

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

«На правах рукопису»
УДК 692.01

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: Активна аеродинамічна система антикрил з гідравлічним та електричним
приводом для автомобіля

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

Ситник Іван Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник д.т.н., професор, Губарев Олександр Павлович

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант* _____

(назва розділу)

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

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

Студент(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(ці)
Ситник Іван Андрійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: Активна аеродинамічна система антикрил з гідравлічним та електричним приводом для автомобіля

науковий керівник дисертації д.т.н., професор, Губарев Олександр Павлович,
(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 «__» грудня 2024 р.

3. Об'єкт дослідження активне антикрило автомобіля _____

4. Вихідні дані Корисне зусилля 12 кН, робочий тиск 12 МПа, довжина ходу штока 100 мм, максимальний кут атаки антикрила 15°

5. Перелік завдань, які потрібно розробити Розділ 1. Огляд відомих технічних рішень активної аеродинаміки автомобілів, Розділ 2. Дослідження аеродинамічних антикрил, Розділ 3. Система керування антикрилами, Розділ 4.

Розробка принципової гідравлічної схеми для керування антикрилом, Розділ 5. Безпечна експлуатація та обслуговування, Розділ 6. Розробка стартап проекту.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу A4 – 10 листів

7. Орієнтовний перелік публікацій теза доповідь на міжнародній науково-технічній конференції «Наукові орієнтири: теорія та практика досліджень» (м. Вінниця, Україна), теза доповідь на міжнародній науково-технічній конференції «Гідроаеромеханіка в інженерній практиці» (м. Київ, Україна)

8*. Консультанти розділів дисертації

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

8. Дата видачі завдання 03.09.2024

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз ринку, огляд існуючих технічних рішень	16.09.2024	
2	Розробка 3д моделей конструкції антикрил	06.10.2024	
3	Дослідження аеродинамічних властивостей при різних положеннях антикрил	17.10.2024	
4	Розробка системи керування антикрилами	24.10.2024	
5	Розробка принципової гідравлічної схеми для керування великим антикрилом	29.10.2024	
6	Побудова 3д збірки гідроциліндру	07.11.2024	
7	Створення креслень гідроциліндру	15.11.2024	
8	Написання розділу Безпечна експлуатація та обслуговування	20.11.2024	
9	Написання розділу Розробка стартап проекту	27.11.2024	
10	Внесення покращень	03.12.2024	

Студент (ка)

Іван Ситник

Керівник

Олександр Губарев

Анотація

Ситник І.А. Активна аеродинамічна система антикрил з гідравлічним та електричним приводом для автомобіля

Робота складається з 6 розділів, має обсяг 89 аркушів, містить 32 ілюстрації, 22 таблиці. При написанні роботи було використано 13 джерел.

Метою даної магістерської дисертації є дослідження системи активної аеродинаміки, яка здатна автоматично адаптувати кут атаки антикрил в реальному часі, в залежності від швидкості автомобіля та умов руху і враховувати перерозподіл навантаження між задніми колесами. Така система дозволить забезпечити максимально можливу притискну силу для покращення керованості автомобіля на поворотах і маневрах, а також мінімізацію опору на прямих ділянках для досягнення вищих швидкостей.

Ключові слова: антикрило, гідравлічна схема, електрична схема, активна аеродинаміка

Abstract

Sytnyk Ivan Active aerodynamic wing system with hydraulic and electric drive for a car

The work consists of 6 sections, has a volume of 89 sheets, contains 32 illustrations, 22 tables. 13 sources were used when writing the work.

The purpose of this master's thesis is to study the active aerodynamics system, which is able to automatically adapt the angle of attack of the wing in real time, depending on the speed of the car and driving conditions and take into account the redistribution of the load between the rear wheels. Such a system will provide the maximum possible downforce to improve the controllability of the car in turns and maneuvers, as well as minimize resistance on straight sections to achieve higher speeds.

Keywords: wing, hydraulic circuit, electrical circuit, active aerodynamics

Пояснювальна записка до магістерської дисертації

на тему: Активна аеродинамічна система антикрил з гідравлічним та електричним приводом для автомобіля

Київ – 2024 рік

ЗМІСТ

ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ВІДОМИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ АКТИВНОЇ АЕРОДИНАМІКИ АВТОМОБІЛІВ.	12
1.1. Загальні відомості про активну аеродинаміку автомобілів.	12
1.2. Аналіз відомих технічних рішень.	15
1.3. Переваги і недоліки активних антикрил	20
1.4. Висновок до розділу	21
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ АНТИКРИЛ	23
2.1. Постановка мети та задач дослідження	23
2.2. Розробка 3д моделі для дослідження	23
2.3. Початкові умови для дослідження	25
2.4. Дослідження антикрил	32
2.5. Визначення параметрів на основі дослідних даних	36
2.6. Висновок до розділу	37
РОЗДІЛ 3. СИСТЕМА КЕРУВАННЯ АНТИКРИЛАМИ.	38
3.1. Опис системи керування.	38
3.2. Схема управління антикрилами.	39
3.3. Програма управління антикрилами	43
3.3.1. Код контролера ардуїно і позначення	44
3.4. Висновок до розділу	47
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ ГІДРАВЛІЧНОЇ СХЕМИ ДЛЯ КЕРУВАННЯ АНТИКРИЛОМ	48
4.1. Формування технічного завдання	48
4.2. Розрахунок системи гідроприводу	49
4.2.1. Визначення розмірів основного гідроциліндра	50
4.2.2. Вибір робочої рідини	51

					<i>МГ.МА31МП.00.00.00 ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Ситник І.А.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевірив		Губарев О.П.			7	89	
					<i>КПІ ім. І. Сікорського</i>		
					<i>Активна аеродинамічна система антикрил з гідравлічним та електричним приводом для автомобіля</i>		

4.2.3. Визначення витрат і тисків в гідроциліндрі	52
4.2.4. Розрахунок подачі насосу	54
4.2.5. Гідравлічний розрахунок і вибір розмірів трубопроводів	55
4.2.6. Тепловий розрахунок системи гідроприводу	59
4.2.7. Розрахунок гідроциліндрів на тривкість	60
4.2.8. Розрахунок різьбових з'єднань	61
4.2.9. Підбране стандартне обладнання	62
РОЗДІЛ 5. БЕЗПЕЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ	66
5.1. Загальні правила роботи з системою	66
5.2. Робота з гідравлічними системами	67
5.3. Пожежна безпека	67
5.4. Електрична безпека	68
5.5. Висновок до розділу	69
РОЗДІЛ 6. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ	70
6.1. Опис ідеї проекту (товару, послуги, технології)	70
6.1.1. Аналіз техніко-економічних переваг ідеї	70
6.2. Технологічний аудит ідеї проекту	71
6.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	73
6.3.1. Аналіз попиту: стан ринку	73
6.3.2. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту	75
6.3.3. Аналіз ринкового середовища: загрози та можливості	76
6.3.4. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку	77
6.3.5. SWOT-аналіз стартап-проекту	78
6.4. Розроблення ринкової стратегії проекту	79
6.4.1. Визначення стратегії охоплення ринку	79
6.4.2. Визначення базової стратегії розвитку	80
6.4.3. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки	80
6.4.4. Визначення стратегії позиціонування	81
6.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	82
6.5.1. Формування маркетингової концепції товару	82

6.5.2. Трирівнева маркетингова модель товару	83
6.5.3. Визначення цінових меж	84
6.5.4. Визначення оптимальної системи збуту	84
6.5.5. Розроблення концепції маркетингових комунікацій	85
6.6. Висновок до розділу	85
ВИСНОВКИ	87
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	88

		<i>Ситник І.А.</i>			<i>МГ.МАЗ1МП.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
		<i>Губарев О.П.</i>				<i>9</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Вступ

На сьогоднішній день технології автоспорту постійно вдосконалюються в напрямку підвищення ефективності проходження поворотів. Особливо це актуально, де високі швидкості потребують використання новітніх рішень у сфері аеродинаміки для забезпечення стійкості і керованості. Однак, навіть при високих показниках ефективності, існують суттєві недоліки, пов'язані з аеродинамічними властивостями автомобіля, особливо у сфері активної аеродинаміки.

Однією з ключових проблем є необхідність досягнення балансу навантаження між окремими колесами автомобілю. Підвищення притискної сили забезпечує кращу стабільність і зчеплення з дорогою, але водночас збільшує опір, що негативно впливає на швидкість і паливну ефективність. Активні аеродинамічні системи можуть адаптивно змінювати геометрію елементів (таких як антикрило), сприяти ефективному гальмуванню, в залежності від швидкості і маневрів автомобіля, забезпечуючи оптимальні параметри на кожному етапі руху. Проте, існуючі рішення часто вимагають доопрацювання через складність механізмів та неврахуванні дисбалансу навантаження між окремими колесами.

Метою даної магістерської дисертації є дослідження системи активної аеродинаміки, яка здатна автоматично адаптувати кут атаки антикрил в реальному часі, в залежності від швидкості автомобіля та умов руху і враховувати перерозподіл навантаження між задніми колесами. Така система дозволить забезпечити максимально можливу притискну силу для покращення керованості автомобіля на поворотах і маневрах, а також мінімізацію опору на прямих ділянках для досягнення вищих швидкостей. В рамках проекту буде розроблено нову стенд з новою конструкцією з двома секційними антикрилами та одним великим, створено алгоритми керування аеродинамікою і проведено її дослідження.

		<i>Ситник І.А.</i>			МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		<i>Губарев О.П.</i>				10
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Цей підхід дозволить підвищити загальну ефективність автомобіля на треку, зменшити зношування шин та покращити контроль водіння, що робить проект перспективним для спортивних автомобілів та інших транспортних засобів високої швидкості.

Мета: на основі досліджень правильно перерозподілити навантаження між задніми колесами гоночного автомобіля при проходженні поворотів на швидкості. Збільшити гальмівну ефективність та прискорення автомобіля. Визначити оптимальний кут відхилення антикрил.

Задачі дисертації:

1. Ознайомитися з існуючими системами, які використовуються в гоночних автомобілях
2. Розробити автоматизовану систему гідроприводу та сервоприводів і спроектувати гідравлічний циліндр, що буде виконувати процес відкриття-закриття великого антикрила
3. Розробити систему керування гідроприводу та сервоприводів в автоматичному режимі на основі даних з датчиків.
4. Проаналізувати і розробити оптимальні рішення для покращення аеродинамічних характеристик спортивних автомобілів через вдосконалення конструкції та управління антикрилами на основі досліджень.

		Ситник І.А.			МГ.МАЗ1МП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				11
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ВІДОМИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ АКТИВНОЇ АЕРОДИНАМІКИ АВТОМОБІЛІВ

1.1 Загальні відомості про активну аеродинаміку автомобілів

Активна аеродинаміка — це технологія, яка дозволяє змінювати аеродинамічні характеристики автомобіля залежно від умов руху. Основна мета активної аеродинаміки полягає в тому, щоб оптимізувати повітряні потоки навколо кузова, підвищуючи стабільність, зчеплення та ефективність при різних швидкостях і умовах руху.

Аеродинамічні рішення стали невід'ємною частиною високопродуктивних спортивних автомобілів. Традиційні системи аеродинаміки включають статичні елементи, такі як спойлери та дифузори, які спрямовують повітряні потоки для створення притискної сили. Однак, у 21-му столітті активна аеродинаміка дала можливість змінювати ці елементи в реальному часі, реагуючи на зміну умов руху: швидкість, кут повороту, прискорення чи гальмування.

Принципи дії активної аеродинаміки

Активна аеродинаміка базується на можливості динамічно змінювати конфігурацію аеродинамічних елементів відповідно до умов руху. Це включає:

- Притискну силу (Downforce), яка допомагає збільшити зчеплення шин з дорогою, особливо на високих швидкостях та в поворотах.
- Зменшення опору (Drag reduction), що дозволяє знизити лобовий опір повітря, підвищуючи максимальну швидкість і покращуючи паливну економічність.

Притискна сила

Активні аеродинамічні елементи, такі як антикрила і спойлери, можуть автоматично змінювати свою форму або кут нахилу, щоб збільшити або зменшити притискну силу в залежності від швидкості та кута нахилу автомобіля. На високих швидкостях притискна сила важлива для забезпечення стійкості та покращення керованості.

		Ситник І.А.			МГ.МАЗ1М7.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				12
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Приклади притискної сили можна побачити на гоночних болідах формули 1, де заднє антикрило змінює свій кут, забезпечуючи максимальну притискну силу в поворотах і мінімальний опір на прямих.

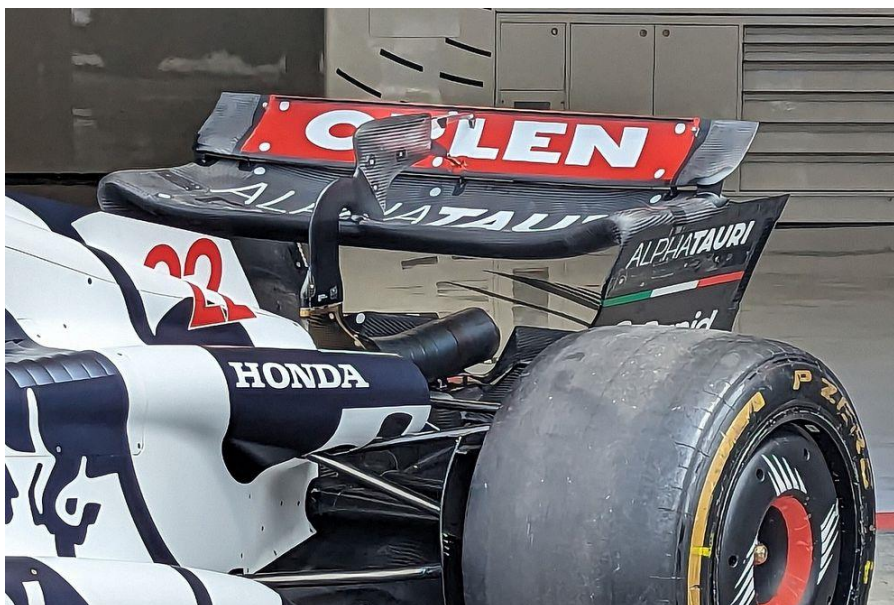


Рис. 1.1.1. Антикрило боліду Формули 1 [2]

Зменшення опору

Зменшення лобового опору досягається за допомогою автоматичних змін форми кузова або положення аеродинамічних елементів, що дозволяє поліпшити ефективність на високих швидкостях. Наприклад, деякі автомобілі можуть автоматично знижувати антикрило або закривати повітрозабірники, коли це не потрібно для охолодження двигуна, щоб зменшити опір.

		Ситник І.А.			МГ.МА31МП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				13
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Активні елементи аеродинаміки

Активна аеродинаміка включає кілька основних елементів:

1. Антикрило. В залежності від швидкості або положення автомобіля, антикрило змінює кут нахилу або форму для регулювання притискної сили. Це допомагає автомобілю залишатися стабільним на прямих та керованих поворотах.



Рис.1.1.2. Антикрило гоночного боліду Ferrari [3]

2. Повітряні заслінки (флапи). Флапи встановлюються в передній частині автомобіля і можуть відкриватися чи закриватися для регулювання потоку повітря до гальмівних систем або радіаторів.

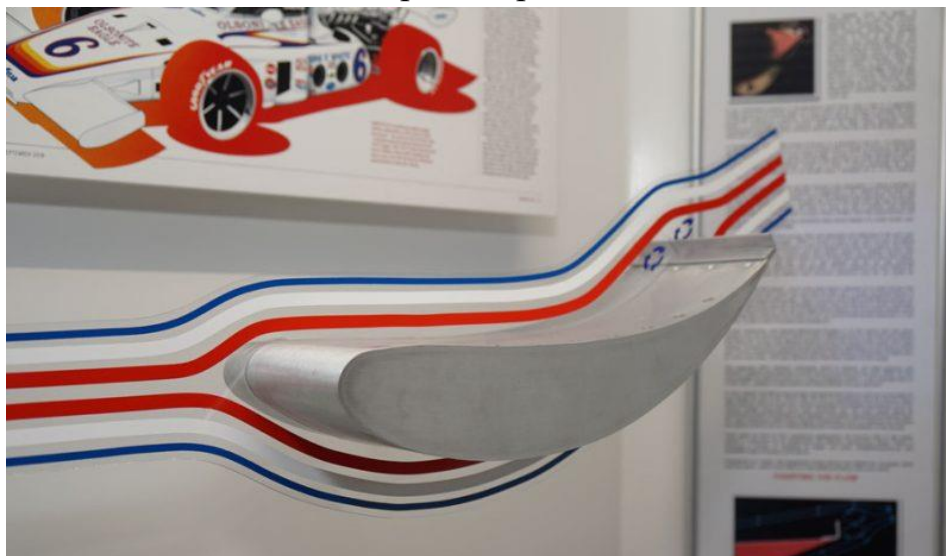


Рис.1.1.3. Повітряна заслінка [4]

		Ситник І.А.			МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				14
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

3. Дифузор. Дифузор допомагає зменшити опір і збільшити притискну силу шляхом контролю повітряного потоку під автомобілем. Деякі активні системи можуть змінювати кут нахилу дифузора для оптимізації притискної сили.



Рис 1.1.4. Дифузор гоночного боліду [5]

1.2. Аналіз відомих технічних рішень

Активні аеродинамічні системи вперше з'явилися в автомобілях F1 та на суперкаруселях у 1960-х роках, і з часом вони перейшли до дорожніх авто. Ось кілька відомих рішень:

1. Porsche 918 Spyder. У цьому автомобілі використовуються активні аеродинамічні елементи: задній спойлер змінює свій кут залежно від швидкості, а передні повітряні клапани контролюють потік повітря. Високошвидкісні налаштування спрямовані на зменшення опору, а в поворотах і при гальмуванні підвищується притискна сила.

		Ситник І.А.			МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				15
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		



Рис. 1.2.1. Активне антикрило автомобіля Porsche 918 Spyder [6]

Антикрило Porsche 918 Spyder має такі режими положення:

-Track Mode (трековий режим): кут відхилення найбільш агресивний (близько $10-15^\circ$) для створення максимальної притискної сили.

-E-Mode (електричний режим): антикрило ховається або зменшує кут атаки до мінімального положення для покращення аеродинаміки і зниження опору.

-High Speed Mode (високошвидкісний режим): антикрило оптимізує кут (приблизно $2-5^\circ$) для зменшення опору і покращення максимальної швидкості.

		Ситник І.А.			МГ.МАЗ1МП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				16
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

2. McLaren P1. Спортивний гіперкар, який обладнаний великим активним антикрилом, що піднімається на високих швидкостях для збільшення притискної сили. При різких маневрах кут антикрила змінюється для досягнення максимальної ефективності в будь-яких умовах руху.



Рис. 1.2.2. Активне антикрило автомобіля McLaren P1 [7]

Антикрило McLaren P1 має такі режими положення:

-Race Mode (гоночний режим): антикрило максимально підняте, з кутом до 29° , для створення найвищої притискної сили.

-High Speed Mode (режим високої швидкості): кут антикрила зменшується до $2-5^\circ$ для оптимізації аеродинамічного опору і підвищення максимальної швидкості.

-Drag Reduction System (DRS): активується на прямих ділянках, зменшуючи кут атаки антикрила до мінімального положення, щоб зменшити опір.

		Ситник І.А.			МГ.МАЗ1МП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				17
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

3. Bugatti Veyron. Активне антикрило на цьому автомобілі не лише змінює свій кут атаки, але й може підніматися в режимі гальмування, виконуючи функцію "повітряного гальма". Цей механізм дозволяє швидко збільшити опір повітрю для ефективного уповільнення на високих швидкостях.



