

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інститут аерокосмічних технологій  
Кафедра авіа- та ракетобудування**

До захисту допущено  
В. о. завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Олександр Бондаренко  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

**Дипломний проект  
на здобуття ступеня бакалавра  
за освітньо-професійною програмою «Літаки і вертольоти»  
спеціальності 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»  
на тему: «Активна механізація для керування підйомною силою»**

Виконав:

студент IV курсу, групи АЛ-91  
Бабенко Всеволод Павлович \_\_\_\_\_

Керівник:

Асистент кафедри.,  
Грицан Сергій Вадимович \_\_\_\_\_

Рецензент:

Професор, д.ф-т.н., проф.  
Чепілко Микола Михайлович \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проекті немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2023 року

**ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ**

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1	A4	АЛ9102.60.27.00.01	Завдання на дипломний проект	1	
2	A4	АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Пояснювальна записка	46	
3	A4	АЛ9102.60.27.00.03СО	Креслення	1	
4	A4	АЛ9102.60.27.00.04СО	Креслення	1	
5	A3	АЛ9102.60.27.00.05СО	Креслення	1	
6	A3	АЛ9102.60.27.00.06СО	Креслення	1	
7	A3	АЛ9102.60.27.00.073В	Загальне креслення механізму	1	
8	A4	АЛ9102.60.27.00.08СП	Специфікація	1	
			АЛ9102.60.27.00.01		
	П.І.Б.	Підп.	Дата		
Розробив	Бабенко В.П.			Аркуш	Аркушів
Перевірив	Грицан С.В.			1	1
Н. контр.				КПІ ім. Ігоря Сікорського	
Зав. каф.	Бондаренко О.М.			Каф. АРБ	Гр. АЛ91
				Відомість дипломного проекту	

**Національний технічний університет України**  
**“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”**  
**Інститут аерокосмічних технологій**  
**Кафедра авіа- та ракетобудування**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)  
Спеціальність – 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»  
Освітньо-професійна програма «Літаки і вертольоти»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
В. о. завідувача кафедри  
Олександр Бондаренко  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на дипломний проект студенту**  
**Бабенко Всеволоду Павловичу**  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту: «Активна механізація для керування підйомною силою», керівник проекту Грицан Сергій Вадимович, затверджені наказом по університету від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р. № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом проекту: « » \_\_

3. Вихідні дані до проекту:

3.1 *Характеристика аналогів;*

---

3.2 *Параметри елементів механізації*

3.3 *Характеристика матеріалів;*

3.4 *Точність виконання по заданим параметрам за потреби.*

4. Зміст пояснювальної записки:

4.1 *Огляд аналогів*

---

4.2 *Розробка моделі елемента механізації.*

---

4.3 *Опис конструкції.*

---

4.4 *Розрахунок навантажень на елемент механізації*

---

4.5 *Розрахунок аеродинамічних впливів*

---

4.6 *Створення просторової моделі.*

---

4.7 *Технологія виготовлення панелі.*

---

5. Перелік графічного (ілюстраційного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо):

5.1 *Характеристика аналогів.*

---

---

5.2. Загальний кресленик просторової моделі елемента механізації .

5.3. Результати розрахунків.

---

6. Дата видачі завдання 1 лютого 2023 р

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1.	Огляд аналогів	до 01.03.2023 р.	
2.	Розробка моделі панелі.	до 29.03.2023 р.	
3.	Розробка конструкції панелі із покращеними характеристиками.	до 12.04.2023 р.	
4.	Опис конструкції.	до 22.04.2023 р.	
5.	Розрахунок навантаження на панель.	до 30.04.2023 р.	
6.	Опис технології складання панелі.	до 15.05.2023 р.	
7.	Підготовка публікації по темі проекту	Протягом періоду виконання ДП	
8.	Оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів	до 06.06.2023 р.	
9.	Перевірка на плагіат, рецензування	до 11.06.2023 р.	
10.	Захист	з 14.06.2023 р. по 20.06.2023 р.	

Студент

Всеволод БАБЕНКО

Керівник

Сергій ГРИЦАН

**Пояснювальна записка  
до дипломного проекту**

на тему: **«Активна механізація для керування підйомною силою»**

Київ – 2023 рік

## Анотація

Пояснювальна записка до ДП «**Оптимізація механізму складання, розгортання і блокування крил літального апарата**» містить 50 аркушів тексту, 21 ілюстрації та 23 використаних джерела.

Метою роботи є проектування механізму складання і розгортання спроектованого інтерцептора.

В ході роботи було проведено аналіз проблем використання гоночного боліду, який злітає вгору після втрати переднього антикрила. Аналізуючи інформацію з відкритих джерел було обрано Boeing 737 та Tu-154 з яких було взято компоновку деталей механізації крила. У ході виконання проекту було проведено пошук літаків, які мають розвинену механізацію крила. На основі вхідних даних було розраховано циліндричну передачу з внутрішнім зачепленням. З отриманих результатів розрахунку було створено 3д модель механізму складання і розгортання спроектованого спойлера.

**Ключові слова:** XXX XXX XXX XXX.

**Abstract**

The explanatory note to the research project "Optimization of the mechanism for folding, deploying and locking the wings of an aircraft" contains 50 pages of text, 21 illustrations and 23 references.

The aim of the work is to design a mechanism for folding and deploying the designed interceptor.

In the course of the work, the problems of using a racing car that flies up after losing its front wing were analyzed. Analyzing the information from open sources, Boeing 737 and Tu-154 were selected, from which the layout of the wing mechanization parts was taken. In the course of the project, a search was conducted for aircraft with advanced wing mechanization. Based on the input data, a spur gear with internal meshing was calculated. From the calculation results, a 3D model of the mechanism for folding and deploying the designed spoiler was created.

**Keywords:** XXX XXX XXX XXX.



# ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	7
1. ПРОБЛЕМА ЗЛЬОТУ БОЛІДУ ПІСЛЯ ВТРАТИ ПЕРЕДНЬОГО АНТИКРИЛА .....	8
1.1 ПРОБЛЕМА НЕДОСТАТНЬОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЖЕ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ.....	9
2. ПРИНЦИП РОБОТИ МЕХАНІЗМУ.....	12
2.1. ДЕТАЛЬНИЙ ОПИС МЕХАНІЗМУ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕ- РОНАМИ-ІНТЕРЦЕПТОРАМИ НА ТУ-154 .....	14
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ.....	16
2.2. ОГЛЯД АНАЛОГІВ.....	17
2.2.1. ОГЛЯД АНАЛОГІВ У АЕРОБУДІВНИЦТВІ.....	17
2.2.2. ОГЛЯД АНАЛОГІВ У АВТОСПОРТІ.....	19
2.2.3. ПОРІВНЯННЯ СХЕМ РОЗМІЩЕННЯ ROOF FLAPS.....	22
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ.....	25
3. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ.....	26
3.1. РОЗРАХУНОК .....	26
3.2. РОЗРАХУНОК ПРИВОДА.....	30
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ.....	32

					<b>АЛ9102.60.27.00.02ПЗ</b>						
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Активна механізація для керування підйомною силою						
Розроб.		Бабенко В.П.							Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Грицан С.В.									xx
Н. кон.									КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Затв.									Каф. АРБ      Гр. АЛ91		

4. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА.....	33
4.1. ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ДЕТАЛЕЙ.....	33
4.2. ВИГОТОВЛЕННЯ КАРБОНУ.....	35
4.3. ФОРМА .....	37
4.4. ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛА ЕЛЕКТРОПРИВОДУ..... .....	38
4.5. ПОШУК ВІДПОВІДНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ..... .....	39
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ .....	40
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК.....	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	43

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						5
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

## Перелік умовних позначень

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						6
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

У світі гоночної інженерії інновації постійно рухаються вперед, спрямовуючись на покращені ефективності їзди, і, не менш головне, безпеки. Одним з ключових аспектів розвитку цієї галузі є безпека вболівальників і водія. Це важлива задача, яка стоїть перед інженерами, оскільки від правильно розробки виробу залежить цілісність оточуючих і результати на треку.

Гоночний спорт - це не лише змагання гонщиків, а й багато робочих місць, пов'язаних з безпекою і організацією гонок. Окрім інженерів та механіків, існують команди фахівців з безпеки, які займаються розробкою нових технологій та вдосконаленням існуючих систем безпеки. Крім того, нові регламенти часто вводяться з метою покращення безпеки гонок. Наприклад, у Формулі-1 нещодавно ввели нові правила щодо аеродинамічної концепції боліду, щоб зменшити можливість аварій через занадто велику швидкість у поворотах. Такі регламенти та аеродинамічні прориви відіграють важливу роль в забезпеченні безпеки гонок та захисту гонщиків.

### 1. Проблема зльоту боліду після втрати переднього антикрила.

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						7
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Проблема зльоту боліду є актуальною проблемою в сучасній автоспорті. За останні п'ятдесят років автоспорт змінював парадигму швидких та небезпечних перегонів, забезпечивши широкий простір для інновацій, та демонстрацію цього видовища великій кількості людей. Проте питання перекидання боліду залишається проблемою для інженерів.

Ця проблема безпосередньо пов'язана з конструкцією днища, переднього та заднього антикрила боліда, що впливає на його продуктивність, маневреність, стійкість і ефективність на треку. 10 команд щорічно презентують новий болід, який буде намагатися показати результати на трасі. Але усіх їх об'єднує одна й та ж сама проблема можливого перекидання.

