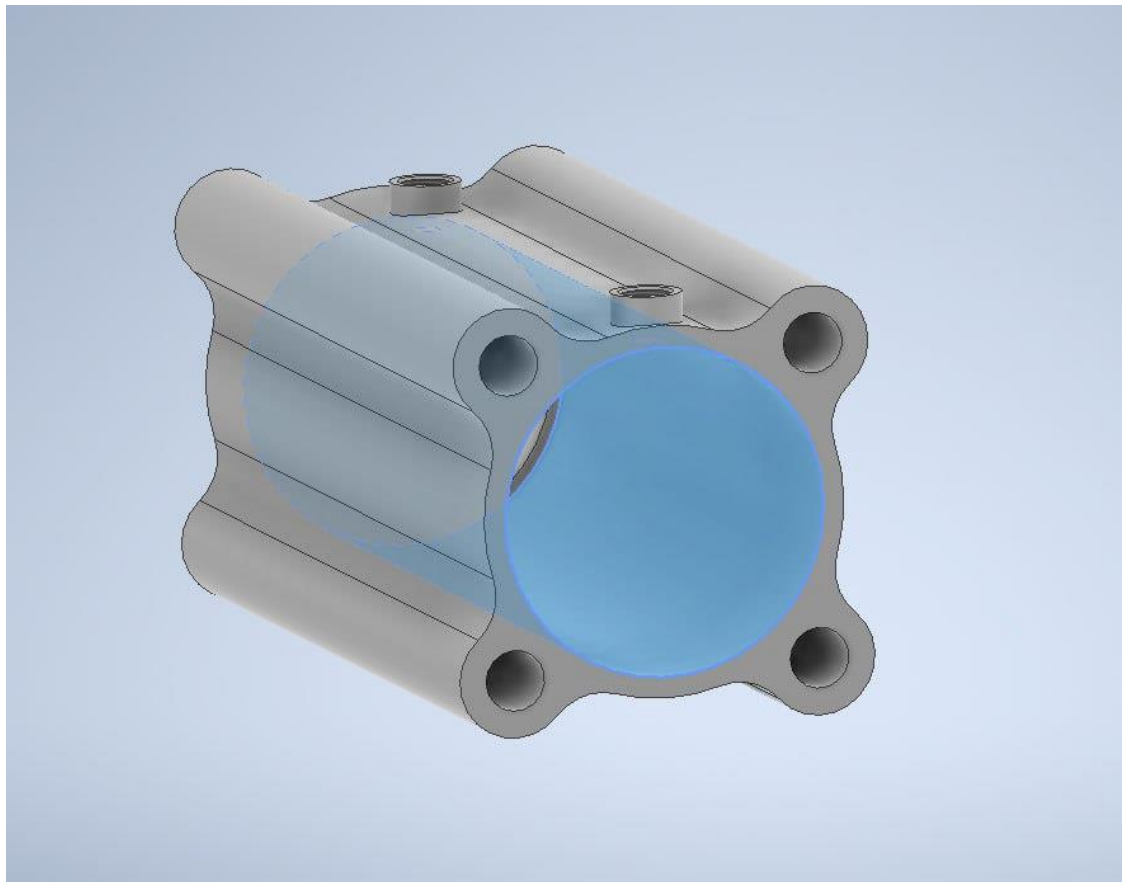


Рис 5.4. Свердління основного отвору

Отвір довжиною 117 мм і діаметром 43 мм виготовляється фрезою:

<https://frezycnc.in.ua/products->

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мн.00.00.00 ПЗ	55
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

uk/%D1%84%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B0-%D0%BF%D0%BE-%D0%B0%D0%BB%D1%8E%D0%BC%D1%96%D0%BD%D1%96%D1%8E-d8l50l150-3f - Фреза по алюмінію D8*L150*3F

Свердлення отворів під шпильки

Відповідно до креслення на поверхні корпусу виконується розмітка місць для шпильок (діаметром 8.5 мм). Процедура виконується за допомогою сверла діаметром 8,5 мм, загальною довжиною 350 мм та довжиною робочої частини 130 мм. https://stanochnik.com.ua/ua/p2118089276-sverlo-tsh-r6m5.html?srsltid=AfmBOoqtkRtKmoQs3Dg_HFubUL2gHmAiE0JHdj5FUTH-SmxkyiuQnDyo

Отвори виконуються свердлом на свердлильному верстаті уздовж усього корпусу. Свердління проводиться на низьких обертах, щоб уникнути перегріву алюмінію.

