

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

Навчально-науковий інститут аерокосмічних технологій

Кафедра авіа- та ракетобудування

«На правах рукопису»
УДК

До захисту допущено:

В. о. завідувача кафедри

_____ Петро ЛУК'ЯНОВ

«___» _____ 2024 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою «Літаки і вертольоти»

зі спеціальності 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

**на тему: «Вагова та енергетична оптимізація системи прибирання-
випуску основної стойки шасі літака АН-178»**

Виконавля:

студент II курсу другого (магістерського) рівня, групи АЛ-21мп
Новоселецький Ігор Олександрович _____

Керівник:

Доцент, к.т.н., доцент кафедри
Бондар Юрій Іванович _____

Рецензент:

Доцент кафедри СКЛА к.т.н., доцент Бобков Ю.В. _____

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

Студент _____

Київ – 2024 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий інститут аерокосмічних технологій
Кафедра авіа- та ракетобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

Освітньо-професійна програма «Літаки і вертольоти»

ЗАТВЕРДЖУЮ
В. о. завідувача кафедри
_____ Петро ЛУК'ЯНОВ
«__» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Новоселецькому Ігорю Олександровичу

1. Тема дисертації «Вагова та енергетична оптимізація системи прибирання-випуску основної стойки шасі літака АН-178», науковий керівник дисертації доцент, кандидат технічних наук Бондар Юрій Іванович, к.т.н., затверджені наказом по університету від «__» _____ 2023 р. № _____
2. Термін подання студентом дисертації 26 грудня 2023 р.
3. Об'єкт дослідження система прибирання-випуску основної стойки шасі літака АН-178.
4. Вихідні дані:
 - 4.1. Максимальна злітно- посадочна вага $G_{п\ max} = 52400$ (кг)
 - 4.1. Мінімальна злітно- посадочна вага $G_{п\ min} = 51000$ (кг)
 - 4.2. Максимальна швидкість заходу на посадку $V_{max\ пос} = 218,5$ км/год.
 - 4.3. Мінімальна швидкість заходу на посадку $V_{min\ пос} = 216,5$ км/год.
 - 4.4. Діапазон злітно- посадочних центровок $X_{ц} =$ від 0,25% до 0,30%
 - 4.5 Максимальне комерційне навантаження - 18000кг.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити
 - 5.1. Огляд аналогів виконаних з прибиранням-випуском основної стойки шасі.
 - 5.2. Підбір типу шасі.
 - 5.3. Вибір основних геометричних параметрів
 - 5.4. Визначення параметрів механізму прибирання-випуску основної стойки шасі
 - 5.5. Підбір і визначення класу основної стойки шасі
 - 5.6. Визначення способу установки амортизаторів на шасі
 - 5.7. Підбір і параметри колес з установкою колес на опорах шасі.
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

- 6.1. Огляд літератури
- 6.2. Ескізи шасі аналогів
- 6.3. Схема навантаження на шасі
- 6.4. Навантажень на основну стойку шасі
- 6.5. Опис геометричної моделі основної стойки шасі
- 6.6. Отримана оптимальна геометрична модель основної стойки шасі
7. Орієнтовний перелік публікацій
- 7.1. Стаття у фаховому виданні.
- 7.2. Доповідь на науково-технічній конференції з публікацією тез.
8. Дата видачі завдання 07.09.2023 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Початок роботи над роботою, визначення мети та завдань роботи	до 10.09.2023 р.	Виконано
2.	Розподіл теми на основні частини	до 24.09.2023 р.	Виконано
3.	Пошук необхідних даних та літератури по літакам прототипам	до 01.10.2023 р.	Виконано
4.	Виконання аналіз конструкцій шасі в основній частині проекту	до 15.10.2023 р.	Виконано
5.	Розробка кінематики шасі	до 05.11.2023 р.	Виконано
6.	Розрахунок гідравлічної системи	до 03.12.2023 р.	Виконано
7.	Визначення геометричних параметрів гідроциліндра та розрахунок на міцність. Робота над задачею дослідження.	до 10.12.2023 р.	Виконано
8.	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу. Попередній захист	до 26.12.2023 р.	Виконано
9.	Доопрацювання матеріалів дисертації. Перевірка на плагіат	до 10.01.2024 р.	Виконано

Студент
Науковий керівник

Ігор Новоселецький
Юрій БОНДАР

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація «Вагова та енергетична оптимізація системи прибирання-випуску основної стойки шасі літака АН-178» містить: 86 сторінок, 29 рисунків, 20 таблиць, 23 посилань.

Ключові слова: авіація, літак-прототип, шасі, гідравліка, основна стойка, система вбирання-випуску.

Актуальність дослідження: Літаки завжди відігравали ключову роль у сучасному світі, забезпечуючи перевезення пасажирів та вантажів по всьому глобальному просторі. Розвиток цієї галузі транспорту передбачає постійне удосконалення конструкції та оптимізацію всіх аспектів літака. Важливим компонентом конструкції літака є механізм прибирання та випуску шасі, що має великий вплив на безпеку, ефективність та загальну експлуатацію повітряного судна. Шасі представляє собою складний комплекс опорних елементів для повітряних суден, таких як літаки, планери та гелікоптери. Ці елементи використовуються для розгону при зльоті, прискорення та гальмування при посадці, а також для стоянки та переміщення на землі, на палубі корабля чи по воді. Зазвичай шасі складається з кількох стійок, обладнаних колесами, і в деяких випадках можуть використовуватися лижі або поплавці.

Актуальність роботи: Актуальність проведення даного дослідження становить ключову складову вступу до дисертації, оскільки вона визначає, чому дана тема є важливою і який вплив вона має на сучасні проблеми. Шасі виявляється суттєвою частиною конструкції літака, і зі збільшенням ваги та швидкості літака зростає складність проблем, пов'язаних із цією системою. Сучасні літаки витрачають на землі приблизно 60-70% часу свого циклу експлуатації. Колеса, гальма та гідравлічні системи повинні працювати в умовах високих температур, що виникають під час гальмування, а також при негативних температурах під

час польоту, в умовах великої теплоти під час надзвукових польотів і при зміні тиску від рівня землі до стратосфери.

Мета роботи: метою цього дослідження є вдосконалення системи прибирання-випуску основної стійки шасі літака-прототипу АН-178 з метою покращення його вагових та енергетичних характеристик.

Задачі дослідження: підбір, розробка та обґрунтування параметрів для гідроприводу, а також проведення попереднього гідравлічного розрахунку на початковому етапі проектування. Планується розробка математичних моделей для окремих гідравлічних агрегатів та гідравлічних ліній, а також аналіз отриманих даних.

Об'єкт дослідження: система прибирання-випуску основної стійки шасі літака-прототипу АН-178.

Предмет дослідження: вагова та енергетична оптимізація системи прибирання-випуску основної стійки шасі літака-прототипу АН-178.

Наукова новизна: наукова новизна цього дослідження проявляється у практичному значенні отриманих результатів, а саме у можливості покращення технічних характеристик літака за допомогою системи прибирання-випуску основної стійки шасі. Очікується підвищення безпеки при зльоті та посадці літака. Також виявлені області, які можуть бути піддані подальшій оптимізації ваги та енергоефективності системи прибирання-випуску основної стійки шасі для літака-прототипу АН-178.

ABSTRACT

The master's thesis, "Weight and Energy Optimization of the Retraction-Extension System of the Main Landing Gear of the AN-178 Aircraft," comprises 86 pages, 29 figures, 20 tables and 23 references.

Keywords: aviation: prototype aircraft, landing gear, hydraulics, main landing gear, retraction-extension system.

Relevance of the Research: Aircraft have always played a crucial role in the modern world, facilitating the transportation of passengers and cargo globally. The continuous improvement of aircraft design and optimization of all aspects of an aircraft is inherent to the development of this mode of transportation. The landing gear retraction and extension mechanism is a significant component of an aircraft's structure, impacting its safety, efficiency, and overall operation. The landing gear consists of a complex system of support elements for aircraft, including planes, gliders, and helicopters, used for takeoff acceleration, landing deceleration, parking, and ground or water movement. Typically, landing gear includes multiple struts equipped with wheels and, in some cases, skis or floats.

Relevance of the Work: The relevance of this research is a fundamental component of the thesis introduction, as it establishes why the chosen topic is important and its impact on contemporary issues. The landing gear proves to be a critical part of an aircraft's structure, and with increased weight and speed, complexities arise in the challenges associated with this system. Modern aircraft spend approximately 60-70% of their operational cycle on the ground. Wheels, brakes, and hydraulic systems must operate under high temperatures during braking and negative temperatures during flight, in conditions of high heat during supersonic flights, and when facing pressure changes from ground level to the stratosphere.

Objective of the Work: The goal of this research is to enhance the retraction-extension system of the main landing gear of the prototype AN-178 aircraft to improve its weight and energy characteristics.

Research Tasks: The research tasks include selecting, designing, and justifying parameters for the hydraulic drive, as well as conducting preliminary hydraulic calculations at the initial stage of design. Mathematical models are planned to be developed for individual hydraulic components and hydraulic lines, followed by data analysis.

Research Object: The object of the research is the retraction-extension system of the main landing gear of the AN-178 prototype aircraft.

Research Subject: The subject of the research is the weight and energy optimization of the retraction-extension system of the main landing gear of the AN-178 prototype aircraft.

Scientific Novelty: The scientific novelty of this research lies in the practical significance of the obtained results, particularly in the potential improvement of the technical characteristics of the aircraft through the landing gear retraction-extension system. An increase in safety during takeoff and landing is expected. Additionally, areas for further optimization of the weight and energy efficiency of the landing gear retraction-extension system for the AN-178 prototype aircraft have been identified.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	10
ВСТУП	11
РОЗДІЛ 1	12
ОСНОВНА ЧАСТИНА	12
1.1. Дослідження існуючих транспортних літаків, близькомагістральний транспортний літак та аналіз сучасних аналогів в літературі	12
Airbus A400M.....	12
Embraer C390.....	16
Boeing 737-800BCF	20
Висновки до розділу	23
1.2. Аналіз літератури	24
Висновки до розділу	25
1.3. Аналіз існуючих гідравлічних приводів машин	25
Висновок до розділу	28
1.4. Функції гідроприводу	29
Висновок до розділу	33
1.5. Типи гідроприводів	33
Висновок до розділу	36
1.6. Область застосування	37
Висновок до розділу	39
1.7. Основні переваги гідроприводу	39
Висновок до розділу	40
1.8. Загальний опис літака-прототипу Ан-178	41
Висновки до розділу	48
Загальні висновки до першого розділу	49
РОЗДІЛ 2	50
НАУКОВА ЧАСТИНА	50
2.1 Розробка гідравлічного приводу	50
Висновки до розділу	51

2.2	Опис роботи системи	52
	Висновки до розділу	52
2.3	Розрахунок гідроциліндру випуску шасі	53
	Висновок до розділу	55
2.4	Проведення гідравлічного розрахунку та визначення оптимальних розмірів трубопроводів для гідросистеми шасі.....	56
	Висновки до розділу	62
	Загальні висновки до другого розділу	63
РОЗДІЛ 3		64
РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ		64
ВСТУП.....		64
3.1.	МЕТА ТА ЗАВДАННЯ РОЗДІЛУ	66
3.2.	Опис ідеї проекту	67
3.3.	Технологічний аудит ідеї проекту	69
3.4.	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	71
	Аналіз попиту:.....	71
3.5.	Розроблення ринкової стратегії проекту	75
3.6.	Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	79
3.7.	Висновки	82
ВИСНОВКИ НА ОСНОВІ РЕЗУЛЬТАТІВ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ		84
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....		86

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- ГГС – гідрогазова система;
- ГС – гідравлічна система;
- ДСУ – допоміжна силова установка;
- ЕГП – електрогідравлічний підсилювач;
- ЗЗ – зворотній зв'язок;
- ЗПС – злітно-посадкова смуга;
- ККД – коефіцієнт корисної дії;
- КПС – командир повітряного судна;
- КЧК – консольна частина крила;
- ЛТХ – льотно-технічні характеристики;
- ЛА – літальний апарат;
- НЗП – небезпечні забруднювачі повітря;
- НС – насосна станція;
- ПММ – паливно мастильні матеріали;
- РВ – руль висоти;
- РН – руль напрямку;
- САПР – система автоматизованого проектування і розрахунку;
- САХ – середня аеродинамічна хорда;
- СКП – система кондиціонування повітря;
- СКПС – система керування розворотом передньої стійки;
- СПЗ – система пожежного захисту;
- СУ – силова установка;
- СУМК – система управління механізацією крила;
- СШУ – система штурвального управління;
- ТО – технічне обслуговування;
- ПС – повітряне судно.

ВСТУП

Шасі визнаються необхідною системою опори для літака, відповідальною за забезпечення безпроблемного злету, посадки, маневрування на аеродромі та стоянку. З високими вимогами до літаків, особливо у зв'язку із збільшенням їхньої маси та швидкості, постають складнощі в області шасі. Приблизно 65-70% ресурсу сучасного літака витрачається на землі, що підводить питання ефективності та надійності шасі.

Загальні вимоги до шасі включають надійність, мінімальну масу, міцність відповідно до ресурсу, працездатність при різних температурах та висока технологічність для масового виробництва. До додаткових вимог входить забезпечення умов експлуатації на різних типах аеродромів, компактне розміщення, можливість контролю вбирання та випуску, а також здатність до буксирування з повною злітною масою.

Система вбирання-випуску шасі включає механізми для вбирання-випуску та фіксації стійок, відкриття та закриття ступок у процесі цих операцій. В більшості літаків основне керування випуском шасі здійснюється за допомогою електроенергії та гідравлічної енергії, використовуючи гідроциліндри як виконавчі механізми.

Вимоги до системи включають стійкість конструкції до польотних навантажень, наявність засобів гальмування в польоті, надійність утримання шасі у випущеному положенні, індикатор положення шасі та захист обладнання на шасі від пошкоджень. Працездатність системи повинна підтверджуватися випробуваннями.

РОЗДІЛ 1

ОСНОВНА ЧАСТИНА

1.1. Дослідження існуючих транспортних літаків, близькомагістральний транспортний літак та аналіз сучасних аналогів в літературі

Airbus A400M

Atlas A400M – це чотирьох моторний військово-транспортний літак розроблений компанією Airbus Military (рис 1.1.1).



Рис 1.1.1 Airbus A400M

Літак A400M представляє собою моноплан, побудований відповідно до нормальної аеродинамічної схеми з Т-подібним хвостовим оперенням. Крило має кесонну схему, яка включає два лонжерона, обшивку та систему нервюр. У кесоні розташовані паливні баки та частини проводки для керування елеронами, тримерами, закрилками, інтерцепторами та двигунами. Секції передкрилків прикріплюються до кесону крила, а секції закрилків, інтерцепторів та елеронів з тримерами кріпляться до його задньої частини. Крило також має вузли для

кріплення чотирьох двигунів та двох підвісних баків для дозаправки літаків в повітрі, і для цієї мети використовується система "шланга".

Фюзеляж літака виготовлений за полумонококовою схемою. Конструкція фюзеляжу включає повздовжні та поперечні силові елементи, обшивку, підлогу, люки та двері. Центроплан крила кріпиться до верхньої частини фюзеляжу, а Т-подібне оперення - до хвостової частини.



Рис 1.1.2. Фюзеляж А400М.

Фюзеляж літака включає в себе кабінку екіпажу та вантажний відсік. У кабінці екіпажу розташовані засоби керування літаком, локатор РЛС під носовим обтічником, засоби радіозв'язку та інші обладнання. В вантажному відсіку розташовані вузли кріплення для вантажів, від'ємні крісла для солдатів та від'ємні лежаки. Для завантаження вантажного відділу доступна одностворчаста рампа, розташована в хвостовій частині літака. Ця рампа призначена для ефективного завантаження та розвантаження літака, а також

може використовуватися для десантування вантажів. У вантажному відсіку літака може розміщуватися різноманітний вантаж, такий як військова техніка, десант, контейнери з вантажем чи поранені.

Також є варіант комбінованого завантаження вантажного відсіку. На рисунку 1.1.3 проілюстровано варіанти завантажень літака.

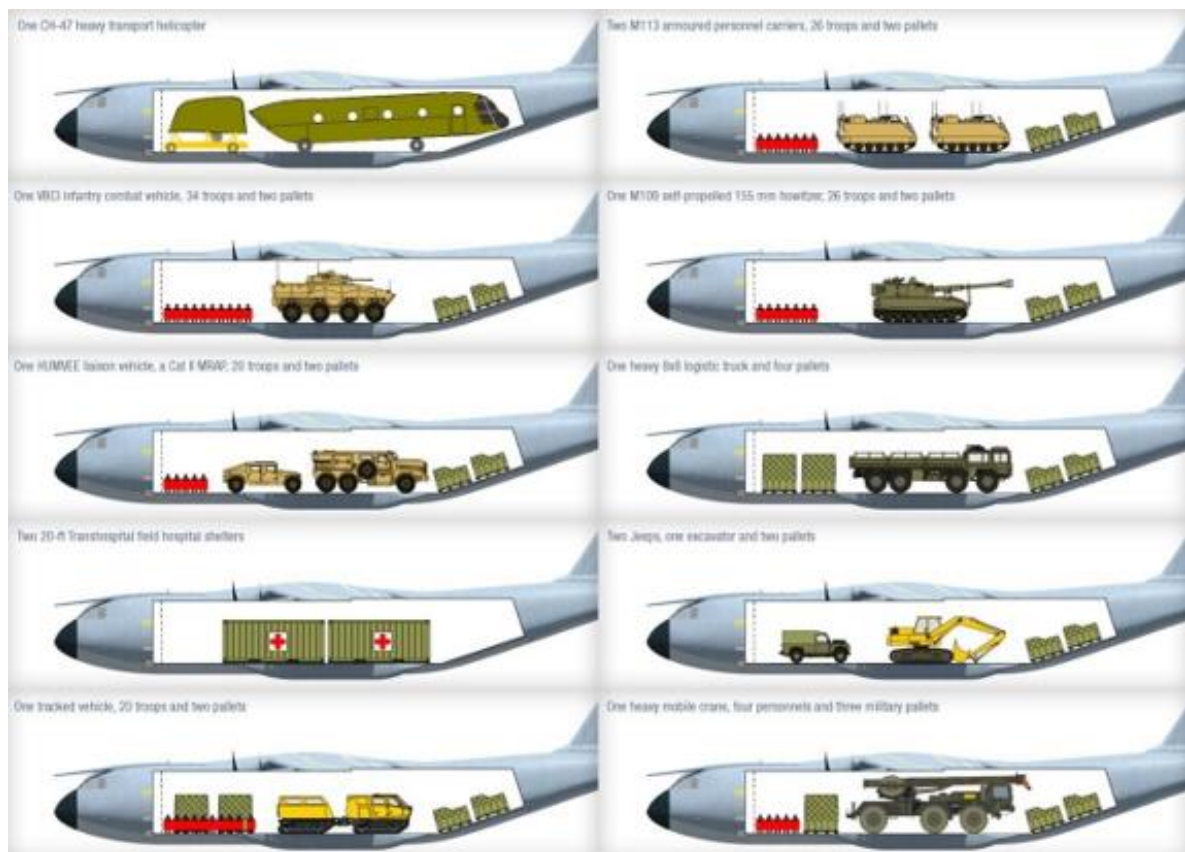


Рис 1.1.2 Варіанти завантажень літака А400М.