Однак, не дивлячись на те, що дуже багато сил приділено швидкості і результатам, не варто забувати і про те, що безпека оточуючих глядачів та пілотів на першому місці, тому бели введені такі системи, як прив'язування коліс, система захисту голови HANS і HALO. Але це досі небезпечно. Болід, що втратив керування на швидкості в 300 км/год не несе у собі нічого доброго.

А болід, який втратив керування і відправився у вільний політ – ще гірше. А тих систем безпеки, що вже існують, досі недостатньо для того, щоб зберегти життя усіх безвинятково.



*Рис.1 Приклад зльоту боліда*

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						8
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.1 Проблема недостатньої ефективності вже існуючих систем безпеки.

Система Halo у формулі 1 є інноваційним засобом безпеки, який впроваджується з метою підвищення безпеки пілотів під час перегонів. Поява системи Halo виникла у відповідь на серію небезпечних аварій, які стали причиною підняття автомобілів у повітря та створення некерованих ситуацій. Система Halo встановлюється над кабіною гоночного автомобіля і забезпечує захист пілота від потенційних ударів і травм. Вона складається з міцної металевої конструкції, яка створює бар'єр між головою пілота і можливими об'єктами зверху та збоку. Ця система є важливою частиною безпеки автомобілів у формулі 1 і вважається однією з найуспішніших систем безпеки у світі автоспорту. Впровадження системи Halo свідчить про безперервну роботу організації формули 1 над зниженням ризиків для пілотів і створенням безпечного середовища для проведення перегонів. Систему безпеки HALO було запроваджено у Формулу 1 з 2018 року.



Рис.2 Система безпеки HALO

Переваги системи HALO:

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						9
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Поліпшення безпеки: HALO значно зменшує ризик отримання серйозних травм голови та шиї пілотом у разі аварії.

Стійкість: система HALO має високу стійкість до статичних і динамічних навантажень і не деформується під час зіткнень.

Недоліки системи HALO:

Вага: HALO важить близько 7 кг, що збільшує загальну вагу автомобіля і може знижувати швидкість.

Візуальне сприйняття: HALO блокує поле зору пілотів по центру і впливає на комфорт керування автомобілем.

Вплив на естетику: багато вболівальників і фахівців у галузі автоспорту вважають, що система HALO псує естетичний вигляд автомобілів Формули 1.

Обмеження доступу: система HALO ускладнює швидкий доступ до кокпіту автомобіля в разі аварії, що може уповільнити процес рятувальних робіт.

Незважаючи на деякі недоліки, система безпеки HALO була розроблена з метою захистити життя і здоров'я пілотів, і загалом її визнано у Формулі 1 як важливий крок у галузі безпеки.

Приклади аварій, у яких система Halo врятувала життя:

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						1
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		



*Рис.3 Гуанью Чжоу – Альфа Ромео, Сільверстоун 2022 рік*



*Рис.4 Роман Грожан – Хаас, Бахрейн 2020*

Те, що Грожан живий, це і справді дивовижно. Перевантаження після удару склало понад 100g - вважається, що людський організм не здатний таке витримати і неминуче відключиться, але Грожан увесь час залишався при тямі і навіть сам вибрався із боліду і дійшов до карети швидкої допомоги.

Але подібний розвиток подій у принципі був би неможливим, якби не "Halo": без цієї системи Грожан врізався б у відбійник головою, а так - захисний каркас немов "розрізав" для нього загородження.

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						1
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		



Додавання нових систем, звісно, необхідно. Але це перегони, і світ бачить це все, як найшвидшу гоночну серію світу. Якщо обвішати болід різними елементами, які негативно впливатимуть на швидкості, то Ф1 втратить свій статус найшвидшої гоночної серії на кільцевому треку.

## 2.Принцип роботи механізму

Цей механізм призначений для управління та стабілізації польоту літака в різних ситуаціях.

Ось деякі основні призначення інтерцептора на літаку:

Керування аеродинамічними характеристиками: Інтерцептори дають змогу змінювати форму і кут атаки крила, що впливає на генерацію підйомної сили та аеродинамічний опір. Це дає змогу пілоту краще контролювати та керувати літаком у різних режимах польоту.

Управління стабільністю польоту: Інтерцептори здатні поліпшити стабільність літака шляхом зміни його аеродинамічних характеристик. Вони допомагають боротися з несприятливими факторами, як-от турбулентність, сильний вітер або зміни повітряного потоку, щоб забезпечити більш плавний і стабільний політ.

Управління кутом атаки: Інтерцептори дають змогу змінювати кут атаки крила літака. Це може бути корисно, наприклад, це дуже корисно під час зльоту і посадки, щоб забезпечити необхідну підйомну силу або зниження швидкості.

Загалом, інтерцептори на літаку служать для підвищення безпеки, контролю та керованості польоту. Вони дають змогу пілотам адаптуватися до різних умов і ситуацій, забезпечуючи оптимальне функціонування та маневреність літака.

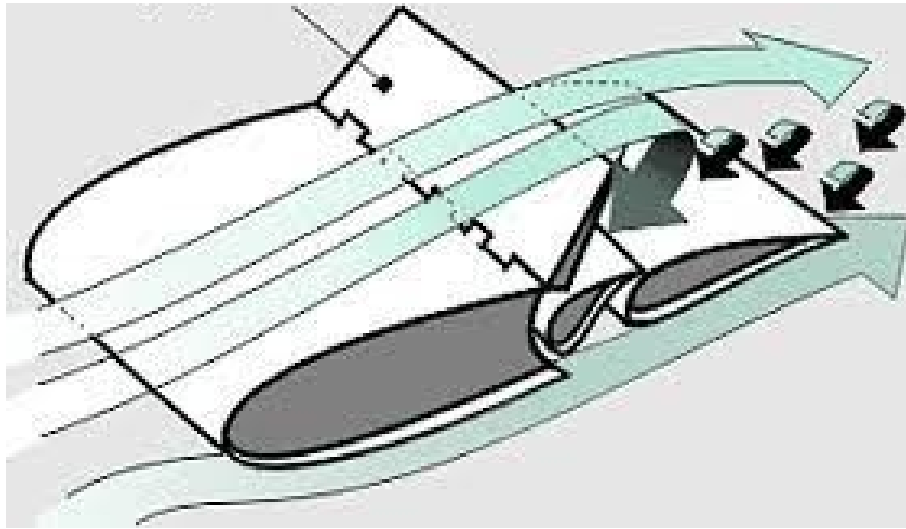
					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						1
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Інтерцептор складається з декількох ключових компонентів, включно з аеродинамічними поверхнями, механізмами управління і гідравлічною системою. При необхідності у зміні форми крила або кута атаки, гідравлічна система активує відповідні механізми інтерцептора. Процес роботи інтерцептора починається з активації гідравлічної системи. При цьому гідравлічний актуатор передає сигнали і керуючий тиск у потрібні частини інтерцептора. Це дає змогу змінювати форму і положення аеродинамічних поверхонь на крилі. Коли гідравлічна система активує інтерцептор, аеродинамічні поверхні змінюють своє положення. Наприклад, закрилки можуть бути опущені або підняті, а елерони можуть бути повернуті в потрібному напрямку. Ці зміни у формі крила дають змогу контролювати сили, що діють на літак, і досягти бажаної стабільності та керованості в польоті.



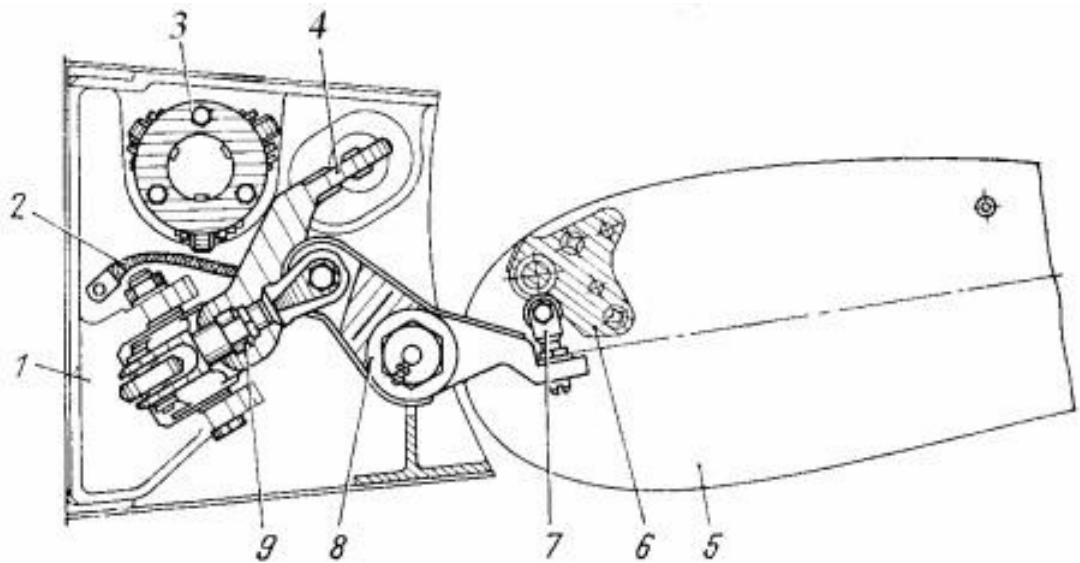
*Рис.5 так виглядають інтерцептори з пасажирського місця*

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						1
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		



*Рис.6 принцип роботи інтерцептора*

## 2.1 Детальний опис механізму системи керування елеронами-інтерцепторами на ТУ-154.



*Рис.7 система керування елеронами-інтерцепторами*

*1-кронштейн; 2-перемичка металізації; 3-направляюча тяги елеронів; 4-гойдалка; 5-елерон; 6-упор; 7-вилчастий болт із роликом; 8-гойдалка; 9-тяги-тандер.*

Система керування елеронами-інтерцепторами призначена для їх відхилення з метою підвищення ефективності поперечного керування. Кожен елерон-інтерцептор відхиляється тільки вгору за допомогою рульових

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		1

приводів РП-57 і РП-58 після відхилення елерона на кут понад  $1^{\circ}30'$ . Застосування інтерцепторів для підвищення ефективності поперечного керування спричинене тим, що для забезпечення високих злітно-посадкових характеристик на літаку використано трищільні закрилки, розмах яких на крилі для підвищення їхньої ефективності збільшено за рахунок зменшення розмаху елеронів.