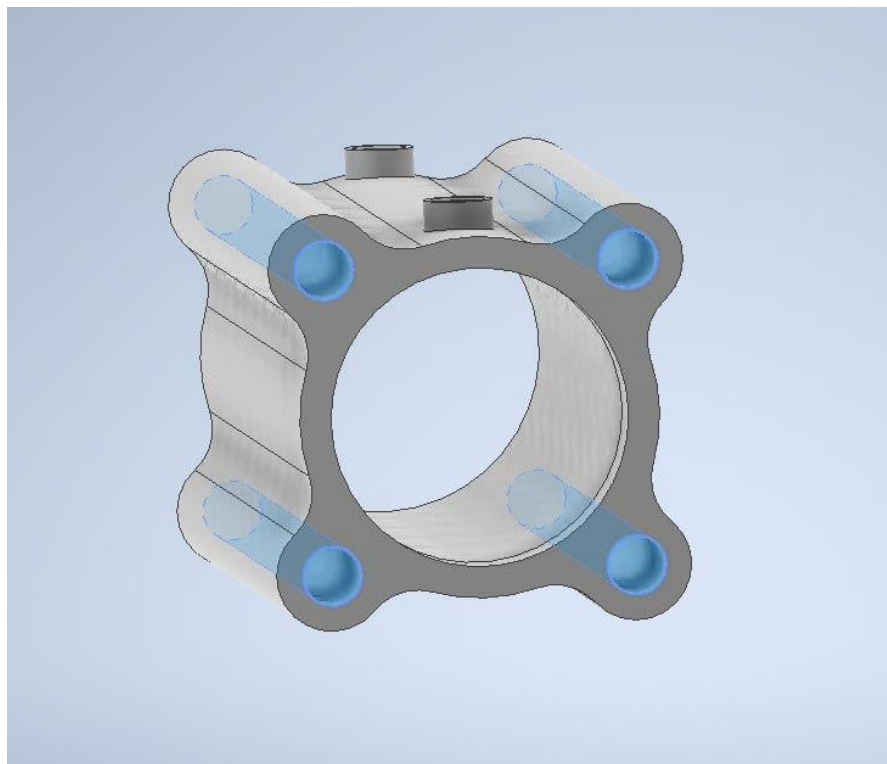


Рис 5.5. Свердління отворів під шпильки

Знімання фасок з торців гільзи

Знімання фасок з торців гільзи відбувається за допомогою інструменту:

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мн.00.00.00 ПЗ	56
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

https://geneta.com.ua/instrument-dlya-snyatiya-faski-redding-deburring-tool/?srsltid=AfmBOor9Dlx4ff-SLIFU_SFzpZpHdr8EyxB16g6Sx9bewYu8gR2KqFAZ Торці гільзи обробляються на токарному верстаті

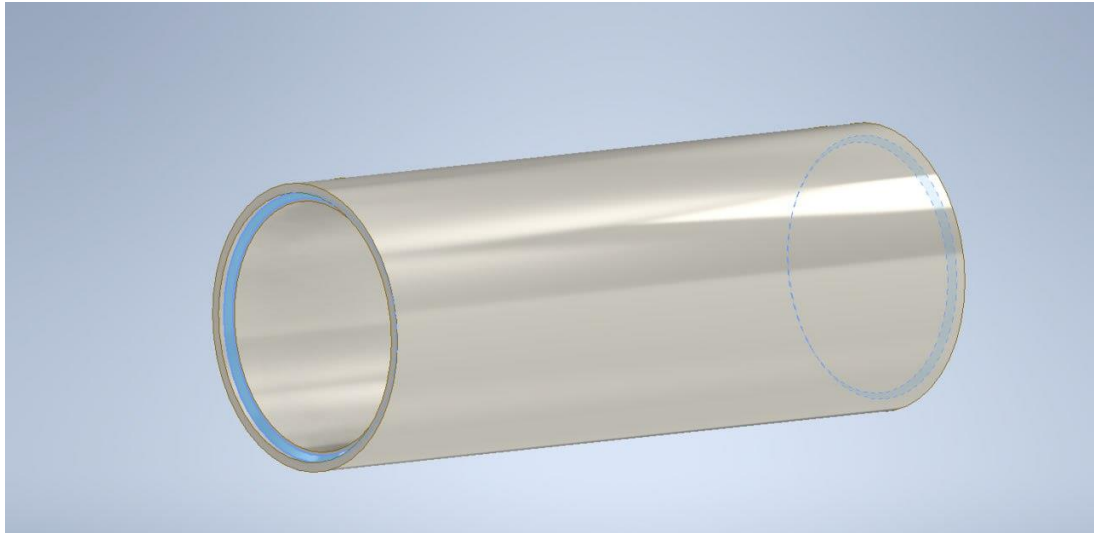


Рис 5.6. Обробка гільзи (зняття фасок)

Пресування гільзи в корпус

Пресування гільзи в алюмінієвий корпус є відповідальною операцією, яка забезпечує надійне з'єднання двох матеріалів. Цей процес базується на різниці коефіцієнтів теплового розширення алюмінію та сталі.

Для забезпечення зручного монтажу потрібно створити теплову різницю, щоб алюмінієвий корпус тимчасово розширився, а сталеві гільза зменшилася при охолодженні.

Корпус (алюміній):

1. Нагрівається до 90–100 °C у термокамері, печі або з використанням інфрачервоних нагрівачів.
2. Перед нагрівом очищається внутрішня поверхня від мастила та оксидів.

Гільза (сталь 20):

1. Охолоджується до -40 °C (оптимально використовувати рідкий азот або спеціальні холодоагенти).
2. Очищається зовнішня поверхня для забезпечення гладкого входження.

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мн.00.00.00 ПЗ	57
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Розширений алюмінієвий корпус і звужена гільза мають бути зібрані якомога швидше, щоб уникнути значного теплообміну між компонентами (до 2–3 хвилин). Гільза вводиться вручну або за допомогою гідравлічного преса.

Після температурного вирівнювання корпус з гільзою утворюють щільне посадкове з'єднання з натягом близько 0.05–0.07 мм

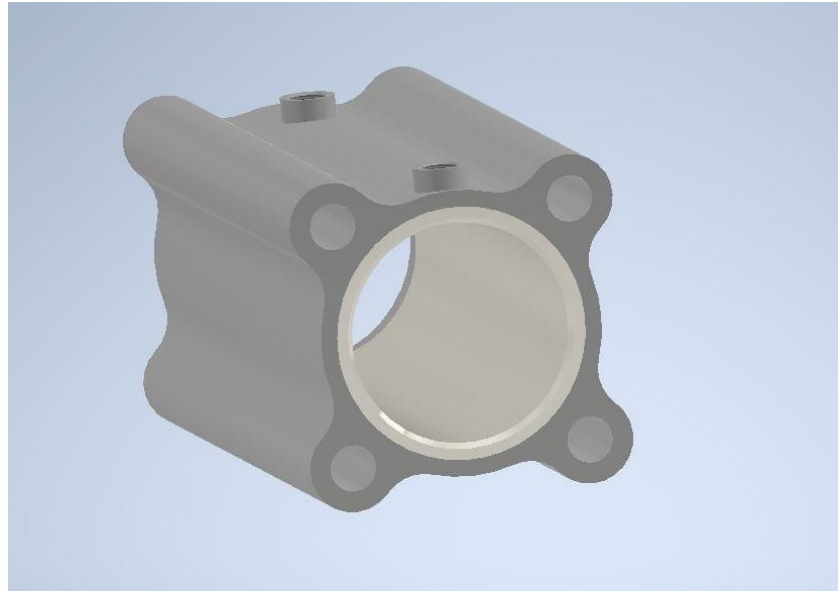


Рис 5.7. Пресування гільзи в корпус циліндру

Така технологія дозволяє досягти високої точності та герметичності з'єднання без надмірних механічних зусиль і ризику пошкодження матеріалів.