Для закріплення контейнерів або військової техніки у вантажному відсіку встановлені спеціальні засоби кріплення. Солдати можуть розташовуватися по обидва боки від вантажу та користуватися від'ємними кріслами для комфортного розташування. Максимальна кількість солдат, яку може перевозити літак, становить 120 осіб.

Силова установка літака представлена чотирма турбогвинтовими двигунами Europrop ТВ-400-Д6 (див. рис. 1.1.3). Ці двигуни спеціально розроблені компанією Europrop International для використання в літаку А400М.

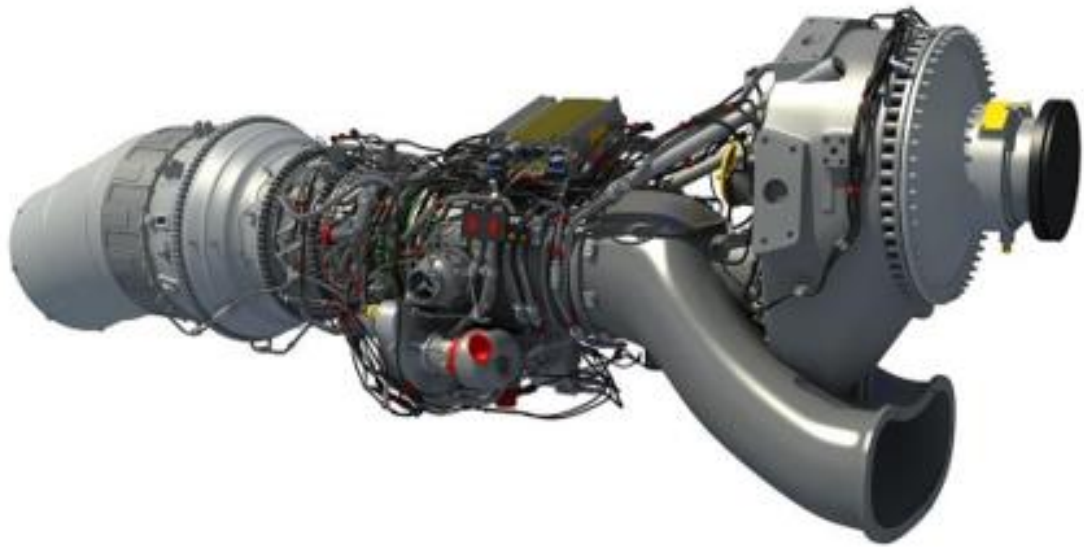


Рис 1.1.3. Двигун Europrop ТВ-400-Д6.

ТВ-400-Д6 є одним із найпотужніших турбогвинтових двигунів у світі, зі силою 8251 кВт. Цей двигун оснащений восьмилопатеvim гвинтом, розробленим компанією Ratier-Figeas, причому лопаті виготовлені з композитних матеріалів. У порівнянні з турбореактивними двигунами, турбогвинтовий проявляє більшу економічність при низьких швидкостях, але при його роботі може виникати значний рівень шуму від лопатей.

В таблиці 1.1.1 наведено тактико-технічні характеристики літака.

Таблиця 1.1.1.

Технічні характеристики

Загальні характеристики	
Кількість пасажирів. чол.	120
Геометричні характеристики	
Розмах крила, м	42,4
Площа крила, м ²	221,5

Довжина, м	40
Висота, м	14,7
Масові характеристики	
Маса порожнього літака, кг	70000
Маса корисного навантаження, кг	37000
Маса злітна, кг	141000
Льотні характеристики	
Крейсерська швидкість польоту, км/год	780
Максимальна швидкість польоту, км/год	802

Embraer C390

Embraer C390 – середньомагістральний військово-транспортний літак розроблений Бразильською компанією Embraer (рис 1.3.1).



Рис 1.3.1. Загальний вигляд С 390.

Літак представляє собою високоплан, побудований за нормальною аеродинамічною схемою та обладнаний Т-подібним хвостовим оперенням. Крило має стрілоподібну форму з кутом нахилу 30° і реалізовано за кесонною схемою. Кесон формується двома лонжеронами, набором нервюр та обшивкою. Передня частина кесону приймає передкрилки, а задня - секції закрилків, інтерцепторів та елеронів. Крило поділене на дві від'ємні частини та центроплан, які з'єднуються фітинговими з'єднаннями. До крила прикріплені два пілони для навіски двох двигунів.

Фюзеляж виконаний за напівмонококовою схемою, складається з повздовжнього та поперечного силових наборів, а також обшивки. Він розділений на три відсіки: носовий, середній і хвостовий. Носова і хвостова частини виготовлені з алюмінієвого сплаву, тоді як середня частина використовує композитні матеріали для зменшення ваги літака. Фюзеляж включає кабінку екіпажу та вантажний відсік. Вантажний відсік призначений для перевезення військової техніки, спеціального обладнання, контейнерів, солдатів,

а також може бути використаний для перевезення хворих чи поранених на навісних ліжках, які кріпляться по обидва борти. Геометричні параметри вантажного відсіку наведено на рисунку 1.3.2.

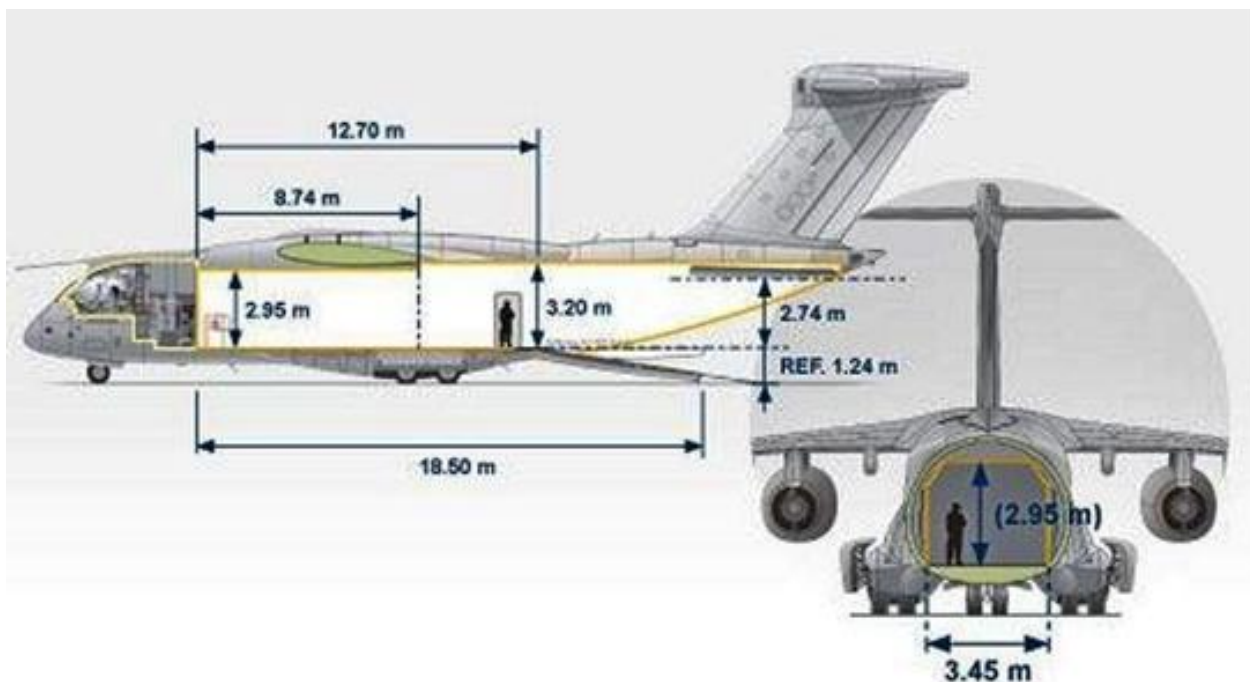


Рис 1.3.2. Параметри вантажного відсіку

Процес завантаження та розвантаження вантажного відсіку здійснюється через одностворчасту рампу. Кріплення крила до фюзеляжу виконане з використанням гладеньких напливів та заліз, що сприяє покращенню обтікання повітря навколо фюзеляжу.

Хвостове оперення має Т-подібну конфігурацію і з'єднане з верхньою частиною фюзеляжу за допомогою вузлів кріплення кіля. Стабілізатор та кіль побудовані за кесонною схемою, складаючись із двох лонжеронів, набору нервюр та обшивки. Рулі висоти розташовані на задній кромці стабілізатора.

Літак С390 використовує два двоконтурних турбовентиляторних двигуни ІАЕ V2500-Е5 з тягою 155 кН кожен. Ці двигуни прикріплені до крила через пілони, які, в свою чергу, прикріплені до фюзеляжу.



Рис 1.1.3 Двигун ІАЕ V2500-Е5.

Технічні характеристики С390 наведені в таблиці 1.3.1.

Технічні характеристики

Таблиця 1.3.1.

Загальні характеристики	
Кількість пасажирів. чол.	80
Геометричні характеристики	
Розмах крила, м	33,9
Площа крила, м ²	128,25
Довжина, м	22,5
Висота, м	11,4
Масові характеристики	
Маса корисного навантаження, кг	26000

Маса злітна, кг	86999
Льотні характеристики	
Крейсерська швидкість польоту, км/год	870
Максимальна швидкість польоту, км/год	870

Boeing 737-800BCF

Літак B737-800BCF є результатом розробки компанією Boeing та є модифікацією пасажирського літака Boeing B737-800. Його перший політ відбувся в 2016 році. B737-800BCF входить до категорії літаків від Boeing, які пройшли конвертацію з пасажирських в транспортні.



Рис 1.4.1. Загальний вигляд Boeing B737-800BCF

Літак B737-800BCF, як було вище вказано, пройшов конвертацію з пасажирського літака B737-800 у вантажний. Його конструкція ґрунтується на нормальній аеродинамічній схемі та має низькопланову конфігурацію.

Крило літака має стрілоподібну форму та побудоване за кесонною схемою. Передня кромка обладнана передкрилками, а задня - закрилками, інтерцепторами та елеронами. На кінцях крил розташовані вінглети. Два пілона для навіски двигунів прикріплені до нижньої поверхні крила, а основні опори шасі - до заднього лонжерону.

Хвостове оперення також відповідає нормальній схемі, де кіль і стабілізатор побудовані за кесонною схемою.

Основні зміни в конструкції стосувалися фюзеляжу, зокрема, пасажирського відділення було адаптовано під вантажний транспорт. Пасажирські крісла були видалені, ілюмінатори закриті заглушками, а на лівому борту додано вантажний люк після дверей для членів екіпажу. Вантажний відділ розділено на нижню та верхню (головну) частини, а нижню частину поділено на носову та хвостову. Ці зміни ілюструє рисунок 1.4.2.



Рис 1.4.2. Відкритий вантажний люк літака B737-800BCF.

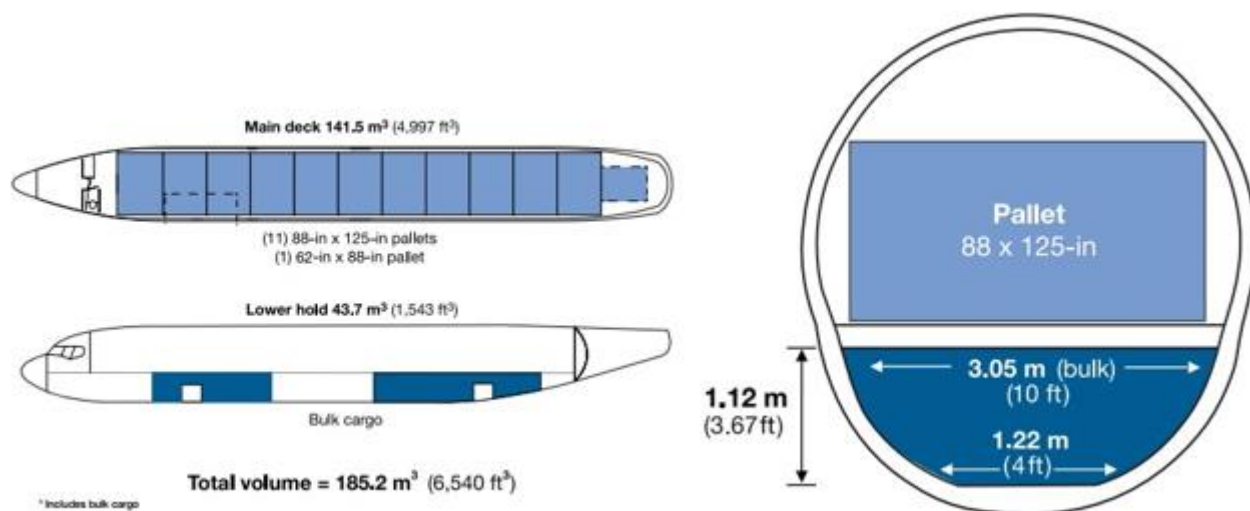


Рис 1.4.3. Схема вантажного відсіку з геометричними розмірами.

Технічні характеристики наведені в таблиці 1.4.1.

Таблиця 1.4.1.

Технічні характеристики літака Boeing 737-800BCF.

Загальні характеристики	
Геометричні характеристики	
Розмах крила, м	35,8
Площа крила, м ²	124,6
Довжина, м	39,5
Висота, м	12,54
Масові характеристики	
Маса пустого літака, кг	41460
Маса корисного навантаження, кг	26000
Маса злітна, кг	79000
Льотні характеристики	
Крейсерська швидкість польоту, км/год	925
Максимальна швидкість польоту, км/год	970

Висновки до розділу

Літаки Boeing 737-800BCF, Embraer C390 та Airbus A400M відзначаються різними характеристиками та призначенням, що визначає їхню ефективність в конкретних сценаріях використання. Нижче подано загальні порівняльні висновки для цих літаків:

1. Призначення та Клас:

Boeing 737-800BCF: Пасажирський літак, який був конвертований у вантажний (BCF - Boeing Converted Freighter).

Embraer C390: Тактичний вантажний літак середнього розміру, здатний виконувати різноманітні завдання.

Airbus A400M: Великий військово-транспортний літак для стратегічних та логістичних завдань.

2. Розміри та Вантажопідйомність:

Boeing 737-800BCF: Малий із середньою вантажопідйомністю.

Embraer C390: Середній за розміром, але ефективний в транспортуванні вантажів та десанту.

Airbus A400M: Великий літак із вражаючою вантажопідйомністю, спроектований для стратегічного використання.

3. Застосування:

Boeing 737-800BCF: Ідеальний для коротших вантажних маршрутів та перевезення вантажів в регіональних мережах.

Embraer C390: Застосовується як транспортний літак для різних завдань, включаючи вантажні та військово-транспортні операції.

Airbus A400M: Зорієнтований на військове використання, здатний перевозити великі вантажі та виконувати стратегічні місії.

4. Двигуни та Шасі:

Кожен літак оснащений своїм типом двигунів та шасі відповідно до його розміру та призначення.

5. Ефективність та Вартість експлуатації:

Boeing 737-800BCF може бути економічно ефективним для коротших відстаней.

Embraer C390 вигідний для різноманітних місій.

Airbus A400M, як військовий літак, має високі вартості експлуатації, але виправдовується своєю вантажопідйомністю та військовими можливостями.

При виборі між цими літаками, рішення буде залежати від конкретних потреб та вимог оператора, а також від сценаріїв використання.

1.2. Аналіз літератури

Для реалізації дипломної роботи було здійснено аналіз відповідної літератури, що містить необхідну інформацію. У дослідженні оптимальної компоновки основної стойки шасі літака та розробці конструкції гідравлічної системи для випуску та прибирання шасі використовувались такі ресурси: Кондрашов Н. А. Проектирование убирающихся шасси самолетов. М., «Машиностроение», 1991.-224 с. Башта Т.М. Конструкция и расчет самолетных гидравлических устройств.Изд. 3-е. М., ГНТИО,1961. Матвеевко А. М. Аналитическое проектирование гидравлических систем летательных аппаратов. М. «Машиностроение», 1977,168 с. Гийон М. Исследование и расчет гидравлических систем. М. «Машиностроение», 1969.- 388с.

При визначенні геометричних та вагових характеристики літака буде використовуватися інформація з: А.Н. Арапьев «Проектирование легких пассажирских самолетов», С.М. Егер «Проектирование самолетов».

Висновки до розділу

У даному розділі спочатку проведено огляд літаків з аналогічним призначенням та характеристиками для надання контексту. Далі вивчено існуючі схеми компоновання шасі, що дозволило прийняти рішення на користь стандартної схеми, яка зазвичай використовується в транспортних літаках та вважається оптимальною. Наступним етапом було проведено аналіз відповідної літератури для деталізації та обґрунтування вибору даної схеми.

1.3. Аналіз існуючих гідравлічних приводів машин

Загальний огляд

У даній роботі вивчено гідравлічний привід, який є пристроєм, створеним для активування руху машин та механізмів за допомогою гідравлічної енергії. Наприклад, деякі приклади гідравлічних приводів представлені на рисунках 1.3.1-1.3.2. Гальмівна система автомобіля ілюструється на рисунку 1.3.1.