Зменшення розмаху елеронів призвело до зменшення їхньої ефективності. Це компенсовано застосуванням зовнішніх секцій інтерцепторів як органів поперечного керування - елеронів-інтерцепторів, які відхиляються пропорційно куту відхилення елерона. Така схема забезпечує високу ефективність поперечного керування. Система керування елеронами-інтерцепторами складається з диференціальних механізмів 35 (див. мал. 3.27), жорсткої проводки від диференціального механізму до рульових приводів 31. Проводка керування елеронами-інтерцепторами містить тяги, повідці, пружинні тяги 34, обмежувач 33 відхилення елерона-інтерцептора.

Керування елеронами-інтерцепторами здійснюється штурвалами керування елеронами через диференційний механізм.

Диференціальний механізм (мал. 3.33) слугує для ввімкнення керування елероном-інтерцептором. Він розташований на задній стінці третього лонжерона крила між нервюрами № 33-34. На шкарпетці внутрішнього торця елерона жорстко закріплений упор 6, який входить у контакт із роликом вилчастого болта 7, укрупненого в гойдалку 8, що має вісь обертання на кронштейні навішування елерона 5. Друге плече гойдалки 8 тягою-тандером 9 з'єднано з гойдалкою 4, що обертається в кронштейні 1. Від другого плеча гойдалки 4 проводка йде до рульового приводу РП-57.

Між упором 6 і роликом на болті 7 є зазор, що відповідає діапазону відхилення елерона вгору від  $0^{\circ}$  до  $-1^{\circ}30' \pm 15'$ . Починаючи з кута відхилення елерона вгору, що дорівнює  $1^{\circ}30' \pm 15'$ , і до граничного кута, що дорівнює  $20^{\circ} \pm 1^{\circ}$ , упор 6 буде перебувати в постійному контакті з роликом 7,

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						1
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

відхиляючи його донизу, завдяки чому відбуватиметься поворот хиталки 8, а отже рух проводки на вхідний важіль кермового приводу РП-57, що забезпечує подачу сигналу неузгодженості на два кермових приводи РП-58 та відхилення елерона-інтерцептора догори.

В ілюстративному варіанті здійснення, показаному й описаному тут, інтерцептори можуть бути зафіксовані не понад як у двох конфігураціях.

Хоча механізм проілюстровано й описано тут із посиланням на конкретні варіанти здійснення, винахід не призначений для обмеження показаних деталей. Скоріше, різні зміни можуть бути внесені в деталі в межах обсягу та діапазону еквівалентів пунктів формули винаходу та не відходячи від винаходу. Механізм не обмежується літальними апаратами і може бути придатним для інших транспортних засобів. Більш того, механізм може бути пристосований для будь-якого кута стрілоподібності.

### **Висновок**

1. Механізм системи керування елеронами-інтерцепторами крила, виконаний з можливістю зміни положення площин елерон-інтерцепторів навколо однієї осі, зазначений механізм повороту містить: кронштейн, опорна деталь або конструкція, що слугує для кріплення на вертикальній площині (стіні або колоні) частин, що виступають або висунуті в горизонтальному напрямку; перемичку металізації, особливий вид кріплення, який застосовують для з'єднання струмопровідних деталей у конструкціях і окремих агрегатах літаків, завдяки цим елементам підвищується надійність електроконтакту; направляючу тяги елеронів, призначена для штурвального й автоматичного керування літаком за креном і курсом і забезпечує

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						1
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

відхилення елеронів і елеронів-інтерцепторів пілотом; гойдалку, гойдатиметься, без змін передаючи рухи штурвала елеронам; елерон-інтерцептор, відхиляються або випускаються в потік поверхні на верхній поверхні крила, які збільшують аеродинамічний опір і зменшують підйомну силу; упор, служить для розподілу робочого навантаження на деталь; вилчастий болт із роликом, тяга-тандер, підвищувач тяги.

## **2.2. Огляд аналогів.**

Останні роки пасажирські та вантажні літаки є невід'ємною частиною сучасної авіаційної індустрії. Використання механізму систем керування інтерцепторами здобув значну популярність та зацікавив численні компанії в усьому світі. На підставі цього огляду можна визначити, що використання механізму має значний потенціал. З розвитком технологій та зростанням попиту на авіатехніку, можна очікувати більші інновації та прориви в цій галузі в майбутньому.

### **2.2.1. Огляд аналогів у аеробудівництві.**

Дуже багато сучасних літаків має унікальну механізацію крила, наприклад, розкривання інтерцептора з компактного положення за рахунок руху назад вузла, до якої прикріплені самі інтерцептори. Введення інтерцепторів може мати такий вплив на літак:

Збільшення аеродинамічного опору: Додаткові інтерцептори, розкриті на крилі або інших частинах літака, можуть створювати додатковий аеродинамічний опір. Це може призвести до збільшення опору повітря і, як наслідок, до зниження швидкості.

Зміна керованості: Розкриття інтерцепторів може змінити аеродинамічні характеристики літака і його керованість. Наприклад, зміна

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						1
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

форми крила може вплинути на підйомну силу і поведінку літака в польоті, що допоможе пілоти направити літак так, як це потрібно.

Вплив на стабільність: Введення інтерцепторів може змінити центр ваги або розподіл аеродинамічних сил на літаку. Це може вплинути на його стабільність і вимагати коригування керуючих поверхонь для компенсації змін/

Важливо зазначити, що конкретні характеристики і вплив інтерцепторів залежатимуть від їхньої конструкції, місця встановлення і призначення. Конструкція інтерцепторів може бути різною і визначається вимогами повітряної безпеки, бойових завдань та інших факторів.

Інтерцептори мають різні конструкції, які залежать від їхнього призначення та вимог до виконання специфічних завдань. Ось деякі приклади різних конструкцій інтерцепторів:

Повітряні гальма (спойлери на військових літаках): Повітряні гальма являють собою пристрої, які розкриваються на крилі або фюзеляжі літака, щоб збільшити аеродинамічний опір і уповільнити літак під час польоту. Вони можуть бути використані військовими літаками для швидкого зниження швидкості або для забезпечення короткочасного утримання в повітрі.

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						1
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		



*Рис.8 приклад аеротормозу*

Повітряні гальма/реверсивні тягові пристрої: Деякі літаки, особливо військові винищувачі або бойові вертольоти, можуть бути оснащені комбінованими пристроями, які виконують функції як повітряних гальм, так і реверсивних тягових пристроїв. Вони можуть використовуватися для швидкого зниження швидкості або для створення додаткової тяги, спрямованої вперед, щоб скоротити шлях пробігу на землі.

Маневрові аеродинамічні поверхні: Військові літаки, такі як винищувачі, можуть бути оснащені спеціальними маневровими аеродинамічними поверхнями, які можуть змінювати свою форму і положення для забезпечення більш високої маневреності в повітрі. Ці поверхні, такі як вектори тяги або поворотні крила, можуть використовуватися для збільшення маневреності літака і його здатності здійснювати швидкі повороти і оборонні маневри.

Двигуни зі змінним тяговим вектором: Деякі сучасні військові винищувачі мають двигуни зі змінним тяговим вектором, які дозволяють змінювати напрямок тяги. Це дає змогу літаку виконувати складніші

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						1
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		



маневри, включно з обертаннями на місці та виконанням стрімких оборонних дій.

### 2.2.2. Огляд аналогів у автоспорті.

Перегони NASCAR - це популярний автоспортивний вид у США. Вони проводяться на овальних треках, відомих як "Speedways", таких як Дейтона Інтернешнл Спідвей і Шарлотт Мотор Спідвей. Головний сенс перегонів NASCAR - суперництво між водіями на високих швидкостях. Гонщики керують спеціально підготовленими автомобілями, які розвивають вражаючі швидкості до 200 миль на годину (близько 322 км/год). Перегони NASCAR включають безліч кругових поворотів і стратегічних моментів, таких як піт-стопи і маневри обгонів, де водії змагаються за перемогу і призи. Цей видовищний захід приваблює безліч шанувальників автоспорту з усього світу.

У NASCAR використовуються масивні автомобілі, які зазвичай мають закриту кабіну, що забезпечує додатковий захист гонщика. Крім того, вони оснащені системами безпеки, такими як шоломи, спеціальні ремені безпеки та сидіння, здатні витримувати високі удари. Не менш цікавим видом передових систем безпеки є дахові клапани (Roof flaps – в оригіналі). Спеціальний датчик улавлює втрату зчеплення боліду з дорогою і випускає спеціальний аертормоз.

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						2
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.9 болід Nascar

Roof flaps - це система безпеки, яку встановлюють на дах перегонних автомобілів у NASCAR для запобігання автомобілю піднятися в повітря і знизити ймовірність потенційно небезпечних аварій. Roof flaps являють собою пластикові панелі, які встановлюються на дах автомобіля і закріплені на спеціальних шарнірах. Коли автомобіль рухається зі швидкістю, достатньою для створення потоку повітря, roof flaps відкриваються, щоб дозволити повітрю проходити через шарніри, що створює силу, спрямовану вниз, щоб допомогти утримувати автомобіль на землі.