Рис. 1.2.3. Активне антикрило автомобіля Bugatti Veyron [8]

Антикрило Bugatti Veyron має такі режими положення:

Handling Mode: кут відхилення антикрила може досягати 55° для створення максимальної притискної сили.

Top Speed Mode: антикрило автоматично ховається або переходить у мінімальне положення (кут відхилення близько 2°) для зменшення опору та досягнення максимальної швидкості (до 407 км/год).

Airbrake (повітряний гальм): при екстремому гальмуванні антикрило піднімається на 70° , створюючи додатковий опір для скорочення гальмівного шляху.

		Ситник І.А.			МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				18
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

4. Ferrari LaFerrari. У цьому автомобілі використовуються активні повітряні направляючі та задній спойлер, які налаштовуються для досягнення оптимальної притискної сили без збільшення лобового опору.



Рис. 1.2.4. Активне антикрило автомобіля Ferrari LaFerrari [9]

Антикрило Ferrari LaFerrari має такі режими роботи:

-Максимальний режим притискної сили: антикрило повністю розкривається, кут відхилення може досягати близько 15-20°.

-Режим мінімального опору: антикрило зменшує кут атаки або ховається, забезпечуючи зниження аеродинамічного опору для досягнення високих швидкостей.

-Динамічне гальмування: під час екстреного гальмування антикрило змінює своє положення для покращення стабільності автомобіля.

Спільною рисою цих антикрил є те, що окрім зміни кута положення, антикрило може ховатися в кузов, щоб мінімізувати опір повітря. Кінематична схема типової конструкції антикрила наведена на рисунку 1.2.5. де: 1 – привід який піднімає все антикрило або ховає в кузов, 2 – привід який змінює кут нахилу антикрила, 3 – обертальна пара для руху антикрила, 4 - антикрило

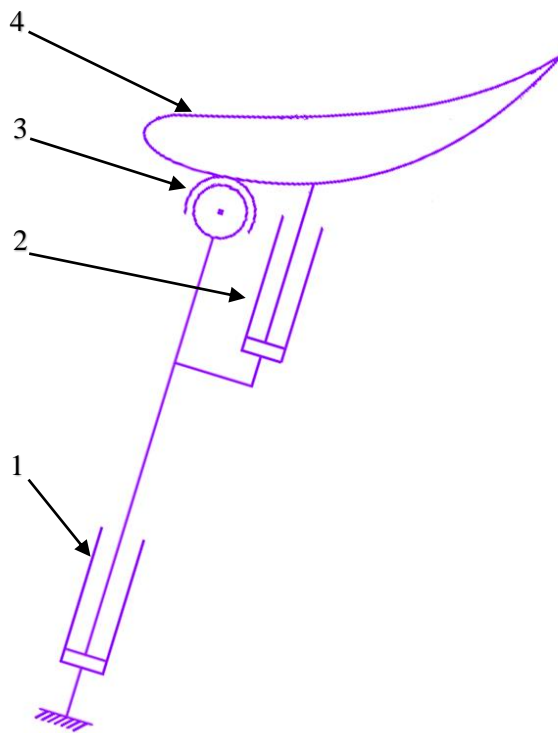


Рис.1.2.5. Кінематична схема типової конструкції активного антикрила

1.3. Переваги і недоліки активних антикрил

Переваги активної аеродинаміки:

1. Оптимізація продуктивності. Активна аеродинаміка забезпечує максимальну притискну силу на поворотах і мінімальний опір на прямих, що підвищує загальну продуктивність автомобіля.

2. Поліпшення стабільності. Зменшення турбулентності та поліпшення притискної сили дозволяє автомобілю залишатися більш стабільним на високих швидкостях.

3. Зменшення витрати палива. Мінімізація опору повітря на прямих дозволяє знизити витрати палива, що робить автомобіль ефективнішим.

Незважаючи на високу ефективність, активні антикрила мають низку недоліків та проблем, які стримують їх широке застосування та подальший розвиток:

1. Механічна складність. Сучасні активні системи потребують складних механізмів та електроніки для регулювання кута атаки або зміни форми. Це збільшує вагу, складність конструкції та вартість виробництва. Вони також

		Ситник І.А.			<i>МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
		Губарев О.П.				20
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

вимагають ретельного обслуговування, оскільки кожна рухома частина піддається високим навантаженням і може швидше зношуватися.

2. Затримка в реакції. Існуючі рішення часто не можуть забезпечити миттєву зміну конфігурації аеродинамічних елементів. Це може бути проблемою під час різких маневрів або при швидких змінах умов на дорозі, коли необхідна оперативна реакція для корекції притискної сили.

3. Асиметричний вплив на поворотах. Більшість активних антикрил на ринку не можуть ефективно розподіляти аеродинамічні сили між правим і лівим боками автомобіля під час поворотів. Це призводить до нерівномірного завантаження коліс і зниження загальної ефективності системи.

4. Аеродинамічні обмеження на низьких швидкостях. Деякі активні системи аеродинаміки малоефективні на низьких швидкостях, коли притискна сила є менш критичною. Однак це є ключовою проблемою для автомобілів, які потребують максимальної стабільності в умовах міських вулиць або під час старту.

1.4. Висновок до розділу:

Незважаючи на численні переваги активних антикрил, існуючі рішення мають певні обмеження, пов'язані зі складністю конструкцій, асиметричністю розподілу притискної сили та обмеженням ефективності на низьких швидкостях. У таблиці наведено порівняння основних характеристик антикрил від різних автомобілів:

		<i>Ситник І.А.</i>			МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		<i>Губарев О.П.</i>				21
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 1.4.1. Порівняння характеристик активних антикрил

Найменування автомобіля	Максимальне значення притисної сили	Максимальний кут відхилення антикрила	Мінімальний кут відхилення антикрила
Porsche 918 Spyder	2950 Н при швидкості понад 200 км/год	15°	2°
McLaren P1	5880 Н при швидкості 257 км/год	29°	0°
Bugatti Veyron	3430 Н при швидкості 220 км/год	55°/70°(звичайний режим/повітряне гальмо)	2°
Ferrari LaFerrari	3530 Н при швидкості 200 км/год	20°	2°

За результатами аналізу маємо підґрунтя для вирішення цих проблем шляхом розробки сегментованого антикрила з двома секціями, яке дозволить більш гнучко керувати аеродинамікою автомобіля.

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ АНТИКРИЛ

2.1. Постановка мети задач дослідження

Мета дослідження: Визначити вплив різних конфігурацій антикрил на аеродинамічні характеристики автомобіля, включаючи притискну силу та опір на різних швидкостях.

Задачі дослідження:

- Оцінити ефективність малих і великих антикрил на різних кутах атаки.
- Виявити, як змінюються притискна сила та опір при різних швидкостях
- Провести порівняння різних конфігурацій антикрил для визначення оптимального налаштування і розробки системи керування з гідроприводом і сервоприводами

2.2. Розробка 3д моделі для дослідження

Правильна форма антикрил і допоміжна аеродинаміка може значно покращити аеродинамічні властивості боліду, і його зчеплення з дорогою.

Притискна або підйомна сила, яку створює крило, виникає за рахунок різниці тисків на верхній і нижній частинах крила.

Потік повітря пригальмовується перед крилом і розділяється на дві частини, одна частина пройде під низом крила, а друга над крилом, і потім потік повітря за крилом знову з'єднається в один. Різниця тисків виникає в залежності від відстані, яку проходить потік повітря в безпосередньому наближенні до крила. Якщо крило матиме симетричну геометрію профілю то різниця тисків не виникатиме і силу можна буде створити тільки змінивши кут атаки крила. Потоки пройшовши більшу відстань розвинуть більшу швидкість і як наслідок, тиск в цих потоках зменшиться, а в частині крила де відстань буде меншою тиск буде більшим.

В нашому випадку потрібно зробити нижню поверхню крила більшої довжини, за рахунок чого знизу буде зона пониженого тиску, а зверху підвищеного і тоді на верхній частині крила, де тиск більший, виникатиме притискна сила.

		<i>Ситник І.А.</i>			<i>МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
		<i>Губарев О.П.</i>				<i>23</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Окрім притискної сили антикрило автомобіля створює опір повітря, який може бути шкідливим для якості прискорення автомобіля і величини максимальної швидкості але з іншого боку це явище опору антикрила в умовах гальмування може бути корисним для ефективнішого зниження швидкості, і економії елементів тертя гальмівної системи разом з станом шин. Під час гальмування центр мас переноситься ближче до передньої вісі і відповідно задні колеса дуже сильно розвантажуються, що може спричинити їх блокування(оскільки гоночні автомобілі не мають антиблокувальної системи гальм), тому закриття антикрила і відповідно збільшення прижимної сили корисне не тільки в поворотах, а і при гальмуванні.

В даному проекті буде розроблено 3 антикрила в одній конструкції: 2 малих напів антикрила і одне велике антикрило.

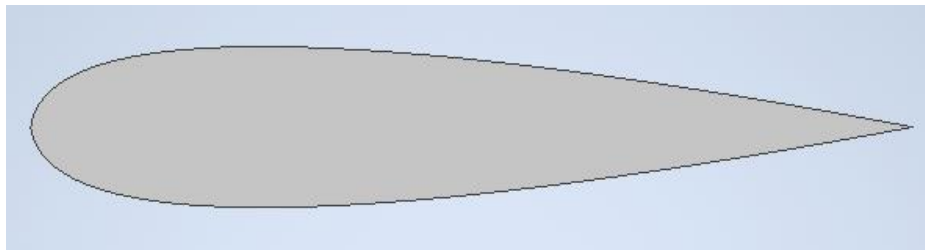


Рис. 2.2.1. Форма перерізу великого антикрила

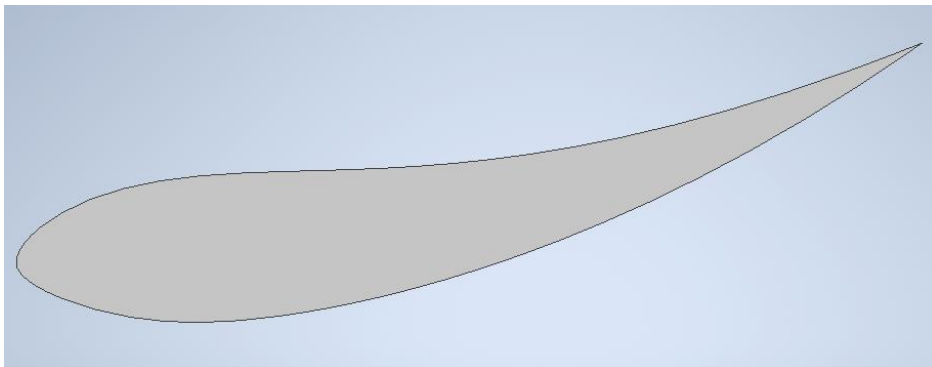


Рис. 2.2.2. Форма перерізу малого антикрила

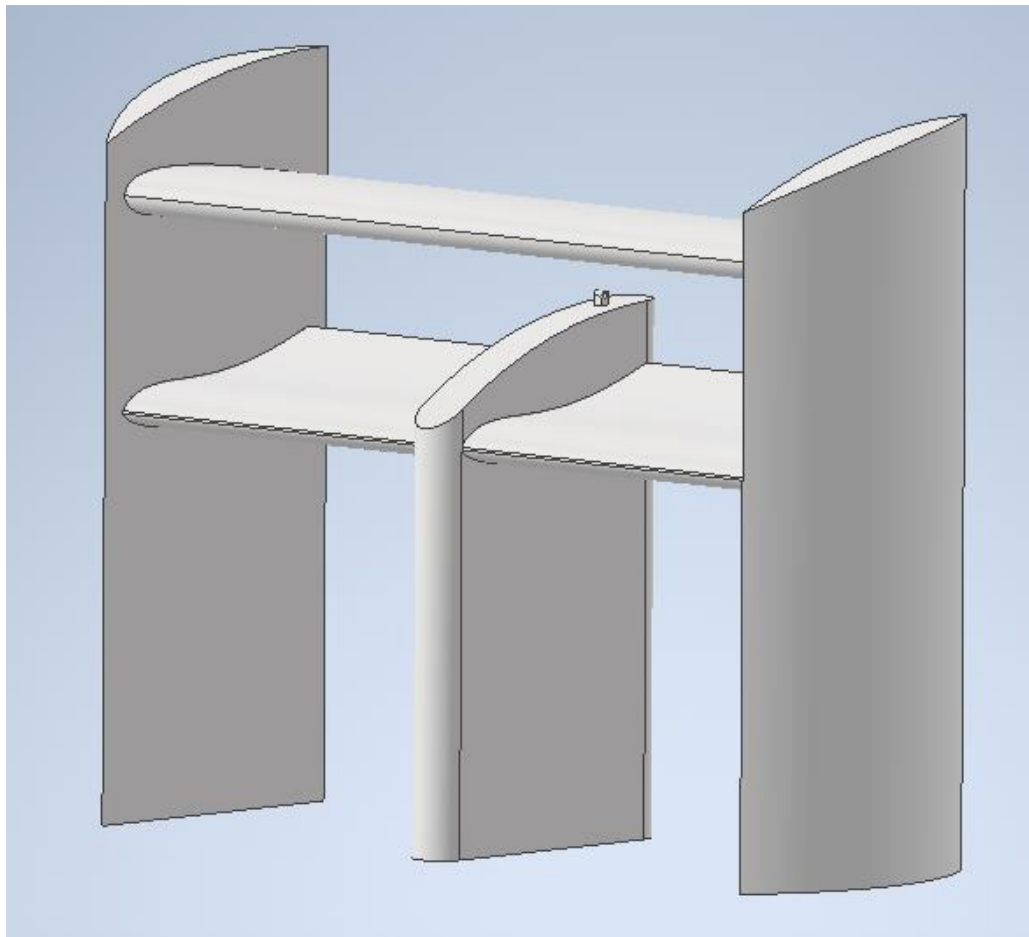


Рис. 2.2.3. Збірка конструкції антикрил

Розділення на два малих антикрила виконано для того, щоб можливо було динамічно розподіляти притискну силу між двома задніми колесами і зменшити ризик зносу задньої вісі в поворотах, що більш можливо коли наявне одне суцільне антикрило, яке однаково тисне на всю задню вісь авто хоча колеса в повороті за рахунок відцентрової сили навантажені по різному.

Велике антикрило є допоміжним і служить тільки для ефективного гальмування, і не має пропорційного регулювання як малі антикрила. Форма цього антикрила буде симетричною, щоб не створювати зайвий опір і притискну силу при наборі швидкості.

2.3. Початкові умови для дослідження

Щільність повітря (ρ): Для дослідження буде обрано стандартне значення на рівні моря приблизно $1,225 \text{ кг/м}^3$.

Кут атаки антикрил (α): Для кожного кроку дослідження кут буде змінюватись.

		Ситник І.А.			<i>МГ.МАЗ1МП.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
		Губарев О.П.				25
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Швидкість потоку повітря (v): В дослідженні розрахунок буде проводитись відносно швидкостей 150, 200, 250 км/год.

Для дослідження створюємо новий проект і обираємо потрібні нам одиниці виміру:

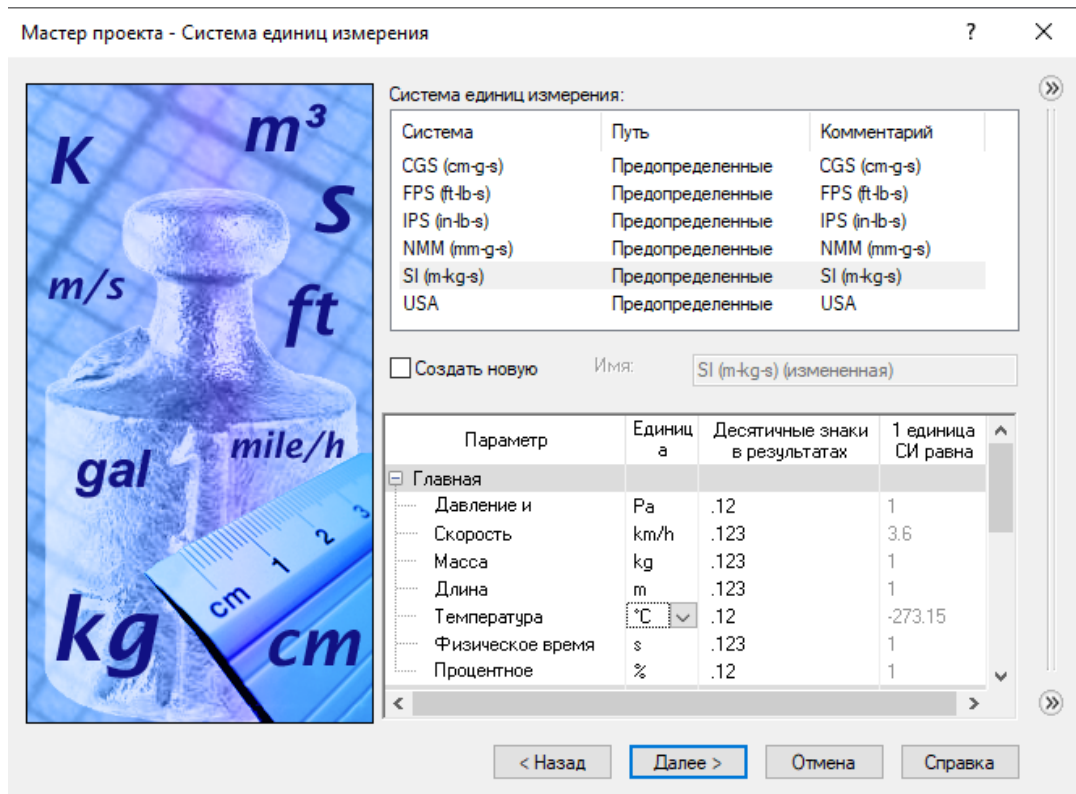


Рис.2.3.1. Вибір одиниць вимірювання в проекті дослідження

Обираємо тип задачі "зовнішня" та у фізичній моделі "потік рідини/газу" і задаємо напрямок і значення сили гравітації:

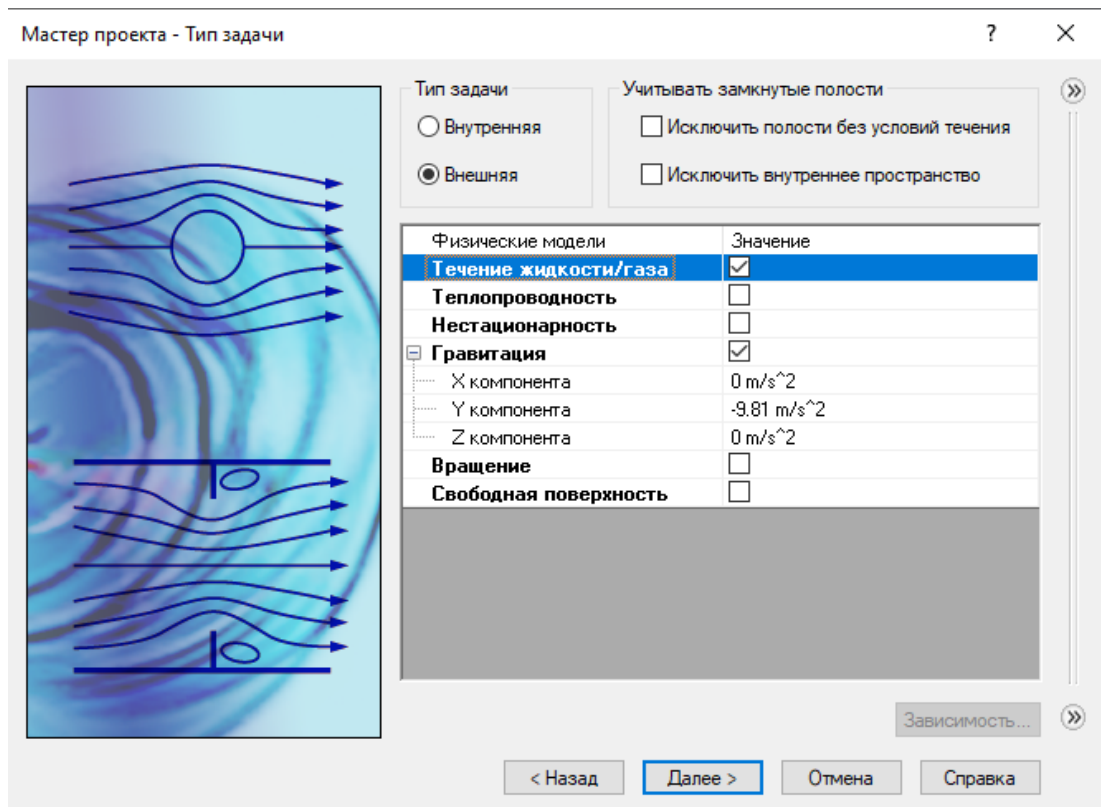


Рис.2.3.2. Вибір типу задачі в проекті дослідження

Для нашего текучего середовища обираємо зі списку газів повітря:

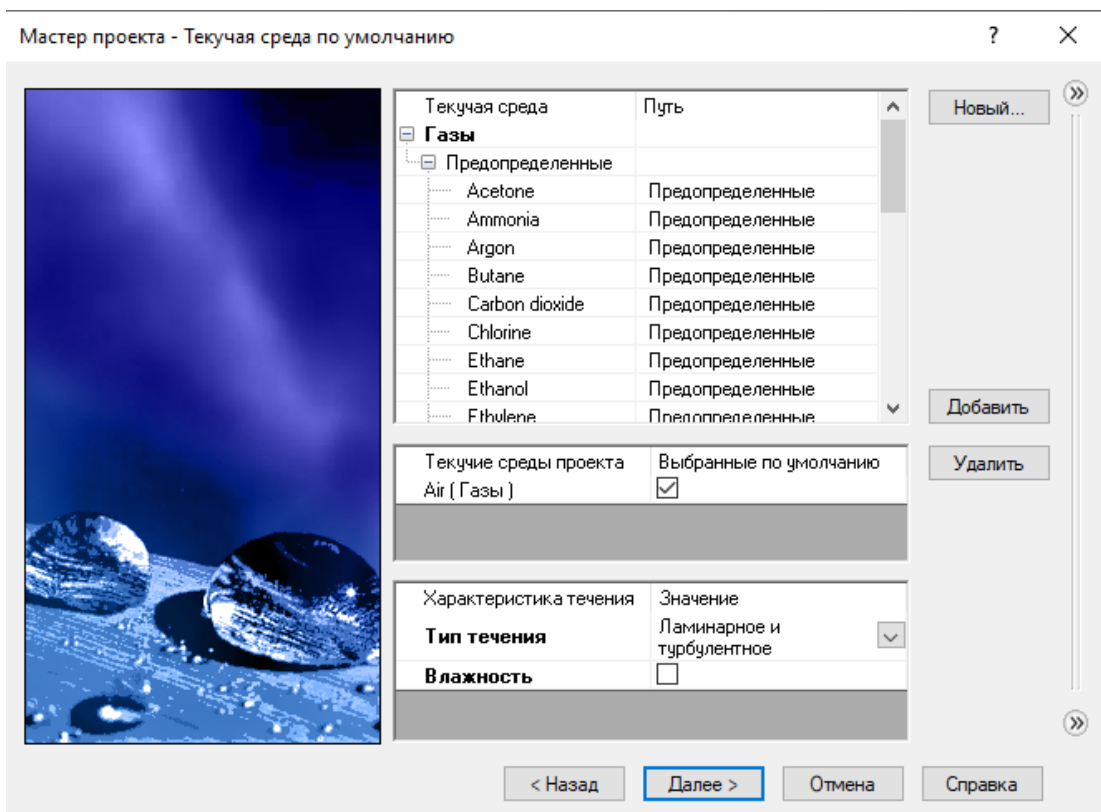


Рис.2.3.3. Вибір текучого середовища для дослідження

В початкових і зовнішніх умовах в параметрі тиск задаємо значення атмосферного. Також потрібно задати швидкість і напрямок потоку повітря(в нашому випадку це вісь X):

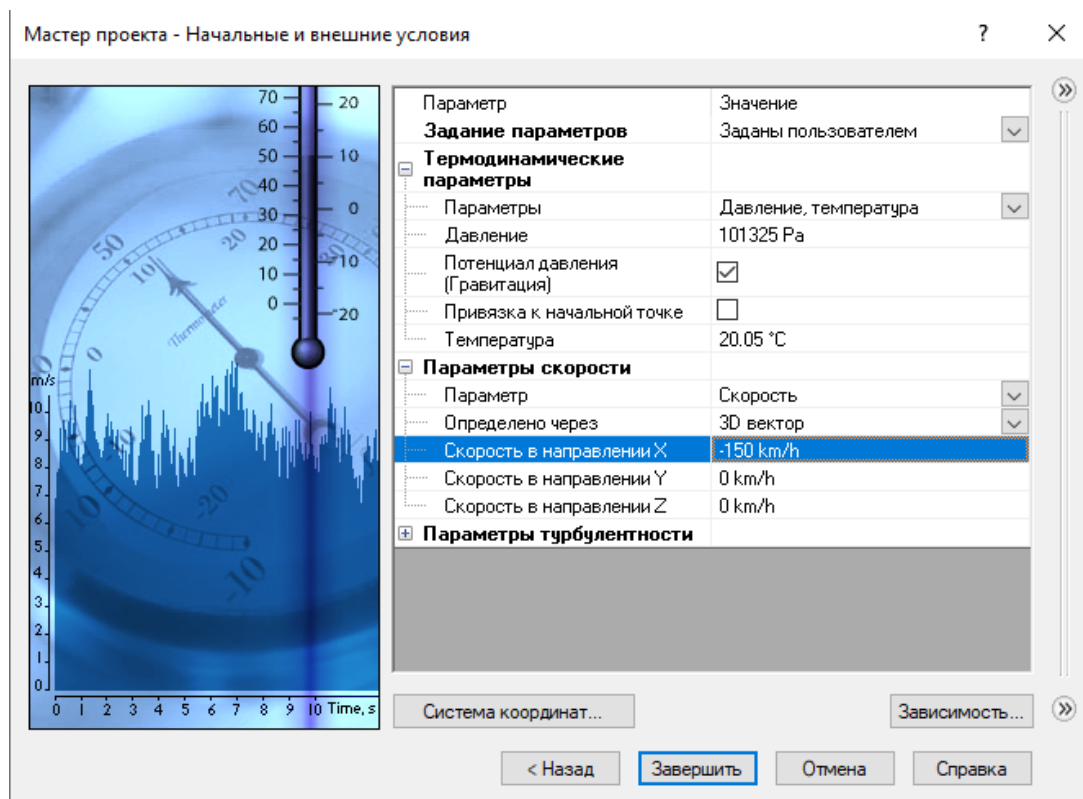


Рис.2.3.4. Визначення початкових і зовнішніх умов проекту дослідження

Після створення проекту потрібно задати розмір розраховуваної області симуляції:

		Ситник І.А.		
		Губарев О.П.		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

МГ.МА31МП.00.00.00 ПЗ

Арк.

28

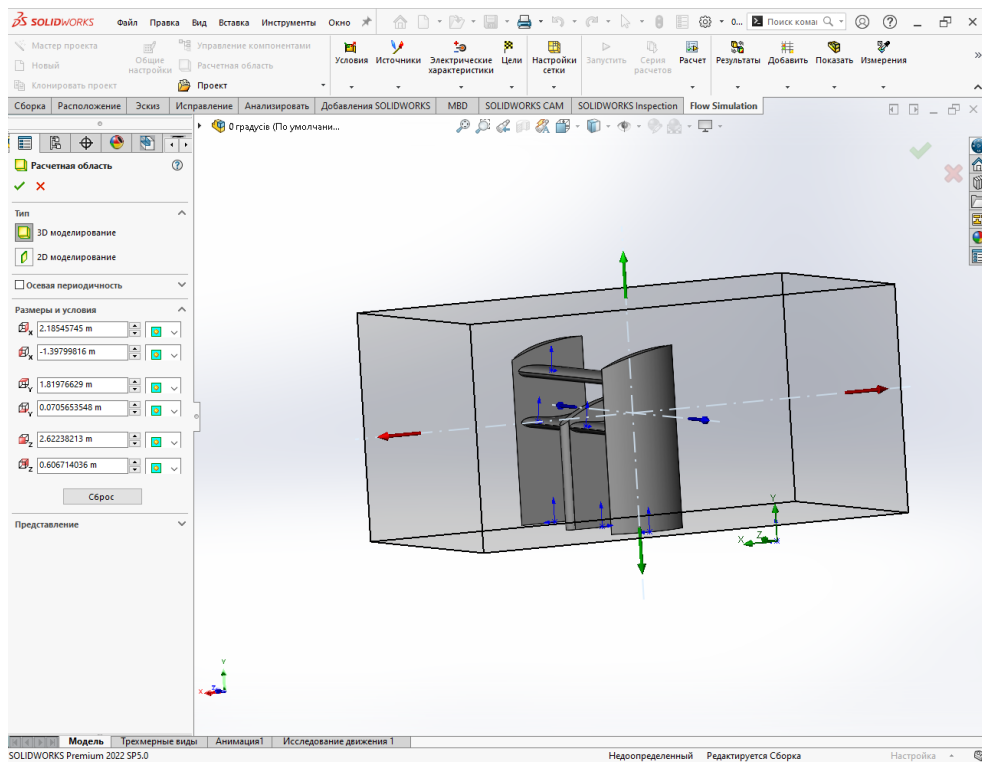


Рис.2.3.5. Зміна величини розраховуваної області симуляції

Для більшої точності дослідження обираємо максимальне значення для параметру розміру глобальної сітки:

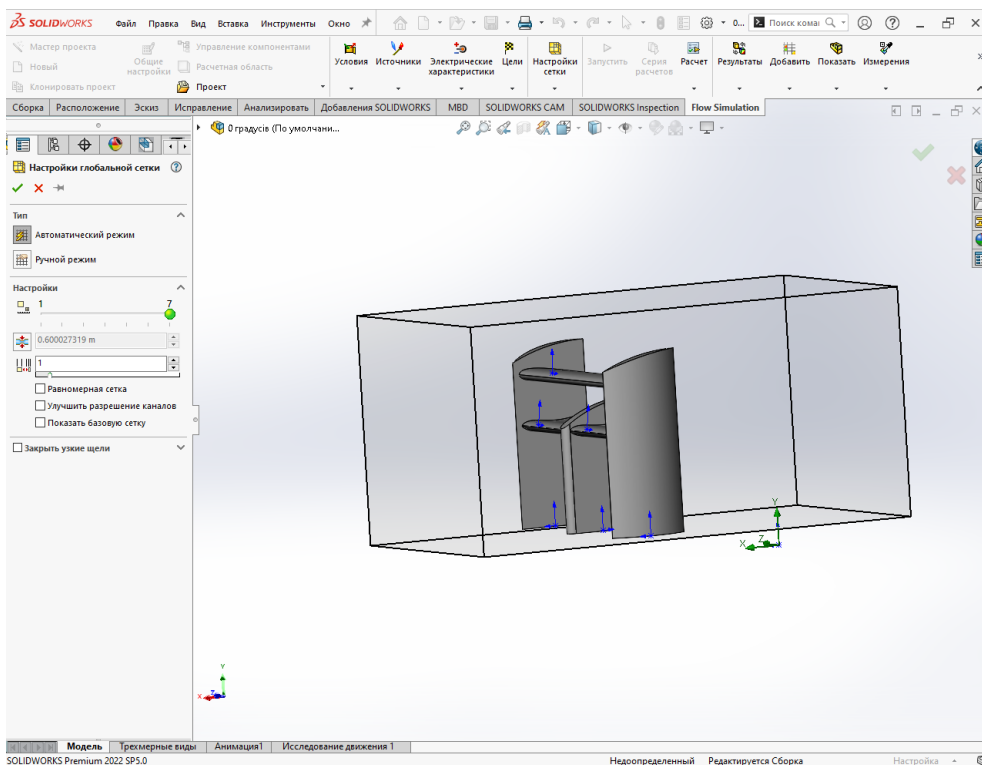


Рис.2.3.6. Налаштування розміру глобальної сітки проекту

Для того, щоб дізнаватись значення потрібних нам параметрів симуляції потрібно обрати глобальні цілі.

		Ситник І.А.		
		Гударев О.П.		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ

Арк.

29

В нашому випадку нас цікавить притискна сила і сила опору, яким відповідають сила по осі Y і сила по осі X:

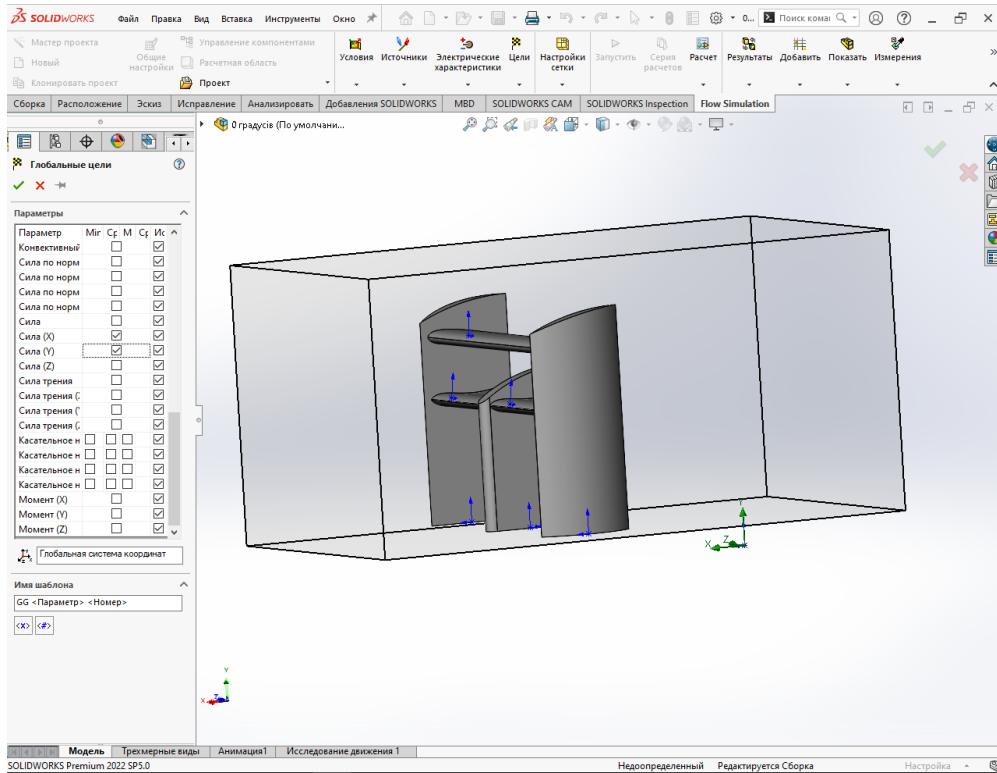
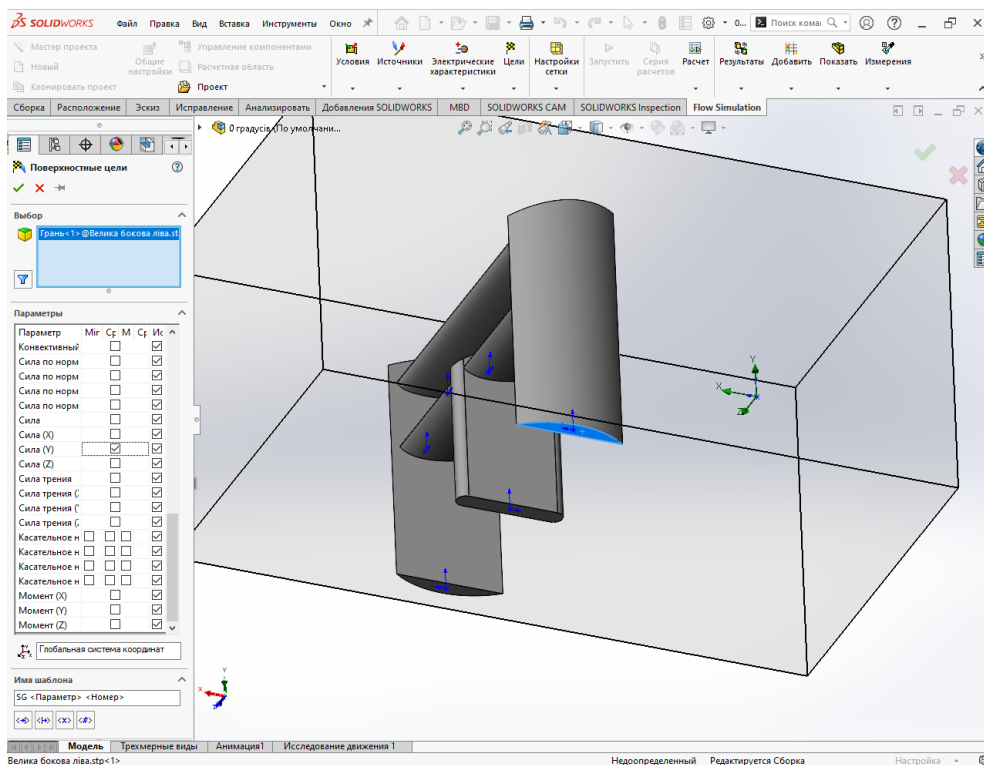


Рис.2.3.7. Вибір глобальних цілей проекту дослідження

Оскільки ми досліджуємо конструкцію з декількома антикрилами, нам потрібно знати сили які діють на праву і на ліву стійки антикрил, тому задаємо поверхневі цілі:



		Ситник І.А.		
		Губарев О.П.		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

МГ.МА31МП.00.00.00 ПЗ

Арк.