Свердління отворів для гідравлічних каналів:

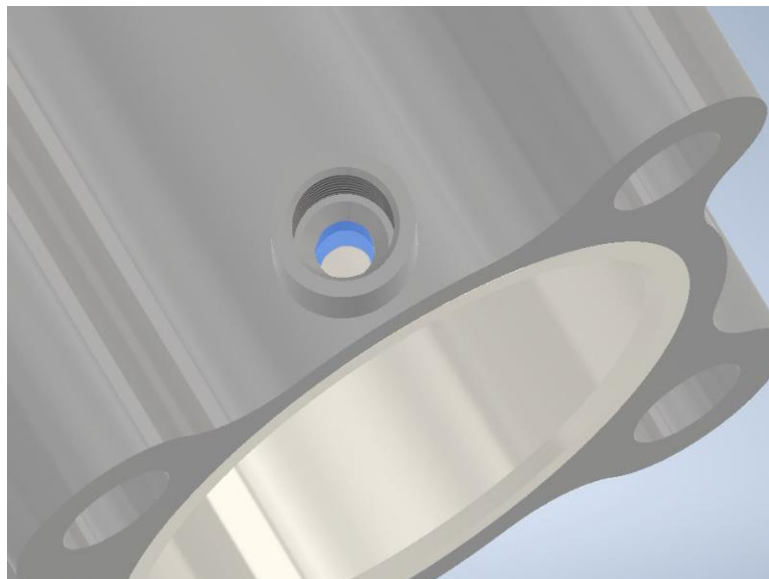


Рис 5.8. Свердління отворів для гідроканалів, та нарізання різьби

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ	А 58
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

У готовому корпусі виконуються отвори в місцях передбаченого підключення каналів.

Інструмент: <https://vist.market/ua/sverlo-po-metallu-r6m5-a1-ukraina-173-20--073/20-436?srsId=AfmBOoppPw608LEgnh-Hm7oB6hK-cNBIKwVEE-Hj9skv0LvKTDtb2BvU>

Нарізання різьби:

Інструмент: <https://frezer-kr.com.ua/ua/metchik-m-r-m-7-kh-5-r6m5-zit-1>

5.4. Висновок до розділу

У результаті поетапної обробки отримано корпус гідроциліндра, здатний витримувати значні навантаження завдяки комбінованій конструкції алюмінію (легкий корпус) та сталі 20 (зносостійка й міцна гільза). Використання температурних розширень забезпечило щільне прилягання гільзи без ризику ослаблення з'єднання.

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мн.00.00.00 ПЗ	59
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 6: БЕЗПЕЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

6.1. Вступ

Система автоматизованої зміни розвалу коліс автомобіля містить компоненти, що працюють під значними механічними навантаженнями. Механічна небезпека пов'язана з можливістю виникнення аварійних ситуацій через неправильну експлуатацію, зношування компонентів або відсутність належного обслуговування.

Також система може включати елементи, що працюють під високим тиском. Робота з системами високого тиску несе специфічні небезпеки, зокрема пошкодження обладнання, травми оператора або витік рідини.

Система автоматизованої зміни розвалу коліс автомобіля повинна працювати в широкому діапазоні температур, враховуючи умови експлуатації автомобіля (від холодного клімату до гарячих дорожніх умов). Температурні коливання можуть впливати на продуктивність компонентів системи, спричиняти перегрів або надмірне охолодження окремих елементів. Для зменшення ризиків перегріву або впливу високих температур на суміжні вузли необхідно враховувати спеціальні конструктивні заходи, такі як розробка фасрволу.

6.2. Механічна небезпека та її основні джерела

Рухомі частини системи:

1. Актуатори, які змінюють геометрію підвіски, можуть створити ризик затиснення кінцівок або одягу.
2. Висока швидкість реакції електромеханічних приводів може стати причиною травм.

Неправильне встановлення або зношування компонентів:

1. Недотримання допусків і посадок призводить до підвищеного зношування шарнірів і кріплень.

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ	А 60
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

2. Розхитування кріплень системи під час експлуатації може призвести до її виходу з ладу.

Ризик деформації елементів:

Перевищення навантажень або тиску в системі може призвести до механічного пошкодження гідравлічних або електромеханічних елементів.

Аварійне відключення системи:

Несправність системи контролю (ECU) або датчиків може викликати некоректну зміну розвалу, що збільшує ризик втрати контролю над автомобілем.

6.3. Заходи для зниження механічної небезпеки

Конструктивні рішення:

1. Використання захисних кожухів для рухомих частин системи.
2. Проектування вузлів із врахуванням запасу міцності для запобігання поломкам.

Регулярне технічне обслуговування:

1. Перевірка стану кріплень, шарнірів та актуаторів на предмет зносу.
2. Дотримання графіку змащування рухомих частин для зменшення тертя та зносу.

Інструктаж персоналу:

1. Навчання операторів правильному поводженню із системою.
2. Використання засобів індивідуального захисту (рукавички, захисний одяг) при роботі з системою.