Roof flaps запровадили в NASCAR 1994 року після серії небезпечних аварій, у яких автомобілі піднімалися в повітря і ставали некерованими. Roof flaps стали важливою частиною безпеки автомобілів NASCAR і вважаються однією з найуспішніших систем безпеки у світі автоспорту.

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		2



*Рис.10 Загальний вигляд Roof Flaps*

Переваги:

Збільшення безпеки: roof flaps знижують ймовірність перевертання автомобіля, що зменшує ризик травм для пілота та інших учасників перегонів.

Покращена стабільність: roof flaps допомагають збільшити стійкість автомобіля під час їзди на великих швидкостях, що зменшує ризик втрати контролю над машиною.

Легкість використання: roof flaps - це відносно проста і дешева система, яку можна швидко встановити і демонтувати.

Недоліки:

Обмеження на швидкість: roof flaps можуть спричинити додатковий опір повітря та додаткова вага, що обмежує максимальну швидкість автомобіля.

Необхідність підтримки: roof flaps потребують регулярного технічного обслуговування та контролю, щоб гарантувати їхню правильну роботу.

Приклади аварій, у яких система roof flaps допомогла пілотам не потрапити у серйозну аварію:

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						2
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		



1

2



3

4

*Рис.11 Наглядна робота системи безпеки Roof Flaps*

### 2.2.3. Порівняння схем розміщення roof flaps

Якщо у системи Halo, яку ми розглядали у прикладах систем безпеки формули 1, є лише один варіант розміщення, то у roof flaps є декілька варіацій, або навіть усі разом. Найпоширенішим і найефективнішим місцем для розміщення roof flaps є дах автомобіля, тому вони й отримали свою назву. Розміщення їх на даху автомобіля дає змогу ефективно використовувати потік повітря, що проходить над автомобілем за високих швидкостей, для збільшення сили, що утримує автомобіль на дорозі. Крім того, таке розміщення забезпечує хорошу стійкість автомобіля на прямих ділянках і в поворотах.

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						2
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

У деяких випадках roof flaps також можуть бути розміщені на бічних панелях автомобіля, що дає змогу використовувати бічні потоки повітря для підвищення стійкості на поворотах. Однак цей метод менш ефективний, ніж розміщення на даху.

Розміщення roof flaps на капоті або багажнику може виявитися менш ефективним, ніж на даху або бічних панелях. У цьому випадку потік повітря має більш вертикальну орієнтацію, що не дає змоги повністю використати його для поліпшення стійкості.

Таким чином, можна зробити висновок, що розміщення roof flaps на даху автомобіля є найефективнішим способом їхнього використання в гоночних автомобілях NASCAR. Розміщення на бічних панелях також може бути ефективним, але менш переважним. Розміщення на капоті або багажнику може не дати очікуваних результатів у плані підвищення стійкості та контролю над автомобілем.



*Рис.12 Схеми розміщення аерогальм*

Конструкція roof flaps може трохи відрізнитися залежно від виробника і моделі автомобіля, але в загальному випадку вона працює таким чином:

При досягненні певної швидкості автомобіля, динамічний тиск повітря на даху збільшується.

Встановлені на даху roof flaps починають підніматися вгору завдяки повітряному потоку, який проникає в спеціально створені вентиляційні

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						2
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

отвори в задній частині даху. При цьому отвори, через які проходить повітря, можуть бути закриті спеціальними заслінками або ж розташовані без них.

Коли roof flaps відкриваються, вони створюють додатковий опірний ефект, що призводить до зменшення швидкості автомобіля та збільшення зчеплення шин з дорогою. Це дає змогу поліпшити керуваність автомобіля за високих швидкостей і запобігти небезпечним підйомам передньої частини автомобіля. При зниженні швидкості автомобіля roof flaps повертаються у вихідне положення.

Важливо відзначити, що ефективність роботи roof flaps залежить від низки чинників, як-от конструкція автомобіля, розмір і форма roof flaps, їхній кут нахилу тощо. Крім того, для правильної роботи системи необхідна наявність певних швидкісних умов, які можуть відрізнятися залежно від типу автомобіля і траси, на якій відбуваються перегони.



*Рис.13 Наглядна демонстрація роботи аерогальм*

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						2
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновок до розділу

У цьому розділі було детально розглянуто принцип роботи, та зображено конструкцію механізму розкриття інтерцептора. Суттєвим плюсом цього механізму є простий принцип дії. Також було розглянуто літаки, як цивільні, так і військові, в яких використовується подібні механізми розкриття. Наступним кроком було розглядання подібних рішень у інших видах автоспорту. Такий наявний лише у NASCAR. З огляду можна зрозуміти, що тенденція використання механізму розкриття тільки збільшується.

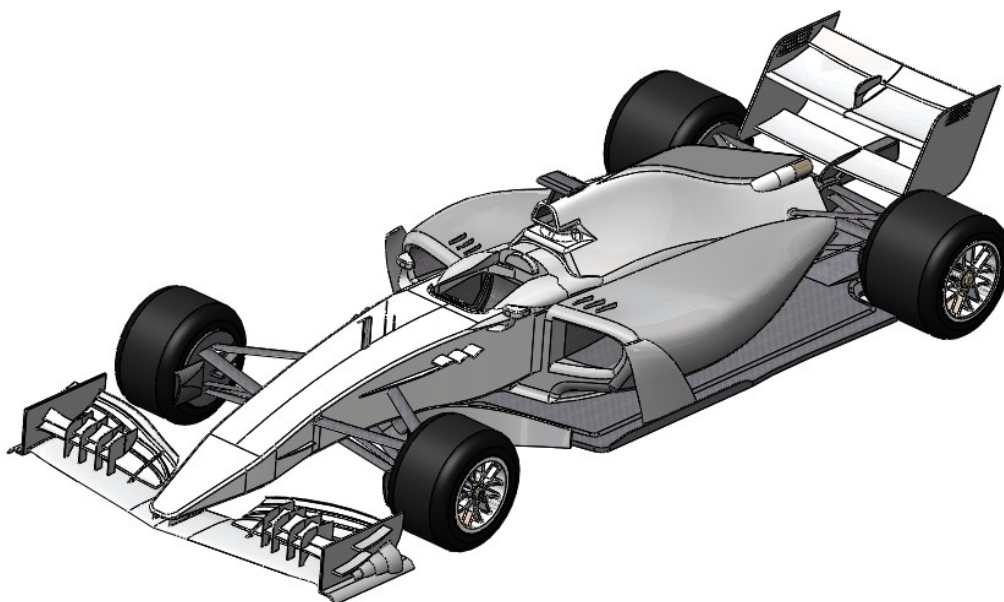
					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						2
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.Методика розрахунку

У цьому розділі описується розрахунок інтецептора . Також додається розрахунок електропривода . Методику розрахунку інтерцептора було взято з навчального посібника “ХХХ”. У якому детально було описано розрахунок..... . А розрахунок привода було взято з навчального посібника “Основи конструювання і розрахунку деталей і вузлів механізмів”.

#### 3.1 Розрахунок

Було спроектовано тривимірну модель боліда для подальшого аналізу та обвудки задля зняття аеродинамічних показників кожної частини боліду.



*Рис.14 болід Формули 1*

Болід після першого аеродинамічного аналізу.

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		2



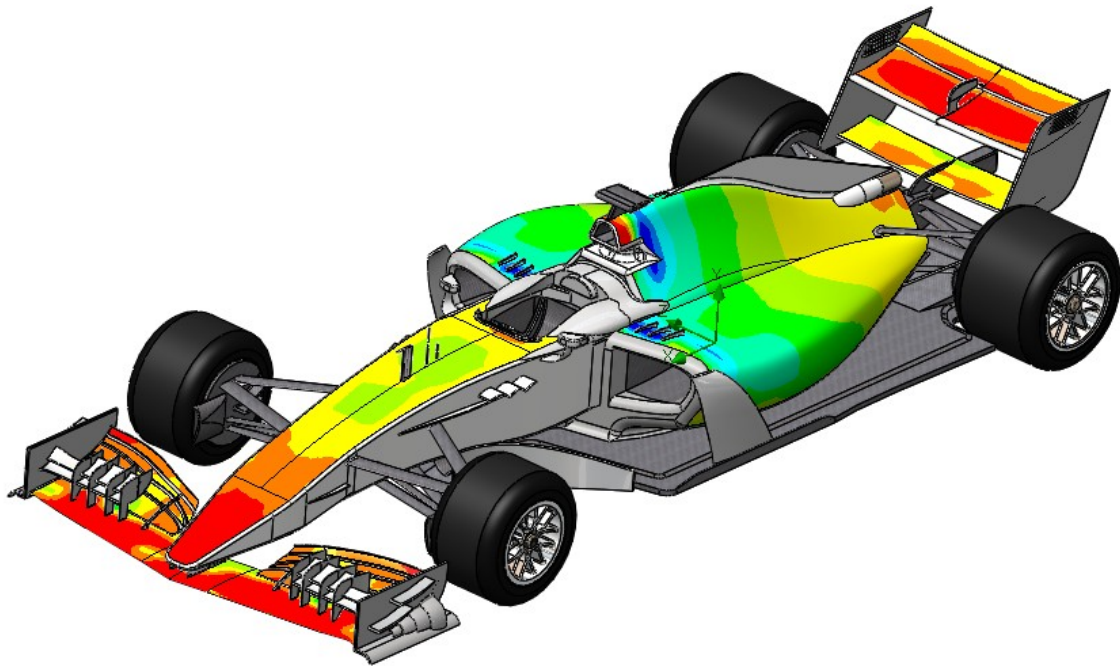


Рис.15 болід Формули 1, аеродинамічні навантаження

Болід було спрощено представлено як суму сил і моментів зображених на рис.1:

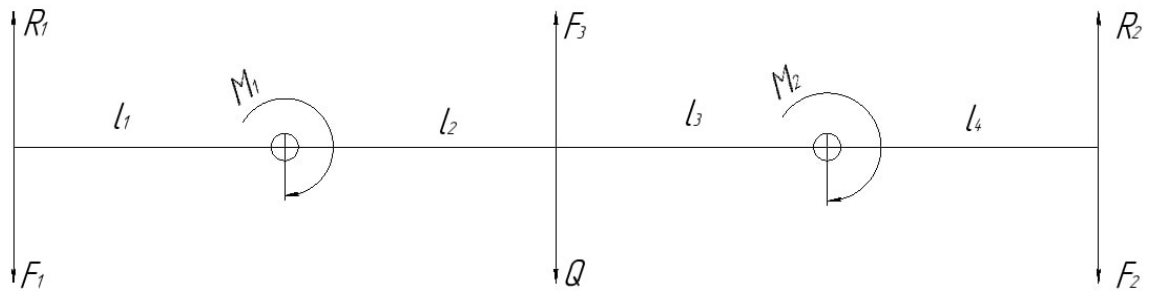


рис.1 Сили, що діють на болід

- де  $\vec{F}_1$  - сила, що генерується на передньому антикрилі,  
 $\vec{F}_2$  - сила, що генерується на задньому антикрилі,  
 $\vec{F}_3$  - сила, що генерується середньою частиною корпусу,  
 $\vec{R}_1$  - реакція носової частини боліду,  
 $\vec{R}_2$  - реакція задньої частини боліду,  
 $\vec{Q}$  - зосереджена сила розподіленого навантаження,

Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

АЛ9102.60.27.00.02ПЗ

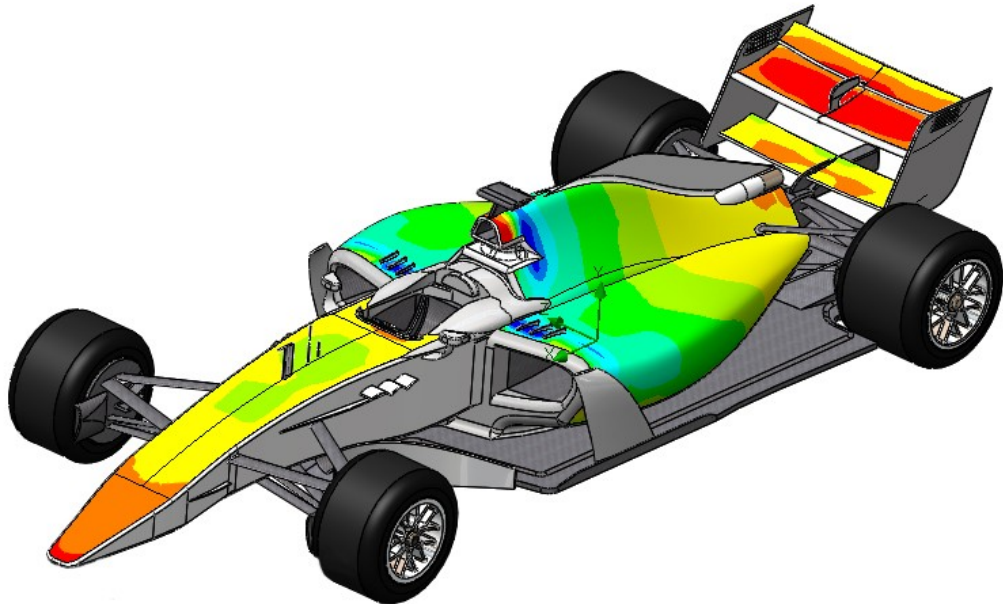
Аркуш

2

$\overline{M}_1$  - момент сили на передній осі боліду,  
 $\overline{M}_2$  - момент сили на задній осі боліда.

За відсутності пошкоджень сили і моменти знаходяться в рівновазі, так що:

$$\begin{aligned} \overline{F}_1 + \overline{F}_2 + \overline{F}_3 + \overline{R}_1 + \overline{R}_2 + \overline{Q} &= 0; \\ \overline{M}_1 = \overline{M}_2 &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$



*Рис.16 болід Формули 1, аеродинамічні навантаження після втрати переднього антикрила*

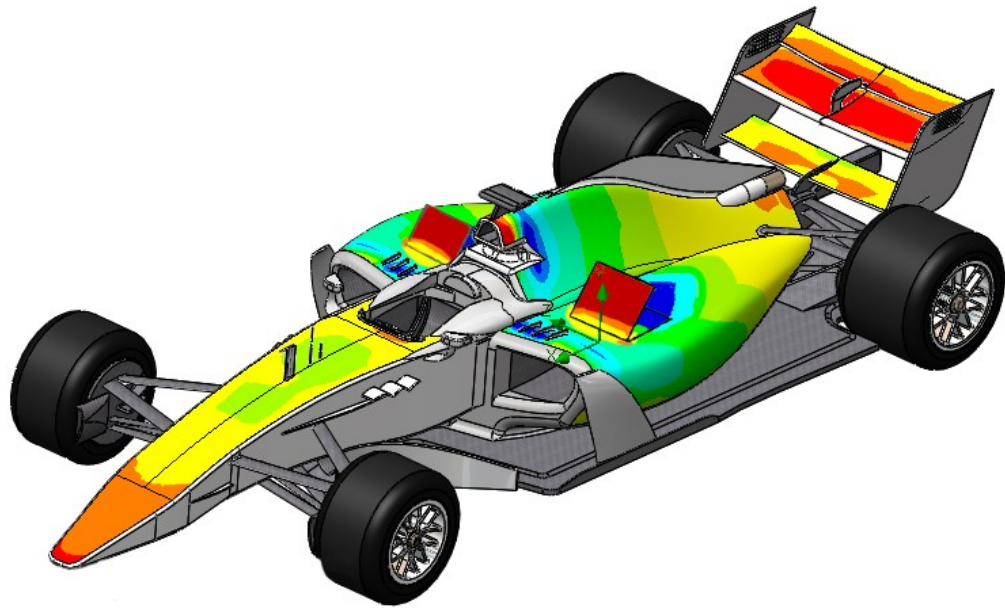
У випадку втрати переднього антикрила, як показано на фото вище, повна підймальна сила вже не є повністю скомпенсованою і формула набуває наступного вигляду:

$$\begin{aligned} \overline{F}_2 + \overline{F}_3 + \overline{R}_1 + \overline{R}_2 + \overline{Q} &\neq 0; \\ \overline{M}_1 \neq \overline{M}_2 &\neq 0; \end{aligned} \quad (2)$$

Одним із варіантів вирішення є зменшення сили  $\overline{F}_3$  на значення  $\Delta F_3$ , так що:

$$F_3 - \Delta F_3 \leq Q - R_1 \left( \frac{l_1 + l_2}{l_3} + 1 \right); \quad (3)$$

де  $l_1, l_2, l_3$  - відстані від між місцями прикладання сил.



*Рис.17 болід Формули 1,аеродинамічні навантаження після втрати переднього антикрила, але з інтегрованою механізацією для керування підйомною силою*

В результаті віртуальних продувок було отримано розподілення тиску по поверхні боліду (рис.3) та знайдено швидкості при яких відхилення аеродинамічного елемента створює вплив достатній для виконання критерію (3) (табл.1)