30

Рис.2.3.8. Вибір поверхневих цілей проекту дослідження

Після проведення симуляції всі цілі проекту можна експортувати в таблицю Excel, в якій будуть всі потрібні нам значення:

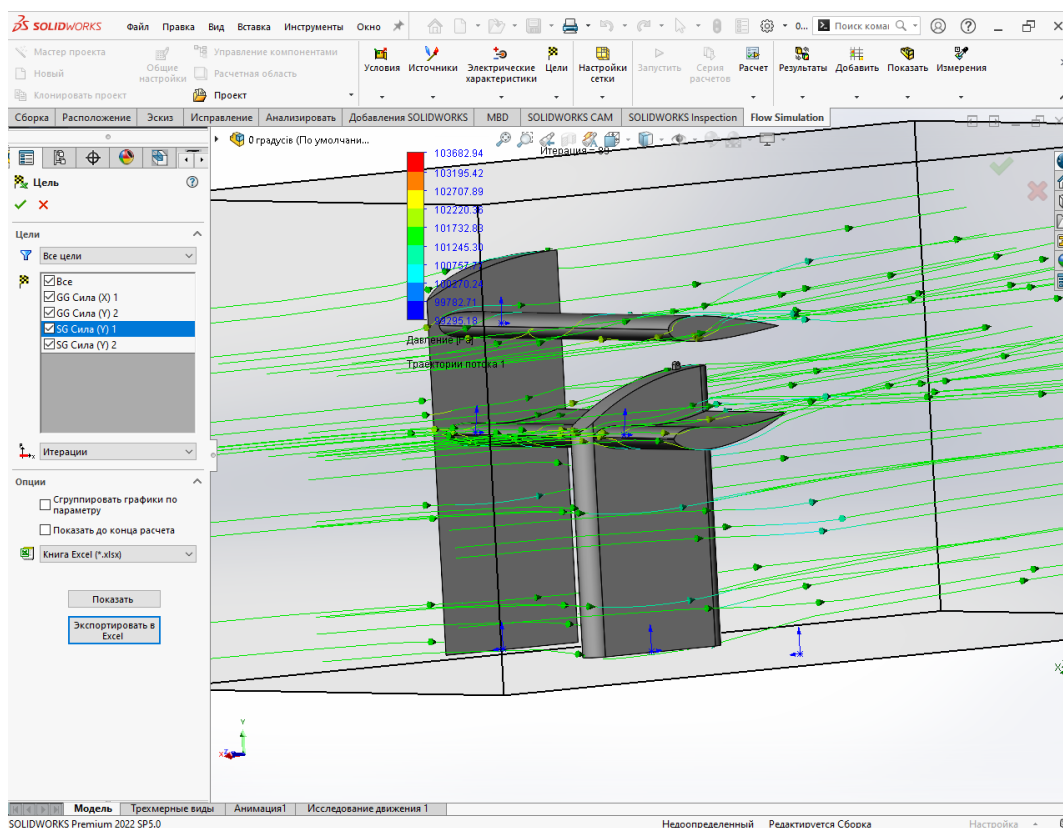
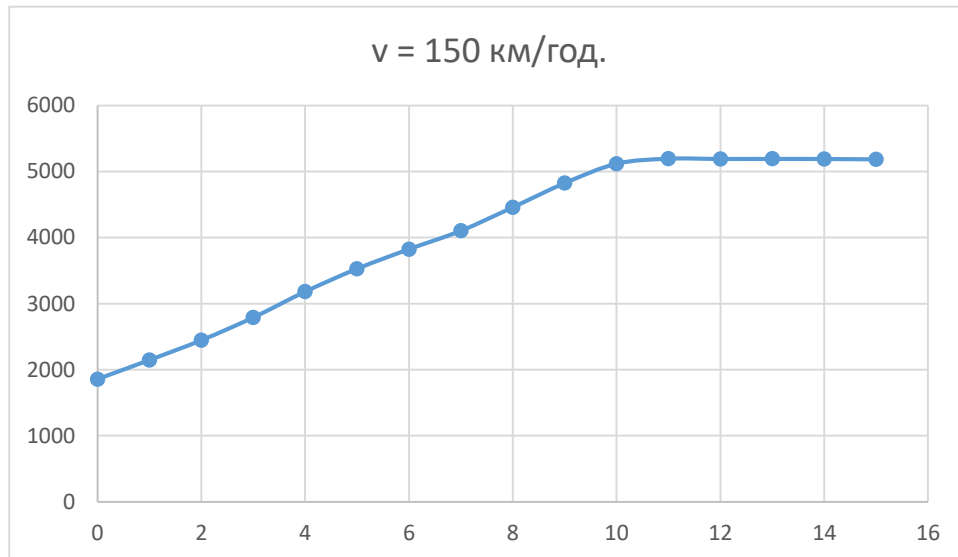


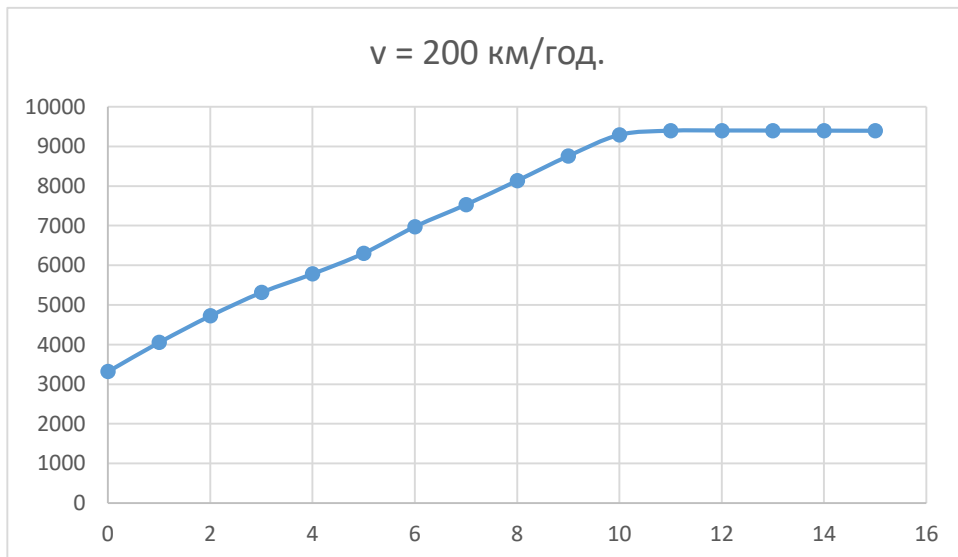
Рис.2.3.9. Експортування значень параметрів симуляції проекту

2.4. Дослідження антикрил

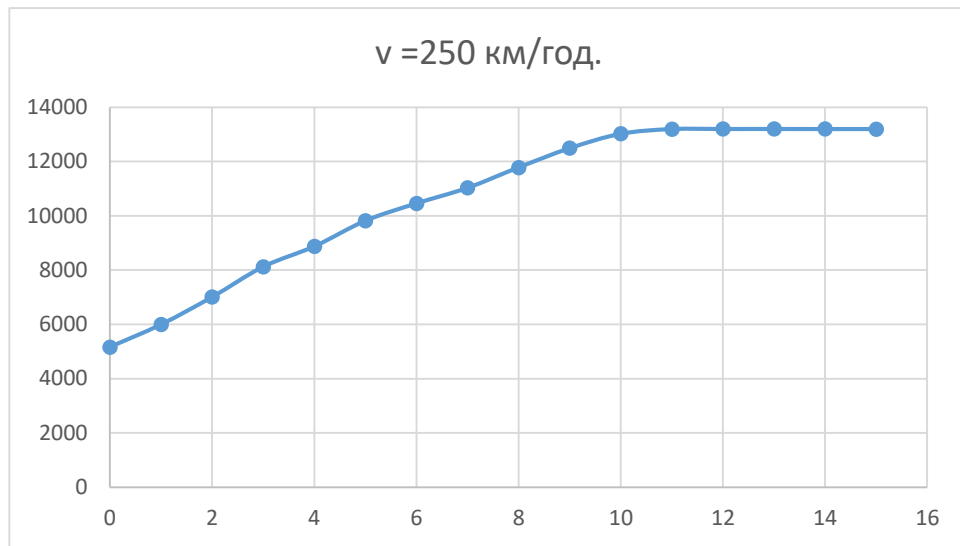
У ході досліджень для трьох швидкостей руху автомобіля (150 км/год, 200 км/год, 250 км/год) було проведено вимірювання притискної сили та сили опору антикрила при різних кутах нахилу. Наведені графіки ілюструють отримані результати.



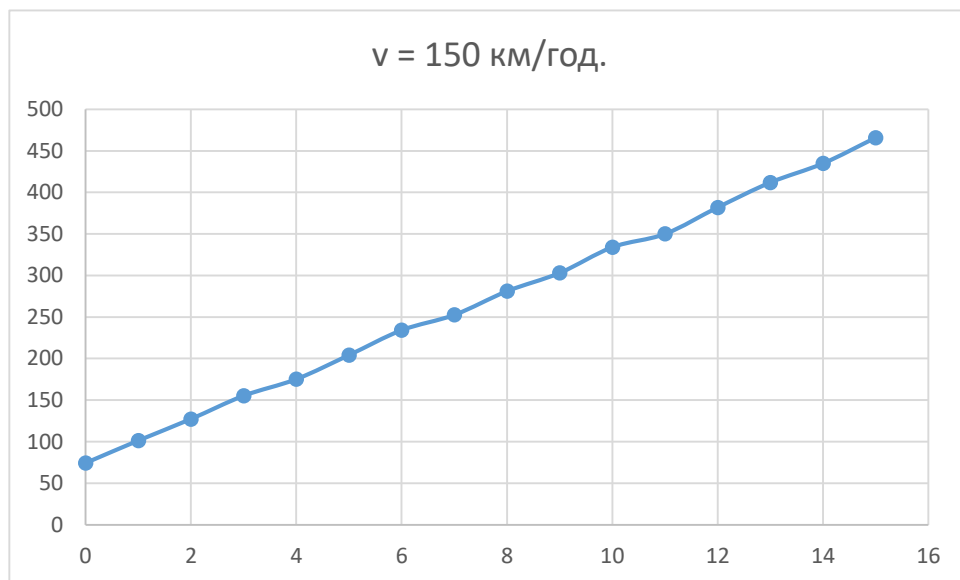
Графік 2.4.1. Залежність величини притискної сили від зміни кута антикрила при швидкості 150 км/год.



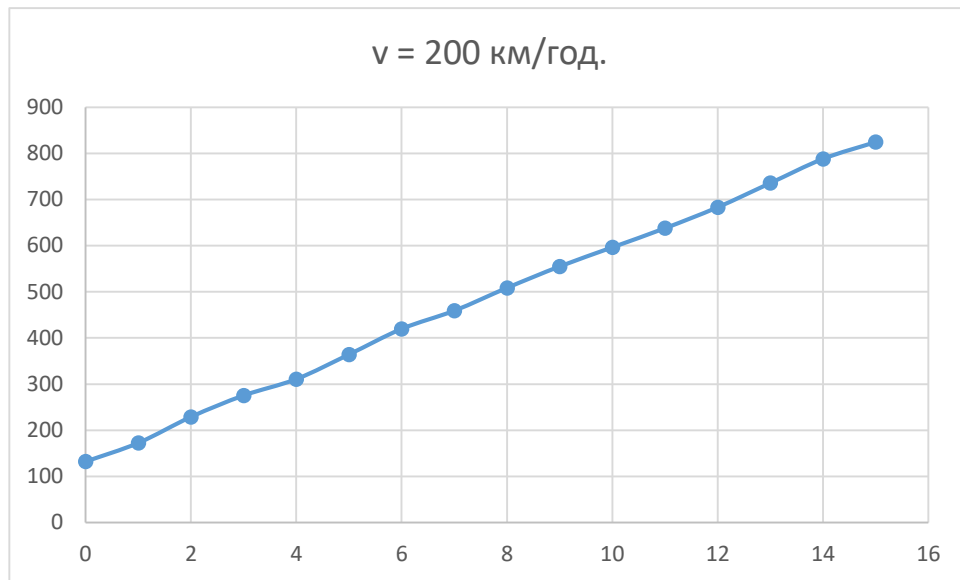
Графік 2.4.2. Залежність величини притискної сили від зміни кута антикрила при швидкості 200 км/год.



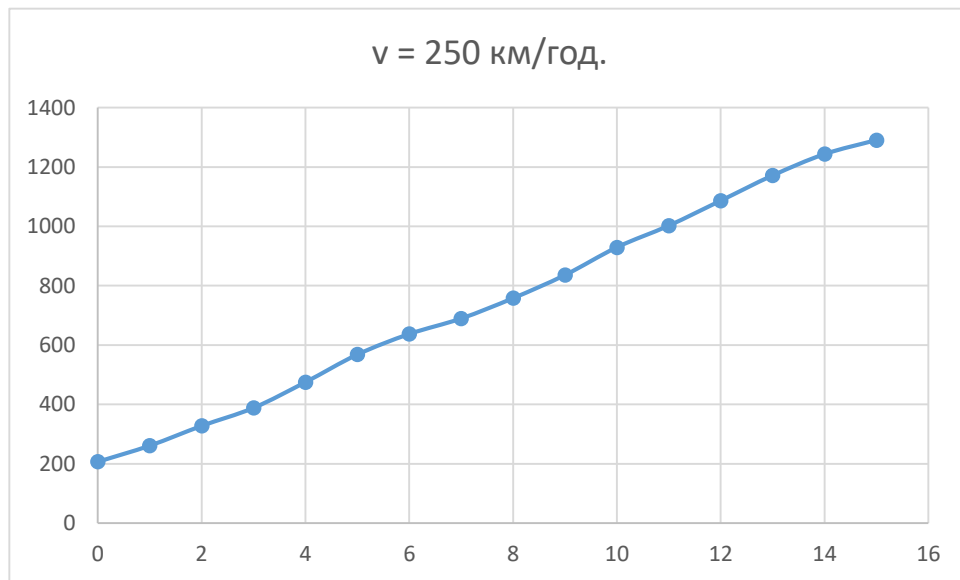
Графік 2.4.3. Залежність величини притискної сили від зміни кута антикрила при швидкості 250 км/год.



Графік 2.4.4. Залежність величини сили опору від зміни кута антикрила при швидкості 150 км/год.



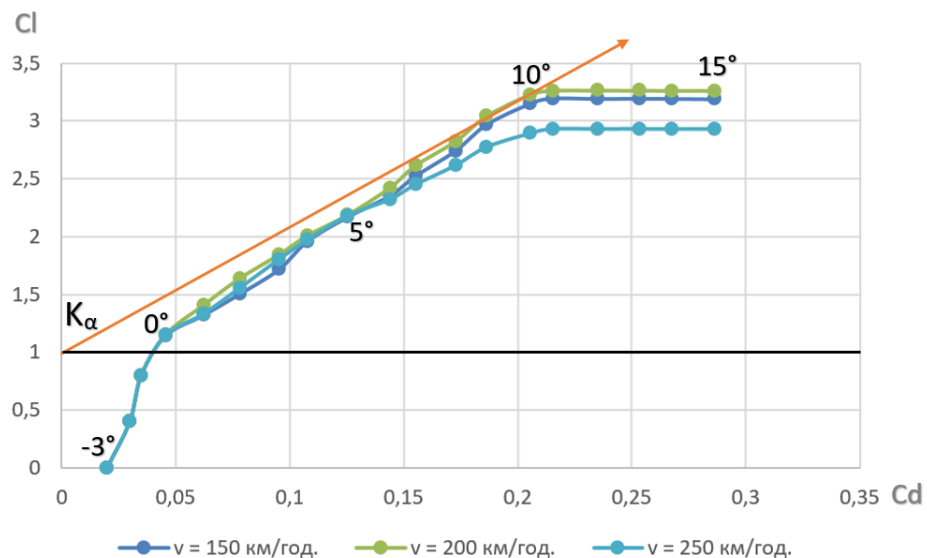
Графік 2.4.5. Залежність величини сили опору від зміни кута антикрила при швидкості 200 км/год.



Графік 2.4.6. Залежність величини сили опору від зміни кута антикрила при швидкості 250 км/год.

Для оцінки якості профіля крила будується графік “поляра”, який відображатиме залежність коефіцієнта притискної сили (C_l) та коефіцієнта сили опору (C_d). Аеродинамічна якість визначається наступним співвідношенням:

$$K\alpha = \frac{C_l}{C_d}$$



Графік 2.4.7. Графік "Поляра" для швидкостей 150, 200, 250 км/год

На графіку чітко спостерігаємо точку критичного кута атаки антикрила, після якої зростання притискної сили не відбувається, тому подальше збільшення кута атаки не є раціональним, на відміну від сили опору повітря.

Характеристика аеродинамічних властивостей:

Для кутів нахилу антикрила в діапазоні від 0° до 10° спостерігалось стабільне зростання притискної сили з незначним збільшенням сили опору.

При кутах нахилу більше 10° (до 15°) відбувалося зниження притискної сили, що пов'язано із зривом потоку повітря з поверхні антикрила. Це явище спостерігалось на всіх досліджених швидкостях, але його інтенсивність зростала зі збільшенням швидкості. Варто також зауважити, що швидкість руху майже не впливає на ефективність роботи антикрила, це означає що форма поперечного перерізу обрана правильно і на якісну зміну притискної сили впливатиме тільки кут відхилення антикрила.

Вплив швидкості руху автомобіля:

На швидкості 150 км/год: максимальна притискна сила досягалася при куті нахилу близько 10°, після чого спостерігалось поступове її зниження.

На швидкості 200 км/год: збільшення притискної сили було більш інтенсивним до критичного кута, однак спад був значно різкішим унаслідок зриву потоку.

На швидкості 250 км/год: вплив зриву потоку на зниження притискної сили ставав ще більш вираженим, демонструючи необхідність оптимізації форми антикрила для таких умов.

Поведінка притискної сили при зриві потоку: При кутах нахилу понад 10° зрив потоку знижував ефективність антикрила, що може негативно впливати на керуваність автомобіля, особливо на високих швидкостях.

2.5. Визначення параметрів на основі дослідних даних

На основі дослідних даних параметр кута нахилу малих антикрил потрібно обмежити в рамках 0-10 градусів, для забезпечення максимальної ефективності роботи антикрил на будь якій швидкості, оскільки при більших кутах нахилу відбувається зрив потоку повітря і зростає сила опору, що в свою чергу впливає на швидкісні характеристики автомобіля.

Різний кут відхилення антикрил в дослідженні має вплив на розподіл навантаження між лівою і правою стійкою, а отже це дає можливість впливати на зчеплення з дорогою окремо для кожного з задніх колес.

Оскільки перерозподіл навантаження між стійками змінюється лінійно відносно кутів відхилення антикрил то і в коді контролера, який керуватиме сервоприводами антикрил задаємо лінійну залежність між параметром навантаження на колесі і кутом відхилення антикрила:

```
servo1.write(valwing+valforce);  
servo2.write(valwing-valforce);
```

Антикрило приймає на себе значне навантаження через великий кут відхилення, тому гідропривід керування повинен мати подвійне корисне зусилля.

Дана резервна потужність ($P = 12$ кН), потрібна для нестандартних ситуацій, таких як різке зростання аеродинамічного навантаження через великий зустрічний вітер, турбулентність або швидкі зміни швидкості автомобіля. Це забезпечує надійну роботу антикрила, навіть за критичних умов, коли штатний запас зусилля може бути недостатнім.