Система контролю безпеки:

1. Налаштування автоматичного моніторингу стану компонентів через ECU.
2. Використання аварійних відключень для запобігання критичним поломкам.

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ	А
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		
						61

Висновок:

Для забезпечення безпечної експлуатації системи автоматизованої зміни розвалу коліс необхідно враховувати всі можливі джерела механічної небезпеки. Використання якісних матеріалів, правильне проектування, регулярне технічне обслуговування та дотримання правил безпеки допоможуть знизити ризики під час роботи з системою.

6.4. Небезпека при роботі з системою високого тиску

Високий тиск у системі:

1. Тиск у гідравлічних системах може досягати 10–20 МПа, що створює ризик розриву трубопроводів або ущільнень.
2. Неконтрольований вихід рідини під тиском може спричинити травми.

Несправність компонентів:

Зношені ущільнення, тріщини в трубопроводах або корозія матеріалів можуть призвести до раптового розриву системи.

Неправильне обслуговування:

1. Недотримання правил скидання тиску перед обслуговуванням системи.
2. Використання несертифікованих або несумісних компонентів.

6.5. Заходи безпеки

Технічні заходи:

1. Встановлення запобіжних клапанів для автоматичного скидання надлишкового тиску.
2. Використання трубопроводів і ущільнень, розрахованих на роботу при максимальному тиску з урахуванням запасу міцності.
3. Моніторинг тиску через електронні датчики та аварійне відключення у разі перевищення безпечного рівня.

Організаційні заходи:

1. Перед обслуговуванням системи обов'язкове скидання тиску через клапани або інші засоби.

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ	А 62
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

2. Регулярна перевірка стану трубопроводів, ущільнень та клапанів.

Використання лише сертифікованих компонентів, сумісних із робочою рідиною.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ):

1. Захисні рукавички, стійкі до робочої рідини.
2. Захисні окуляри або маска для запобігання контакту з рідиною.
3. Робочий одяг із довгими рукавами.

Висновок

Для забезпечення безпеки роботи із системами високого тиску необхідно враховувати всі потенційні ризики, пов'язані з розривами, витокami або несправністю компонентів. Дотримання технічних і організаційних заходів, регулярне обслуговування та використання ЗІЗ значно знижують імовірність аварійних ситуацій.

6.6. Температурні режими роботи системи

Негативний вплив низьких температур:

1. Згущення гідравлічної рідини, що уповільнює реакцію системи.
2. Підвищення ймовірності зношування рухомих частин через недостатнє змащення.

Негативний вплив високих температур:

1. Перегрів електромеханічних компонентів (актуаторів, датчиків).
2. Прискорення старіння ущільнювачів і прокладок.
3. Ризик займання в разі перегріву гідравлічної рідини або електронних компонентів.

Температурний вплив на матеріали:

1. Металеві частини можуть деформуватися через теплове розширення.
2. Полімерні ущільнення втрачають еластичність при надмірно низьких або високих температурах.

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ	А 63
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

6.7. Необхідність розробки фаєрволу

Фаєрвол — це термозахисна перегородка, яка розділяє систему автоматизованої зміни розвалу коліс від джерел тепла (наприклад, двигуна чи гальмівної системи). Його основне призначення — запобігати впливу екстремальних температур на компоненти системи, та захищати оператора системи у разі екстрених ситуацій.

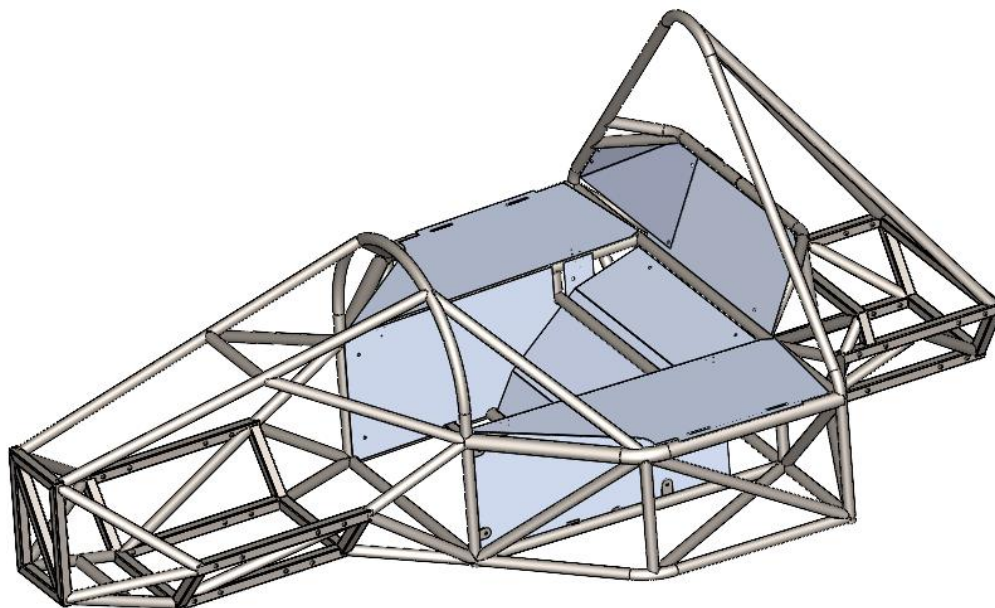


Рис. 6.1. Приклад спроектованого фаєрволу для автомобіля з задньомоторним компонуванням.[10]

Особливості фаєрволу:

Матеріали:

1. Використання вогнестійких металів або керамічних композитів.
2. Теплоізоляційні вставки для мінімізації передачі тепла.

Конструктивні рішення:

1. Легка вага для зменшення додаткового навантаження.
2. Оптимальна форма для забезпечення захисту основних компонентів без перешкод для вентиляції.