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		3

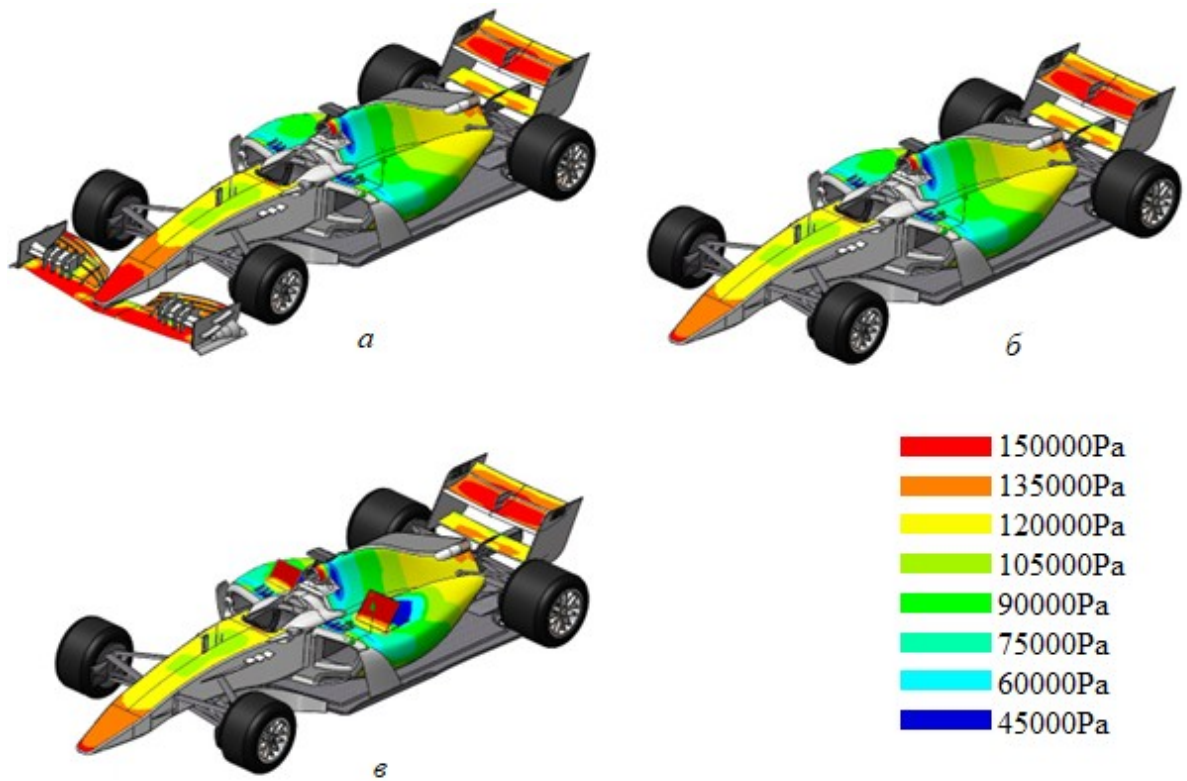
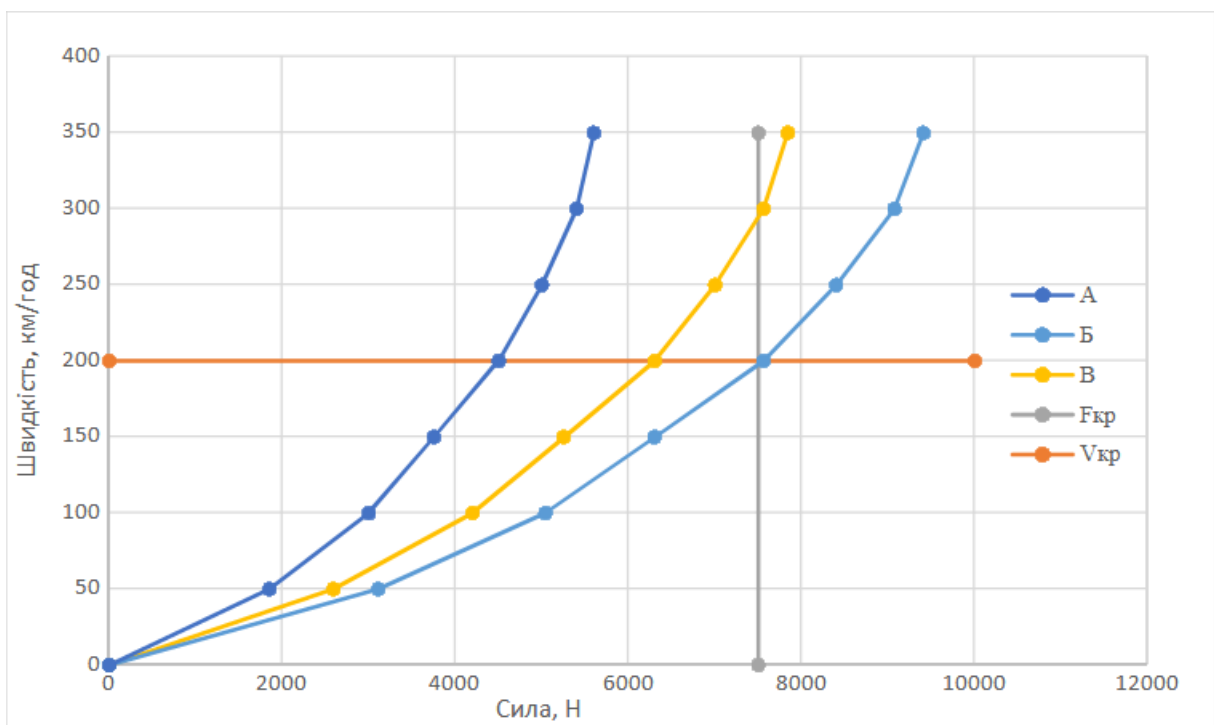


Рис.18 Загальні навантаження

Рис 3. Розподілення тиску на поверхні боліду (а) – в нормальній конфігурації, (б) – без переднього антикрила, (в) – без переднього антикрила з випущеними елементами механізації



Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

Табл.1. Залежність підйимальної сили від швидкості, де (А) – в нормальній конфігурації, (Б) – без переднього антикрила, (В) – без переднього антикрила з випущеними елементами механізації, ( $F_{кр}$ ) – граничне значення сили, після якого починається перекидання, ( $V_{кр}$ ) – швидкість, після якої стались аварії з перекиданням.

Табл.2. відповідність швидкості до сили

Швидкість, км/год	Сила, Н
350	5600
300	5400
250	5000
200	4500
150	3750
100	3000
50	1850
0	0

Табл.3. відповідність сили F3 до  $\Delta F3$

F3 – підйомна сила антикрила

$\Delta F3$  – зміна сили, що з'являється після відхилення

F3	$\Delta F3$	$\Delta$
7840	9408	1568
7560	9072	1512
7000	8400	1400
6300	7560	1260
5250	6300	1050
4200	5040	840
7840	9408	518
7560	9072	1568

### 3.2 Розрахунок валу привода

З конструктивних міркувань обираю посадку з натягом  $\varnothing 10H8/d9$

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						3
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

- номінальний розмір посадки  $D(d)=10$  мм;
- поле допуску отвору  $\varnothing 10H8$ ;
- поле допуску вала  $\varnothing 10d9$ ;
- посадка в системі вала.

Граничні розміри отвору  $\varnothing 10H8$

$$EI = 0 \text{ мкм}; \quad ITD = 29 \text{ мкм.}$$

1) Розрахунок розміру  $D$

$$D = \sqrt{D_1 \cdot D_2} = \sqrt{10 \cdot 18} = 17,3;$$

2) Розрахунок одиниці допуску  $i$

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D;$$

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{17,3} + 0,001 \cdot 17,3 = 1,18114$$

3) Розрахунок допуску  $IT8$

$$IT = i \cdot k;$$

$$IT = 25 \cdot 1,18114 = 29,52 = 29 \text{ мкм.}$$

Розрахунок верхнього та нижнього відхилень

$$ES = EI + IT_D = 0 + 29 = 29 \text{ мкм};$$

Розрахунок найменшого та найбільшого граничного розміру

$$D_{\max} = D + ES = 10 + 0,029 = 10,029 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D + EI = 10 + 0 = 10 \text{ мм.}$$

Граничні розміри вала  $\varnothing 10d9$

$$EI = -50 \text{ мкм}; \quad ITD = 47 \text{ мкм.}$$

1) Розрахунок розміру  $D$

$$D = \sqrt{D_1 \cdot D_2} = \sqrt{10 \cdot 18} = 17,3;$$

2) Розрахунок одиниці допуску  $i$

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D;$$

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{17,3} + 0,001 \cdot 17,3 = 1,18114$$

3) Розрахунок допуску  $IT8$

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						3
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

$$IT=i \cdot k ;$$

$$IT=40 \cdot 1,18114 = 57,24 = 47 \text{ мкм.}$$

Розрахунок верхнього та нижнього відхилень

$$ei = es - i_d = -50 - 47 = -97 \text{ мкм;} ;$$

Розрахунок найменшого та найбільшого граничного розміру

$$d_{max} = d + es = 10 + (-0,050) = 9,950 \text{ мкм;} ;$$

$$d_{min} = d + ei = 10 + (-0,097) = 9,903 \text{ мкм.}$$

Характеристика посадки

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} = 10,029 - 9,903 = 0,126 \text{ мм;} ;$$

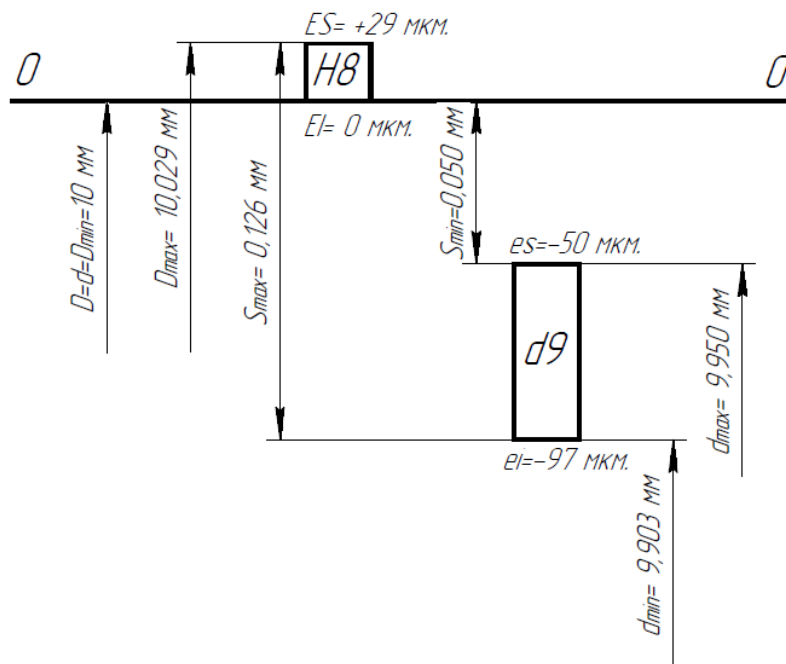
$$S_{min} = D_{min} - d_{max} = 10 - 9,950 = 0,050 \text{ мм;} ;$$

$$S_c = \frac{(S_{max} + S_{min})}{2} = 0,086$$

$$T_s = S_{max} - S_{min} = 0,126 - 0,050 = 0,086 \text{ мм;} ;$$

$$T_s = i_D + i_d + 0,017 + 0,047 = 0,064.$$

З отриманих значень будує схему посадки



					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						3
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Рис.19 Схема посадки Ø10H8/d9

## ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ

У цьому розділі було детально проаналізовано модель боліду та принцип роботи нашого елемента, та зображено конструкцію механізму розкриття інтерцептора. Суттєвим плюсом цього механізму є простий принцип дії. Також було розраховано схему посадки вала, та розрахована загальна поведінка боліда на різних стадіях, а саме: в нормальному стані, після аварії, та після аварії з інтерцептором.