		Ситник І.А.			МГ.МАЗ1М7.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				36
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Для відхилення антикрила на кут 30 градусів задаємо довжину ходу штоку 100мм. базуючись на вимірюваннях з моделі:

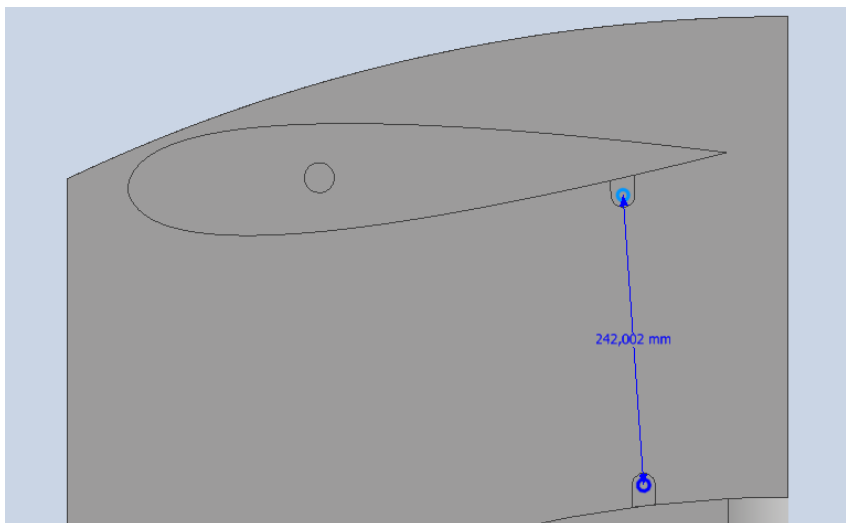


Рис. 2.5.1. Вимірювання довжини між кріпленнями при куті 0 градусів

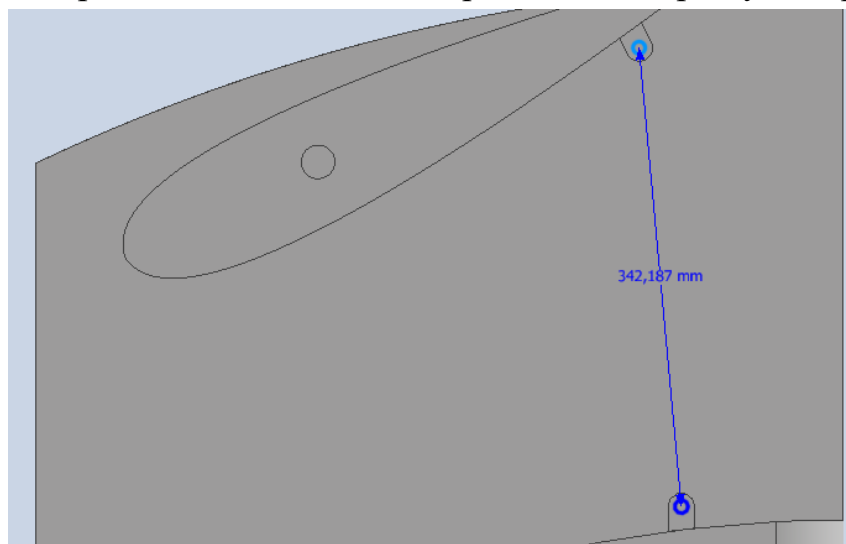


Рис. 2.5.2. Вимірювання довжини між кріпленнями при куті 30 градусів

2.6. Висновок до розділу

Результати дослідження підтверджують ефективність обраної конструкції антикрила для підвищення аеродинамічної стійкості автомобіля. Встановлені параметри дозволяють знизити ризик нестабільності автомобілю при високих швидкостях і забезпечують високий рівень керованості. Отримані дані також можуть бути використані для оптимізації подальшого проєктування антикрил з урахуванням умов експлуатації.

		Ситник І.А.			МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				37
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 3. СИСТЕМА КЕРУВАННЯ АНТИКРИЛАМИ

3.1 Опис системи керування

Для керування антикрилами було обрано контролер Arduino uno який забезпечить їхню правильну роботу під час використання гоночного боліда в складних умовах.

Робочі пристрої:

- Сервопривід 1: рух малого правого антикрила
- Сервопривід 2: рух малого лівого антикрила
- Пневмопривід: рух великого антикрила

Система забезпечує:

- Рух малими антикрилами за допомогою сервоприводів
- Рух великим антикрилом за допомогою пневмоприводу
- Пропорційне керування антикрилами
- Зчитування положення педалі газу
- Зчитування положення педалі гальма
- Зчитування сили яка діє на кожне з задніх колес машини
- Робота з зчитуваними даними

В даній системі є три антикрила, два напівкрила(секційні крила) і одне велике антикрило над ними.

Пряме положення антикрила – відкрите

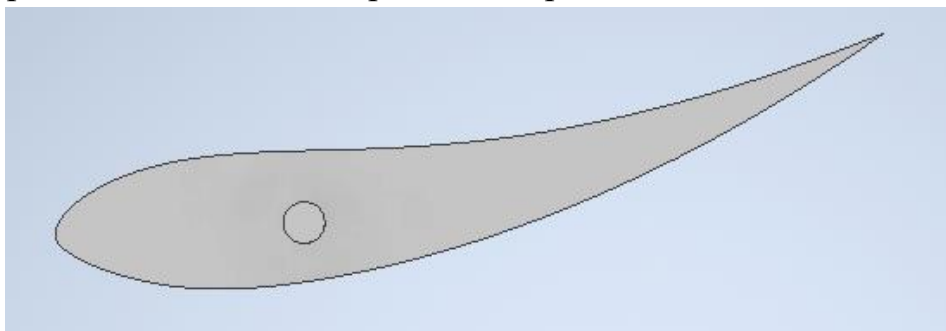


Рисунок 3.1. – Відкрите положення антикрила

Положення антикрила з максимальним кутом атаки – закрите

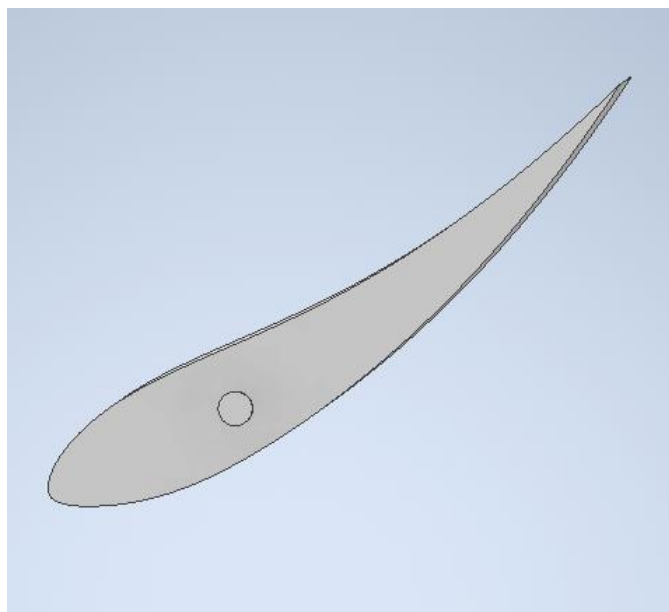


Рисунок 3.1.1. – Закрите положення антикрила

3.2. Схема управління антикрилами

1. Під час гальмування автомобілю малі антикрила(закриваються) стають в положення при якому вони будуть створювати максимальний опір повітрю і цим самим ефективно допомогати знижувати швидкість авто. Для цього встановлено потенціометр, який зчитує положення педалі гальма. Рух двох малих антикрил забезпечується пропорційно до натискання гальма.

2. Під час розгону автомобіля малі антикрила (відкриваються) стають в положення при якому вони не будуть створювати великий опір і цим самим автомобіль не втрачатиме ефективного прискорення і зможе досягати більшої максимальної швидкості за менший час. Для цього встановлено потенціометр для зчитування положення педалі газу. Рух двох малих антикрил забезпечується пропорційно до натискання газу.

3. Якщо ні педаль газу ні педаль гальма не натиснуті, то антикрила будуть відкриті

4. Велике антикрило має тільки два крайні положення закрито-відкрито. Це антикрило закривається тільки тоді педаль гальма натиснута більш ніж на 70 відсотків.

5. Якщо натиснуто педаль газу і гальма одночасно то положення крила буде

		Ситник І.А.			МГ.МАЗ1МП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				39
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

наближатись до прямого по мірі того як натискається педаль газу. Тобто якщо повністю натиснуто обидві педалі то всі антикрила будуть в прямому положенні. Так зроблено через те що професійні пілоти часто використовують їзду в поворотах контролюючи одночасно дві педалі для правильно розподілення ваги між осями.

6. В поворотах для правильного розподілення ваги і відповідно зчеплення з дорогою на задніх колесах, зроблено два малих антикрила, які можуть рухатись незалежно один від одного. Система працює так щоб збалансувати зчеплення між задніми колесами і попередити знос задньої вісі. Для цього встановлено сенсори сили, які зчитують навантаження на кожному з задніх коліс.

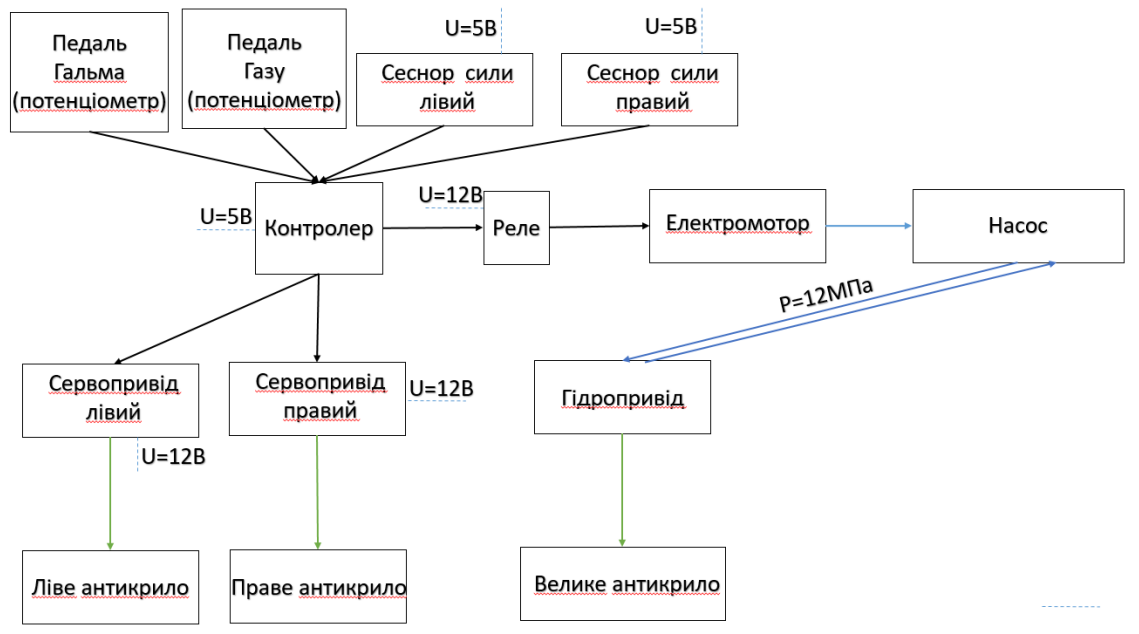


Рис. 3.2. Схема системи керування

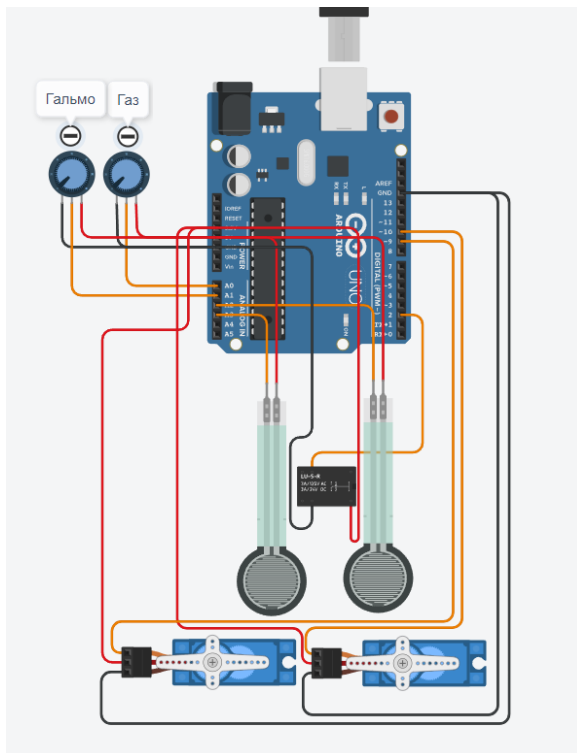


Рис. 3.2.1. Схема підключення до контролера Arduino UNO

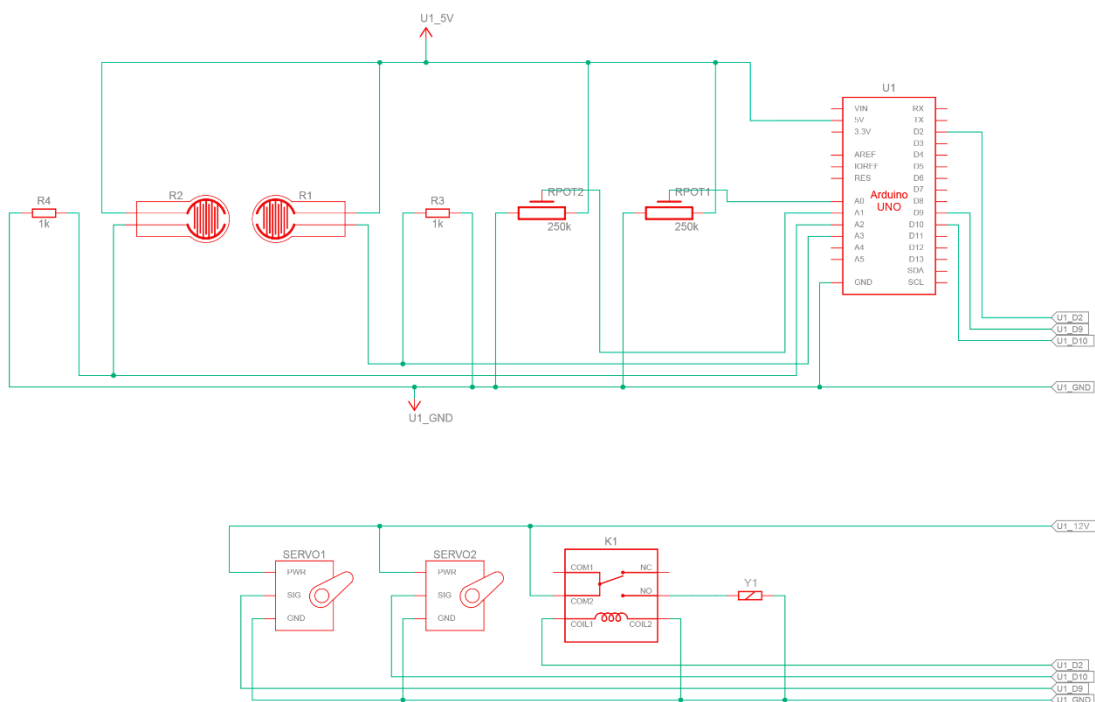


Рисунок 3.2.2. – схема підключення системи керування

		Ситник І.А.		
		Губарев О.П.		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

МГ.МА31МП.00.00.00 ПЗ

Арк.

41

Позначення на схемі:

R1, R2 – сенсори сили на колесах

RPOT1 – потенціометр зчитування положення педалі газу

RPOT2 – потенціометр зчитування положення педалі гальма

K1 – реле для керування електромагнітом пневмоприводу

Y1 – магніт пневмоприводу

SERVO1, SERVO2 – сервоприводи малих антикрил

R3, R4 – резистори

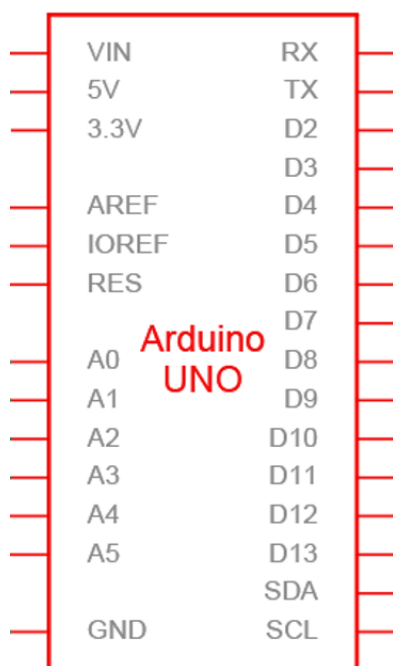


Рисунок 3.2.3. – входи і виходи контролера Arduino UNO

Список входів контролера:

A0 – сигнал від потенціометра 1

A1 – сигнал від потенціометра 2

A2 – сигнал від сенсору сили 2

A3 – сигнал від сенсору сили 1

Список виходів контролера:

D2 – сигнал на реле K1

D9 - сигнал на сервопривід 1

D10 – сигнал на сервопривід 2

3.3. Програма управління антикрилами

Модель цієї системи керування антикрилами автомобіля базується на поєднанні вхідних сигналів з різних датчиків (педалі газу, педалі гальма, датчики навантаження на колеса) для розрахунку потрібного положення антикрил.

Вхідними змінними в системі є значення з двох потенціометрів для педалі газу та гальма, а також двох датчиків навантаження на правому і лівому колесах:

```
valgas=analogRead(potpingas)
```

```
valbrake=analogRead(potpinbrake)
```

```
valR=analogRead(forcepinR)
```

```
valL=analogRead(forcepinL)
```

Ці значення перетворюються в градуси для управління кутами повороту антикрил:

```
valgas=map(valgas, 0, 1023, 0, -10)
```

```
valbrake=map(valbrake, 0, 1023, 0, 10)
```

```
valR=map(valR, 0, 1023, 0, 10)
```

```
valL=map(valL, 0, 1023, 0, 10)
```

Різниця сил між правим і лівим колесом визначається як:

```
valforce=valR-valL
```

		Ситник І.А.			МГ.МАЗ1МП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				43
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Це дозволяє оцінити розподіл навантаження між колесами і відповідно скорегувати кут атаки антикрил.

Якщо виникає різниця сил між колесами ($valforce > 0$ або $valforce < 0$) то зміна кута атаки за газом анулюється:

```
if (valforce > 0) valgas = 0;
```

```
if (valforce < 0) valgas = 0;
```

Загальний кут повороту антикрил визначається як сума впливів від педалі газу і гальма:

```
valwing = valgas + valbrake
```

Якщо положення педалі гальма перевищує 70 відсотків, різниця сил між колесами анулюється:

```
if (valbrake > 10) valforce = 0;
```

Сервоприводи контролюють два антикрила на правій і лівій стороні:

```
servo1.write(valwing + valforce);
```

```
servo2.write(valwing - valforce);
```

Тут різниця сил між колесами додається і віднімається до загального кута, що дозволяє адаптувати положення антикрил відповідно до дисбалансу навантажень на колеса.

При екстремальних умовах гальмування (натискання гальма більш ніж 70 відсотків), активується реле, яке закриває велике антикрило:

```
if (valwing > 10) digitalWrite(relay, HIGH);
```

```
if (valwing > 10) digitalWrite(relay, HIGH);
```

3.3.1. Код контролера ардуїно і позначення:

```
// C++ code
```

```
#include <Servo.h>
```

```
// входи-виходи
```

```
int potpingas = 0;
```

```
int potpinbrake = 1;
```

```
int forcepinR = 2;
```

```
int forcepinL = 3;
```

		Ситник І.А.			МГ.МАЗ1МП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				44
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

```

int relay = 2;
//введення змінних
int valgas;
int valbrake;
int valR;
int valL;
int valwing;
int valforce;
// декларування сервоприводів
Servo servo1;
Servo servo2;
void setup() {
    // виходи для сервоприводів
    servo1.attach(9);
    servo2.attach(10);
    // визначення входів і виходів
    pinMode(potpingas, INPUT);
    pinMode(potpinbrake, INPUT);
    pinMode(forcepinR, INPUT);
    pinMode(forcepinL, INPUT);
    pinMode(relay, OUTPUT);
}
void loop() {
    // зчитування змінних з входів
    valgas = analogRead(potpingas);
    valbrake = analogRead(potpinbrake);
    valR = analogRead(forcepinR);
    valL = analogRead(forcepinL);
    // переведення змінних в градуси повороту сервоприводів
    valgas = map(valgas, 0, 1023, 0, -10);

```

		Ситник І.А.			МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				45
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

```

valbrake = map(valbrake, 0, 1023, 0, 10);
valR = map(valR, 0, 1023, 0, 10);
valL = map(valL, 0, 1023, 0, 10);
// різниця сил між колесами
valforce = valR-valL ;
// умова якщо різниця сил між колесами більша або менша нуля то
змінна положення газу анулюється
if (valforce>0)
    valgas = 0;
if (valforce<0)
    valgas = 0;
// змінна які керуватиме крилами
valwing = valgas+valbrake ;
// умова якщо положення педалі гальма більше ніж 50 умовних одиниць
з 80 то змінна різниці сили valforce між колесами анулюється
if (valbrake>10)
    valforce = 0;
// команди для керування крилами з допомогою сервоприводів(дія
додавання – віднімання в дужках зроблено для правильної роботи кожного
з антикрил)
servo1.write(valwing+valforce);
servo2.write(valwing-valforce);
// (для випадків коли автомобілю потрібно дуже швидко знизити
швидкість перед поворотом) то закрити верхнє крило
if (valwing>10)
    digitalWrite(relay, HIGH);
else
    digitalWrite(relay, LOW);
delay(15); }

```

		Ситник І.А.			МГ.МАЗ1МП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				46
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

3.4. Висновок до розділу:

В даному розділі було розроблено систему керування антикрилами, створено електричну схему управління на основі контролера Arduino UNO. Визначено основні налаштування системи і розроблено програмний код контролера.