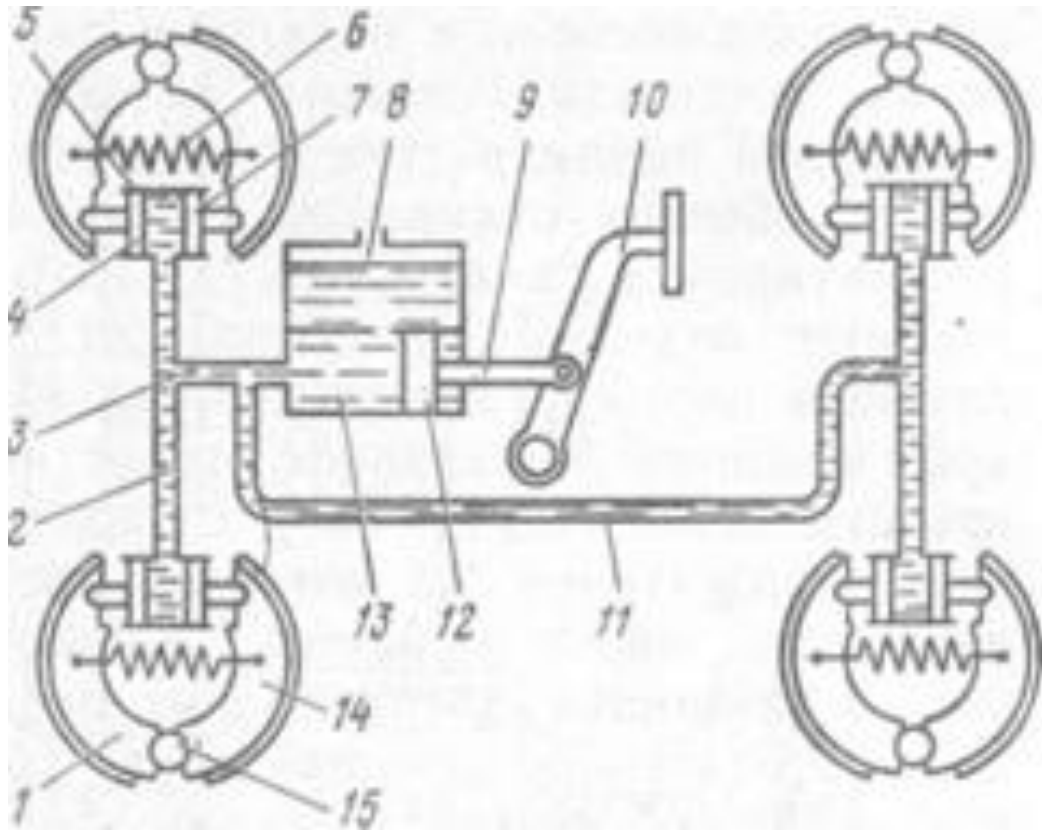


Рис 1.3.1. Схема робочої гальмівної системи з гідравлічним приводом

Гідравлічний привод також використовується для механізму повороту екскаватора, що представлено на рис.1.3.2.

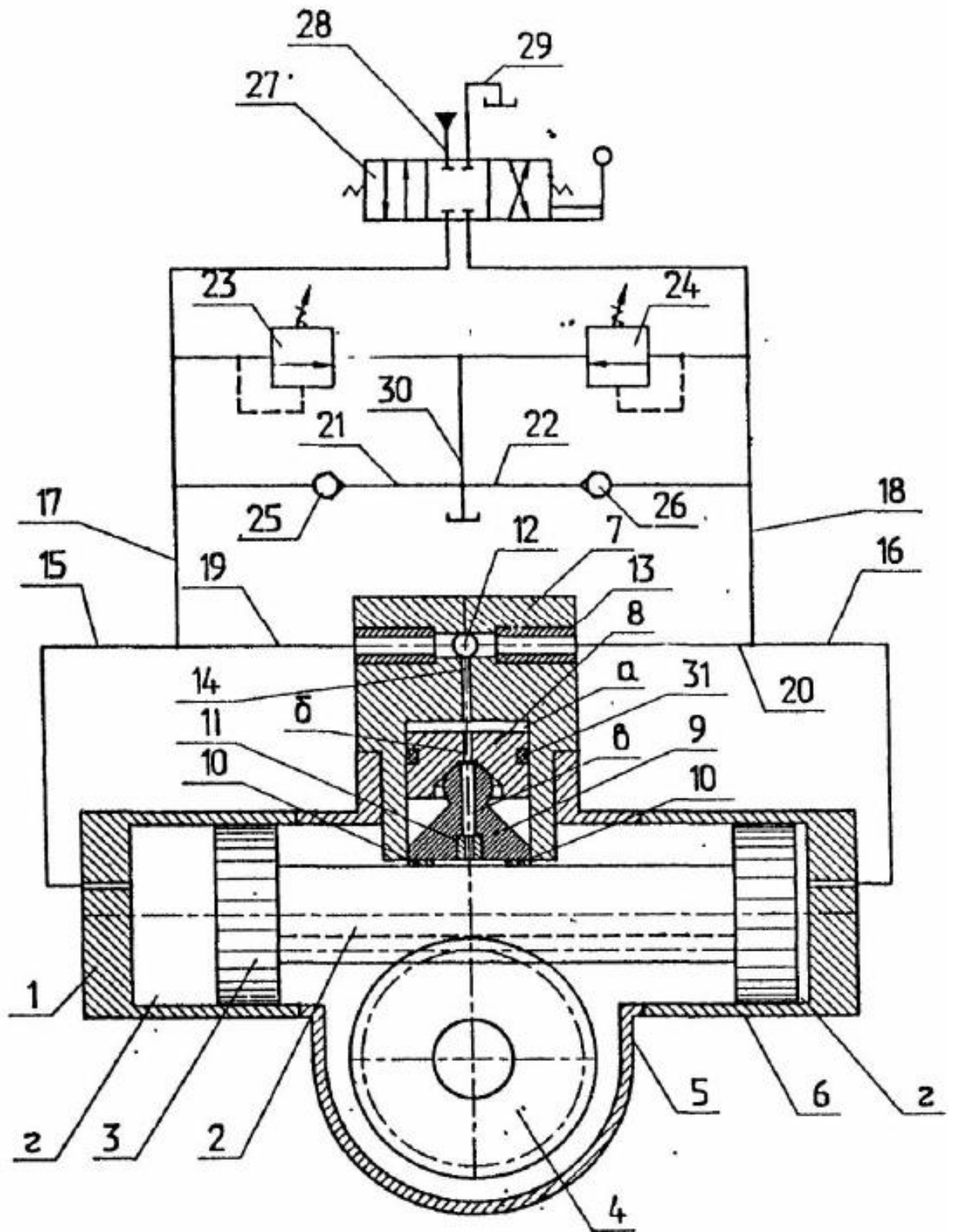


Рис. 1.3.2. Гідравлічний привод механізму повороту екскаватора

У всіх гідроприводах ключовою складовою є гідравлічний механізм, який діє під тиском та включає один або декілька об'ємних гідравлічних двигунів. До компонентів гідроприводу належать:

Гідромашини;

Гідроапарати;

Гідролінії;

Гідроємності;

Кондиціонери робочого середовища.

Ці компоненти схематично представлені на рисунку 1.3.3.

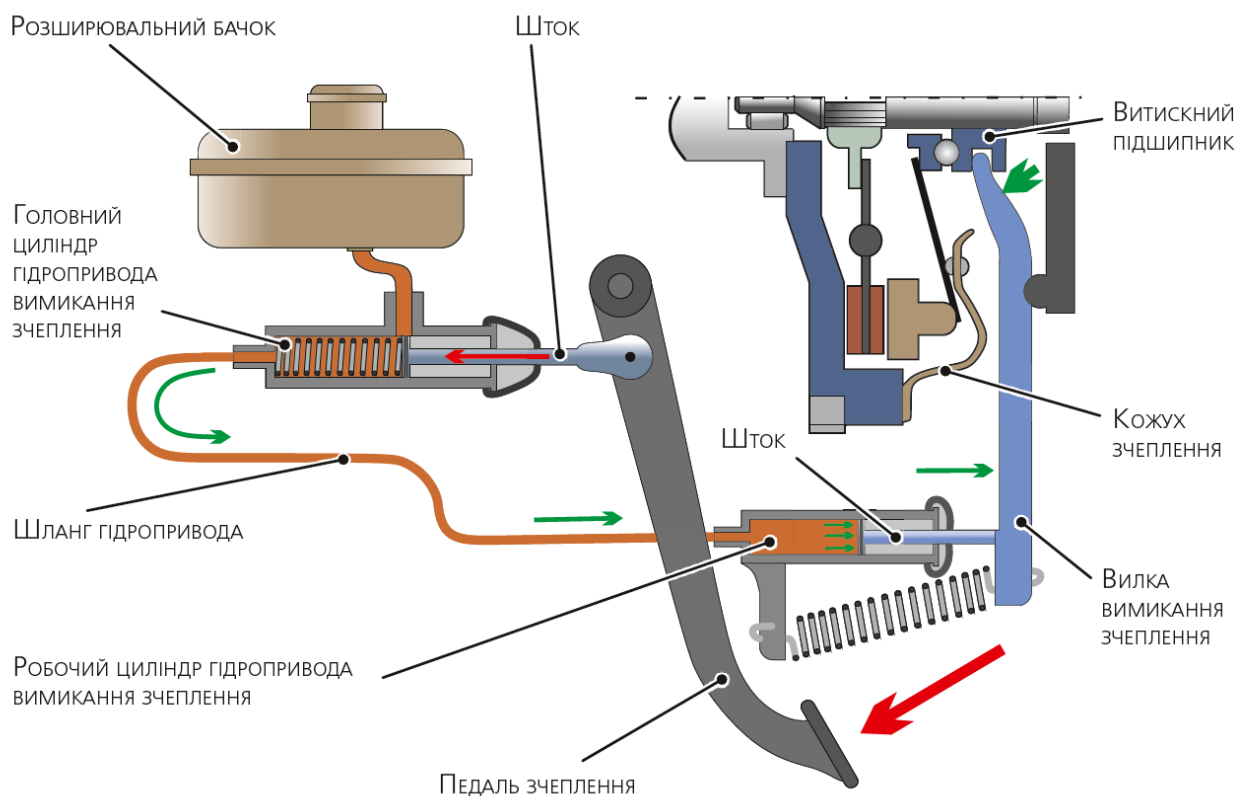


Рис.1.3.3. Складові гідравлічного приводу на прикладі автомобільної системи

Висновок до розділу

В аналізі існуючих гідравлічних приводів машин намічається широкий спектр їх застосувань та ключові компоненти, що визначають їхню ефективність. Гідравлічний привід використовується для активування руху механізмів та машин за допомогою гідравлічної енергії, і його приклади наведені на рисунках 1.3.1 та 1.3.2. Гальмівна система автомобіля, розглянута на рисунку 1.3.1, служить прикладом використання гідравлічного приводу в транспортних

засобах. Зокрема, на рисунку 1.3.2 відображено гідравлічний привід для механізму повороту екскаватора.

Гідравлічний механізм, який працює під тиском, включає один або кілька об'ємних гідравлічних двигунів. До компонентів гідроприводу належать гідромашини, гідроапарати, гідролінії, гідроемності та кондиціонери робочого середовища, які представлені на рисунку 1.3.3.

Цей аналіз покликаний надати зрозуміння різноманітності гідравлічних приводів та їх застосувань, що буде корисним при розробці оптимальних рішень у сфері гідравліки та машинобудування.

1.4. Функції гідроприводу

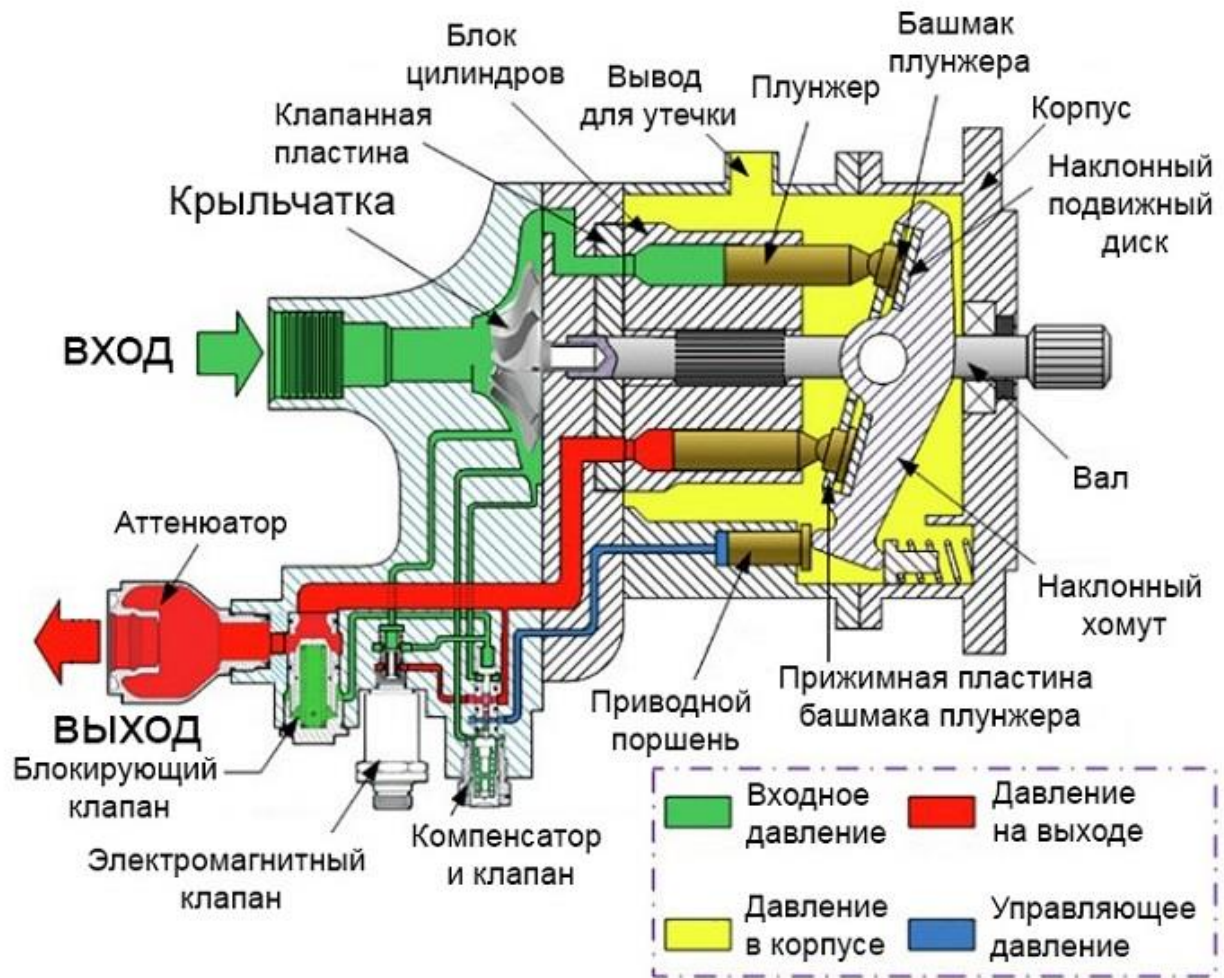
У рамках дипломного проекту були розглянуті різноманітні види гідроприводів, їх функціонування та умови експлуатації. Основні компоненти, описані в різних джерелах, включають ряд ключових пристроїв, які виконують наступні функції: насос, який є постачальником гідравлічної енергії (рис. 1.4.1); гідравлічний двигун, споживач гідравлічної енергії і перетворювач її в механічну енергію; гідророзподільники та дроселі, які регулюють потік робочої рідини та керують рухом вихідної ланки гідродвигуна; гідравлічні циліндри, наприклад, в автомобільній гальмівній системі (рис. 1.4.2.); гідролінії для переміщення робочої рідини всередині гідросистеми та подачі її до відповідних пристроїв; фільтр (рис. 1.4.3.), який відділяє забруднення від гідравлічної рідини, утворені під час експлуатації системи; різні пристрої для регулювання температури рідини, забезпечуючи як нагрів, так і охолодження.