### 4.Технологія виробництва

Механізм складання і розгортання інтерцептор складається з трьох компонентів, які зазначено у специфікації.

#### 4.1 Загальний опис деталей

Проектування та розробка: Процес починається з детального розбору та визначення параметрів карбонового інтерцептора на електроприводі. На цьому етапі визначаються геометрія, розміри, конструкція та вимоги до деталі, які повністю задовільняють наші потреби. Проектування включає використання комп'ютерних про-

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						3
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		



грам і спеціалізованого програмного забезпечення для моделювання та аналізу параметрів деталі.

1. Створення форми: Після завершення проектування створюється форма, на яку буде нанесено карбонове волокно. Форма може бути виконана з різних матеріалів, таких як метали або композитні матеріали. Так як галузь, на яку розрахована ця дипломна робота – Формула 1, яка може дозволити собі необмежені витрати задля досягнення найбільшої продуктивності і найменшої ваги, ми будемо розглядати найлегші матеріали. Ця деталь має бути точною і відповідати заданим специфікаціям, враховуючи вимоги електроприводу.

2. Підготовка карбонового волокна: Карбонове волокно піддається підготовці перед використанням. Волокна можуть бути попередньо покриті смолою. Вони перевіряються на якість, а потім розмотуються з бобін.

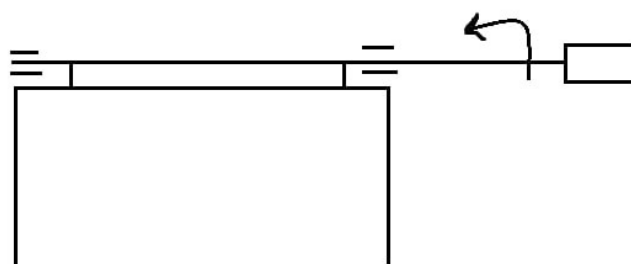
3. Нанесення карбонового волокна на форму: Карбонове волокно наноситься на форму з використанням різних методів, таких як ручне ламінування, автоматизоване ламінування або механічне формування.

4. Затвердіння і застигання: Після нанесення карбонового волокна форма з деталлю піддається затвердінню і застиганню. У цьому процесі смола полімеризується і застигає, забезпечуючи міцність і жорсткість деталі. Це може вимагати витримки в спеціальних умовах, таких як підвищена температура або застосування вакууму.

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						3
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Встановлення електроприводу: Після застигання карбонового інтерцептора на формі, проводиться встановлення електроприводу відповідно до розробленого проекту. Це включає встановлення електромотору, який задовільняє габаритним, ваговим і силовим параметрам, регуляторів, валу, кріплень інтерцептору до валу, та інших компонентів, необхідних для функціонування електроприводу. Їх буде небагато, так як основа ідея полягає у тому, щоб керування цим елементом йшло із основного блоку електроніки боліду. Це не потребує зайвих розрахунків і програмування заданого механізму, як незалежного в цілому.

6. Обробка та оздоблення: Після встановлення електроприводу карбонова деталь проходить обробку та оздоблення, включно з видаленням надлишків матеріалу, шліфуванням, фарбуванням, нанесенням захисних покриттів та іншими процесами. Це необхідно для досягнення необхідного зовнішнього вигляду, а також забезпечення захисту і довговічності деталі.



*Рис.20 Загальний вигляд інтерцептора*

## 4.2. Виготовлення карбону

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						3
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Процес виготовлення карбонових деталей, також відомих як вуглепластикові або карбоноволоконні, являє собою складний і ретельно контрольований процес. Він складається з декількох етапів, що включають підготовку матеріалу, формування, затвердіння і застигання, а також обробку та оздоблення.

Підготовка матеріалу є першим кроком у виробництві карбонових деталей. Матеріал, що використовується, - карбонове волокно, що являє собою тонкі нитки, які складаються з вуглецевих волокон. Карбонове волокно може бути попередньо покрите смолою або залишено непокритим. Перед використанням матеріал перевіряється на якість, і волокна розмотуються з бобін.

Формування є наступним важливим етапом процесу. Тут карбонове волокно приймає бажану форму деталі. Існує кілька методів формування, включно з ручним ламінуванням, механічним формуванням, автоматизованим ламінуванням і пресуванням.

Ручне ламінування - це метод, за якого кожен шар карбонового волокна наноситься на форму вручну. Нитки волокна акуратно розташовуються на формі, потім наноситься смола. Цей процес повторюється для створення кількох шарів, утворюючи бажану товщину і структуру деталі. Після нанесення всіх шарів форма з волокнами і смолою витримується для затвердіння і застигання, що забезпечує зв'язування волокон у міцну структуру.

Механічне формування являє собою процес, в якому карбонові волокна проходять через механічну формувальну машину. Волокна намотуються на форму в спеціальному порядку, щоб забезпечити потрібний розподіл і орієнтацію волокон. Потім форма з волокнами і смолою може піддаватися додатковій обробці і затвердінню для досягнення потрібної міцності.

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						3
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Автоматизоване ламінування засноване на використанні роботизованих систем. Роботи точно й автоматично наносять шари карбонового волокна на форму. Цей метод забезпечує підвищену точність і повторюваність процесу, що особливо важливо для створення складних форм і структур.

Пресування - це метод, який може використовуватися для виготовлення карбонових деталей. У цьому випадку, волокна і смола поміщають у форму, яка потім піддається високому тиску і температурі. Це дає змогу досягти більш щільного зчеплення волокон і полімеризації смоли, що призводить до жорсткої і міцної структури деталі.

Після формування деталей залишається на певний час, щоб смола повністю затверділа і застигла. У цей момент відбувається полімеризація смоли, яка забезпечує міцність і стабільність деталі.

Завершальний етап процесу - обробка та оздоблення карбонових деталей. Цей етап передбачає шліфування, обрізання, видалення надлишків матеріалу, нанесення захисних покриттів, фарбування тощо. Тут створюється гладка й естетично приємна поверхня деталі, а також забезпечується захист від зовнішніх впливів.

Технологія виготовлення карбонових деталей вимагає ретельної підготовки, суворого дотримання технологічних процесів і використання спеціалізованого обладнання.

### 4.3. Форма

Вибір матеріалу для форми: Вибір матеріалу для форми ґрунтується на вимогах міцності, стабільності та термостійкості. Часто використовувані матеріали для форм включають метали (наприклад, алюміній або сталь), композитні матеріали (наприклад, скловолокно або вуглеволокно) або спеціальні силіконові матеріали.

Створення прототипу форми: Для перевірки концепції та точності форми може бути створено прототип. Це може включати ви-

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						3
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

користання 3D-друку або комп'ютерного чисельного управління (CNC) для створення моделі форми.

Фрезерування або лиття форми: Остаточне виготовлення форми може бути виконано шляхом фрезерування або лиття. Фрезерування являє собою процес видалення надлишкового матеріалу з блоку обраного матеріалу за допомогою спеціального верстата з ЧПУ. Лиття включає створення форми шляхом заливання матеріалу в попередньо виготовлений негативний відлив.

Оздоблення форми: Після створення основної форми проводять оздоблення, щоб досягти необхідної точності, гладкості та поверхневого оздоблення. Це може включати шліфування, полірування, застосування покриттів або використання спеціальних інструментів для доведення форми до бажаного стану.

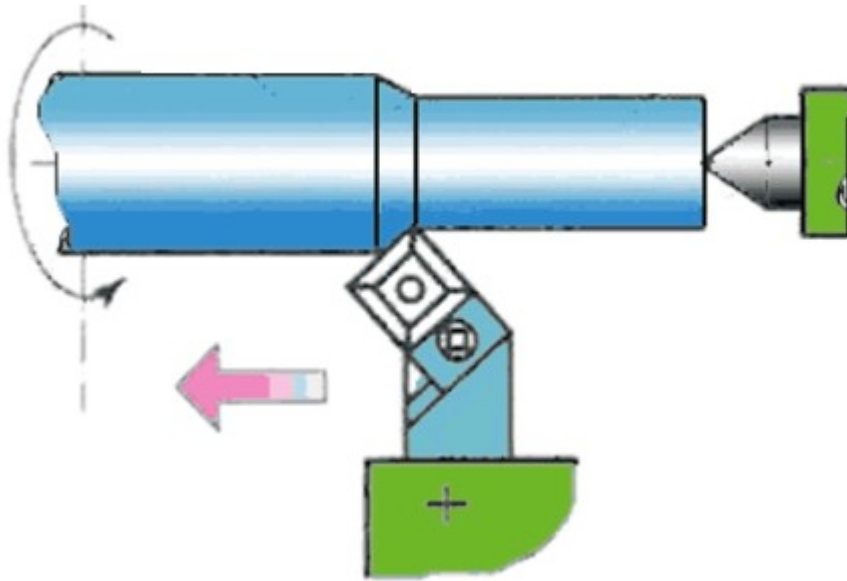
Додавання елементів кріплення: У форму можуть бути вбудовані елементи кріплення, такі як гвинти, пази або штифти, щоб забезпечити точне позиціонування і кріплення деталей під час процесу ламінування.