Переваги впровадження:

1. Захист електронних і механічних компонентів від перегріву.
2. Підвищення загальної надійності системи.

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ	А 64
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

3. Зменшення ризику займання під час аварійних ситуацій.

6.8. Технічні заходи для забезпечення стабільного температурного режиму

Використання термостійких компонентів:

1. Матеріали, здатні витримувати діапазон температур від -40 C° до $+120\text{ C}^{\circ}$.
2. Спеціальні покриття для зменшення нагрівання металевих поверхонь.

Встановлення системи моніторингу температури:

1. Датчики для відстеження температури гідравлічної рідини та основних компонентів.
2. Система аварійного відключення у разі перегріву.

Вентиляція та охолодження:

1. Використання пасивних (отвори) або активних (вентилятори) систем охолодження.
2. Встановлення теплообмінників для стабілізації температури гідравлічної рідини.

6.9. Захист оператора під час тестування

Під час первинних тестів системи автоматизованої зміни розвалу коліс існує ризик виникнення аварійних ситуацій, таких як перегрів компонентів, гідравлічні витoki під високим тиском, або несправності, що можуть спричинити займання. Тому необхідно забезпечити належний рівень безпеки для тестувального персоналу.

6.10. Термозахист:

Гоночні комбінезони з омологацією (наприклад, FIA 8856-2000 або 8856-2018) виготовлені з негорючих матеріалів, таких як Nomex, які забезпечують високий рівень термозахисту.

У разі загоряння або теплового удару вони дозволяють оператору уникнути серйозних опіків, даючи час на евакуацію.

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мл.00.00.00 ПЗ	А 65
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Захист від механічних пошкоджень:

Додатковий шар тканини у комбінезонах допомагає зменшити ризик порізів або ударів від уламків компонентів системи у разі їх пошкодження.

Водостійкість і хімічна стійкість:

Комбінезони захищають шкіру оператора від контакту з гідравлічними рідинами, які можуть спричинити хімічні опіки.

Вимоги до захисту під час тестів системи:

Під час тестування обов'язкове використання: Гоночного комбінезону з омологацією FIA. Термостійких рукавичок та взуття. Захисного шолома з інтегрованим захистом дихальних шляхів. Тестування системи повинно проводитися на полігоні, оснащеному засобами пожежогасіння та першої допомоги.

Додавши ці заходи до програми безпечної експлуатації, можна мінімізувати небезпеку для персоналу та створити умови для більш безпечного і ефективного тестування системи.

6.11. Системи пожежогасіння

Системи пожежогасіння є важливим елементом забезпечення безпеки автомобіля, особливо для транспортних засобів із високотехнологічними системами, такими як автоматична зміна розвалу коліс. Вони запобігають поширенню вогню у разі займання компонентів системи. З огляду на конструктивні особливості автомобілів із подібними системами, важливо врахувати специфіку їх встановлення.

6.12. Принцип роботи систем пожежогасіння

Система пожежогасіння в автомобілях працює за принципом виявлення займання, подачі вогнегасної речовини та ліквідації джерела загоряння.

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ	А 66
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

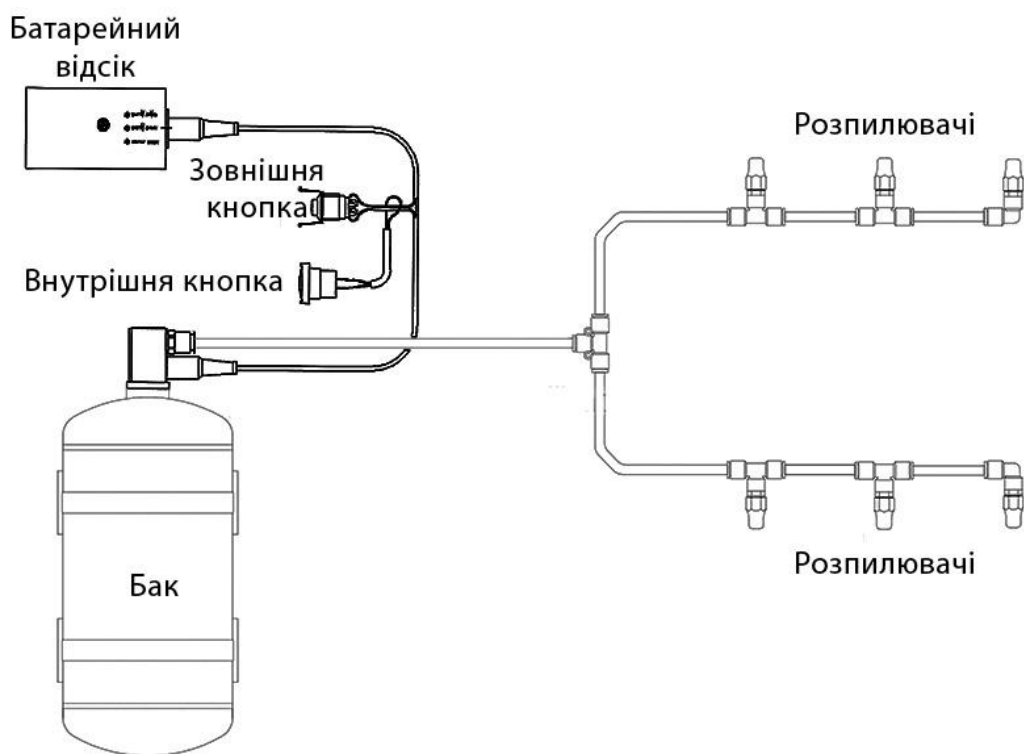


Рис. 6.2. Схема системи пожежогасіння.[9]

Основні етапи роботи:

1. За допомогою теплових або димових датчиків, розміщених у моторному відсіку, системі підвіски або інших критичних зонах.

2. Автоматичне або ручне включення системи подачі вогнегасної речовини (CO₂, порошкових або пінних складів).