а)



б)



в)

Рис.1.4.1. Види та схема насосу: а) ручний, б) для мобільний машин, в) схема авіаційного насосу

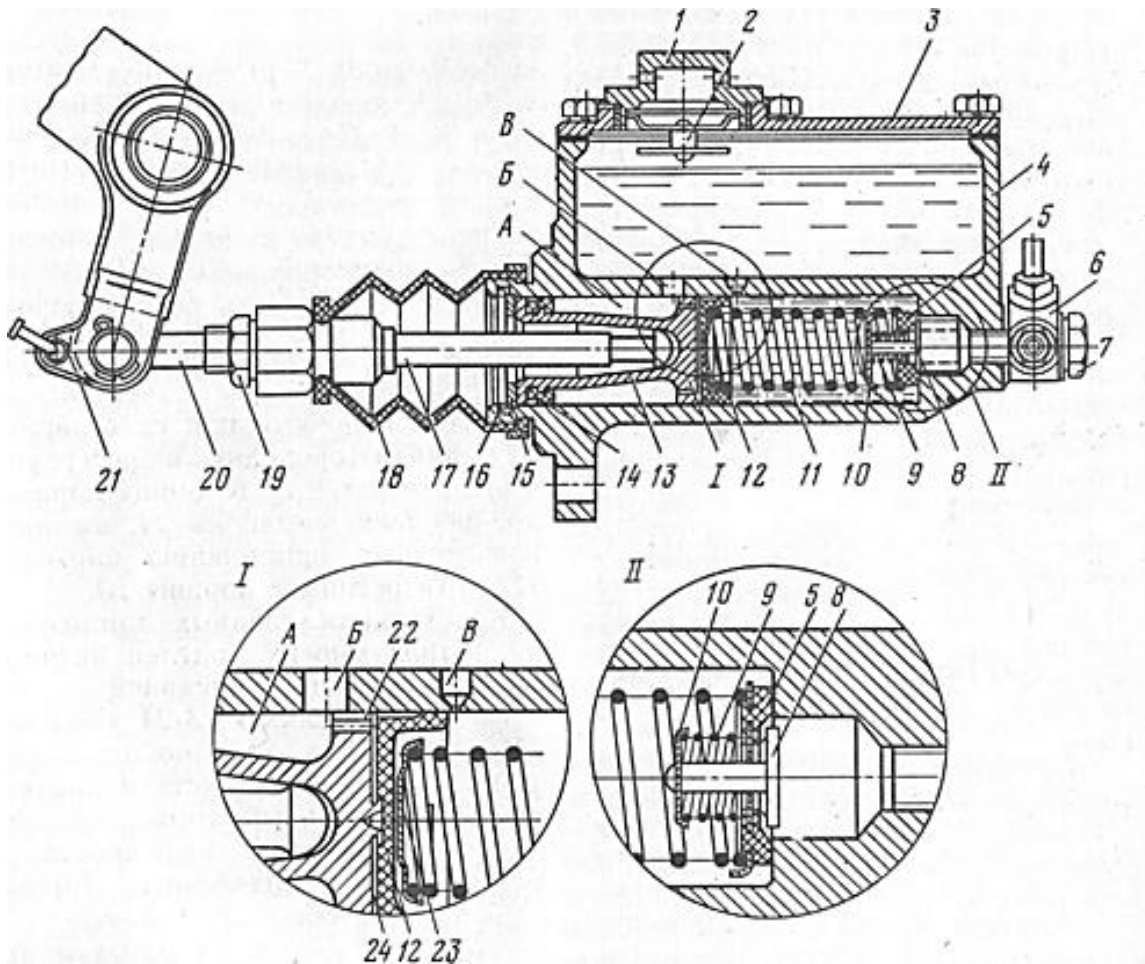


Рис. 1.4.2. Головний гальмівний циліндр гідравлічного приводу автомобіля
ТАЗ-53А

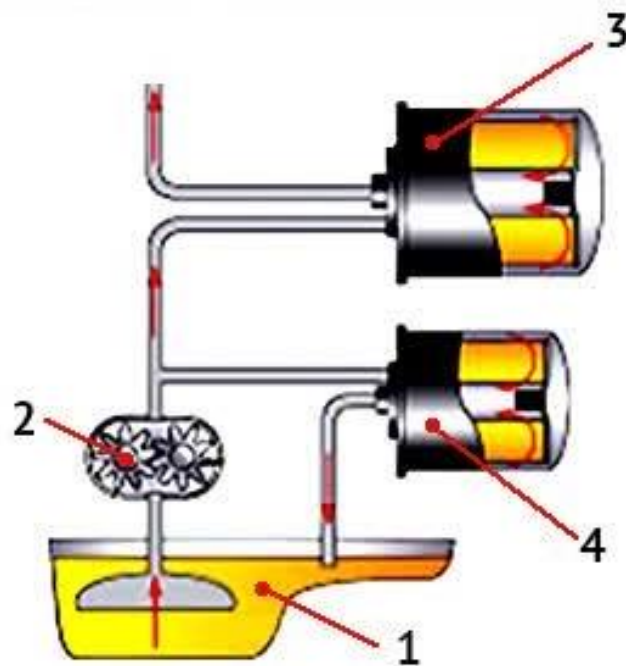


Рис.1.4.3. Фільтр масляний комбінований

Головним завданням гідроприводу, аналогічно механічній передачі, залишається перетворення механічних характеристик привідного двигуна відповідно до навантаження (регулювання, захист від перевантажень і інші функції). Ще одна функція - це передача потужності від привідного двигуна до робочих механізмів машини (наприклад, в одноковшовому екскаваторі (рис. 1.4.4.) - передача потужності від двигуна внутрішнього згоряння до ковша чи до гідродвигунів приводу стріли тощо).



Рис.1.4.4.. Одноковшовий екскаватор гідравлічний

У ході виконання дипломної роботи детально розглядалася різноманітність систем управління, зокрема, гідравлічна система керування, яка відповідає за управління гідропередачею та включає в себе функціональні золотникові та клапанні пристрої, керуючі колонки та компоненти насосно-акумуляторної системи. Ця гідродинамічна система керування дозволяє досягти наступних переваг:

- Зменшення зусиль, необхідних для використання ручок управління.
- Впровадження автоматизованих зв'язків у роботі гідропередачі.

- Легке подавання керуючого сигналу до агрегату, незалежно від його місцеположення.

Висновок до розділу

В розділі "Функції гідроприводу" була проведена глибока аналіз різноманітних гідроприводів, їх функцій та умов експлуатації. Згідно з вивченими джерелами, основними компонентами гідроприводу є насос, гідравлічний двигун, гідророзподільники, гідравлічні циліндри, гідролінії та інші важливі елементи.

Особливий акцент було зроблено на ролі кожного компонента та його функціональності. Наприклад, насос є ключовим елементом, який постачає гідравлічну енергію, важливу для роботи системи. Гідравлічний двигун виступає споживачем цієї енергії, перетворюючи її в механічну енергію.

Також були розглянуті гідророзподільники та дроселі, які регулюють потік робочої рідини, гідролінії для переміщення рідини всередині гідросистеми, а також фільтри для очищення рідини від забруднень.

Важливо відзначити, що основною метою гідроприводу є перетворення механічних характеристик привідного двигуна з урахуванням навантаження та передача потужності до робочих механізмів машини. Це стосується не лише транспортних засобів, а й різноманітних машин та механізмів, таких як одноковшові екскаватори.

Висновок до розділу дає повний огляд функцій гідроприводу та його ключових компонентів, що відкриває широкі можливості для подальшого дослідження та оптимізації систем гідравлічного приводу в різних галузях техніки.

1.5. Типи гідроприводів

Відомо, що гідравлічні приводи класифікуються як об'ємні (див. рис.1.5.1.) та гідродинамічні (див. рис.1.5.2.). Об'ємні гідравлічні приводи характеризуються великим тиском (до 300 МПа і більше) та невеликими швидкостями руху рідини. Вони працюють за рахунок потенційної енергії тиску рідини. До об'ємних гідромашин відносять насоси та гідравлічні двигуни цих приводів, їх функціонування пов'язане з почерговим наповненням робочої порожнини гідравлічною рідиною та виштовхуванням її з порожнини. Аксиально-поршневі і пластинчасті гідравлічні насоси та двигуни є представниками цього типу гідромашин.

Гідродинамічні приводи, зазвичай, працюють за рахунок кінетичної енергії потоку робочої рідини. Основна відмінність полягає в високій швидкості переміщення рідини та невеликому тиску в системі, який, як правило, знаходиться в інтервалі 1 ... 2 МПа. Хоча гідродинамічні приводи характеризуються великими габаритними розмірами та масою, порівняно з об'ємними приводами, останні зазнали більшої поширеності.

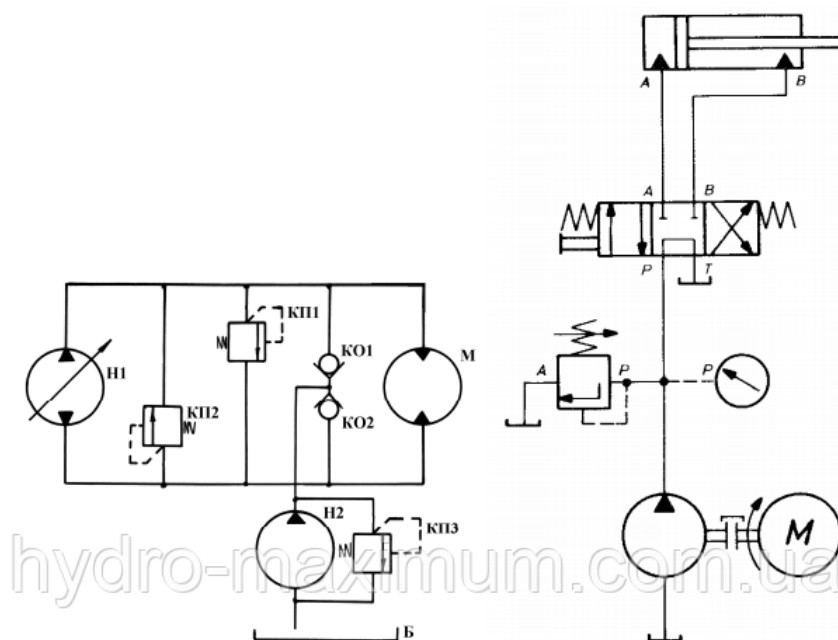


Рис.1.5.1. Об'ємний гідравлічний привод

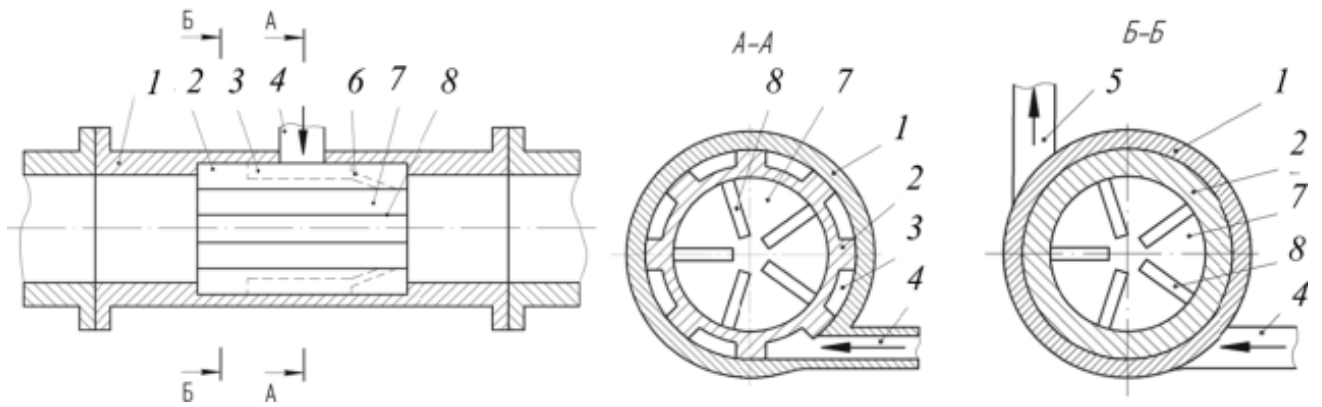
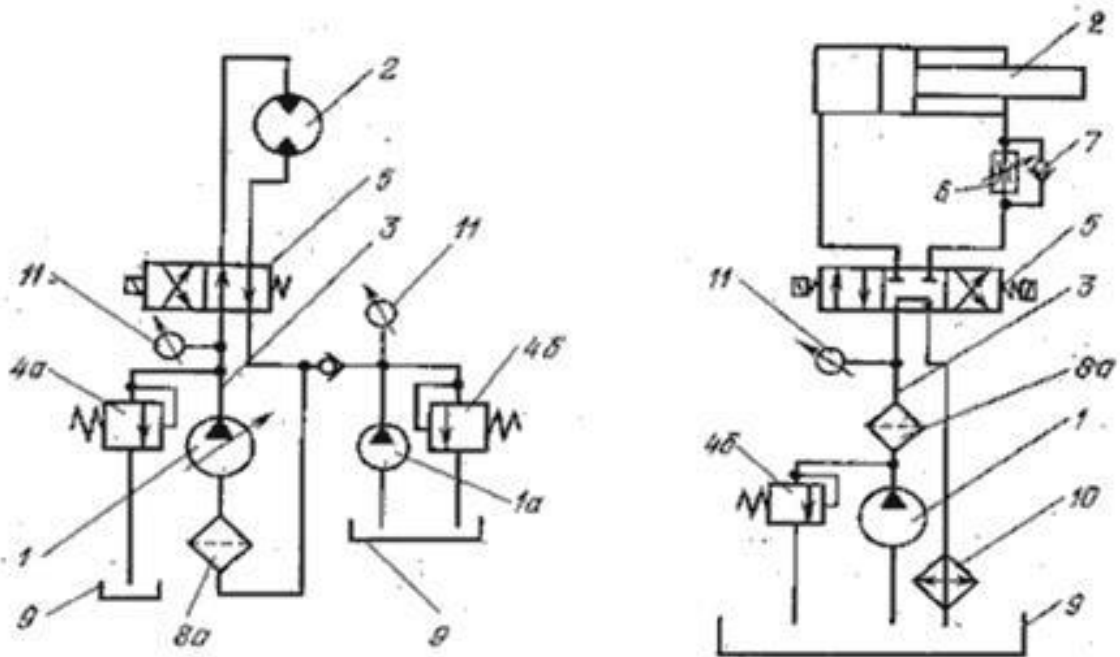


Рис.1.5.2. Гідродинамічний привод

Класифікація об'ємних гідроприводів:

Існують такі різновиди об'ємних гідроприводів (рис.1.5.3.)



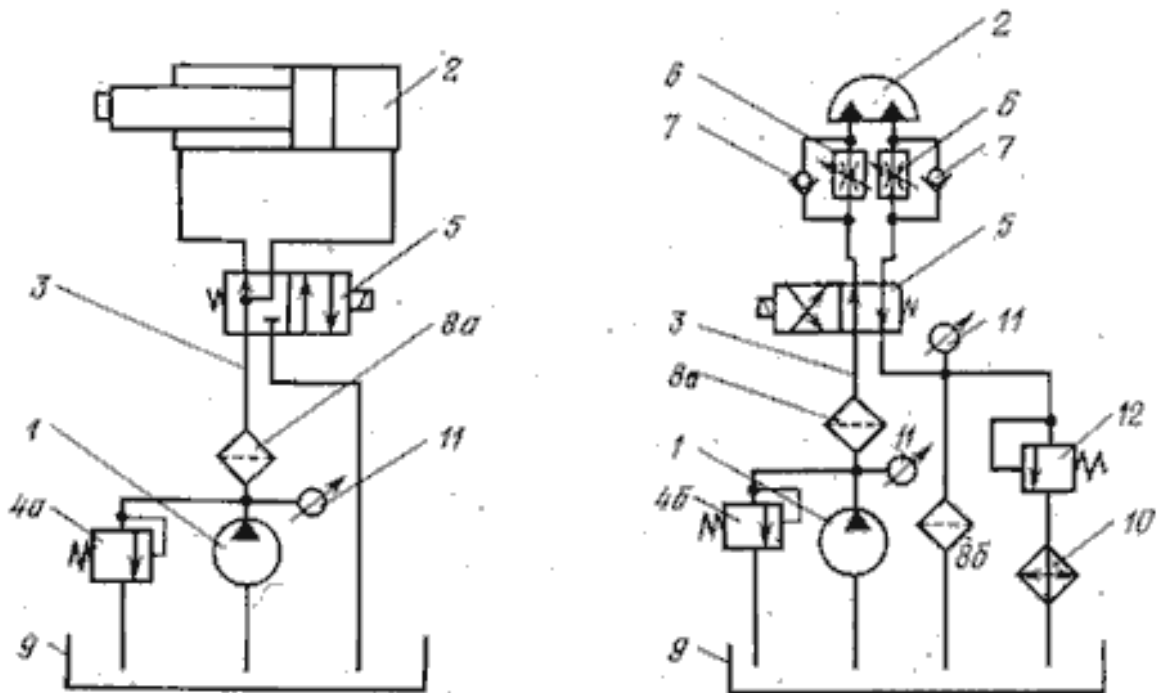


Рис. 1.5.4.. Варіанти принципів схем гідроприводів:

а - з об'ємним регулюванням; б - з дросельним регулюванням;

в - нерегульований; г - з дросельним регулюванням робочого і холостого ходів

Гідравлічні приводи можуть бути класифіковані за декількома параметрами, такими як тип переміщення вихідної ланки (обертальний, поступальний, поворотний); режим роботи (регульований, нерегульований, саморегульований, включаючи дросельний, об'ємний, об'ємно-дросельний); характер виконуваних завдань (програмний, стежить, стабілізований); стан системи циркуляції робочої рідини (замкнута, розімкнута); спосіб подачі робочої рідини (насосний, акумуляторний, магістральний); та тип використовуваного двигуна в приводі (електропривід, привід від двигуна внутрішнього згорання, турбіни).

Висновок до розділу

В даному розділі ми ретельно розглянули різновиди гідравлічних приводів, розподіливши їх на дві основні категорії: об'ємні та гідродинамічні. Об'ємні гідроприводи, представлені аксіально-поршневими і пластинчастими

гідравлічними насосами та двигунами, характеризуються великим тиском і низькими швидкостями руху рідини, використовуючи потенційну енергію тиску. З іншого боку, гідродинамічні приводи використовують кінетичну енергію потоку робочої рідини, характеризуючись високою швидкістю переміщення рідини та невеликим тиском у системі.

Класифікація об'ємних гідроприводів, представлена у розділі, відображає різноманітність їх видів та принципів регулювання. Визначення різновидів, таких як гідроприводи з об'ємним регулюванням, дросельним регулюванням, нерегульованими та з дросельним регулюванням робочого і холостого ходів, надає комплексне уявлення про їхню функціональність та область застосування.

У подальших розділах роботи буде вивчено та проаналізовано конкретні аспекти та особливості кожного типу гідравлічного приводу з метою визначення їхнього оптимального використання в різноманітних сферах застосування.

1.6. Область застосування

Об'ємний гідропривід широко використовується в гірських та будівельно-дорожніх машинах, складаючи більше половини їхнього загального парку (таких як бульдозери, екскаватори та автогрейдери). Це суттєво відрізняється від періоду 1930-1940-х років, коли в цій галузі в основному використовувалися механічні передачі.

У верстатобудуванні гідропривод також є поширеним, але конкурує з іншими видами приводів. В авіаційній галузі гідропривод використовується широко, і системи гідроприводу належать до невід'ємної частини сучасних літаків. Останнім часом в авіації спостерігається тенденція переходу до електронних систем управління, які замінюють гідравлічну логіку та ланцюги електронними.

В автомобільній промисловості гідропідсилювачі керма широко застосовуються для підвищення зручності керування. Ці пристрої є різновидом слідкуючих гідроприводів і також знаходять застосування в авіації,

тракторобудуванні та промислового обладнанні. Деякі танки, наприклад, японський танк Тип 10, використовують гідростатичну трансмісію, що суттєво базується на системі об'ємного гідроприводу рушіїв. Такі ж трансмісії встановлені у сучасних бульдозерах.

Управління повітряними суднами: Багато авіаційних систем використовують гідравліку для управління повітряними суднами. Гідроприводи використовуються для зміни положення крил, закривання їхніх клапанів і тримання стабілізаторів в потрібному положенні.