Контроль якості форми: Після остаточної обробки форма проходить контроль якості, щоб переконатися в її відповідності вимогам і специфікаціям. Це може включати перевірку геометрії, розмірів, площини, кутів і поверхневої гладкості.

#### **4.4. Виготовлення вала електроприводу.**

Для виготовлення вала механізму розкриття було обрано метод проточування зовнішніх поверхонь. Адже саме завдяки цьому методу досягається висока точність обробки поверхні на токарних верстатах з ЧПК.

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						4
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		



*Рис.21 Оброблення заготовки методом проточування зовнішніх поверхонь*

Адже сучасні токарно-копіювальні верстати на 50-100% продуктивніші за токарні. Точність таких верстатів становить – 0,05-0,06 мм (8-9 квалітет точності). Налагодження потребує в 2-3 рази менше часу за багаторізцеві; велика жорсткість, достатньо широкий діапазон типорозмірів.

Виготовлення валу починається з того що заготовку, а саме продовгуватий циліндр певної довжини та діаметру поміщається на токарний верстат. Потім заготовка починає обертатися, а фреза поступово підводиться до заготовки, тим самим зточується матеріал. Фреза поступово сточує заготовку поки не отримається потрібний вал. Після цього по краях палу вирізається фаска іншою фрезою.

#### **4.5. Пошук відповідного електроприводу**

Для пошуку відповідного електроприводу інтерцептора слід розібратися, які типи електроприводів існують і мають великий попит у сьогодні.

Ось деякі з найпоширеніших типів електроприводів, які можуть застосовуватися під час роботи з інтерцепторами:

-Безщіткові електромотори

						АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата			4

-Серводвигуни (Servo motors):

-Електрогідравлічні приводи (Electro-hydraulic actuators):

-Електропневматичні приводи (Electro-pneumatic actuators):

Перший тип моторів забезпечує високий ККД, високий крутний момент і широкий діапазон швидкостей. Вони вирізняються низьким рівнем шуму, малими габаритами і довговічністю. Безщіткові електромотори зазвичай використовують в інтерцепторах для приводу гвинтів або пропелерів.

Другий тип характеризується високою точністю управління і швидким відгуком на команди. Вони зазвичай застосовуються для керування механізмами зі змінними кутами або для точного керування напрямком і швидкістю інтерцептора. Але даний вид електромотора нам не підійде, так як його конструкція і ідея його створення не розраховані на великі навантаження. Якщо ми все ж приймемо рішення використовувати даний тип мотору, він повинен бути дуже великих масштабів, що йде в розріз з нашою ідеєю легкості і малогабаритності.

Третій тип привода комбінує електричний привід і гідравлічну систему для забезпечення великої сили і потужності. Вони зазвичай використовуються для управління великими і сильними механізмами і, такими як опускні мости або гідравлічні системи підйому. Але і ця система має ряд недоліків для використання у цьому проекті. По-перше, це призначення механізму працювати виключно з великими навантаженнями, але не настільки великими, як у нас. Також це вплине на малогабаритність, так як встановлення цієї системи приводу потребує від нас виділення додаткового місця для встановлення балону.

Четвертий і фінальний тип приводів, які ми будемо розглядати працює наступним чином: комбінуючи електричну енергію і стискаючи повітря для створення механічного руху. Їх часто застосовують для керування клапанами, заслінками та іншими механізмами інтерце-

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						4
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

птора, що вимагають швидкого і точного реагування. Не можемо використати по тим самим причинам, що й третій тип.

### **Висновок до розділу**

У цьому розділі було розглянуто будову механізму складання і розгортання інтерцептора та методику його роботи. Також було розглянуто основні типи електроприводів, і прийнято рішення використовувати перший тип, так як він влаштовує нас по більшості параметрів, ніж інші.

## **ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК**

Після розуміння проблеми була проаналізована величезна кількість інформації. Історія, регламенти, правила, вимоги до безпеки, автобудування і літакобудування, в зв'язку з чим було прийнято рішення інтегрування системи інтерцептора на болід формули-1, яке допоможе боліду не злітати після втрати переднього антикрила. Це вплине на підйом загального рівня безпеки.

Встановлення додаткового рухомого аеродинамічного елемента на понтони гоночного боліду здатне зменшувати підймальну силу так, що перекидання стає неможливим або маловірогідним.

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						4
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		



## Список використаних джерел

1. Архипов О.Г., Кравцова Е.М., Галабурда Н.І. Основи конструювання і розрахунку деталей і вузлів механізмів. Навч. посібник – Луганськ: вид-во Східноукр. Нац. Ун-ту, 2005.- 402 с. 276 іл., 75 табл., бібліогр.назв.
2. Теорія механізмів і машин. Деталі машин: Розрахунок механічних передач. Кірієнко О.А., Гузенко Ю.М. Нац. техн. ун-т України «Київ. політехн. ін.-т». – К. НТУУ «КПІ», 2016. 188 с.
3. А. В. Міняйло [та ін.]. Деталі машин. Підручник. Затверджено МОН України. Агроосвіта, 2013. - 448 с.
4. Павлице В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник. – Афіша. – С. 560. – ISBN 966-8013-58-1.
5. Мазур, А. Беспилотники-дроны: что из себя представляют «стражптицы», которые сейчас у всех на слуху [Електронний ресурс] Режим доступу:

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						4
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

<https://lifestyle.segodnya.ua/lifestyle/science/bespilotniki-drony-cho-iz-sebya-predstavlyayut-strazh-pticy-kotorye-seychas-u-vseh-na-sluhu-561667.html>

6. Floreano D. Science, technology and the future of small autonomous drones / D. Floreano, R. J. Wood // Nature. – 2015. – Vol. 521. – p. 460–466.

7. Valavanis K. P. Handbook of Unmanned Aerial Vehicles / K. P. Valavanis, G. J. Vachtsevanos. –London: Springer, 2015. – 3022 p.

8. Ali Husain. UAV Advantages and Disadvantages [Електронний ресурс]

Режим доступу: <https://www.skygrid.com/blogs/uav-advantages-and-disadvantages/>

9. Marie Heaphy, Michael S. Watt, Jonathan P. Dash and Grant D. Pearse. UAVs for data collection – plugging the gap [Електронний ресурс]

Режим доступу: [https://www.researchgate.net/figure/Fixed-wing-aircraft-pro-and-cons\\_tbl1\\_320625008](https://www.researchgate.net/figure/Fixed-wing-aircraft-pro-and-cons_tbl1_320625008)

10. Ирина Рефаги. Оружие против дронов. Топ-8 технологий, которые способны уничтожить БПЛА врага [Електронний ресурс]

Режим доступу: <https://focus.ua/digital/549552-top-8-vidov-oruzhiya-protiv-dronov-i-bpla-okkupantov>

11. STEFANO D'URSO General Atomics Tests New Eaglet Air Launched Effect

Режим доступу: <https://theaviationist.com/2023/02/17/general-atomics-tests-new-eaglet-air-launched-effect/>

12. SWITCHBLADE 600 Anti-armor loitering munition or suicide drone - United States

Режим доступу:

[https://www.armyrecognition.com/us\\_american\\_unmanned\\_aerial\\_ground\\_vehicle\\_uk/switchblade\\_600\\_anti-armor\\_loitering\\_munition\\_suicide\\_drone\\_data.html](https://www.armyrecognition.com/us_american_unmanned_aerial_ground_vehicle_uk/switchblade_600_anti-armor_loitering_munition_suicide_drone_data.html)

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						4
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

- 13.Режим доступу: <https://www.mbda-systems.com/press-releases/team-lm-launches-fire-shadow-to-meet-uk-mod-loitering-munition-requirement/>
- 14.Режим доступу: <https://www.roketsan.com.tr/en/products/alpagut-smart-loitering-munition-system>
- 15.Режим доступу: <https://www.mbda-systems.com/product/spear/>
- 16.Режим доступу: <https://www.avinc.com/tms/switchblade-600>
- 17.Режим доступу: <https://www.army-technology.com/projects/hero-family-of-loitering-munition-systems/>
- 18.Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу “Теорія механізмів і машин” для студентів II курсу механічних спеціальностей // Укладали: Ковальов С.В., Скочко Л.П.,Кравець В.І. – Дніпропетровськ: ДВНЗ «УДХТУ». – 2008. – 48 с.
- 19.Допуски, посадки та технічні вимірювання. Практикум. Частина 1 [Текст]: навч. посібн. / Ю.І. Адаменко, О.М. Герасимчук, С.В. Майданюк, Н.В. Мініцька, В.А. Пасічник, О.А. Плівак. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. – 164 с. ISBN 978-966-286-096-2
- 20.Режим доступу до ресурсу: <https://joesaward.wordpress.com/2010/02/11/front-wing-failures/>
- 21.Priestley M. '. Mechanic: The Secret World of the F1 Pitlane. Penguin Random House, 2017.
- 22.Aerodynamic Data Banks [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:<https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19860021221/downloads/19860021221.pdf>
- 23.Motorsport.com [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.motorsport.com/f1/news/technical-analysis-the-front-wing-that-force-india-hopes-will-turn-its-season-738007/738007/>

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						4
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

					АЛ9102.60.27.00.02ПЗ	Аркуш
						4
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		