Типи вогнегасних речовин:

1. CO₂: Для захисту електронних і гідравлічних компонентів без залишкових слідів.

2. Порошкові склади: Ефективні для ліквідації пожеж у зоні двигуна.

6.13. Наявні регламенти для встановлення систем пожежогасіння в автомобілях

Регламент FIA (для спортивних автомобілів):

1. Відповідність стандарту FIA 8865-2015 для автоматичних систем

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ	А
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		67

пожежогасіння.

2.Обов'язкове встановлення термостійких балонів і розпилювачів у критичних точках (моторний відсік, бак із паливом).

3.Мінімальний об'єм вогнегасної речовини: 3 літри для пінних систем.

ISO 26482:

1.Стандарти встановлення пожежогасіння в комерційних автомобілях.

2.Наявність теплових датчиків у моторному відсіку.

3.Автоматичне відключення системи подачі палива у разі займання.

Регламент ООН № 107 (для автобусів):

1. Наявність автоматичної системи виявлення та пожежогасіння.

2. Захист пасажирського відсіку від поширення вогню.

6.14. Необхідність адаптації систем пожежогасіння для автомобілів із системою автоматичної зміни розвалу

Для забезпечення безпеки в автомобілях із системою автоматичної зміни розвалу коліс необхідно врахувати:

Додаткові точки ризику:

1. Актуатори та електромеханічні компоненти можуть перегріватися.

2. Гідравлічні трубопроводи під високим тиском становлять ризик витoku займистих рідин.

Розміщення вогнегасної системи:

Вогнегасні розпилювачі мають бути спрямовані на актуатори, гідравлічні труби та датчики.

Адаптація до електроніки:

1.Захист електронного блоку управління (ECU) спеціальними негорючими кожухами.

2.Використання CO₂ як основної речовини для запобігання пошкодження електронних компонентів.

Додаткові датчики:

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ	А 68
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Встановлення датчиків температури в критичних точках, таких як місця кріплення трубопроводів або приводи актуаторів.

Впровадження систем пожежогасіння для автомобілів із автоматичною системою зміни розвалу коліс є критично важливим для забезпечення безпеки. Врахування регламентів FIA та ISO дозволяє інтегрувати сучасні рішення для надійного захисту. Адаптація таких систем до нових умов експлуатації, зокрема до додаткових джерел тепла та ризиків, пов'язаних із гідравлікою, сприяє підвищенню загальної безпеки автомобіля.

6.15. Висновок

У розділі обґрунтовано доцільність впровадження спеціальних засобів захисту оператора під час тестувань, таких як гоночні комбінезони з омолодацією. Наведені технічні рекомендації з оптимізації експлуатаційних характеристик сприятимуть зниженню ризиків аварійних ситуацій і підвищенню довговічності системи.

Застосування комплексного підходу до безпеки та обслуговування об'єкта проектування забезпечить не лише надійну і стабільну роботу системи, але й відповідність сучасним стандартам безпеки, що є критично важливим для успішного впровадження технології на ринок.

		<i>Кравчук А.В.</i>			<i>МГ.МАЗ1мп.00.00.00 ПЗ</i>	<i>А</i>
		<i>Ковальов В.А.</i>				
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		<i>69</i>

РОЗДІЛ 7. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

7.1. Опис ідеї стартап-проекту

Таблиця 7.1. Аналіз змісту ідеї, напрямків застосування та вигод для користувача

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувачів
Система автоматичної зміни розвалу коліс	Легкові автомобілі, спортивні авто	Підвищення стійкості та зчеплення
	Позашляховики	Покращення прохідності та маневреності
	Комерційні авто	Зменшення витрат на обслуговування шин

7.2 Аналіз техніко-економічних переваг ідеї

Переваги спроектованої системи: простота інтеграції в різні автомобілі, включаючи масові моделі, та значно нижча вартість у порівнянні з Lamborghini, що розширює потенційний ринок.

Слабкі сторони конкурента 1: висока складність інтеграції через специфічність конструкції та висока вартість, що робить систему доступною лише для елітних автомобілів.

Таблиця 7.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	Мій проект	Конкурент (Lamborghini)	W/N/S
-------	--	------------	-------------------------	-------

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мн.00.00.00 ПЗ				А 70
		Ковальов В.А.							
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата					

1	Автоматичне регулювання розвалу	Є	Є	S
2	Простота інтеграції	Висока	Низька	S
3	Вартість конструкції	Середня	Висока	S
4	Адаптивність до різних типів автомобілів	Широка	Обмежена	S

7.3 Технологічний аудит ідеї проекту

Таблиця 7.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Система автоматичної зміни розвалу коліс	Використання гідравлічних приводів	Наявні (готові рішення на ринку)	Доступні, потребують інтеграції
2	Управління системою через ECU	Модулі мікроконтролерів, програмування	Наявні, потрібна адаптація під авто	Доступні через спеціалізованих розробників
3	Контроль стану підвіски через датчики	Сучасні датчики виміру тиску	Наявні, використовуються в автомобілях	Доступні, потребують інтеграції

7.4. Аналіз попиту та стану ринку

Таблиця 7.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту.