Системи тормозів: Гідравлічні системи використовуються для управління тормозами, включаючи головні гальма та обтічний контур. Це забезпечує надійну і швидку реакцію та точний контроль під час посадки та руху по злітній смузі.

Шасі: Багато літаків використовують гідравлічні системи для висування та опускання шасі. Це забезпечує надійне функціонування шасі та його витримку в робочому стані.

Системи виборотів: Гідравлічні приводи використовуються для управління системами виборотів, такими як захисні обтічники та кермові повітрозаборники.

Гідродемпфери: Деякі літаки використовують гідродемпфери для поглиблення ударів при посадці.

Гідросистеми в авіації мають високі вимоги до надійності та точності, оскільки вони визначають безпеку та функціональність літальних апаратів.

Схема устройства гидроусилителя руля



Рис. 1.6.1. Гідропідсилювач

Висновок до розділу

У підсумку, об'ємний гідروпривід здобуває широке застосування в гірських, будівельно-дорожніх машинах, а також в автомобільній та авіаційній промисловості. Перехід до гідравлічних систем управління виявляє значний вплив на функціональність технічних систем, поліпшуючи їхню ефективність і зручність у використанні. Широкий спектр застосування гідроприводу свідчить про його важливість у сучасній техніці, де надійність та точність гідравлічних систем визначають безпеку та ефективність різноманітних технічних рішень.

1.7. Основні переваги гідроприводу

Гідропривід має кілька ключових переваг:

- Здатність універсального перетворення механічних характеристик приводного двигуна відповідно до навантаження.
- Простота управління та автоматизації.
- Легкість запобігання перевантажень приводного двигуна і виконавчих органів машин.
- Надійність експлуатації.
- Широкий діапазон безступінчатого регулювання швидкості вихідної ланки.
- Велика передана

потужність на одиницю маси приводу. • Самозмащуваність пар тертя при використанні мінеральних і синтетичних масел. • Можливість отримання великих сил і потужностей при малих розмірах і вазі передавального механізму. • Простота здійснення різних видів руху - поступального, обертального, поворотного. • Можливість частих і швидких перемикань при зворотно-поступальних і обертальних прямих і реверсивних рухах. • Можливість рівномірного розподілу зусиль при одночасній передачі на кілька приводів. • Спрощеність конструювання основних вузлів гідроприводу в середині машин і агрегатів порівняно з іншими видами приводів.

Незважаючи на переваги, гідроприводи мають свої недоліки:

• Низький ККД і значна втрата енергії при передачі на великі відстані. • Залежність робочих характеристик від експлуатаційних умов, таких як тиск і температура. • Чутливість до забрудненої робочої рідини, що вимагає регулярного обслуговування. • Знос певних частин під впливом забруднень може призвести до виходу з ладу прецизійних пар гідравлічних агрегатів. • Зменшення ККД та характеристик з часом експлуатації через знос прецизійних пар та збільшення розмірів зазорів. • Збільшення витоків робочої рідини зі зношеними деталями.

Наступні відділи розглядають гідравлічні системи керування авіаційними машинами в контексті завдань проекту.

Висновок до розділу

Гідроприводи представляють собою ефективні та універсальні системи для перетворення механічної енергії приводного двигуна в рух різного виду. З їхніми численними перевагами, такими як легкість управління, надійність, широкий діапазон регулювання та самозмащуваність, гідроприводи стають важливим компонентом в різноманітних технічних системах.

Проте, необхідно враховувати низький коефіцієнт корисної дії та втрати енергії при передачі на великі відстані. Також, чутливість до забрудненої робочої рідини та зношення прецизійних пар можуть викликати проблеми у довгостроковому використанні гідроприводів. Таким чином, при використанні цих систем необхідно враховувати експлуатаційні умови та регулярно проводити обслуговування для забезпечення найвищої ефективності та тривалості роботи.

Загалом, гідроприводи залишаються важливим елементом в машинобудуванні та автоматизованих системах завдяки своїм унікальним можливостям та гнучкості в застосуванні.

1.8. Загальний опис літака-прототипу Ан-178

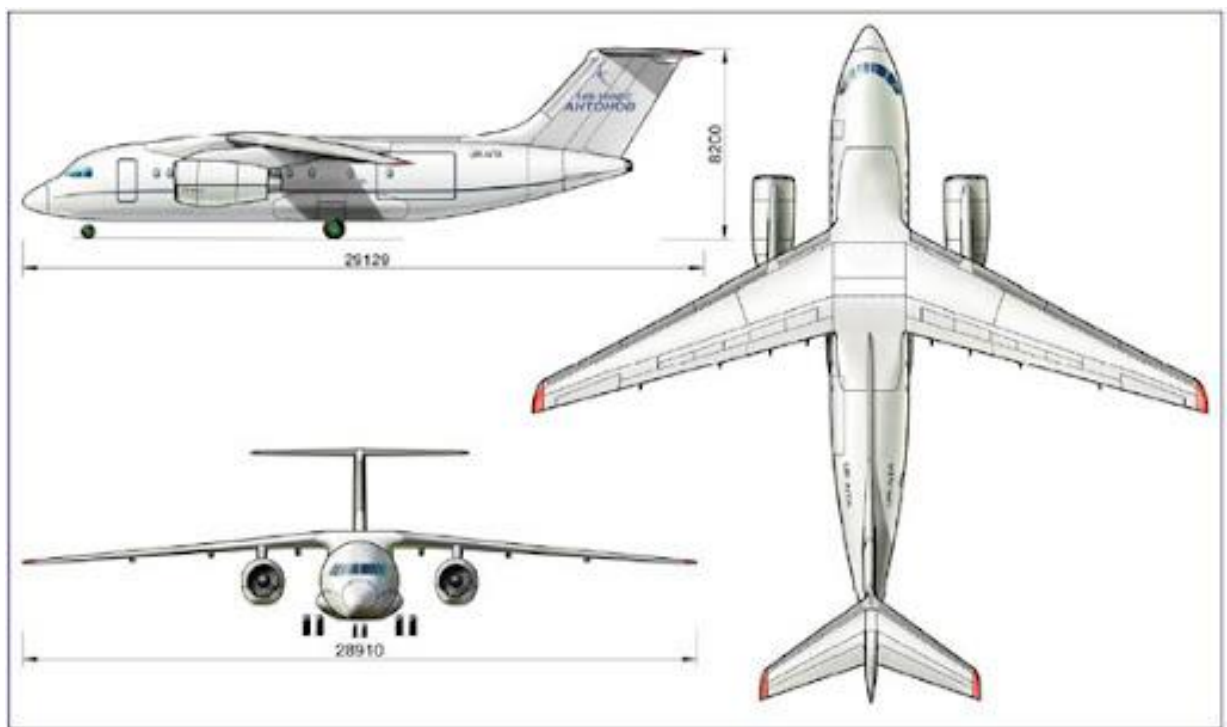


Рис.1.8.1. Вигляд літака-прототипу Ан-178

Історія створення

У кінці лютого 2010 року глава компанії "Мотор Січ" Вячеслав Богуслаєв анонсував початок розробки нового транспортного літака Ан-178. Планувалося, що цей літак буде базуватися на моделі пасажирського Ан-158, який в свою чергу є модернізованою версією Ан-148 і має збільшену

пасажиромісткість завдяки подовженню фюзеляжу. Згідно з концепцією розробників, Ан-178 повинен був замінити застарілі транспортні літаки, такі як Ан-12, Ан-26, Ан-32 і Ан-72, які експлуатуються в Україні, СНД та інших країнах.

Богуслаєв вказав, що розробка нового літального апарату вимагатиме близько 150 мільйонів доларів, і державний бюджет України не може забезпечити подібну суму. Тоді глава "Мотор Січ" висловлював надію отримати необхідні фінансові ресурси від "Об'єднаної авіабудівельної корпорації" (ОАК), партнера компанії. За його словами, на підготовку проєкту, виробництво першого прототипу та його випробування знадобиться не менше двох років.

У 2012 році завершилися роботи з розробки модернізованого двигуна Д-436-148ФМ, який представляє собою подальший розвиток двигуна Д-436-148 із значним покращенням тяги на основних режимах польоту для транспортного літака Ан-178.

Початково планувалося проведення першого політу на початку 2013 року, що було підтверджено компанією "Антонов" 8 липня 2011 року. Однак пізніше була оголошена нова дата випробувань - 2014 рік.

Літак Ан-178 вважається потенційним конкурентом для літаків Alenia Aeronautica C-27J і Lockheed Martin C-130J.

У липні 2014 року фюзеляж літака був витягнутий зі стапеля і переведений в цех фінального складання (ЦФС), розпочинаючи процес остаточного складання, монтажу основних агрегатів та підготовки до першого вильоту та сертифікаційних випробувань.

Випробувальний політ відбувся 7 травня 2015 року, а у квітні того ж року на ДП "Антонов" відбулася урочиста церемонія викочування нового транспортного літака Ан-178.

7 травня 2015 року сучасний транспортний літак Ан-178 успішно здійснив свій перший політ. Того ж дня було укладено угоду про продаж десяти таких літаків Азербайджану.

У травні 2015 року оголошено про плановану презентацію літака на 51-му міжнародному авіаційному салоні Ле-Бурже у Франції, який проходив з 15 по 21 червня 2015 року.

Станом на 2016 рік програма імпортозаміщення для Ан-178 вже забезпечила виробництво 78% комплектуючих в Україні, з рештою 22% в інших країнах (за винятком Росії). Порівняно з 2015 роком, коли лише 48% деталей виготовлялося в Україні, цей показник суттєво зрос.

5 лютого 2016 року в Києві відбувся перший успішний політ Ан-178 із власним двигуном Д-436-148ФМ, що підвісили до лівого пілону. Перший політ тривав 27 хвилин.

28 березня 2016 року літак був представлений на оборонній виставці DefExpo-2016 в Індії.

21 квітня 2016 року відбувся ще один політ Ан-178 із новими двигунами Д-436-148ФМ.

У червні 2016 року було підписано меморандум на закупівлю десяти літаків Ан-178 між президентами азербайджанської компанії та українського держпідприємства «Антонов».

22 лютого 2017 року літак успішно пройшов випробування навантаженням-розвантаженням авіаційних вантажних контейнерів та палет у вантажній кабіні.

З 25 по 29 квітня 2018 року Ан-178 був представлений на міжнародному авіасалоні Eurasia-2018 в Туреччині.

28 грудня 2021 року ДП «Антонов» презентувало перший військово-транспортний літак Ан-178-100Р №001, який пройшов програму імпортозаміщення.

Основні параметри:



Рис.1.8.2. Вигляд бокової рампи та двері у кабінку пілотів Ан-178

Військово-транспортний літак середнього типу Ан-178 має наступні показники:

- Довжина машини – 32,9 метра.
- Висота – 10,14 метра.
- Розмах кожного з крил – 28,8 метра.
- Довжина вантажного відсіку разом з вантажною рампою – 16,65 метра.
- Висота відсіку для вантажів – 2,75 м.
- Ширина відсіку для вантажів – 2,748 м.
- Гранично можлива крейсерська швидкість – 825 км/ч.
- Максимальна швидкість польоту – 890 км/ч.

- Максимальна дальність безпасадочного польоту – 5 500 км при навантаженні 5 т, 4 000 км при навантаженні 10 т, 2 600 км з вагою 13,5 т, 2 000 км при навантаженні 15 т, 1 000 км з вагою вантажу понад 18 т.
- Практичний стеля польоту – 12 000 метрів (за деякими даними 12 200 метрів).
- Розгін машини для зльоту – 2 500 м.
- Максимально можлива злітна маса борту – 68 тонн.
- Двигуни – два турбореактивних двоконтурного двигуна Д-436-148ФМ, тяга кожного з яких становить 7010 кгс.

Зауважимо, що Ан-178, екіпаж якого становить чотири людини, здатний на своєму борту транспортувати:

- 90 солдатів.
- 70 екіпірованих десантників.
- 48 поранених людей на ношах і 20 осіб, здатних сидіти, а також 4 медика.
- 3 платформи-піддону П7 разом з вантажем.
- 2 морських контейнери М2.



Рис.1.8.3. Літак-прототип Ан-178 на ВПС.

Позитивні та негативні якості:

Ан-178 однозначно хороший тим, що своєю появою зміг зайняти нішу, яка сформувалася після старіння Ан-12. Крім того, важливо і те, що новітній військово-транспортний літак обладнаний значно вдосконаленою системою управління, яка працює на основі сучасного комп'ютерного забезпечення, покликаною звести практично до нуля ймовірність людської помилки під час пілотування.

Серйозною проблемою повітряного судна можна вважати помилку, допущену під час розробки. Полягає вона в порушенні визначення центру корпусу машини. Через це літак, що летів без вантажу, буквально змушений завантажуватися баластом розміром 1,32 тонни, який представлений у вигляді 15 плит, закріплених за кабіною льотчиків.

Ймовірно, помилка сталася в момент прийняття рішення про збільшення розмаху і площі крила, в той час як розмір фюзеляжа залишився колишнім. Таку зміну було необхідно через виявилася розрахункової недостатності злітно-посадочних характеристик по відношенню до заявляється.

Конструкція:

Літак Ан-178 відрізняється від інших моделей сім'ї, таких як Ан-148 та Ан-158, оскільки він призначений для виконання різних завдань, не пов'язаних із пасажирським транспортом. Конструктивно він втілює схему високоплану і оснащений задніми вантажними дверима та рампою.

В порівнянні з Ан-12, вантажна кабіна Ан-178 має більший об'єм і є герметичною. Паливна ефективність реактивного Ан-178 перевершує турбогвинтовий Ан-12. Двигун Д-436-148ФМ має конструкційну схожість з базовою моделлю, але має 15% більшу тягу. Фюзеляж за кабіною пілотів розширений, а центроплан великий.

У конструкції літака передбачено використання нових елементів, таких як фюзеляж, шасі, рампа, центроплан, а також встановлення потужнішого двигуна Д-436-148ФМ. У той же час збережені елементи, такі як кабіна екіпажу, консолі крила, хвостове оперення, бортове обладнання, авіоніка, системи бортового радіоелектронного обладнання та гідравлічні системи. Це сприяє ефективній вартості та скороченню часу розробки, а також забезпечує здешевлення впровадження та експлуатації літака.

Функції:

Літак Ан-178 виконує різноманітні функції, що включають:

1. Перевезення військ та бойової техніки:

1. Транспортування військ з бойовою технікою та озброєнням.
2. Викидання десанту та транспортних засобів:
3. Використання для викидання десанту, транспортних засобів, вантажів і засобів технічного обслуговування.

2. Перевезення хворих і поранених:

Використання для медичних евакуацій та транспортування хворих та поранених.

Участь в особливих і гуманітарних місіях:

Використання у різних спеціальних і гуманітарних місіях.

Перевезення вантажів цивільного призначення:

Транспортування вантажів цивільного призначення, контейнерів і піддонів за допомогою регулярних і чартерних рейсів.

Вантажний відсік має такі характеристики:

Поперечна проєкція:

Довжина вантажного відсіку з вантажною рампою — 16,65 м

Висота — 2,75 м

Ширина — 2,748 м

Площа підлоги з вантажною рампою — 40 м²

Об'єм вантажного відсіку з вантажною рампою — 125 м³

Варіанти завантаження:

Перевезення людей: 100 пасажирів, 86 парашутистів, 40 поранених на ношах + 38 на сидіннях + 4 медики.

Перевезення вантажів: Викидання вантажу на платформах P7 (три платформи), перевезення вантажних контейнерів M1, 1C ISO 668 (два контейнери), або повністю навантажені джипи (три автомобілі).

Висновки до розділу

Ан-178 представляє інноваційний підхід до військово-транспортної авіації, надаючи значні покращення у порівнянні зі своїми попередниками. Зокрема, параметри літака, такі як величина вантажного відсіку, дальність польоту та швидкість, роблять його конкурентоспроможним у сучасному військово-транспортному сегменті.

Конструкційні рішення, такі як високопланова схема, герметична вантажна кабіна та потужний двигун, свідчать про постійні зусилля для покращення функціональності та надійності літака. Однак помилка в розрахунках щодо центру корпусу є серйозним недоліком, який потребує уваги та можливих корекцій у майбутньому.

Зазначимо, що Ан-178 демонструє широкий спектр функціональності, включаючи перевезення військ, вантажів і поранених, а також участь у

гуманітарних місіях. Це робить його універсальним і корисним в різних військових та громадських контекстах.

Узагальнюючи, Ан-178 є важливим кроком вперед у військово-транспортній авіації, але подальші вдосконалення у конструкції та виправлення помилок будуть вирішальними для його успіху на міжнародному ринку та в експлуатації.

Загальні висновки до першого розділу

У розділі досліджено різноманітні типи мобільних машин, зокрема гідравлічні приводи. Проаналізовані переваги та недоліки цих пристроїв, детально розглянуті їх компоненти та режими роботи. В результаті проведеного аналізу встановлено, що належне урахування режимів роботи та вибір оптимальних робочих рідин є ключовими факторами, які повинні бути враховані на початковому етапі проектування.

Запропоновано для подальшого дослідження провести розрахункові випробування гідравлічного приводу шасі літака з метою подальшої модернізації. Це вказує на важливість подальших технічних досліджень та вдосконалення систем гідравлічних приводів для забезпечення їх ефективності та надійності в різних умовах експлуатації.