		<i>Ситник І.А.</i>			<i>МГ.МАЗ1МП.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
		<i>Губарев О.П.</i>				47
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ ГІДРАВЛІЧНОЇ СХЕМИ ДЛЯ КЕРУВАННЯ АНТИКРИЛОМ

4.1. Формування технічного завдання

Наш цикл буде складатися з повного витягування гідроприводу, а потім повного втягуванні в залежності з сигналом який подається на розподільник.

Вихідні дані до проекту

Цикл роботи гідроприводу 1 - N1

Гідроциліндр:

- корисне зусилля $P = 12$ кН;
- робочий тиск $p = 12$ МПа;
- швидкість швидкого підводу (відводу) $v_{шп(шв)} = 3$ м/хв.;
- довжина ходу штока 100 мм.;
- довжина трубопроводів на нагнітанні 3 м.;
- довжина трубопроводів на зливі 2,5 м.

		Ситник І.А.			МГ.МА31МП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				48
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

4.2. Розрахунок системи гідроприводу

Гідравлічна схема:

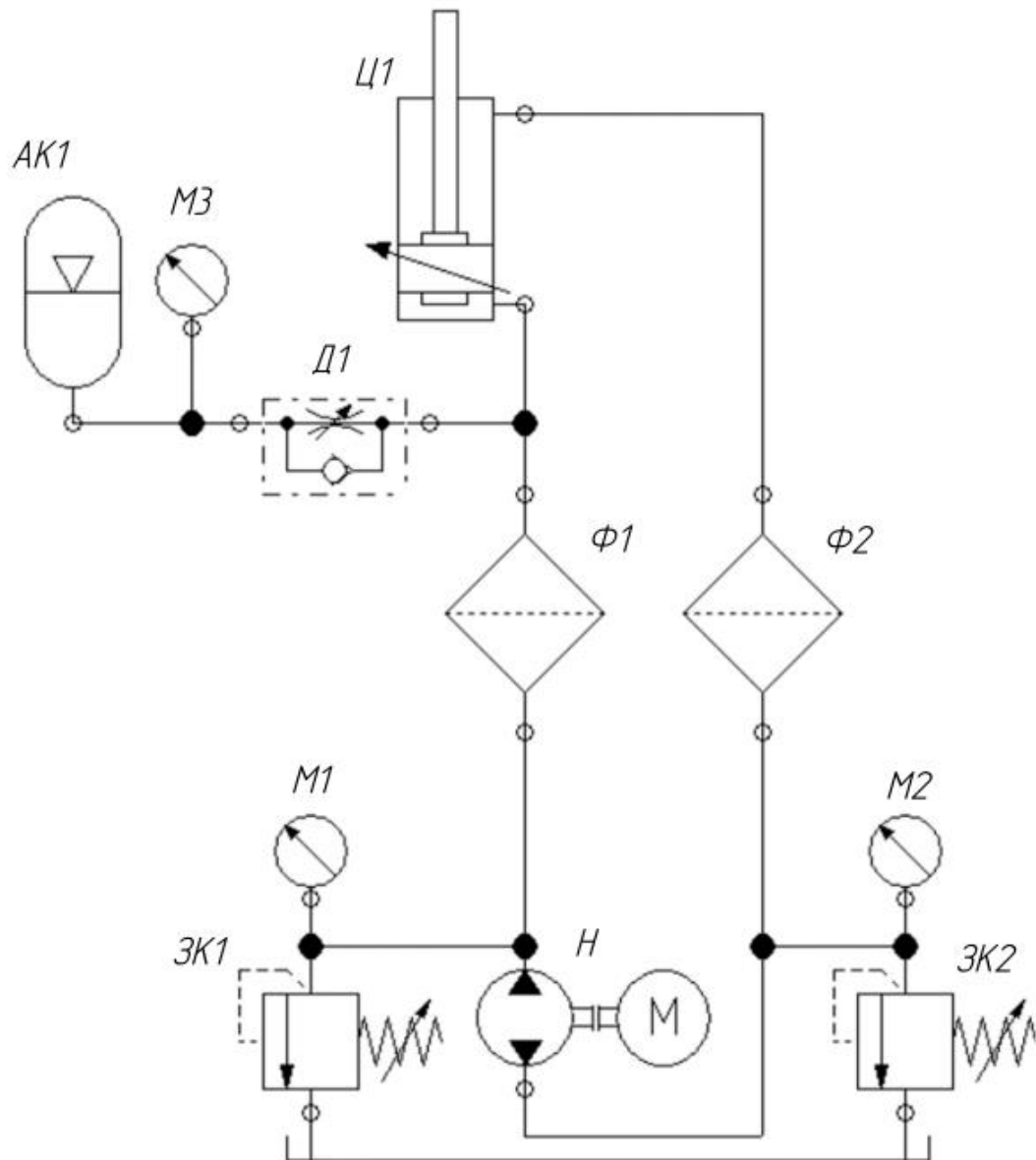


Рис. 2.2. Принципова схема гідроприводу

Гідравлічна система складається з: Ц1 – привід гідравлічний, ЗК1, ЗК2 – зливні клапани, які захищають систему від надлишкового тиску, Ф1, Ф2 – фільтри, АК1 – акумулятор гідравлічний, Д1 – дросель, Н – насос, М1, М2, М3 – манометри.

4.2.1. Визначення розмірів основного гідроциліндра

Розмір внутрішнього діаметра гідроциліндра визначаємо в залежності від значення і напрямку навантаження.

		Ситник І.А.			МГ.МА31МП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				49
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

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 прийmemo за 10% від робочого тиску цього ж гідроциліндра:

$$p_2 = 0,12 \cdot p_1 = 0,12 \cdot 12 = 1,44 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт відношення площ з нормальним діаметром штока $\Psi = 1,33$.

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

Визначаємо діаметр :

$$D = 2 \sqrt{\frac{12 \cdot 10^3}{3,14 \cdot (1 - \frac{12}{1,33}) \cdot 0,95 \cdot 10^6}} = 44,72 \text{ мм.}$$

Приймаємо: $D = 50$ мм.

Діаметр штока визначаємо із співвідношення:

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

		Ситник І.А.			<i>МГ.МАЗ1МП.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
		Губарев О.П.				50
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$d = 50 \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{1.33}} = 24,85 \text{ мм}$$

Приймаємо: $d = 25 \text{ мм}$.

Діаметр отворів підводу, м :

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

Середню швидкість прямивання рідини приймаємо $v_p = 6 \text{ м/с}$

$$d_n = \sqrt{\frac{50^2 \cdot 3}{\pi \cdot 6 \cdot 60}} = 2,574 \text{ мм}$$

приймаємо $d = 3 \text{ мм}$

4.2.2. Вибір робочої рідини

Для нашої гідравлічної системи з керування антикрилом, де важлива швидка реакція, варто обирати мастила з в'язкістю ISO VG 32 або 46. В'язкість повинна відповідати вимогам, щоб забезпечувати легке керування антикрилом при будь-яких умовах.

Мастила з відповідними характеристиками:

Shell Tellus S2 VX 46 — гідравлічне мастило з високими антифрикційними властивостями, стійке до температурних коливань.

Mobil DTE 10 Excel 46 — забезпечує стабільну роботу гідравлічних систем при високих навантаженнях і температурах.

Total Azolla ZS 46 — високоякісне гідравлічне мастило для систем високого тиску, з високою стійкістю до старіння.

Обираємо Shell Tellus S2 VX 46

		Ситник І.А.			<i>МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
		Губарев О.П.				51
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 2.3.3. Основні фізико-хімічні характеристики мастила Shell Tellus S2 VX 46, [13].

Кінематична в'язкість при 40 ⁰ С, мм ² /с	46
Кінематична в'язкість при 100 ⁰ С, мм ² /с	7,9
Індекс в'язкості	143
Температура спалаху у відкритому тиглі, ⁰ С	220
Температура застигання, ⁰ С	-36
Густина при 15 ⁰ С, г/см ³	0,856

4.2.3. Визначення витрат і тисків в гідроциліндрі

Витрати розраховують після визначення конструктивних розмірів гідродвигунів на підставі заданих швидкостей руху і з урахуванням циклограми роботи приводів для кожного її такту.

Для гідроциліндра споживана витрата при роботі штока на виштовхування:

$$Q_{ci} = F_{1i} v_{1i};$$

При роботі штока на втягування:

$$Q_{ци} = F_{2i} v_{2i};$$

де F_{1i} і F_{2i} - площі поршня відповідно з боку поршневої і штокової порожнини основного або допоміжного гідроциліндра; v_{1i} і v_{2i} - відповідні швидкості руху поршня.

Площі поршня і штока визначають по округленим до стандартних значенням діаметрів:

$$F_{1i} = \frac{\pi D_i^2}{4}; F_{2i} = \frac{\pi(D_i^2 - d_i^2)}{4}.$$

Визначимо площу поршня і штока:

$$F_{\pi} = \frac{\pi D_1^2}{4} = \frac{\pi \cdot 50^2}{4} = 1963 \text{ мм}^2$$

		Ситник І.А.			МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				52
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$F_{ш} = \frac{\pi(D_1^2 - d_1^2)}{4} = \frac{\pi(50^2 - 25^2)}{4} = 1472 \text{ мм}^2.$$

Визначаємо час відпрацювання та витрати в кожному такті:

Таблиця 2.3.4. Швидкість подачі і довжини ділянок роботи гідро приводу

Дія	1	N1
Номер такту	1	2
Вид подачі	ШП	ШВ
Швидкість м/хв	3	3
Довжин а ділянки, мм	100	100

Гідроциліндр:

Такт 1:

ГП ШП:

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1} = \frac{0,1}{3/60} = 2 \text{ с.}$$

$$Q_1 = v_1 \times F_1 = 5,889 \text{ л/хв}$$

Такт 2:

ГП ШВ

$$t_2 = \frac{l_4}{v_4} = \frac{0,1}{3/60} = 2 \text{ с.}$$

$$Q_2 = v_4 \times F_2 = 5,889 \text{ л/хв}$$

Розрахуємо тиск:

Гідроциліндр:

При

виштовхуванні:

ШП:

$$p_1 = \frac{P_1 \cdot (1 - \eta_M)}{\eta_M \cdot F_{\Pi}} + \frac{p_{зл}}{\psi} = \left(\frac{12000 \cdot (1 - 0.95)}{0.95 \cdot \pi \cdot \frac{50^2}{4}} + \frac{0,4}{1,33} \right) = 0,62 \text{ МПа}$$

При

втягуванні:

ШВ:

$$p_2 = \left(\frac{P_1(1-\eta_M)}{\eta_M * F_{III}} + p_{3л} \right) * \psi = \left(\frac{12000 * (1-0,95)}{0,95 * \pi * \frac{25^2}{4}} + 0,4 \right) * 1,33 = 2,24 \text{ МПа}$$

Загальний час циклу:

$$t = 4 \text{ с.}$$

Табл.2.3.4.1. Основні витратні характеристики циклів роботи системи

Номер циклу	1	N1
Режим	ШП	ШВ
Витрата	5,889 л/хв	5,889 л/хв
Тиск, Мпа	0,62 МПа	2,24 МПа
Час, с.	2	2

2.3.5 .Розрахунок подачі насосу

Для нормальної роботи гідроприводу потрібно, щоб у кожному такті виконувалася умова:

$$Q_H \geq \sum Q_i$$

де Q_H - подача насоса; Q_i - витрата гідродвигуна в кожному такті.

В деяких тактах потужність насоса не використовується вся, надлишок рідини зливатиметься через переливний клапан у бак, що зменшує ККД гідросистеми. Об'єм рідини, який надходить у гідросистему за час циклу $t_{ц}$:

$$V_{ц} = \sum Q_i * t_i;$$

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

$$V_{ц,с} = (Q_1 * t_1 + Q_2 * t_2);$$

$$V_{ц.с.} = (5,889*2+5,889*2) = 23,556 \text{ л.}$$

Коефіцієнт використання продуктивності насоса визначимо як відношення об'єму рідини, споживаного гідросистемою за час циклу, до обсягу рідини, що надходить від насоса:

$$k_Q = V_{ц.с.} / V_{ц}$$

Чим менше значення k_Q , тим нижче ККД гідроприводу. Максимальне значення для ККД відповідає $k_Q = 1$. Для зменшення втрат і підвищення ККД гідроприводу потрібно застосувати насосну установку з гідроаккумулятором.

Оптимальним можна вважати режим роботи, при якому подача насоса дорівнює середньому $Q_{ср}$ значенню витрати, споживаної приводом за цикл:

$$Q'_H = Q_{ср} = \frac{k_3 * V_{ц.с.}}{t_{зар}}, \text{ де } k_3 - \text{коефіцієнт запасу.}$$

Приймаємо $k_3 = 1,1$

$$Q'_H = Q_{ср} = \frac{1,1 * 23,556}{4} = 6,48 \frac{\text{л}}{\text{хв}}$$

Робочий об'єм акумулятора можна визначити на підставі діаграми витрат.

$$V_{ГА} = ((Q_{шп} - Q_H) * t_{шп} + (Q_{шв} - Q_H) * t_{шв}) * k_3;$$

$$V_{ГА1} = ((5,889 - 6,48) * 2 + (5,889 - 6,48) * 2) * 1,1 / 60 = 0,044 \text{ л}$$

Обираємо гідроаккумулятор **Epoll 0,05 210 bar**

https://prom.ua/p1685963852-akkumulyator-gidravlicheskiy-epoll.html?srsId=AfmBOor1NKcI19_shjKYWCCEpusXB4MGXGoWjaWTESrfganQ-b2C3bGz

Отже, $V_{ГА1} = 0.05 \text{ л}$

2.3.6. Гідралічний розрахунок і вибір розмірів трубопроводів

Задача розрахунку – визначення діаметрів трубопроводів і втрат тиску, що виникають у них при переміщенні робочої рідини.

Розрахунок варто робити по ділянках, що мають однакову витрату. Ділянка являє собою трубопровід з установленими на ньому місцевими опорами

		Ситник І.А.			МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				55
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

(трійники, штуцера, коліна і т.і.) і гідроапаратами.

Внутрішній діаметр труби:

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

де Q_T – витрата рідини на ділянці, що розраховується, m^3/c ; v_{cp} – середня швидкість рідини, m/c .

Отримане значення округляють до найближчого по ДСТУ8732-78 і ДСТУ 8734-75 (6, 8, 10, 16, 20, 25 мм).

За прийнятим діаметром визначається дійсна швидкість рідини, m/c :

$$v = \frac{4Q_T}{\pi d_T^2} .$$

Середню швидкість рідини вибираємо у залежності від призначення трубопроводу: для всмоктувальних $v_{bc} = 1m/c$, для зливних $v_{zl} = 2m/c$, для напірних $v_n = 4m/c$

Діаметр лінії нагнітання:

Беремо найбільшу витрату з тактів робочих подач:

$$Q_m = 5,889 \text{ л/хв} = 9,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$$

Середню швидкість рідини приймаємо $v = 4 \text{ м/с}$

$$d_m = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_m}{\pi \cdot v_{cp}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 9,8 \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot 4}} = 0,005 \text{ м, приймаємо } d_m = 6 \text{ мм}$$

Дійсна швидкість рідини:

$$v = \frac{4 \cdot Q_m}{\pi \cdot d_m^2} = \frac{4 \cdot 9,8 \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot 0,006^2} = 3,47 \text{ м/с}$$

Діаметр зливної лінії:

Беремо найбільшу витрату з тактів робочих подач:

$$Q_m = 5,889 \text{ л/хв} = 9,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$$

		Ситник І.А.			МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				56
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Середню швидкість рідини приймаємо $v = 2$ м/с

$$d_m = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_m}{\pi \cdot v_{\text{ср}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 9,8 \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot 2}} = 0,005 \text{ м, приймаємо } d_m = 6 \text{ мм}$$

Дійсна швидкість рідини:

$$v = \frac{4 \cdot Q_m}{\pi \cdot d_m^2} = \frac{4 \cdot 9,8 \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot 0,006^2} = 3,47 \text{ м/с}$$

Діаметр лінії всмоктування:

$$d_m = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,5}{3,14 \cdot 1 \cdot 1000 \cdot 60}} = 0,0056 \text{ м, приймаємо } d_m = 6 \text{ мм}$$

Дійсна швидкість рідини:

$$v = \frac{4 \cdot Q_m}{\pi \cdot d_{\text{вс}}^2} = \frac{4 \cdot 1,5}{1000 \cdot 60 \cdot 3,14 \cdot 0,006^2} = 0,88 \text{ м/с}$$

Гідравлічні втрати в гідролініях складаються з втрат на гідравлічне тертя Δp_T , втрат у місцевих опорах Δp_M і втрат у гідроапаратах Δp_r

Втрати тиску 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 середня швидкість рідини; d_T - діаметр труби або шлангу.

Коефіцієнт тертя λ залежить від режиму течії рідини і визначається по числу Рейнольдса

$$Re = v d_T / \nu$$

де ν – кінематична в'язкість рідини

При ламінарній течії рідини ($Re < 2300$) $\lambda = 64 / Re$.

Враховуючи можливості звуження і викривлення перерізу труби при практичних розрахунках приймають

$$\lambda = 75 / Re.$$

При турбулентній течії ($Re \geq 2300$) коефіцієнт тертя залежить від числа Рейнольдса і від відносної шорсткості стінок каналу. Сталеві труби мають

		Ситник І.А.			МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				57
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

шорсткість $\Delta = 0,03\text{мм}$, труби з кольорових металів вважають практично гладких.

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}}$$

При $Re > 10^6$ коефіцієнт тертя практично не залежить від Re і можна прийняти $\lambda = 0,02$. Втрати на місцевих опорах визначимо за формулою:

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

де ξ коефіцієнт місцевого опору.