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3 основних конкуренти (наприклад, Lamborghini, Tesla)
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	~500 млн грн у сегменті високотехнологічних підвісок
3	Динаміка ринку	Зростає (активний попит на системи для електромобілів)
4	Наявність обмежень для входу	Висока вартість розробки та сертифікації
5	Специфічні вимоги до стандартизації	Відповідність ISO/SAE для автомобільних компонентів
6	Середня норма рентабельності, %	10-15%

7.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Таблиця 7.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Підвищення безпеки та керованості автомобіля	Виробники автомобілів преміум- сегмента	Вимога до інноваційності, готовність платити за якість	Висока точність, надійність, адаптивність

2	Зниження зносу шин	Компанії-логісти	Схильність до економії, потреба у довговічності	Довговічність, низька вартість обслуговування
3	Покращення продуктивності на треках	Спортивні команди	Високі вимоги до продуктивності, готовність вкладати у тестування	Максимальна ефективність у поворотах, інтеграція із телеметрією

7.6. Аналіз факторів впливу

Таблиця 7.6. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Висока конкуренція	Наявність сильних гравців із великими бюджетами	Розробка дешевшого, але функціонального рішення
2	Вимоги до сертифікації	Дорога та тривала процедура сертифікації	Партнерство з компаніями, які мають досвід у сертифікації
3	Вартість розробки	Високі інвестиційні витрати на етапі запуску	Залучення грантів та інвесторів

Таблиця 7.7. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Зростання попиту	Попит на технології безпеки та керованості	Акцент на ринок електромобілів
2	Інтерес до екологічних інновацій	Розвиток технологій для зниження енергоспоживання	Розробка систем з мінімальним споживанням енергії
3	Розширення доступу до компонентів	Зниження вартості компонентів для гідравлічних систем	Залучення постачальників із конкурентними цінами

7.7. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Таблиця 7.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
Тип конкуренції	Монополістична конкуренція	Необхідно створити унікальну цінність продукту (інновації, ціна, якість).
За рівнем конкурентної боротьби	Національний та міжнародний ринок	Важливо врахувати глобальні тенденції та

		адаптувати продукт до міжнародних стандартів.
За галузевою ознакою	Внутрішньогалузева	Конкуренція в сегменті автомобільних систем керування підвіскою.
Конкуренція за видами товарів	Товарно-видова	Необхідно акцентувати на специфічних перевагах (низька вартість, простота інтеграції).
За характером конкурентних переваг	Нецінова	Фокус на інноваційності та технічній перевазі.
За інтенсивністю	Не марочна	Можливість створення сильного бренду через якісний маркетинг.

7.8. Аналіз конкуренції за моделлю 5 сил М. Портера

Таблиця 7.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Опис
Прямі конкуренти	Lamborghini (зміна розвалу), Tesla (адаптивна підвіска).
Потенційні конкуренти	Стартапи в галузі електронних систем керування підвіскою.
Постачальники	Постачальники електромеханічних приводів та датчиків, їх вплив низький через широку доступність компонентів.
Клієнти	Виробники автомобілів преміум-класу; клієнти мають сильний вплив

	через високі вимоги до якості та стандартизації.
Товари-замінники	Механічні системи налаштування підвіски, менш ефективні, але дешевші.

7.9. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

Таблиця 7.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Низька вартість виробництва	Використання стандартних електромеханічних компонентів забезпечує доступну ціну.
2	Простота інтеграції	Сумісність із більшістю автомобільних платформ за рахунок модульної конструкції.
3	Технічна інноваційність	Автоматичне налаштування розвалу залежно від дорожніх умов забезпечує унікальну пропозицію.

7.10. Порівняльний аналіз сильних і слабких сторін

Таблиця 7.11. Порівняльний аналіз сильних і слабких сторін стартапу

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бал и 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні	
1	Низька вартість виробництва	15	Lamborghini: -3	Tesla: -2
2	Простота інтеграції	18	Lamborghini: -2	Tesla: 0

3	Технічна інноваційність	20	Lamborghini: +3	Tesla: +3
---	----------------------------	----	-----------------	-----------

7.11. SWOT-аналіз стартап-проєкту

Таблиця 7.12. SWOT-аналіз стартап-проєкту

Сильні сторони (S)	Слабкі сторони (W)
Інноваційність продукту	Високі витрати на розробку та сертифікацію
Простота інтеграції в автомобілі	Необхідність додаткових ресурсів
Конкурентна ціна	Відсутність власного бренду

Таблиця 7.13. SWOT-аналіз стартап-проєкту(2)

Можливості (O)	Загрози (T)
Зростання попиту на інноваційні рішення	Висока конкуренція в галузі
Розширення ринку електромобілів	Потенційна складність із залученням інвестицій

7.12. Альтернативи ринкового впровадження

Таблиця 7.14. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проєкту

№ п/п	Альтернатива	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Співпраця з виробниками електромобілів	Висока	Середньострокова
2	Вихід на преміум-сегмент через	Середня	Довгострокова

	партнерство з виробниками преміум-класу		
3	Запуск масового продукту для бюджетного сегмента	Низька	Довгострокова

7.13. Розробка ринкової стратегії

Таблиця 7.15. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит	Інтенсивність конкуренції	Простота входу
1	Виробники електромобілів	Висока	Зростаючий	Середня	Висока
2	Спортивні команди	Висока	Стабільний	Висока	Середня

7.14. Визначення базової стратегії розвитку

Таблиця 7.16. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції	Базова стратегія розвитку
1	Співпраця з	Концентрований маркетинг	Інноваційність, адаптивність	Продуктова

	виробниками електромобілів			диференціація
--	-------------------------------	--	--	---------------

7.15. Визначення стратегії конкурентної поведінки

Таблиця 7.17. Визначення стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем»?	Чи буде компанія шукати нових споживачів?	Чи буде компанія копіювати товар конкурента?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Так	Так	Ні	Стратегія інноваційного лідерства

7.16. Визначення стратегії позиціонування

Таблиця 7.18. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції	Вибір асоціацій
1	Інноваційність, адаптивність	Продуктова диференціація	Простота інтеграції, зниження витрат	Інновація, доступність, якість

7.17. Визначення ключових переваг концепції

Таблиця 7.19. Визначення ключових переваг концепції

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
1	Підвищення керованості та безпеки автомобіля	Автоматичне регулювання розвалу для оптимального зчеплення	Простота інтеграції, знижена вартість
2	Зниження зносу шин	Адаптація до різних умов руху	Інноваційність, адаптивність
3	Економія часу та коштів на обслуговування	Зменшення частоти заміни шин	Використання доступних компонентів