РОЗДІЛ 2

НАУКОВА ЧАСТИНА

2.1 Розробка гідравлічного приводу

Опис принципової схеми мобільного приводу:

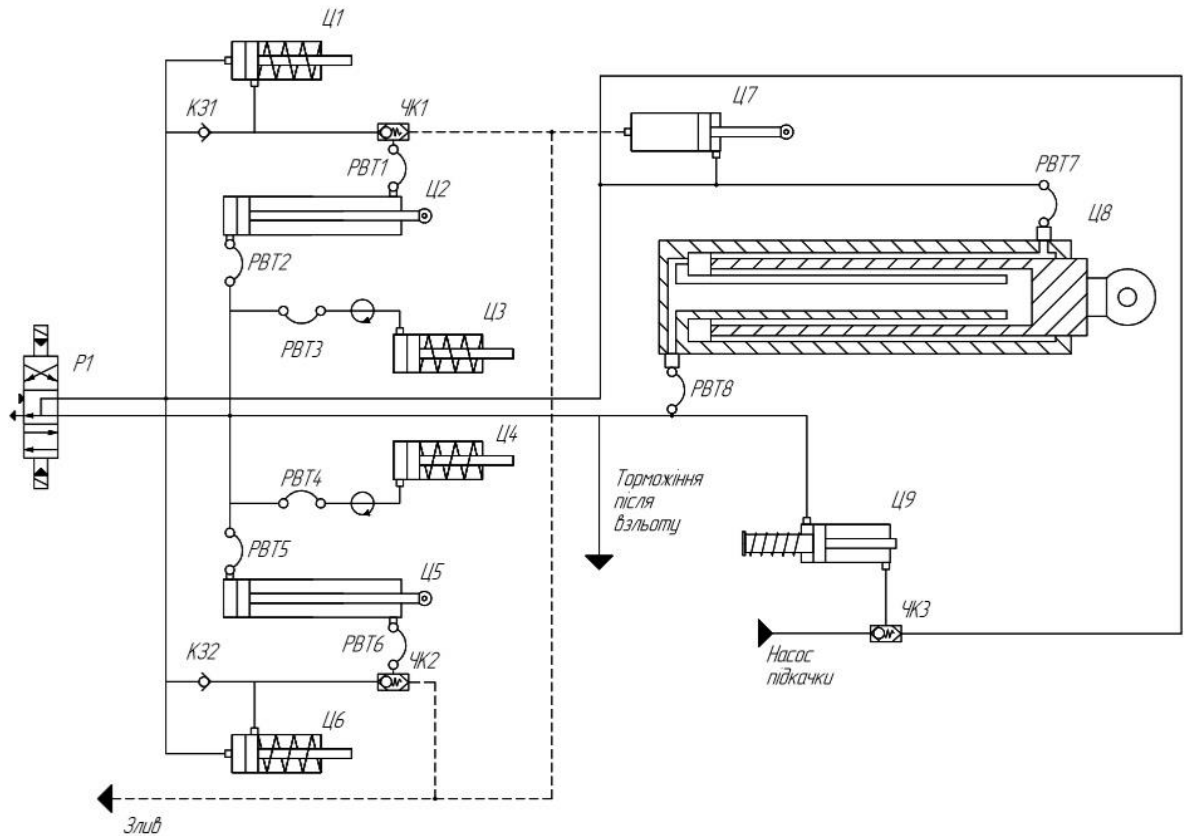


Рис. 2.1. Схема гідравлічна шасі літака

(Ц2,5 – циліндр основної стійки шасі, Ц8 – циліндр передньої стійки шасі, Ц1,3,4,6,7,9 – циліндр фіксації положення (замки), PBT1-8 – рукав високого тиску, КЗ1,2 – клапан зворотній, ЧК1-3 – клапан човниковий, P1 – розподільник.)

Система вбирання шасі функціонує наступним чином: коли загальний розподільник та розподільник лінії поглиблення активовані, тиск робочого середовища направляється в гідроциліндр. Це вмикає розпирний пристрій охорони праці, а силовий циліндр переміщує стійку. Механічні замки

автоматично зачиняються для фіксації стійки в потрібному положенні за допомогою рухомих частин замка та пружин. У стійках, які вже перебувають в необхідному положенні, тиск робочого середовища надсилається в протилежну порожнину гідроциліндра, який контролює замок, щоб примусити його повернутися у вихідне положення за допомогою зворотної пружини. Гідроциліндри обладнані гальмівним пристроєм для розміщення розпірок в кінці ходу. Рідина виводиться з гідроциліндрів через гідравлічні запірні клапани, які відчиняються за допомогою штовхачів. Кожна стійка оснащена окремим гідроциліндром. Функціональність лише однієї стійки моделюється з урахуванням симетрії інших секцій системи вбирання шасі відносно їх структури, навантаження та конструктивних параметрів. Гідравлічні замки представлені на подачі зворотнім клапаном, а на напірній лінії - регульованим дроселем. Діаметр отвору дроселя регулюється штовхачем, який обладнаний потужним демпфером.

Висновки до розділу

У розділі "Проектна концепція системи вбирання шасі літака" представлена детальна інженерна концепція функціонування системи вбирання шасі. Систематично описані ключові етапи роботи, включаючи увімкнення загального розподільника, розподільника лінії поглиблення та активацію гідроциліндрів. Особлива увага приділена активуванню розпірного пристрою охорони праці та руху силового циліндра для виведення стійки. Функціональність механічних замків та пружин гарантує надійне закріплення стійки у визначеному положенні.

Описано процес автоматичного закривання механічних замків для фіксації стійки та використання гальмівного пристрою для розміщення розпірок в кінці ходу. Система ефективно відводить рідину з гідроциліндрів за допомогою гідравлічних запірних клапанів з використанням штовхачів та регульованих дроселів.

Важливим аспектом є впровадження симетрії в конструкційні параметри та навантаження для інших секцій системи, що спрощує моделювання та підвищує надійність роботи всієї системи в цілому. Отримана концепція системи вбирання шасі оцінюється як добре продумана, забезпечуючи надійне та безперебійне виконання функцій з вибіркоким відводом рідини та автоматичним фіксуванням стійок в потрібному положенні.

2.2 Опис роботи системи

Процес випуску шасі розпочинається з перемикання розподільника Р1 у крайнє праве положення. Негайно після цього перемикання циліндри Ц1, Ц6 та Ц7, які виконують функцію замків, починають висуватися, знімаючи фіксацію зі стійок шасі. При досягненні цими циліндрами Ц1, Ц6 та Ц7 крайнього положення, сигнал від циліндрів Ц1 та Ц6 активує пружину човникових клапанів ЧК1 та ЧК2, впливаючи на циліндри Ц2, Ц5 та Ц8. Після досягнення цими циліндрами Ц2, Ц5 та Ц8 крайнього положення, вони фіксуються циліндрами Ц3, Ц4 та Ц9. Таким чином, цикл випуску шасі завершується.

Висновки до розділу

У висновку до даного розділу можна констатувати, що описана інженерна концепція функціонування системи вбирання шасі літака відзначається детальністю та системністю. Описано важливі кроки в роботі системи, включаючи висування стійок шасі, активування розпірного пристрою охорони праці, фіксацію стійок та випуск шасі. Застосування механічних замків, пружин і гідравлічних елементів гарантує ефективну та безперебійну роботу системи. Окремо важливим є врахування симетрії в конструкційних параметрах та навантаженнях для інших секцій системи, що спрощує моделювання та підвищує надійність функціонування системи в цілому. Отримана концепція вбирання шасі визначається як добре промислена, що забезпечує надійне та оптимальне виконання своїх функцій.

2.3 Розрахунок гідроциліндру випуску шасі

Наступним етапом дослідження є проведення розрахунків для визначення параметрів, які будуть враховані при подальшому вдосконаленні конструкції циліндра шасі. Зокрема, велика увага приділяється визначенню внутрішнього діаметру гідроциліндра, залежно від значення та напрямку діючого навантаження. Для гідроциліндра з одностороннім штоком, що працює на стиск при висуванні поршня, використовується відома формула.

$$D = \sqrt{\frac{4P}{\pi(p_1 - p_2/\Psi)\eta_M}}$$

де P – задане робоче зусилля у Ньютонах;

p_1, p_2 – тиск відповідно в напірній і зливній порожнинах у Паскалях;

$\Psi = \frac{F_1}{F_2} = D^2(D^2 - d^2)$ – відношення площин поршня з боку відповідно поршневої і штокової порожнини.

Тиск протитиснення p_2 визначається гідравлічними втратами, що представляють суму втрат на лінійних і місцевих опорах трубопроводів та гідроапаратів, що встановлені на зливальній гідролінії. На етапі розрахунків припустимо, що $p_1 = p_H$, p_2 складає від 0.3 до 0.5 МПа, після чого здійснимо уточнення отриманого тиску в результаті проведення гідравлічного аналізу.

Будемо приймати коефіцієнт відношення площ Ψ , залежно від виконання, як 1.33 при нормальному діаметрі штока.

$$\Psi = 1.33$$

Механічний ККД гідроциліндра залежить від виду застосовуваних ущільнень. Для гідроциліндра із гумовим і металевими кільцями $\eta_M = 0.95 \dots 0.97$.

Діаметр штока d визначимо із співвідношення

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

Діаметр підводящих отворів (умовний прохід) у метрах визначаємо як:

$$d_{nЦ} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_p}};$$

Для тиску 210 атм визначаємо діаметр гідроциліндру шасі для виштовхування.

$$D = \sqrt{\frac{4P}{\pi(p_1 - p_2/\Psi)\eta_M}} = \sqrt{\frac{4 \times 75000}{3.14(21 - 0.5/1.33)0.95}} = 69.8 \text{ мм.}$$

Розрахункові діаметри гідроциліндра і штока будуть округлені до найближчого значення відповідно до стандарту ДЕРЖСТАНДАРТУ 12447-80.

Отже, для основного гідравлічного циліндра діаметр складатиме 80 мм.

Діаметр штока, позначений як d , буде визначено за відповідним співвідношенням. У випадку основного циліндра:

$$d = D \sqrt{1 - \frac{1}{\Psi}} = 80 \sqrt{1 - \frac{1}{1.33}} = 39.8 \text{ мм.}$$

Заокруглюємо до найближчого рекомендованого значення згідно з ДЕРЖСТАНДАРТАми 8732-78 та 8734-75.

$$d = 40 \text{ мм}$$

Визначаємо розмір діаметрів отворів у гідроприводі шасі.

$$d_{nЦ} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_p}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.02 \times 5024}{3.14 \times 5}} = 5.06 \text{ мм}$$

Отримане значення округлюємо до найближчого рекомендованого значення згідно зі стандартами ДЕРЖСТАНДАРТУ 8732-78 та 8734-75.

Обираємо значення $d_{nЦ}$, яке найближче, і в даному випадку це дорівнює 6 мм.

Для тиску 300 атм визначаємо діаметр циліндру шасі для виштовхування.

$$D = \sqrt{\frac{4P}{\pi(p_1 - p_2/\Psi)\eta_M}} = \sqrt{\frac{4 \times 75000}{3.14(30 - 0.5/1.33)0.95}} = 58.3 \text{ мм}$$

Діаметри гідроциліндра і штока піддають округленню до найближчого значення, визначеного згідно з ДЕРЖСТАНДАРТУ 12447-80.

Для основного діаметр буде дорівнювати $D = 63 \text{ мм}$.

Визначаємо діаметр штока d .

Для основного циліндра

$$d = D \sqrt{1 - \frac{1}{\Psi}} = 63 \sqrt{1 - \frac{1}{1.33}} = 31.4 \text{ мм}$$

$$d = 32 \text{ мм}$$

Визначаємо діаметр підводящих отворів

$$d_{nц} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_p}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.02 \times 3116}{3.14 \times 5}} = 3.98 \text{ мм}$$

Отримане значення округляємо до найближчого по ДЕРЖСТАНДАРТУ 8732-78 та 8734-75.

Найближче значення $d_{nц} = 6 \text{ мм}$ та, тому вибираємо його.

Висновок до розділу

У даному розділі проведено розрахунки параметрів для гідроциліндра випуску шасі. Основною метою було визначити внутрішній діаметр гідроциліндра залежно від значення та напрямку діючого навантаження. Використовуючи відому формулу для гідроциліндра з одностороннім штоком, було визначено оптимальний діаметр, який забезпечить ефективне виштовхування поршня.

Додатково, в розрахунках було враховано тиск протитиснення, що визначається гідравлічними втратами на лінійних і місцевих опорах. Початково прийнятою умовою було $p_1 = p_H$, а p_2 знаходилося у діапазоні від 0.3 до 0.5 МПа. Після гідравлічного аналізу визначався точний тиск протитиснення.

Крім того, розглянуто вибір розмірів гідроциліндра і штока згідно зі стандартами, зокрема ДЕРЖСТАНДАРТУ 12447-80. Отримані розрахункові діаметри були округлені до найближчих значень, що відповідають зазначеним стандартам.

В результаті виконаних розрахунків для основного гідравлічного циліндра діаметр становить 80 мм, для штока - 40 мм, а діаметр підводячих отворів 6 мм. Аналогічно, для циліндра з тиском 300 атм, діаметр гідроциліндра складає 63 мм, діаметр штока - 32 мм, а діаметр підводячих отворів 6 мм.

Отримані результати дозволяють визначити оптимальні розміри для ефективної роботи гідроциліндра в системі вибіркового виштовхування шасі літака.

2.4 Проведення гідравлічного розрахунку та визначення оптимальних розмірів трубопроводів для гідросистеми шасі.

Завданням є визначення діаметрів трубопроводів та розрахунок втрат тиску під час переміщення робочої рідини. Розрахунок буде виконано по ділянках з однаковою витратою, представляючи трубопровід із встановленими місцевими порами (трійники, штуцера, коліна тощо) і гідроапаратами. Для цього використовується рідина Skydrol LD-4, яка є закордонним аналогом російської НГЖ-5У та використовується в авіаційних системах протягом понад 50 років.

Рідина Skydrol LD-4 виготовляється на основі фосфатних ефірів і відзначається високою якістю. Зокрема, всі рідини Skydrol типу IV є сумісними між собою і також сумісні з рідинами інших виробників. Фізико-хімічні характеристики рідини Skydrol включають кінематичну в'язкість в $\text{мм}^2/\text{с}$ при різних температурах, температуру загустіння та щільність при певних умовах.

Зазначений підхід дозволяє ефективно розрахувати параметри трубопровідної системи з урахуванням специфічних властивостей робочої рідини, забезпечуючи надійність та оптимальну функціональність гідросистеми.

Фізико-хімічні характеристики рідини Skydrol: кінематична в'язкість, $\text{мм}^2 / \text{с}$ (сСт) при -54°C - 1185, при 38°C - 11,42, при 99°C - 3,93. Температура загустіння $< -62^\circ \text{C}$. Щільність при 37°C - 0,990, $\text{г} / \text{см}^3$

Внутрішній діаметр труби визначається за формулою:

$$d_T = \sqrt{4 \times Q_T \div \pi \times V_{cp}}$$

Де Q_T – витрата рідини на ділянці, що розраховується у м³/с;

V_{cp} – середня швидкість рідини у м/с.

Отримане значення округляємо до найближчого по ДЕРЖСТАНДАРТУ 8732-78 та 8734-75

За прийнятим діаметром визначаємо дійсну швидкість рідини у м/с,

$$V = \frac{4 \times Q_T}{\pi \times d_T^2}$$

Середню швидкість рідини вибираємо у залежності від призначення трубопроводу:

- Для всмоктувальних $V_{вс} = 0.5 \dots 1.5$ м/с;
- Для зливних $V_{зл} = 1.4 \dots 2.2$ м/с;
- Для напірних $V_{н} = 3 \dots 6$ м/с;

Оберемо такі значення:

$$V_{вс} = 1 \text{ м/с,}$$

$$V_{зл} = 2 \text{ м/с,}$$

$$V_{н} = 4 \text{ м/с.}$$

Визначимо внутрішній діаметр труби :

$$d_{T_{вс}} = \sqrt{4 \times Q_T \div \pi \times V_{cp}} = \sqrt{4 \times 0.0025 \div 3.14 \times 1} = 0.056 \text{ м} = 56 \text{ мм}$$

$$d_{T_{зл}} = \sqrt{4 \times 0.0025 \div 3.14 \times 2} = 0.08 \text{ м} = 80 \text{ мм}$$

$$d_{T_{н}} = \sqrt{4 \times 0.0025 \div 3.14 \times 4} = 0.113 \text{ м} = 113 \text{ мм}$$

Отримане значення округляємо до найближчого по ДЕРЖСТАНДАРТУ 8732-78 та 8734-75.

$$d_{TBC} = 57 \text{ мм}$$

$$d_{TH} = 83 \text{ мм}$$

$$d_{T3л} = 114 \text{ мм}$$

За прийнятим діаметром визначаємо дійсну швидкість рідини.

$$V_{BC} = \frac{4 \times Q_T}{\pi \times d_T^2} = \frac{4 \times 0.0025}{3.14 \times 0.057^2} = 0.98 \text{ м/с}$$

$$V_H = \frac{4 \times 0.0025}{3.14 \times 0.083^2} = 0.46 \text{ м/с}$$

$$V_{3л} = \frac{4 \times 0.0025}{3.14 \times 0.114^2} = 0.24 \text{ м/с}$$

Гідравлічні втрати в гідролініях складаються з втрат на гідравлічне тертя Δ_{pT} , втрат у місцевих опорах Δ_{pM} і втрат у гідроапаратах Δ_{pA} .

Втрати тиску на тертя визначаємо за формулою:

$$\Delta_{pT} = \frac{0.5 \times \lambda \times l \times \rho \times V^2}{d_T},$$

де λ – коефіцієнт тертя;

l – довжина ділянки;

ρ – щільність рідини;

V – дійсна середня швидкість рідини;

d_T – діаметр труби або шлангу.

Коефіцієнт тертя λ залежить від режимутечії рідини і визначається по числу Рейнольдса:

$$Re = \frac{V \times d_T}{\nu}$$

Де ν – кінематична в'язкість рідини.

У ситуації ламінарного руху рідини ($Re \leq 2300$) і при урахуванні можливості звуження та викривлення перерізу труби в ході практичних розрахунків, коефіцієнт гідравлічного опору (λ) визначається за допомогою такої формули:

$$\lambda = \frac{75}{Re}$$

У випадку турбулентного руху ($Re \geq 2300$), коефіцієнт тертя (λ) залежить від числа Рейнольдса та відносної шорсткості стінок каналу. Для сталевих труб з відносною шорсткістю $\Delta = 0.03$ мм, тоді як труби з кольорових металів вважають практично гладкими. У таких умовах значення λ визначається за відповідною формулою.

$$\lambda = \frac{0.316}{\sqrt[4]{Re}}$$

Відповідно до вимог проєкту, проводимо розрахунки для різних температурних режимів, зокрема для температур -54°C та $+99^\circ\text{C}$. Вибір цих температур обґрунтований тим, що літак експлуатується при низьких температурах повітря, а також при високих температурах, що призводить до підвищення температури робочої рідини до значень, критично важливих для функціонування системи.