Розрахуємо число Рейнольда для різних ділянок трубопроводу:

$$Re = \frac{v \cdot d_m}{\nu}, \quad \nu = 46 \text{ мм}^2/\text{с}$$

Для Ц2:

$$Re_{всм} = \frac{0,88 \cdot 0,006}{0,046 \cdot 10^{-3}} = 115; \quad \lambda_{всм} = \frac{0,316}{\sqrt[4]{115}} = 0,065;$$

$$Re_{нагн} = \frac{3,47 \cdot 0,006}{0,046 \cdot 10^{-3}} = 452; \quad \lambda_{нагн} = \frac{0,316}{\sqrt[4]{452}} = 0,02166;$$

$$Re_{злив} = \frac{3,47 \cdot 0,006}{0,046 \cdot 10^{-3}} = 452; \quad \lambda_{злив} = \frac{0,316}{\sqrt[4]{452}} = 0,02166;$$

Розрахуємо втрати тиску на тертя:

Густина, $\rho = 880 \text{ кг/м}^3$

Для гідроциліндру:

$$\Delta P_{всм} = \frac{\lambda \cdot l \cdot \rho \cdot v^2}{2d_{см}} = \frac{0,065 \cdot 1 \cdot 880 \cdot 0,88^2}{2 \cdot 0,006} = 36913 \text{ Па}$$

$$\Delta P_{нагн} = \frac{\lambda \cdot l \cdot \rho \cdot v^2}{2d_{см}} = \frac{0,02166 \cdot 3 \cdot 880 \cdot 3,47^2}{2 \cdot 0,006} = 439733 \text{ Па}$$

$$\Delta P_{злив} = \frac{\lambda \cdot l \cdot \rho \cdot v^2}{2d_{см}} = \frac{0,02166 \cdot 2,5 \cdot 880 \cdot 3,47^2}{2 \cdot 0,006} = 366444 \text{ Па}$$

Визначимо втрати на місцевих опорах:

$$\text{Нагнітання Ц2 } \Delta p_{мтр} = 0,5 \cdot 880 \cdot 3,47^2 \cdot (3 \cdot 2 + 0,8 + 0,5 + 0,13) = 39364$$

Па

		Ситник І.А.			<i>МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
		Губарев О.П.				58
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$\text{Злив Ц2 } \Delta p_{\text{МЗВ}} = 0.5 \cdot 880 \cdot 3,47^2 \cdot (5 \cdot 2 + 0.8 + 0.5) = 59867 \text{ Па}$$

Визначимо загальну втрату в циліндрі. Вона складається з втрат на тертя, втрат на місцевих опорах та втрат на гідроапаратах:

$$\Delta p_{\text{Ц2н}} = \Delta p_{\text{Т}} + \Delta p_{\text{М}} + \Delta p_{\text{Га}} = 0,39364 + 0.524 + 0.13 + 0.5 = 1,55 \text{ МПа}$$

$$\Delta p_{\text{Ц2з}} = \Delta p_{\text{Т}} + \Delta p_{\text{М}} + \Delta p_{\text{Га}} = 0,59867 + 0.253 + 0.13 + 0.5 = 1,48 \text{ МПа}$$

2.3.7. Тепловий розрахунок системи гідроприводу

При роботі гідропривода внаслідок роботи механічного, гідравлічного та об'ємного характеру та їх втрат, виділяється певна кількість теплової енергії, що йде на нагрівання рідини в баку, а також розсіюється в навколишнє середовище

Розрахуємо необхідний тиск насосу

$$p_{\text{Н}} = p_{\text{max}} + \Delta p_{\text{max}} = 12 + 1.55 \text{ МПа} = 13.55 \text{ МПа}$$

де p_{max} – Максимальний тиск циклу, Δp_{max} – максимальні втрати;

$$Q_{\text{н}} = 2,5 \text{ л/хв}$$

Визначимо кількість теплоти яка утворюється за одну годину:

$$\theta = 3600 \cdot (N_{\text{Hi}} - N_{\text{Ei}}) \frac{t_i}{t_{\text{ц}}}$$

		Ситник І.А.			МГ.МАЗ1МП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				59
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$\begin{aligned} \theta = & 3600 \cdot \left(\left(\frac{2,5 \cdot 13,55}{0,7} - 3,926 \cdot 0,57 \cdot 0,95 \right) \frac{2}{4} \right. \\ & + \left(\frac{2,5 \cdot 13,55}{0,7} - 1,37 \cdot 5,7 \cdot 0,95 \right) \frac{2}{4} \\ & + \left(\frac{2,5 \cdot 13,55}{0,7} - 0,7 \cdot 5,7 \cdot 0,95 \right) \frac{2}{4} \\ & + \left(\frac{2,5 \cdot 13,55}{0,7} - 3,92 \cdot 0,57 \cdot 0,95 \right) \frac{2}{4} \\ & + \left(\frac{2,5 \cdot 13,55}{0,7} - 5,15 \cdot 5,7 \cdot 0,95 \right) \frac{2}{4} \\ & \left. + \left(\frac{2,5 \cdot 13,55}{0,7} - 2,94 \cdot 1,95 \cdot 0,95 \right) \frac{2}{4} \right) = 434,88 \frac{\text{КДж}}{\text{год}} \end{aligned}$$

Різниця між температурою масла в баку і температурою навколишнього середовища вираховується за формулою:

$$\Delta t = \frac{\theta}{\alpha \cdot k \cdot F}$$

Де k – коефіцієнт теплопередачі від масла до повітря при відсутності місцевої циркуляції, $k = 63 \text{ КДж/м}^2\text{год}$; α – коефіцієнт контактних площ, при обмеженій циркуляції повітря $\alpha = 1,4$

Розрахункова площа поверхні гідробаку

$$F = 0,064 \cdot \sqrt[3]{V_m^2}$$

Де V_m – об'єм масла в баку, дм^3 ;

Об'єм насосу не повинен перевищувати двох-трьоххвилинної подачі насоса

$$V_m = 3 \cdot Q_H = 3 \cdot 2,5 = 7,5 \text{ л}$$

Приводимо до стандартного значення за ДСТУ 16770/1

$$V_m = 8 \text{ л};$$

Визначимо площу поверхні гідробаку

$$F = 0,064 \cdot \sqrt[3]{V_m^2} = 0,064 \cdot \sqrt[3]{8^2} = 0,26 \text{ м}^2$$

		Ситник І.А.			<i>МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
		Губарев О.П.				60
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Отже температура складає

$$\Delta t = \frac{\theta}{\alpha \cdot k \cdot F} = \frac{434,88}{1,4 \cdot 63 \cdot 0,26} = 19 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\max} = 25^{\circ}\text{C} + 19^{\circ}\text{C} = 44 \text{ }^{\circ}\text{C} < 70 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

Оскільки різниця температур не перевищує допустиму, тоді теплообмінник встановлювати не потрібно

2.3.8. Розрахунок гідроциліндрів на тривкість

Розрахунок товщини стінки гідроциліндра

Для розрахунку візьмемо формулу товстостінних циліндрів у зв'язку з заданими

параметрами гідроциліндра

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

Де p – робочий тиск, D – діаметр гільзи, σ – допустиме напруження;

Допустиме напруження для гільзи визначемо для матеріалу Сталь 40Х ГОСТ4543-71

$$\sigma = 320 \text{ Мпа}, n=3, \sigma_{\text{доп}} = 106,67$$

$$S = \frac{12 \cdot 50}{2 \cdot 106,67} = 2,8 \text{ мм}$$

Перевіримо чи правильно підібрана формула для товстостінного гідроциліндра.

$$S/D = 0,056 < 0,1$$

Формула обрана правильно, беремо товщину стінки 6 мм конструктивно

		Ситник І.А.			МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				61
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

2.3.9. Розрахунок різьбових з'єднань

Напруги, що розтягують, для різьбового стрижня:

$$\sigma_1 = \frac{4 * p_p}{\pi * d_p^2 * z} = \frac{4 * 36000}{3.14 * 12.5^2 * 2} = 146,75 \text{ МПа}$$

де p_p – розрахункове навантаження, $p_p = k_3 \cdot p = 3 \cdot 12000 = 36000 \text{ Н}$; d_v – внутрішній діаметр різьблення,

$$d_{в1} = d_o - S = 14 - 1,5 = 12,5 \text{ мм};$$

d_o – зовнішній діаметр різьблення; S – крок різьблення;

z – кількість різьбових з'єднань, що сприймають навантаження;

k_3 – коефіцієнт затягування (для постійного навантаження $k_3=1,25 \dots 1,5$; для перемінного навантаження $k_3=2,5 \dots 4$);

p – зусилля, що діє на різьбове з'єднання.

Дотичні напруги в різьбленні:

$$\tau_1 = \frac{p_p * d_o * k_1}{0,2 * d^3} = \frac{36000 * 14 * 0,12}{0,2 * 12,5^3} = 155,08$$

де k_1 – коефіцієнт, що залежить від коефіцієнта тертя фрикційної пари болт-гайка (приймають $k_1=0,12$).

Приведена напруга в різьбленні:

$$\sigma = \sqrt{(\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2)} = \sqrt{(146,75^2 + 3 \cdot 155,08^2)} = 306,08 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу по пластичних деформаціях:

$$n_1 = \frac{\sigma_T}{\sigma_{пр}} = \frac{355}{306,08} = 1,16 > 1,1$$

Вибрані різьбові з'єднання, нас задовольняють (матеріал сталь 40Х).

		Ситник І.А.			МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				62
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

2.4. Підібране стандартне обладнання

Шестеренний насос

MGP1K2.5L-K211GC-A

Робочий об'єм – 2,5 см³

Максимальний робочий тиск – 250 Бар

Максимальний піковий тиск – 290 Бар

<https://promhydraulic.com.ua/p1873025581-nasos-shesterennyj-mgp1k25l.html?srsltid=AfmBOorgbVsLX11UMCWLFJjQ58zo03u356ByfJgPwAaZhvNGbB5Iaq55>

Електродвигун

НАСО НА2001169Н

U = 12В

n = 3600 об/хв

P = 0.8кВт

<https://dhollandia-parts.com.ua/ua/p1855459305-motor-haco-dlya.html>

Манометр гідравлічний

Hansa flex 837-1

Тиск: 250 бар

Різьба: G1/4

https://hansa-flex.in.ua/p1828894585-manometr-gidravlicheskij-f63mm.html?source=merchant_center&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAgJa6BhCOARIsAMiL7V_GSCQOwYpk0Pg8rlFoOIgpVNCzqGkLgYu9lghsGh0wrnkfhZTYPF0aAkqIEALw_wcB

Дросель з оберненим клапаном

VRFU 90°

Різьба: G1/4

Тиск: 350 бар

<https://h-g.com.ua/ua/p493850939-drossel-obratnym-klapanom.html>

Зливний клапан

GAMA DN 32

		Ситник І.А.			МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Гударев О.П.				63
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Різьба: G1/4

Бак гідравлічний на 10 л.

ABER10

Об'єм – 10л.

<https://hydrolider.com.ua/ua/p579829221-bak-gidravlicheskij-dlya.html>

Фільтр на нагнітальній лінії

MP Filtri FMP0392

Тонкість фільтрації: 25мкм

Різьба: G1/2

https://hydraulic.ua/ru/filtr-napirniy-mp-filtri-material-filtroelementa-fibrovolokno-propuskna-spromozhnist-48-1-khv-25-mkm-rizba-pidkluchennya-g-1-2/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=Shop / Filtry&utm_term=&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAgJa6BhCOARIsAMiL7V9VNCAySqJpg-mpuLQcBdH0oM0Zzz7U8S7In_jeqCg6f6RuBUeAD4aAgx4EALw_wcB

Фільтр на зливній лінії

T10V0R+CS15AN-CM

150л / хв

Тонкість фільтрації: 25мкм

https://interzbut.com.ua/p1332373892-filtr-slivnoj-gidravlicheskij.html/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAgJa6BhCOARIsAMiL7V_QSARluyBCA4yYQNLSgeEF730YZz3ApOTuiBHVZNUJLZJjPsrnheIaApAtEALw_wcB

Розподільник 4/2 гідравлічний

4WE10C-3XCG24N9Z5L

Напруга: 12В

<https://h-g.com.ua/p765247584-gidroraspredelitel-4we10c-3xcg24n9z5l.html>

Arduino UNO

Arduino Uno R3

Напруга живлення: 7-12В

		Ситник І.А.			<i>МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
		Губарев О.П.				64
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

https://kosmodrom.ua/ru/otladochnaya-plata/arduino-uno-r3.html?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAgJa6BhCOARIsAMiL7V_Y3S3XXePVotC7bHUmUUC9Px6oekgscnR4m69jj2HabGuChmWdEokaAlehEALw_wcB

Потенціометр

Sirman Plutone LT7 Minneapolis

https://experiencegroup.in.ua/p1419514258-potentsiometr-variatora-skorosti.html?source=merchant_center&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAgJa6BhCOARIsAMiL7V_YpxS0QXfzgbTEMB0e3Add51500n6HSwfAMqB9LeXqaylA82n31NMaArQNEALw_wcB

Сервомотор

MD60AIS108-48-C01330-B1-5-1C

Потужність – 400 Вт

Напруга живлення – 48В

https://uamper.com/index.php?route=product/product&path=375&product_id=8078&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAgJa6BhCOARIsAMiL7V9YeOhHJJolA11KiwUOVjTCuB8eiQgTND4ilZjKeS7FKlQOzaBC218aAoCSEALw_wcB

Датчик сили (тензOMETричний датчик)

CAS

BCA

(C3)

https://prom.ua/p1013411623-tenzometricheskij-datchik-cas.html?utm_source=google_product&utm_medium=cpc&utm_content=pla&utm_campaign=KT_cpc_1_5297199152&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAgJa6BhCOARIsAMiL7V9SqlBaB1ayAD4Lj63nfqCOLt0aOugW7QvwcGATYrYWxJspDwxHG7caAtdCEALw_wcB

		Ситник І.А.			<i>МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
		Губарев О.П.				65
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 5. БЕЗПЕЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

Безпечна експлуатація та обслуговування активної аеродинамічної системи антикрил автомобіля з гідравлічним та електричним приводом є важливим аспектом функціонування транспортного засобу. Враховуючи використання гідравлічних систем високого тиску та електричних компонентів, необхідно дотримуватися певних стандартів безпеки для забезпечення надійної та тривалої роботи системи.

Безпечна експлуатація системи також залежить від дотримання регламенту та своєчасного обслуговування. Обов'язковою умовою є наявність інструкцій з експлуатації, розроблених виробником, а також спеціалізованих перевірок після кожного етапу обслуговування. Враховуючи гідравлічні системи високого тиску і електричні компоненти, важливо дотримуватися правил їхнього технічного огляду та зберігання. Також потрібно проводити регулярний аналіз можливих поломок для мінімізації ризику аварійних ситуацій.

5.1. Загальні правила роботи з системою

Для забезпечення безпечної експлуатації системи антикрил з гідравлічним та електричним приводом необхідно проводити регулярне технічне обслуговування системи і перевіряти всі системи перед початком експлуатації, зокрема провести контроль за герметичністю гідравлічних ліній і справністю електричних з'єднань. Потрібно забезпечити захист гідравлічних та електричних елементів від механічних пошкоджень, вологи та агресивних середовищ. При роботі з системою потрібно застосувати використання індивідуальних засобів захисту, зокрема рукавичок, окулярів і спеціального одягу.

		<i>Ситник І.А.</i>			МГ.МАЗ1М7.00.00.00 ПЗ	Арк.
		<i>Губарев О.П.</i>				66
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

5.2. Робота з гідравлічними системами високого тиску

Гідравлічні системи високого тиску, що використовуються для управління антикрилом, можуть бути небезпечними при неправильній експлуатації тому потрібно дотримуватись даних рекомендацій:

- Регулярно перевіряти рівень тиску у гідравлічних лініях відповідно до інструкцій виробника.
- Під час обслуговування гідравлічної системи необхідно знижувати тиск до безпечного рівня, щоб уникнути травм від раптового виходу рідини під тиском.
- Дотримуватись правил безпечної роботи з гідравлічними системами згідно з ДСТУ 8728:2017 "Гідравлічні системи. Загальні вимоги безпеки".
- Заміну гідравлічної рідини потрібно здійснювати з використанням відповідних захисних засобів, оскільки деякі гідравлічні рідини можуть бути токсичними або подразнюючими.
- Контролювати стан ущільнювачів та гідравлічних шлангів, щоб уникнути протікань і збоїв у роботі системи.

5.3. Пожежна безпека

Гідравлічні системи, зокрема рідини, що використовуються в них, можуть бути горючими, тому необхідно вжити заходів для запобігання пожежам:

- Забороняється використовувати відкритий вогонь поблизу гідравлічних елементів.
- У випадку протікання гідравлічної рідини необхідно негайно припинити роботу і усунути причину витоку.
- Наявність засобів пожежогасіння в робочій зоні є обов'язковою умовою (вогнегасники, покривала).
- Слід дотримуватись вимог ДСТУ 3675:2005 "Пожежна безпека. Загальні вимоги", а також відповідних внутрішніх інструкцій з пожежної безпеки на виробництві.
- Забезпечення наявності пожежних сигналізацій і автоматичних систем пожежогасіння.

		Ситник І.А.			<i>МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
		Губарев О.П.				67
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Всі люди які працюють з машиною повинні знати алгоритм правильного використання вогнегасника в критичній ситуації:

- Зірвати пломбу
- Зняти запобіжну чеку
- Стати перед місцем займання на безпечній відстані
- Кінець шлангу вогнегасника потрібно направити на місце пожежі, на відстані не менше 1,5 м.
- Відкрити подачу вмісту вогнегасника і почати гасіння вогню.

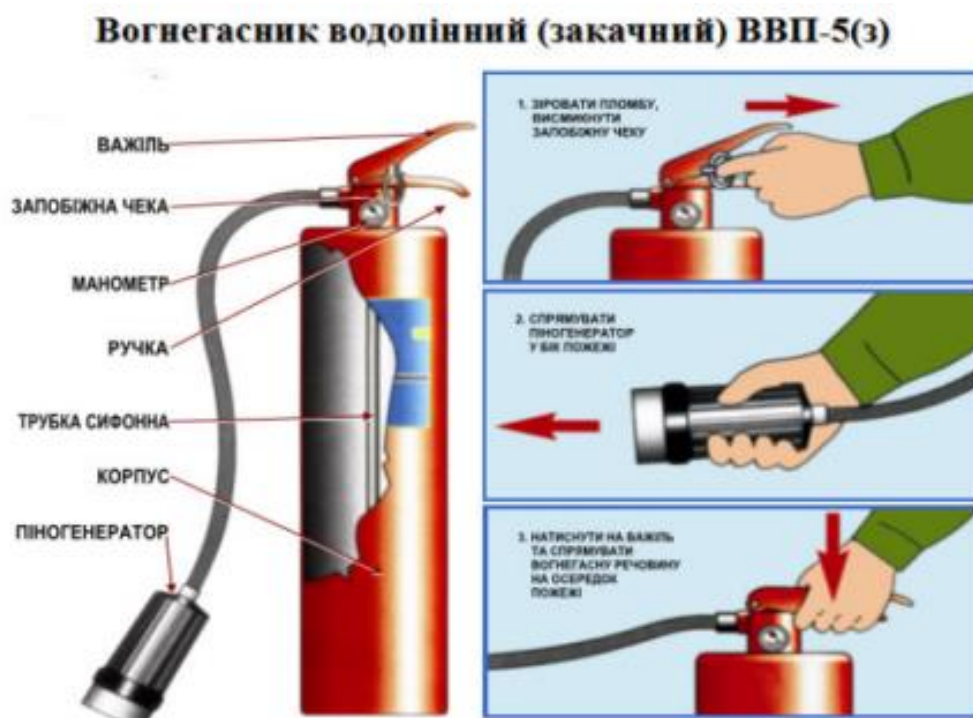


Рис. 5.3.1. Інструкція з користування вогнегасником [10]

5.4. Електрична небезпека

Враховуючи наявність електричних компонентів у системі, важливо дотримуватись наступних правил для запобігання електричним травмам:

- Регулярна перевірка електропроводки та з'єднань на наявність пошкоджень чи коротких замикань.
- Дотримання правил безпеки під час роботи з електрообладнанням згідно з ДСТУ 7237:2011 "Електробезпека. Загальні вимоги".
- Використання спеціальних інструментів і засобів захисту при роботі з електричними компонентами.

		Ситник І.А.		
		Губарев О.П.		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ

Арк.

68

- Забезпечення заземлення електричних ланцюгів для уникнення удару електричним струмом.
- Не допускається проведення робіт з електричними компонентами без попереднього знеструмлення системи.
- Проводити огляд з'єднань і ізоляції, особливо після тривалого або інтенсивного використання.