7.18. Опис трьох рівнів моделі товару

Таблиця 7.20. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
I. Товар за задумом	Основна потреба: покращення зчеплення, керованості та економії.
II. Товар у реальному виконанні	Характеристики: автоматичне регулювання, інноваційна система розвалу. Якість: відповідність стандартам ISO, сертифікація.
III. Товар із підкріпленням	

	Гарантія: 2 роки. Післяпродажне обслуговування: консультації, модернізація.
--	---

7.19. Визначення меж встановлення ціни

Таблиця 7.21. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни
1	3000–5000 USD	7000–10000 USD	Доходи клієнтів преміум-сегмента	Від 4000 до 6000 USD

7.20. Формування системи збуту

Таблиця 7.22. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Орієнтація на інновації, висока вимогливість	Сертифікація, технічна підтримка	Пряма система збуту	Прямі контракти з виробниками автомобілів

7.21. Розроблення концепції маркетингових комунікацій

Таблиця 7.23. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій	Ключові позиції для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Орієнтація на якість та інновації	Виставки, конференції	Інноваційність, економія ресурсів	Презентація переваг системи	"Інновації для кожного авто"

7.22. Висновок

У рамках цього розділу було здійснено оцінку технічної та економічної доцільності проєкту, визначено його ринкові перспективи, конкурентні переваги, а також створено стратегічний план реалізації.

У розробці стартапу приділено увагу аналізу ринкового середовища, опису ключових споживачів та механізмів монетизації. Запропонований бізнес-план дозволяє реалізувати проєкт у кілька етапів, починаючи з прототипування і тестування системи до її впровадження на ринок у партнерстві з провідними автовиробниками.

стартап має всі шанси на успішну реалізацію завдяки технічним і економічним перевагам, інноваційності та відповідності сучасним вимогам ринку.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання магістерської роботи було проведено комплексне дослідження, спрямоване на розробку системи автоматизованої зміни розвалу коліс автомобіля. Ця інноваційна технологія дозволяє адаптувати ходові характеристики автомобіля до змінних умов експлуатації, покращуючи його керованість, зчеплення шин із дорогою, а також підвищуючи рівень безпеки.

Під час роботи над проектом, дослідницьким методом були виведені оптимальні значення для повноцінної роботи системи в межах від $+1^\circ$, до -4° , розвалу коліс.

Результати роботи включають обґрунтування технічної та економічної доцільності розробки, аналіз її впливу на покращення характеристик автомобіля, а також рекомендації з подальшого впровадження. Система має широкий потенціал застосування як для спортивних автомобілів, так і для серійних моделей, орієнтованих на адаптивну динаміку та безпеку.

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мн.00.00.00 ПЗ	83
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Система керування задніми колесами (Rear-Wheel Steering, RWS)
<https://presskit.porsche.de/models/en/porsche-cayenne-coupe/technical-illustrations.html>
2. Адаптивна підвіска (Adaptive Suspension)
<https://newatlas.com/audis-new-magnetic-semi-active-suspension-system/5752/>
3. Схематичне зображення активної аеродинаміки
<https://www.mdpi.com/1996-1073/14/23/7887>
4. Система автоматичного вирівнювання автомобіля
<https://www.linkedin.com/pulse/vehicles-equipped-air-suspension-market-see-growth-audi-burhanuddin-0thaf>
5. Система автоматичного вирівнювання автомобіля
https://global.honda/en/tech/serial/Honda_Super_Handling_part04/
6. Зображення та пояснення значень розвалу коліс автомобіля
<https://www.challengerforumz.com/threads/is-removing-the-rear-negative-camber-so-the-tires-lay-flat-good-or-bad.147108/>
7. Схематичне зображення принципу роботи явища куту ковзання
<https://rvbooks.com.au/trailer-dynamics/>
8. Приблизний графік відношення куту ковзання до навантажень
<https://www.suspensionsetup.info/blog/tyre-slip-angle-truth>
9. Системи пожежогасіння гоночних автомобілів
<https://ua.chinesefire.net/rally-car-fire-extinguisher-system/electrical-rally-car-fire-extinguisher-system/racing-car-fire-suppression-systems.html>
10. Гідроприводи та гідропневмоавтоматика: Підручник В. О. Федорець, М. Н. Педченко, В. Б. Струтинський та ін. За ред. В. О. Федорця. — К.: Вища школа, — 1995. — 463 с.
11. Стаття про вплив розвалу на ходові характеристики авто.
<https://bs.zp.ua/article/razval-skhozhdzenie-hto-hto-i-zachem-hto-nuzhno>

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мн.00.00.00 ПЗ	А
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		84

12. <https://www.charlesjwalker.com/category/sae-teams/fsae-electric/>

11. Методичні вказівки до курсового проекту за курсом «Проектування об'ємних гідроприводів» для студентів з фаху «Гідравлічні і пневматичні машини» (Укладач В. К. БУСЛОВ – Київ, НТУУ «КПІ», 2008 – 80 с.)

13. **Reimpell, J., Stoll, H., Betzler, J. W.**

"The Automotive Chassis: Engineering Principles". – Butterworth-Heinemann, 2001.

14. «АВТОМОБІЛІ РОБОЧІ ПРОЦЕСИ ТА ОСНОВИ РОЗРАХУНКУ»

Проектування підвіски автомобіля Автори: Біліченко В. В.,
Добровольський О. Л., Смирнов Є. В., Огневий В. О. Вінниця ВНТУ
2017

		Кравчук А.В.			МГ.МАЗ1мн.00.00.00 ПЗ	А 85
		Ковальов В.А.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		