При -54 градусах Цельсію:

$$Re = \frac{V_{\text{вс}} \times d_T}{\nu} = \frac{0.98^2 \times 0.057}{2000 \times 10^{-6}} = 273.7 \text{ — ламінарний режим}$$

$$Re = \frac{V_{\text{н}} \times d_T}{\nu} = \frac{0.46^2 \times 0.083}{2000 \times 10^{-6}} = 87.8 \text{ — ламінарний режим}$$

$$Re = \frac{V_{\text{зл}} \times d_T}{\nu} = \frac{0.24^2 \times 0.114}{2000 \times 10^{-6}} = 3.3 \text{ — ламінарний режим}$$

Коефіцієнт Дарсі

$$\lambda = \frac{75}{Re} = \frac{75}{273.7} = 0.27$$

$$\lambda = \frac{75}{Re} = \frac{75}{87.8} = 0.85$$

$$\lambda = \frac{75}{Re} = \frac{75}{3.3} = 22.82$$

При 99 градусах Цельсію:

$$Re = \frac{V_{BC} \times d_T}{\nu} = \frac{0.98^2 \times 0.057}{4 \times 10^{-6}} = 13685.7 - \text{турбулентний режим}$$

$$Re = \frac{V_H \times d_T}{\nu} = \frac{0.46^2 \times 0.083}{4 \times 10^{-6}} = 4390.4 - \text{турбулентний режим}$$

$$Re = \frac{V_{3Л} \times d_T}{\nu} = \frac{0.24^2 \times 0.114}{4 \times 10^{-6}} = 1641.6 - \text{ламінарий режим}$$

Таким чином, отримаємо наступні результати для різних температурних режимів.

Коефіцієнт Дарсі:

$$\lambda = \frac{0.316}{\sqrt[4]{Re}} = \frac{0.316}{\sqrt[4]{13685.7}} = 0.028$$

$$\lambda = \frac{0.316}{\sqrt[4]{Re}} = \frac{0.316}{\sqrt[4]{4390.4}} = 0.039$$

$$\lambda = \frac{75}{Re} = \frac{75}{1641.6} = 0.045$$

При -54 градусах Цельсію:

$$\Delta_{pT} = \frac{0.5 \times \lambda \times l_{BC} \times \rho \times V_{BC}^2}{d_T} = \frac{0.5 \times 0.27 \times 0.3 \times 1085 \times 0.98^2}{0.057} = 740 \text{ Па}$$

$$\Delta_{pT} = \frac{0.5 \times \lambda \times l_H \times \rho \times V_H^2}{d_T} = \frac{0.5 \times 0.85 \times 7.7 \times 1085 \times 0.46^2}{0.083} = 9052 \text{ Па}$$

$$\Delta_{pT} = \frac{0.5 \times \lambda \times l_{3Л} \times \rho \times V_{3Л}^2}{d_T} = \frac{0.5 \times 22.82 \times 8 \times 1085 \times 0.24^2}{0.114} = 50040 \text{ Па}$$

При 99 градусах Цельсію:

$$\Delta_{pT} = \frac{0.5 \times \lambda \times l_{bc} \times \rho \times V_{bc}^2}{d_T} = \frac{0.5 \times 0.028 \times 0.3 \times 1085 \times 0.98^2}{0.057} = 77 \text{ Па}$$

$$\Delta_{pT} = \frac{0.5 \times \lambda \times l_H \times \rho \times V_H^2}{d_T} = \frac{0.5 \times 0.039 \times 7.7 \times 1085 \times 0.46^2}{0.083} = 415 \text{ Па}$$

$$\Delta_{pT} = \frac{0.5 \times \lambda \times l_{3л} \times \rho \times V_{3л}^2}{d_T} = \frac{0.5 \times 0.045 \times 8 \times 1085 \times 0.24^2}{0.114} = 98 \text{ Па}$$

Сумарні втрати на гідравлічне тертя:

$$\Sigma = 59832 \text{ Па} = 0.06 \text{ МПа} \text{ – при } -54^\circ\text{C}$$

$$\Sigma = 590 \text{ Па} = 0.0006 \text{ МПа} \text{ – при } 99^\circ\text{C}$$

Визначення втрат тиску робочої рідини вздовж трубопроводів.

При -54 градусах Цельсію.

Таблиця 2.4.1.

Номер ділянки	l, м	d, мм	Q, л/хв.	V, м/с	Re	λ	Δp_T , Па
1	$l_{bc}=0.3$ м	57	15	0.98	273.	0.27	740
2	$l_H=7.7$ м	83	15	0.46	87.8	0.85	9052
3	$l_{3л}=8$ м	11	15	0.24	3.3	22.8	50040
		4				2	

Розрахунок втрат по довжині

При 99 градусах Цельсію.

Таблиця 2.4.2.

Номер ділянки	l, м	d, мм	Q, л/хв.	V, м/с	Re	λ	Δp_T , Па
1	$l_{bc}=0.3$ м	57	15	0.98	13685.7	0.028	77

2	$l_H=7.7$ м	83	15	0.46	4390.4	0.039	415
3	$l_{3Л}=8$ м	114	15	0.24	1641.6	0.045	98

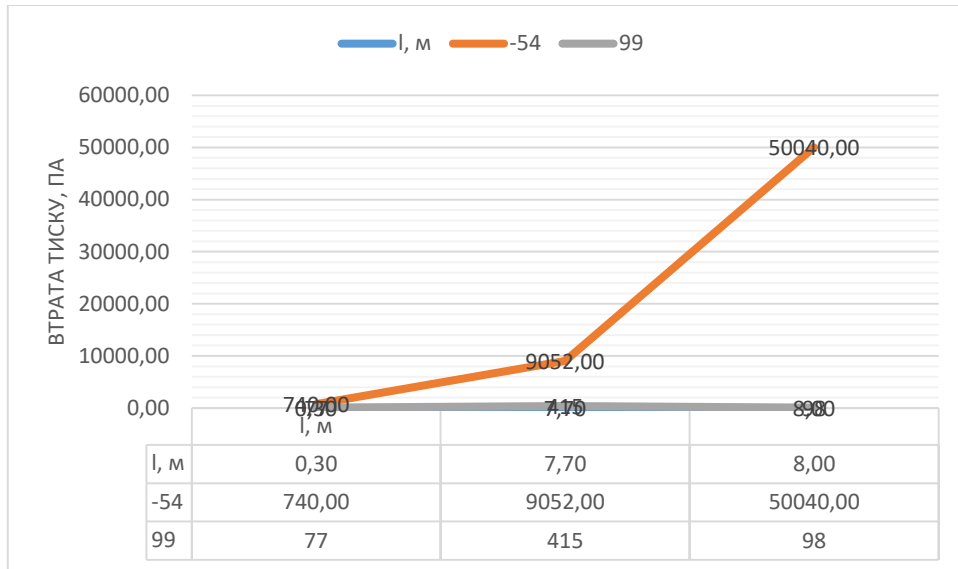


Рис. 2.4.1. Втрати тиску по довжині на ділянках трубопроводу 0,3м, 7,7 м та 8 м при температурах -54°C та 99°C .

На основі розрахунків було розроблено проект гідравлічного циліндра стійки шасі літака з певними модернізаційними вдосконаленнями, який зображено на рисунку 2.4.2.

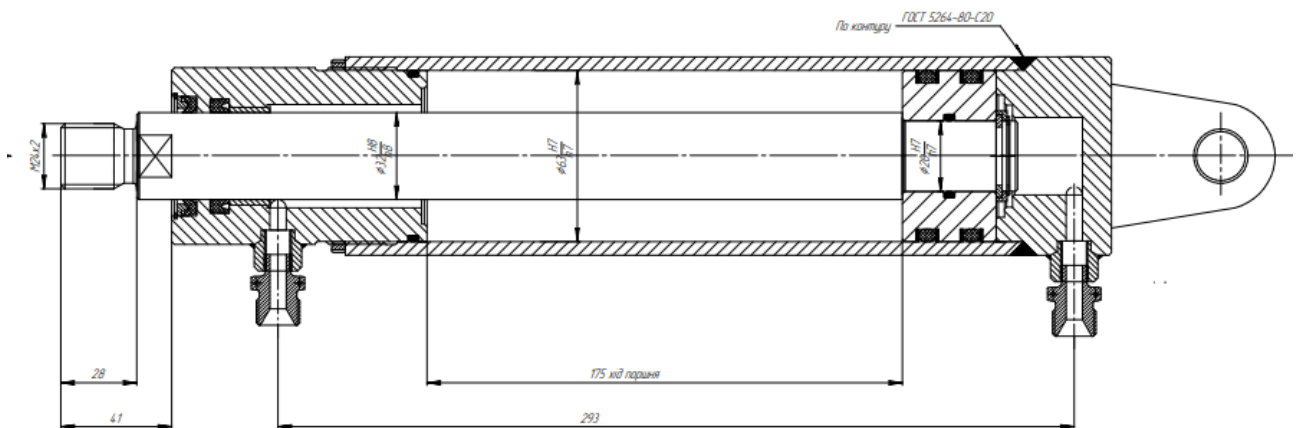


Рис. 2.4.2. Запропоноване креслення гідравлічного циліндру шасі

Висновки до розділу

Визначення діаметрів трубопроводів та розрахунок втрат тиску під час переміщення робочої рідини є завданням проєкту. Розрахунок виконується для ділянок з однаковою витратою, які представляють трубопровід із встановленими місцевими порами (трійники, штуцера, коліна тощо) і гідроапаратами. У даному випадку використовується рідина Skydrol LD-4, що є закордонним аналогом російської НГЖ-5У та успішно експлуатується в авіаційних системах протягом понад 50 років.

Фізико-хімічні характеристики цієї рідини включають кінематичну в'язкість при різних температурах, температуру загустіння та щільність при конкретних умовах.

Такий підхід дозволяє ефективно розрахувати параметри трубопровідної системи з урахуванням специфічних властивостей робочої рідини, що забезпечує надійність та оптимальну функціональність гідросистеми.

Наприкінці розрахунків, було розроблено гідравлічний циліндр стійки шасі літака з модернізованими покращеннями, який представлено на рисунку 2.4.2.

Загальні висновки до другого розділу

У другому розділі проведено розрахунок гідроциліндра шасі літака та визначено втрати тиску в гідроприводі при різних граничних температурах рідини, використовуючи рідину Скайдрол ЛД-4. Розрахунки показали значний розбіжний вплив температурних умов (-54 та +99 градусів Цельсія) на втрати тиску через тертя на одних і тих же ділянках трубопроводу. Це відзначено на порівняльному графіку, представленому на рисунку 2.4.1.

Додатково, в рамках розрахунків, було розроблено та намальовано модернізовану компоновку гідроциліндра шасі, враховуючи отримані результати. Нова компоновка призначена для покращення функціональності та ефективності гідроприводу.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

ВСТУП

Стартап – термін, який з'явився у підприємницькому словнику наприкінці 20-го століття і став неодмінною складовою глобальної бізнес-культури. Forbes та Business Week намагались визначити його в серпні 1976 та вересні 1977 року відповідно, використовуючи його для опису компаній з короткою історією.

В епоху Інтернету визначення стартапу було запропоновано Стівом Бланком, визнаним підприємцем та творцем методики розвитку клієнтів. Він описав стартап як тимчасову структуру, спрямовану на пошук і визначення бізнес-моделі.

Ерік Ріс, автор "Ощадливого стартапу", додає до цього концепцію, що стартап – це організація, що створює новий продукт або послугу в умовах великої невизначеності.

Пол Грем та Пітер Тіль визначають стартап за його стрімким зростанням, яке може складати 4-7% щотижня за ключовими показниками. Таке швидке зростання вважається основною характеристикою стартапів.

Хоча існують формальні критерії для класифікації стартапів, такі як вік компанії, прибуток, зростання, науковість продукту та інші, Пол Грем наголошує, що вони не завжди є вирішальними. Культурний феномен, що об'єднує цінності команди та внесок кожного співробітника, може бути ключовим елементом визначення стартапу.

У світі стартапів існує велика різноманітність поглядів на те, що робить компанію стартапом, але загальна ідея полягає в тимчасовій структурі, інноваціях та пошуку бізнес-моделі в умовах високої невизначеності.

Бізнес проєкт в авіації

Розробка у сфері авіації завжди вимагає постійного удосконалення та забезпечення безпеки і надійності. Літаки Ан-178, що виробляються «ДП Антонов», становлять важливий компонент у світовій авіації, проте навіть їм необхідна постійна модернізація та підтримка.

Наш стартап виникає відсвяткувати цю потребу, пропонуючи інноваційне рішення для системи прибирання-випуску шасі для літака Ан-178. Наша мета полягає в розробці та впровадженні передових технологій, які не лише підвищать рівень безпеки та надійності цих літаків, але й сприятимуть оптимізації обслуговування та зменшенню витрат для авіакомпаній.

В сучасній авіаційній індустрії велика увага приділяється розробці нових концепцій та технічних рішень для поліпшення літаків.

В сучасному світі авіації, де інновації та технологічний прогрес невпинно рухають галузь вперед, сталі ефективність і безпека літаків стають визначальними критеріями для їх успішної експлуатації. Наш стартап виступає з амбіційною місією зробити суттєвий внесок у цю область, пропонуючи новаторську систему прибирання та випуску шасі для літака Ан-178.

Літаки серії Ан-178, розроблені конструкторським бюро "Антонов", представляють передові технічні рішення у світі військової та цивільної авіації. Однак навіть такі передові аерокосмічні конструкції потребують постійного вдосконалення та оптимізації, щоб відповідати високим стандартам ефективності, безпеки і економічної вигідності.

Моя мета - створити систему прибирання та випуску шасі для літака Ан-178, яка не лише підніме планку безпеки та надійності цього повітряного судна, але й сприятиме оптимізації його обслуговування, зменшуючи витрати для авіакомпаній та забезпечуючи більшу функціональність у різних умовах експлуатації.

У цьому розділі ми розкриємо ключові виклики, перед якими стоїть сучасна авіаційна індустрія, розглянемо основні аспекти нашого проєкту та визначимо очікувані переваги для клієнтів та партнерів. Ми впевнені, що наша ініціатива стане важливим етапом у подоланні викликів сучасного авіаційного світу та сприятиме створенню ще більш безпечного та ефективного повітряного транспорту.

3.1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ РОЗДІЛУ

Мета даного розділу полягає в чіткому визначенні цілей та завдань нашого стартап-проєкту, який спрямований на розробку і впровадження інноваційних систем прибирання-випуску шасі для літака-прототипу Ан-178. Завдання:

1. Аналіз потреб ринку: Провести детальний аналіз потреб та вимог авіаційного ринку щодо систем прибирання-випуску шасі. Визначити потреби авіакомпаній, експлуататорів та технічних служб літаків.

2. Технічний аналіз: Розглянути існуючі системи прибирання-випуску шасі, визначити їхні переваги та недоліки. Розробити технічні вимоги до нової системи, які враховують сучасні стандарти безпеки та технологічні інновації.

3. Розробка прототипу: Розпочати розробку прототипу системи прибирання-випуску шасі для літака-прототипу Ан-178, який буде піддаватися тестуванню та вдосконаленню. Забезпечити сумісність із зазначеними технічними вимогами та стандартами безпеки.

4. Тестування та валідація: Провести комплексне тестування прототипу системи на різноманітних умовах роботи та валідацію його ефективності. Внести необхідні корективи та модифікації для оптимізації функціонування.

5. Розробка бізнес-стратегії: Розробити стратегію впровадження нової системи на ринок літака Ан-178. Визначити цільові сегменти клієнтів, розробити план маркетингу та продажу.

6. Фінансова моделювання: Розробити фінансову модель для оцінки витрат на розробку, виробництво та впровадження системи. Визначити потребу в інвестиціях та розробити стратегію приваблення фінансування.

7. Підготовка до виробництва: Розробити план виробництва та ланцюжок постачань для масштабування виробництва після успішного випробування прототипу для літака Ан-178. Забезпечити виробництво на етапі масштабування.

Цей розділ має на меті чітко сформулювати завдання та визначити стратегію розвитку нашого стартап-проєкту в галузі систем прибирання-випуску шасі для літака Ан-178.

3.2. Опис ідеї проєкту

У цьому розділі будуть представлені таблиці, що ілюструють порівняльний аналіз нашого продукту з існуючими аналогами та заміниками, визначаючи основні переваги для користувачів за різними напрямками застосування. Зміст ідеї: стартап-проєкт спрямований на розробку та впровадження інноваційної системи прибирання-випуску шасі для літака Ан-178. Ця система призначена для автоматизованого та точного керування процесом прибирання та випуску шасі в різних режимах роботи літака. Можливі напрямки застосування:

1. Цивільна авіація: Забезпечення безпеки та ефективного витрачання пального під час експлуатації пасажирських літаків, зокрема для моделі Ан-178.

2. Військова авіація: Використання в умовах екстремальних ситуацій, забезпечення швидкої реакції на команди, зниження видимості для літака Ан-178.

3. Технічна обслуговуюча галузь: Застосування для літаків, що використовуються в технічних місіях, зменшення часу та витрат на технічне обслуговування, зокрема для моделі Ан-178.

Ключові переваги для користувачів включають:

Підвищена рівень безпеки: Автоматизований процес прибирання-випуску шасі спрощує виконання завдань та зменшує ймовірність виникнення людських помилок, сприяючи підвищенню загального рівня безпеки в авіаційному русі.

Ефективне використання пального: Оптимізований режим використання шасі дозволяє зменшити витрати пального та скорочує викиди CO₂, сприяючи екологічно відповідній експлуатації та економії ресурсів.

Точний та автоматизований процес: Забезпечення високої точності та автоматизації у процесі прибирання-випуску шасі сприяє ефективній експлуатації літака, забезпечуючи оптимальні умови роботи.

У порівнянні з існуючими аналогами та заміниками, наша система вирізняється наступними особливостями:

1. Новітні технології: Ми використовуємо передові технології в галузі авіаційної техніки, спрямовані на досягнення максимальної точності та ефективності в роботі системи прибирання-випуску шасі.

2. Універсальність застосування: Наша система ретельно розроблена, враховуючи різноманітні потреби різних сегментів авіаційної галузі. Це надає їй універсальність та готовність до використання в різних умовах експлуатації.

Ці особливості є основою для подальшого аналізу та розробки стратегії впровадження на ринок системи прибирання-випуску шасі для літака Ан-178.

Таблиця 3.2.1.