5.5. Висновок

Забезпечення безпечної експлуатації та обслуговування активної аеродинамічної системи антикрил з гідравлічним та електричним приводом для автомобіля є критично важливим аспектом функціонування такої системи. Дотримання загальних правил роботи, спеціальних вимог для гідравлічних систем високого тиску, а також забезпечення пожежної та електричної безпеки відповідно до діючих стандартів дозволить не тільки продовжити термін служби обладнання, але й зменшити ризики для життя та здоров'я персоналу.

		<i>Ситник І.А.</i>			МГ.МАЗ1МП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		<i>Губарев О.П.</i>				69
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 6. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

6.1. Опис ідеї проекту (товару, послуги, технології)

Таблиця 6.1. Аналіз змісту ідеї, напрямків застосування та вигод для користувача

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Інноваційна система активної аеродинаміки для автомобілів: управління антикрилами через гідравлічні приводи та електронні компоненти.	1. Автоспорт	-Підвищення стабільності на високих швидкостях і поворотах.
	2. Дорожні спортивні автомобілі	-Зниження витрат палива завдяки оптимізації аеродинамічних характеристик.
	3.Персональний автомобільний тюнінг	-Покращення керованості автомобіля.

6.1.1. Аналіз техніко-економічних переваг ідеї

Техніко-економічні характеристики проекту:

Гідравлічні приводи: точність управління антикрилами.

Електронне управління: швидкість реагування на зміну умов руху.

Модульність: адаптація до різних моделей автомобілів.

		Ситник І.А.			МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				70
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 6.1.1. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї

№ п/п	Техніко-економічні характеристики	Мій проєкт	Конкурент 1	Конкурент 2	Конкурент 3	W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
1	Точність управління антикрилами	Висока	Середня	Висока	Середня			+
2	Енергоефективність	Середня	Висока	Середня	Висока	+		
3	Простота інтеграції	Середня	Висока	Низька	Середня	+		
4	Вартість	Висока	Середня	Середня	Низька	+		

6.2. Технологічний аудит ідеї проєкту

Таблиця 6.2. Технологічна здійсненність ідеї проєкту

№ п/п	Ідея проєкту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Активна аеродинамічна система з гідравлічним приводом	Виробництво гідравлічних приводів	Наявні на ринку	Доступні

2	Управління антикрилами через електронні системи	Програмовані мікроконтролери (Arduino, Raspberry Pi)	Наявні на ринку	Доступні
3	Точне регулювання кутів атаки антикрила	Програмне забезпечення для моделювання аеродинаміки (SolidWorks)	Наявне	Доступні
4	Тестування аеродинамічних характеристик	Аеродинамічні симуляції за допомогою Flow Simulation	Наявні на ринку	Доступні
5	Гідравлічні компоненти (насоси, шланги, ущільнювачі)	Серійне виробництво стандартних гідравлічних компонентів	Наявні на ринку	Доступні
6	Модульна конструкція системи	Методи 3D-друку та металообробки для виготовлення прототипів	Наявні на ринку	Доступні

Обрана технологія реалізації ідеї проекту:

1.Гідравлічні приводи: використовуються для управління антикрилами. Їх можна придбати у виробників спеціалізованих компонентів.

2.Програмовані мікроконтролери: забезпечують точне управління системою. Вибір падає на Arduino через його доступність та гнучкість.

3.Програмне забезпечення для моделювання: SolidWorks Flow Simulation дозволяє провести аналіз аеродинамічних характеристик без використання фізичної аеродинамічної труби.

4.Модульні методи виробництва: для швидкого прототипування можна використовувати 3D-друк, а для серійного виробництва — металообробку.

Ідея стартапу технологічно здійсненна, оскільки всі необхідні технології вже існують на ринку та доступні авторам проекту. Обраний шлях реалізації включає поєднання серійних технологій (гідравлічні приводи, електронні системи) з сучасними методами моделювання (SolidWorks Flow Simulation), що дозволяє оптимізувати витрати на розробку та тестування. Це забезпечить можливість швидкого виходу на ринок із конкурентним продуктом.

6.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

6.3.1 Аналіз попиту: стан ринку

Для оцінки ринкового потенціалу проекту проведено аналіз основних показників ринку, динаміки його розвитку та бар'єрів для входу.

		<i>Ситник І.А.</i>			МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		<i>Губарев О.П.</i>				73
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 6.3.1. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	10-12 компаній, включаючи виробників спортивних автомобілів і аксесуарів для тюнінгу.
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	\$15-20 млрд на рік (ринок спортивних автомобілів та компонентів).
3	Динаміка ринку	Зростає (5-7% щорічного зростання завдяки попиту на ефективні аеродинамічні системи).
4	Наявність обмежень для входу	Необхідність сертифікації, висока конкуренція з провідними брендами.
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відповідність стандартам ISO 26262 (функціональна безпека) та вимогам до гідравлічних систем.
6	Середня норма рентабельності в галузі, %	15-20%

Ринок є привабливим для входження завдяки стабільному зростанню, хоча високі бар'єри для входу потребують ретельної підготовки.

6.3.2 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Проаналізовано основні групи потенційних клієнтів, їх потреби та вимоги до товару.

Таблиця 6.3.2. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (сегменти ринку)	Відмінності у поведінці клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Підвищення керованості	Автоспортивні команди	Швидкість адаптації системи до умов гонки	Висока точність і швидкодія, відповідність стандартам автоспорту.
2	Покращення ефективності	Виробники автомобілів преміум-класу	Висока увага до якості матеріалів, дизайн	Висока естетика, мінімальна вага, інтеграція без змін базової конструкції.
3	Можливість індивідуалізації	Тюнінг-компанії та автолюбителі	Гнучкість в адаптації під конкретний автомобіль	Модульність, доступність компонентів, конкурентна ціна.

6.3.3 Аналіз ринкового середовища: загрози та можливості

Для комплексної оцінки ринку визначено ключові фактори загроз і можливостей.

Таблиця 6.3.3. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Висока конкуренція	Домінування великих брендів на ринку.	Вихід через інноваційність продукту, партнерство з тюнінг-компаніями.
2	Високі витрати на сертифікацію	Витрати на відповідність ISO та іншим стандартам.	Залучення спеціалізованих партнерів для проходження сертифікації.
3	Залежність від постачальників	Монополія на ключові компоненти, як гідравлічні приводи.	Створення запасів або розробка альтернативних компонентів.

Таблиця 6.3.3.1. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Зростання ринку спортивних автомобілів	Попит на ефективні аеродинамічні рішення.	Створення продукту для вузького сегмента преміум-класу.
2	Технологічний прогрес	Доступ до сучасних технологій, як-от 3D-друк для прототипування.	Використання інновацій для скорочення термінів розробки.
3	Розширення ринку екологічних технологій	Інтеграція аеродинаміки для зменшення викидів та економії палива.	Позиціонування продукту як екологічного рішення.

6.3.4 Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Таблиця 6.3.4. Ступеневий аналіз конкуренції

Особливості конкурентного середовища	Прояви	Вплив на діяльність підприємства
Тип конкуренції	Олігополія	Необхідність виділятися інноваціями та якістю.
Рівень конкурентної боротьби	Локальний і міжнародний	Використання партнерських угод для виходу на міжнародні ринки.

		Ситник І.А.			МГ.МАЗ1М7.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				77
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Галузева конкуренція	Внутрішньогалузева	Конкуренція між постачальниками автомобільних компонентів.
Конкуренція за товарами	Товарно-видова	Забезпечення унікальних характеристик товару.

6.3.5 SWOT-аналіз стартап-проекту

Таблиця 6.3.5. SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
Інноваційність продукту.	Висока вартість розробки.
Можливість адаптації для різних автомобілів.	Високі бар'єри сертифікації.

Можливості: Зростання попиту на преміум-сегмент.

Загрози: Висока залежність від постачальників компонентів.

Проведений аналіз ринку підтвердив доцільність запуску проекту. Основні можливості лежать у високому попиті на інноваційні рішення у спортивному сегменті та преміум-класі. Основними викликами є висока конкуренція та сертифікаційні бар'єри, які можна подолати за рахунок стратегічних партнерств та інноваційних підходів.

6.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

6.4.1. Визначення стратегії охоплення ринку

Для ефективного виходу стартапу на ринок важливо визначити цільові групи споживачів, оцінити їхні потреби та готовність до сприйняття продукту.

Таблиця 6.4.1. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Автоспортивні команди	Висока	20-30 систем щорічно	Висока	Середня
2	Виробники автомобілів преміум-класу	Середня	50-100 систем щорічно	Середня	Низька
3	Тюнінг-компанії	Висока	100-150 систем щорічно	Низька	Висока

Обрані цільові групи:

1. Автоспортивні команди, які мають потребу в точних та швидкодіючих аеродинамічних системах.

2. Тюнінг-компанії, що пропонують унікальні рішення для персоналізації автомобілів.

Обрано стратегію диференційованого маркетингу: розроблятимуться окремі програми для кожного сегмента, враховуючи їхні специфічні потреби.

6.4.2. Визначення базової стратегії розвитку

Для роботи в обраних сегментах ринку обрано стратегічні напрями розвитку, які відповідають конкурентоспроможності стартапу.

Таблиця 6.4.2. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові позиції	Базова стратегія розвитку
1	Розширення сегменту автоспорту	Диференційований маркетинг	Висока точність, швидкодія, адаптація	Інноваційний прорив
2	Співпраця з тюнінг-компаніями	Диференційований маркетинг	Модульність, конкурентна ціна	Стратегія спеціалізації

Базова стратегія: інноваційний прорив у спортивному сегменті та спеціалізація для персоналізації автомобілів.

6.4.3. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Аналіз стратегії конкурентної поведінки враховує унікальність продукту та можливість залучення нових споживачів.

Таблиця 6.4.3. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект "першопрохідцем" на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів або забирати існуючих?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки

1	Так	Залучення нових споживачів	Ні	Стратегія лідерства
2	Ні	Залучення існуючих клієнтів конкурентів	Використання найкращих характеристик конкурентів	Стратегія інноваційного наслідування

6.4.4. Визначення стратегії позиціонування

Для формування ринкової позиції розроблено стратегію позиціонування, яка базується на вимогах цільової аудиторії.

Таблиця 6.4.4. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції	Вибір асоціацій, які мають сформувану позицію проекту
1	Точність, швидкодія, відповідність стандартам	Інноваційний прорив	Унікальність, точність, швидкість	"Технологічна інновація", "Професійний рівень", "Безпека"
2	Модульність, персоналізація, конкурентна ціна	Спеціалізація	Модульність, доступність	"Індивідуальність", "Доступність", "Якість"

Розроблено ринкову стратегію стартапу, яка поєднує інноваційний підхід для автоспорту та спеціалізацію для тюнінг-компаній. Стратегія диференційованого маркетингу дозволить адаптувати продукт до вимог різних сегментів ринку, формуючи унікальну ринкову позицію через асоціації "інновація", "точність" та "індивідуальність".

6.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

6.5.1 Формування маркетингової концепції товару

Для визначення конкурентоспроможності товару проаналізовано основні потреби цільових груп клієнтів, вигоди, які пропонує товар, і ключові переваги перед конкурентами.

Таблиця 6.5.1. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
1	Підвищення стабільності автомобіля	Забезпечення кращого зчеплення з дорогою на високих швидкостях	Висока точність управління, швидкодія системи
2	Зниження витрат палива	Зменшення аеродинамічного опору	Інтеграція інтелектуального управління, автоматичне налаштування
3	Персоналізація	Індивідуальне налаштування антикрил для кожного автомобіля	Модульна конструкція, сумісність із популярними моделями автомобілів

		Ситник І.А.		
		Губарев О.П.		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ

Арк.

82

6.5.2 Трирівнева маркетингова модель товару

Розроблено модель товару, яка враховує базову потребу споживача, фізичні характеристики товару та його післяпродажну підтримку.

Таблиця 6.5.2. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
I. Товар за задумом	Задоволення потреби у підвищенні аеродинамічної ефективності автомобіля, його керованості та економічності.
II. Товар у реальному виконанні	-Властивості: автоматичне регулювання антикрил; модульність системи; стійкість до умов експлуатації.
	-Якість: відповідність стандартам ISO; випробування у симуляціях (SolidWorks Flow Simulation).
	-Пакування: екологічно чисті матеріали.
	-Марка: унікальний дизайн із вбудованою електронікою для управління антикрилами.
III. Товар із підкріпленням	-До продажу: онлайн-консультації, гарантія на 2 роки.
	-Після продажу: технічна підтримка, доступ до оновлень програмного забезпечення.

Захист від копіювання: інтелектуальна власність (патент на алгоритм регулювання), ноу-хау в дизайні гідравлічної системи.

		Ситник І.А.			МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				83
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

6.5.3 Визначення цінових меж

Для встановлення ціни враховувалися товари-аналоги, рівень доходів цільових груп і конкурентні пропозиції.

Таблиця 6.5.3. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар
1	\$1500-2000	\$2000-2500	Високий	\$2000-2200

6.5.4 Визначення оптимальної системи збуту

Обрано модель власної системи збуту через спеціалізовані канали та партнерські програми з автоспортивними компаніями.

Таблиця 6.5.4. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Купівля через партнерські мережі автоспорту	Гарантія якості, забезпечення техпідтримки	Прямий збут	Власні спеціалізовані представництва
2	Інтернет-магазини для індивідуальних клієнтів	Доставка, онлайн-підтримка	Мінімальна	Власна платформа електронної комерції

		Ситник І.А.		
		Губарев О.П.		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ

Арк.

84

6.5.5 Розроблення концепції маркетингових комунікацій

Розроблена комунікаційна стратегія включає цільове позиціонування, вибір каналів зв'язку та ключові меседжі.

Таблиця 6.5.5. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки клієнтів	Канали комунікацій	Ключові позиції	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Професіонали в автоспорті	Спеціалізовані форуми	Інновація, надійність, точність	Інформувати про переваги технології	"Керованість на професійному рівні"
2	Автолюбители	Соцмережі, YouTube	Модульність, персоналізація	Демонстрація можливостей індивідуалізації	"Ваша унікальна система – під будь-який авто"

Розроблена маркетингова програма передбачає створення унікальної ціннісної пропозиції, адаптованої до різних сегментів клієнтів. Використання сучасних каналів комунікації, конкурентних цінових меж та власної системи збуту забезпечить успішне впровадження стартапу на ринок.

6.6. Висновок до розділу:

Проведений аналіз підтверджує можливість ринкової комерціалізації проекту з огляду на стабільний попит, зростання ринку аеродинамічних систем, а також високий рівень рентабельності в галузі (15-20%). Динаміка розвитку ринку спортивних автомобілів і преміум-класу свідчить про зацікавленість клієнтів у сучасних інноваційних рішеннях, таких як активні аеродинамічні системи.

Перспективи впровадження проекту є високими, враховуючи:

Потенційні групи клієнтів: автоспортивні команди, виробники автомобілів преміум-класу, тюнінг-компанії.

		Ситник І.А.			МГ.МАЗ1М7.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				85
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Бар'єри входження: сертифікаційні вимоги (ISO 26262) та висока конкуренція, які можна подолати за рахунок партнерств і патентного захисту.

Стан конкуренції: хоча ринок насичений, інноваційність проекту забезпечує високу конкурентоспроможність.

Рекомендована альтернатива ринкового впровадження:

Використання диференційованого маркетингу, орієнтованого на вузькі сегменти (автоспорт і преміум-клас).

Розвиток партнерської мережі з автоспортивними командами та виробниками тюнінг-компонентів.

Доцільність подальшої імплементації:

Проект є перспективним для впровадження на ринку завдяки інноваційним технічним характеристикам, можливості адаптації до різних автомобільних сегментів та чітко окресленій маркетинговій стратегії. Результати аналізу свідчать про високу ймовірність успішного запуску продукту за умов дотримання розробленої стратегії.

Таким чином, стартап-проект має потенціал стати конкурентоспроможним і зайняти важливу нішу на ринку сучасних аеродинамічних рішень.

		<i>Ситник І.А.</i>			<i>МГ.МАЗ1МП.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
		<i>Губарев О.П.</i>				86
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

В результаті виконання проекту було визначено, що оптимальним кутом відхилення антикрил є 10 градусів при якому їх ефективність є максимальною за рахунок збереження балансу між притискною і силою опору при швидкостях близьких до відмітки в 250 км/год. При подальшому збільшенню кута атаки починає відбуватися явище зриву потоку, що в свою чергу зменшує показники притискної сили. Швидкість руху автомобіля має незначний вплив на ефективність роботи антикрила, це свідчить про правильно обрану форму поперечного перерізу, яка забезпечує стабільну притискную силу. Основним чинником, що впливає на зміну цієї сили, є кут відхилення антикрила. Асинхронна зміна кута відхилення антикрил також впливає на розподіл навантаження між лівою та правою стійкою, що дозволяє регулювати рівень зчеплення з дорогою для кожного з задніх коліс окремо.

Таким чином, розроблена система активної аеродинаміки дозволяє суттєво підвищити стабільність і керуваність спортивного автомобіля при збереженні високої швидкості, що робить її перспективним рішенням для застосування в високошвидкісних режимах експлуатації на гоночному треку.

		<i>Ситник І.А.</i>			<i>МГ.МАЗ1М7.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
		<i>Губарев О.П.</i>				<i>87</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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.)
2. Антикрито Формули 1:
URL:<https://www.autosport.com/f1/news/alphatauri-reveals-extreme-interpretation-of-f1-rear-wing-rules/10498114/>
3. Антикрито гоночного боліду класу GT:
URL:https://deltawing.com/composites_rear_wing/
4. Флап автомобільний:
URL:<https://www.speedsport.com/premium/the-gurney-flap-turns-50/>
5. Автомобільний задній дифузор:
URL:<https://grassrootsmotorsports.com/articles/downforce-sorcery-diffusers-explained/>
6. Антикрито автомобіля 918 Spyder Porsche
URL:https://press.porsche.co.uk/prod/presse_pag/PressResources.nsf/Content?ReadForm&languageversionid=75258&hl=modele-918-918spyder&levelid=1
7. Антикрито автомобіля McLaren P1:
URL:<https://www.millermotorcars.com/2015-mclaren-p1-c-5503/#details-36>
8. Антикрито автомобіля Bugatti-Veyron:
URL:https://www.astonmartinofgreenwich.com/used-vehicle-2008-bugatti-veyron-16.4-c-4021/#details_detail-27
9. Антикрито автомобіля Ferrari LaFerrari:
URL:https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geneva_MotorShow_2013_-_Ferrari_LaFerrari_rear_lights.jpg
10. Інструкція користування вогнегасником:
URL:<https://naurok.com.ua/praktichna-robota-pervinni-zasobi-pozhezhogasinnya-i-poryadok-h-zastosuvannya-228551.html>

		Ситник І.А.			<i>МГ.МАЗІМП.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
		Губарев О.П.				88
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

11. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи студентів з дисципліни з дисципліни «Об'ємний гідропривод, ч.2» для студентів напряму підготовки 6.050502 Інженерна механіка спеціальності 7/8.05050205 Гідравлічні машини, гідропривод та гідропневмоавтоматика / Укладачі Ганпанцурова О.С., Губарев О.П. – К.: Електронне видання, 2013. – 7 с.

12. 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.

13. Основні фізико-хімічні характеристики мастила Shell Tellus S2 VX 46
URL:<http://parsianlub.com/Technical%20Data%20/Tellus/Tellus%20S2%20VX%2046.pdf>

		Ситник І.А.			МГ.МАЗ1МП.00.00.00 ПЗ	Арк.
		Губарев О.П.				89
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		