Напрямок застосування	Основні вигоди для користувачів	Відмінності від аналогів
Цивільна авіація	Підвищена безпека, ефективне витрачання пального, менший технічний знос	Новітні технології, що забезпечують автоматизований та точний процес прибирання-випуску шасі
Військова авіація	Висока стійкість до екстремальних умов, швидка реакція на команди, низька видимість	Збільшена захищеність та адаптація до вимог військових стандартів
Технічна обслуговуюча галузь	Зменшення часу та витрат на технічне обслуговування, підвищена надійність	Інтеграція з сучасними системами діагностики та моніторингу

Аналіз, який ми проведемо, визначить основні переваги нашого продукту і сприятиме розробці ефективної стратегії маркетингу для впровадження нашого стартап-проєкту на ринку авіаційних технологій.

3.3. Технологічний аудит ідеї проєкту

Таблиця 3.3.1.

Складова	Стан аналізу
Виготовлення шасі:	
- Використання сучасних матеріалів	Розглянуто використання високоміцних та легких металів.
- Точність виготовлення	Необхідно розробити точні технології для досягнення високої точності.
Автоматизація процесу:	
- Системи керування та моніторингу	Аналізовано існуючі технології автоматизації процесу. Потребує доробок для відповідності вимогам проекту.
Інтеграція в літак Ан-178:	
- Сумісність з існуючими системами	Потрібна розробка технологій для інтеграції з електронікою та системами керування літака.
- Відповідність стандартам	Аудит показав необхідність відповідності стандартам авіаційної техніки.

Чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/доробити?

Аналіз показав, що деякі технології вже існують і можуть бути використані у реалізації ідеї проекту. Проте, багато з них вимагають модифікацій та адаптацій для досягнення високої ефективності і відповідності стандартам авіаційної безпеки.

Чи доступні такі технології авторам проекту?

Більшість наявних технологій доступні для команди проекту. Проте, для досягнення оптимальної ефективності, деякі з цих технологій вимагають спеціалізованих знань та можливо потребують додаткового дослідження.

Загальний висновок аудиту свідчить про технологічну реалізованість ідеї проекту, але вказує на необхідність уточнень та вдосконалень для досягнення високого стандарту якості та відповідності авіаційним стандартам.

3.4. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Аналіз попиту:

1. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Таблиця 3.4.1.

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	-
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	-
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу	Існують обмеження в області сертифікації та стандартизації
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Наявні, обумовлені стандартами авіаційної техніки

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	Від 8% до 12%, вище банківського відсотку на вкладення

Висновок: ринок відкритий для участі, знаходиться в стані росту, проте для успішного входу вимагає відповідності стандартам і отримання сертифікації.

2. Характеристика потенційних клієнтів:

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Таблиця 3.4.2.

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Базова потреба, яку задовольняє товар (згідно концепції потенційного товару)	Авіакомпанії, обслуговуючі галузі, військові підрозділи	Різні галузі вимагають різних технічних характеристик	Висока надійність, ефективність, відповідність стандартам авіаційної безпеки

Висновок: потенційні клієнтські сегменти включають авіакомпанії, сфери обслуговування та військові підрозділи, які вимагають високої надійності та відповідності стандартам.

3. Аналіз ринкового середовища:

Фактори загроз

Таблиця 3.4.2.

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Конкуренція	Зростання конкуренції може призвести до зменшення частки ринку	Запровадження стратегій ціноутворення та рекламних кампаній
2	Зміни в законодавстві	Зміни в законодавстві щодо авіаційної техніки	Активна співпраця з регуляторами, адаптація до нових стандартів
3	Економічні кризи	Зменшення попиту через економічні труднощі	Розробка гнучких стратегій ціноутворення, розширення географії ринку

Фактори можливостей

Таблиця 3.4.3.

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Технологічний прогрес	Впровадження нових технологій	Запровадження інновацій, розробка нових продуктів
2	Зростання попиту на авіаційну техніку	Збільшення замовлень від авіакомпаній	Розширення виробництва, покращення сервісу
3	Міжнародна експансія	Розширення ринків у країнах з інтенсивним розвитком авіації	Розробка міжнародних стратегій, укладання партнерських угод

Висновок: вказує на очікувану конкуренційну боротьбу і можливі зміни в законодавстві, проте також враховує технологічний прогрес та зростання попиту на авіаційну техніку, що відкриває перспективи для реалізації даного проекту.

3.5. Розроблення ринкової стратегії проекту

1. Вибір цільових груп потенційних споживачів:

Таблиця 3.5.1.

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів в сприйнятті продукту	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Авіакомпанії, обслуговуючі галузі, військові підрозділи	Висока, оскільки вони постійно шукають нові технології	Значний, оскільки цільові групи великі та постійно розширюються	Висока, особливо в області військових замовлень	Середня, оскільки потрібні специфічні знання та сертифікація

Висновок: цільові групи, такі як авіакомпанії, обслуговуючі галузі та військові підрозділи, проявляють великий інтерес і готовність приймати нові технології з високим орієнтованим попитом. Однак, варто враховувати високий рівень конкуренції, особливо в контексті військових замовлень.

2. Визначення базової стратегії розвитку:

Таблиця 3.5.2.

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Розробка продукту для військового та цивільного застосування	Диференційований маркетинг	Висока якість та надійність, можливість використання в різних галузях	Розширення лінійки продукції та ринків застосування

Висновок вказує на обрану стратегію диференційованого маркетингу, яка спрямована на створення продукту для використання як у військових, так і цивільних сферах. Ключові конкурентоспроможні позиції включають високу якість та надійність, і базова стратегія передбачає розширення лінійки продукції та ринків застосування.

3. Визначення стратегії позиціонування

Таблиця 3.5.3.

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні і позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Висока якість та надійність, універсальність застосування	Розширення лінійки продукції та ринків застосування	Технологічна передовість, можливість використання в різних галузях	Надійність, гнучкість застосування , інноваційні рішення

Висновок вказує, що стратегія позиціонування стартап-проекту ґрунтується на ключових конкурентоспроможних позиціях, таких як передові технології та універсальність застосування. Обрані асоціації, які мають сформувати комплексну позицію проекту, включають надійність, гнучкість застосування та інноваційні рішення. Це сприятиме визначенню торгової марки та забезпечить відмітність на ринку.

3.6. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Маркетингова програма для стартап-проекту: Система прибирання-випуску шасі літака (прототип Ан-178)

1. Визначення ключових переваг концепції системи прибирання-випуску шасі літака:

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Таблиця 3.6.1.

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує система	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Забезпечення швидкості та ефективності прибирання-випуску шасі	Автоматизація та прискорення процесів	Унікальна технологія швидкого та надійного прибирання-випуску, що робить нас конкурентоспроможними
2	Зниження витрат на технічне обслуговування літака	Мінімізація часу простою літака	Ефективні та економічні рішення, які зменшують загальні витрати літакового транспорту

Висновок полягає в тому, що система прибирання-випуску шасі літака пропонує великі переваги у швидкості, ефективності та витратах обслуговування літаків, що робить її конкурентоспроможною.

2. Опис трьох рівнів моделі системи прибирання-випуску шасі літака:

Рівні системи	Сутність та складові
I. Технічні характеристики	- Механізми прибирання-випуску
	- Електронні системи керування
II. Функціональність	- Прискорення процесу
	- Мінімізація можливих поломок
III. Вартість експлуатації	- Ефективність та економічність
	- Зниження витрат на технічне обслуговування

Висновок полягає в тому, що система поділяється на три аспекти: технічні характеристики, функціональність та вартість експлуатації.

3. Визначення меж встановлення ціни:

Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на аналогічні технології	Рівень цін на обслуговування шасі без системи	Рівень доходів авіакомпаній	Верхня та нижня межі встановлення ціни на систему прибирання-випуску
1				

Враховуючи вартість аналогічних технологій та витрати на обслуговування шасі, визначено конкурентоспроможні рамки ціноутворення.

4. Формування системи збуту:

Формування системи збуту

Таблиця 3.6.4.

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки авіакомпаній	Функції збуту, які має виконувати постачальник систем	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Великі замовлення від крупних авіакомпаній	Прямі постачання та обслуговування	Прямий	Продажі безпосередньо авіакомпаніям
2	Менші замовлення від менших авіакомпаній	Дистрибуція через партнерів та сертифікованих дилерів	Широкий	Співпраця з дилерською мережею та партнерами

Рекомендується здійснювати прямі постачання для великих авіакомпаній та використовувати дилерську мережу та партнерів для менших підприємств.

5. Концепція маркетингових комунікацій:

Концепція маркетингових комунікацій

Таблиця 3.6.5.

№ п/п	Специфіка поведінки авіакомпаній	Канали комунікацій, якими користуються авіакомпанії	Ключові позиції для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Орієнтовані на технічні характеристики та витрати	Технічні конференції, індустріальні виставки	Технічний лідер, ефективність	Передати технічні переваги системи	Експертні публікації, участь в конференціях

Маркетингові зусилля слід спрямовувати на висвітлення технічних переваг та ефективності нашої системи.

Загальний висновок цього розділу маркетингової програми визначає ключові переваги, модель товару, межі ціноутворення, систему збуту та концепцію комунікацій для стартап-проекту - системи прибирання-випуску шасі літака. Ця програма допомагає визначити стратегію введення продукту на ринок та залучити увагу потенційних клієнтів.

3.7. Висновки

Підсумовуючи проведений аналіз стартап-проекту системи прибирання-випуску шасі літака (прототип Ан-178), можна зробити наступні висновки:

Потенціал ринкової комерціалізації проекту: Існує значний попит на ефективні технології обслуговування літаків, що робить проект перспективним для ринкової комерціалізації. Динаміка ринку підтверджує зростання інтересу авіакомпаній до інноваційних рішень у сфері технічного обслуговування.

Перспективи впровадження: Потенційні групи клієнтів, такі як авіакомпанії, виявляють інтерес до оптимізації процесів обслуговування літаків. Наявність технічних і конкурентних переваг робить проект конкурентоспроможним.

Вибір альтернативи для впровадження: Для ринкової реалізації проекту доцільно обрати альтернативу, яка включає прямі постачання для великих авіакомпаній та розширену дилерську мережу для менших операторів літаків.

Доцільність подальшої імплементації проекту: З урахуванням розробленої маркетингової програми, конкурентних переваг та попиту на інноваційні рішення в авіаційній галузі, подальша імплементація проекту є доцільною. В цілому, стартап-проект має потенціал для успішного введення на ринок, а його реалізація може принести значні користі як для розробників, так і для користувачів авіаційної техніки.

ВИСНОВКИ НА ОСНОВІ РЕЗУЛЬТАТІВ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

Магістерська дисертація присвячена детальному дослідженню та аналізу стартап-проекту системи прибирання-випуску шасі літака, зокрема прототипу для літака Ан-178. Проведений аналіз включає вивчення ринкових потреб, технологічні можливості, конкурентні переваги та стратегії введення на ринок.

Було проведено детальний аналіз аналогів літаків-прототипів та аналіз літератури на тему системи прибирання-випуску шасі, а також гідравлічних систем.

Було досліджено методику розробки гідравлічних систем та гідроліній

Додатково, в рамках розрахунків, було розроблено та намальовано модернізовану компоновку гідроциліндра шасі, враховуючи отримані результати. Нова компоновка призначена для покращення функціональності та ефективності гідроприводу.

Потенціал ринкової комерціалізації: Дослідження лічниця показало, що існує великий попит на ефективні технології обслуговування літаків, що створює перспективи для ринкової комерціалізації проекту. Тенденції ринку свідчать про зростання інтересу авіакомпаній до інноваційних рішень у сфері технічного обслуговування.

Перспективи впровадження: Авіакомпанії та інші потенційні клієнти виявили інтерес до оптимізації процесів обслуговування літаків, а технічні та конкурентні переваги роблять проект конкурентоспроможним на ринку.

Вибір альтернативи для впровадження: Розглянуті стратегії введення на ринок, включаючи прямі постачання для великих авіакомпаній та розширену дилерську мережу для менших операторів літаків. Вибір альтернативи повинен враховувати специфічні потреби та обмеження різних сегментів ринку.

Доцільність подальшої імплементації проекту: З урахуванням розробленої маркетингової програми, конкурентних переваг та попиту на інноваційні рішення, подальша імплементація проекту є доцільною. Потенціал успішного введення на ринок та приносу значних користей підтверджується проведеним аналізом.

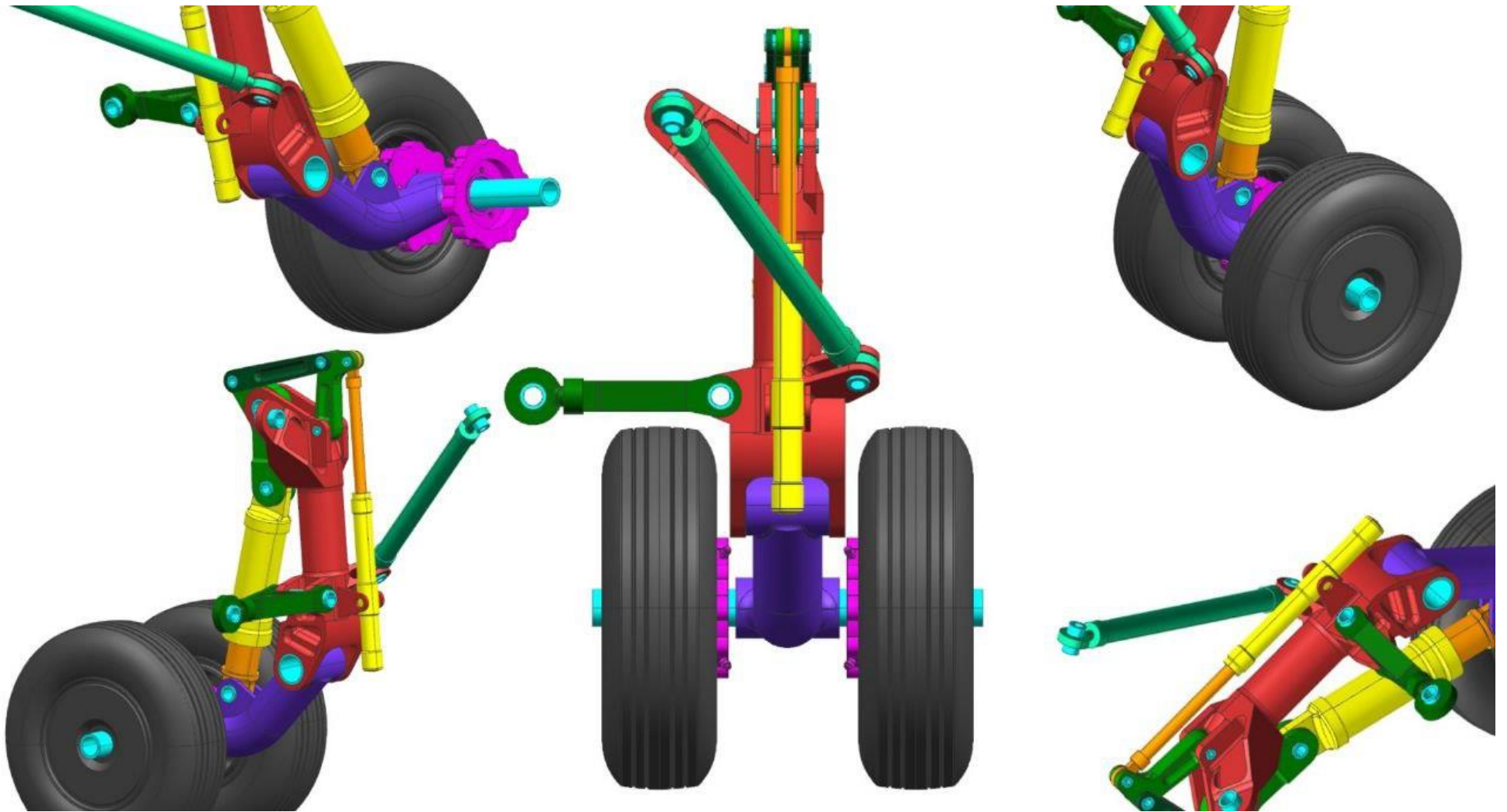
Загальні висновки: Магістерська дисертація глибоко дослідила ключові аспекти стартап-проекту, визначила його переваги та виклики. Зроблені висновки свідчать про потенціал проекту для успішного введення на ринок авіаційних технологій та його важливе значення для різних сегментів авіаційної галузі.

В цілому, магістерська дисертація вирізняється глибоким аналізом, чітко визначеними стратегічними рішеннями та практичною значущістю для розвитку авіації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Абрамов Е. И., Колесниченко К.А., Маслов В.Т..Элементы гидропривода (справочник). «Техніка», 1969.
2. Кондрашов Н. А. Проектирование убирающихся шасси самолетов. М., «Машиностроение», 1991.
3. Александров Г. В., Вожаев Е. С. Техническая информация. Выпуск 1-ЦАГИ, 2002.-1-53с.
4. Манько П. С., Смирнов Б. И., Киселев В. П. Руководящий технический материал РТМ 1717-88. Гидравлические системы и агрегаты самолетов и вертолетов.1988.
5. Чкалов В. В., к.т.н. Ковалева С. И. Автоматизация расчетов гидравлических цепей. Киев, Общество «Знание», «Машиностроение», 1982.
6. Матвеевко А. М. Аналитическое проектирование гидравлических систем летательных аппаратов. М. «Машиностроение», 1977.
7. Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории. 1994.
8. Матвеевко А. М. Аналитическое проектирование гидравлических систем летательных аппаратов. М. «Машиностроение», 1977.
9. Быков О. С., Стучалкин Ю. А., Чижов В. М . Аэродинамические нагрузки на створки шасси и грузовых люков. Техника воздушного флота. Том LXXIII № 1/636, 1999.
10. Чкалов В. В., к.т.н. Ковалева С. И. Автоматизация расчетов гидравлических цепей. Киев, Общество «Знание», «Машиностроение», 1982.
11. Комаров А. А. Основы проектирования и расчета гидравлических систем летательных аппаратов. Пособие для дипломного проектирования. Киев, КИИГА,1969.

12. Гийон М. Исследование и расчет гидравлических систем. М. «Машиностроение», 1969.- 388с.
13. Башта Т. М. Конструкция и расчет самолетных гидравлических устройств.Изд. 3-е. М., ГНТИО,1961.
14. Бланк, С. Стартап. Настольная книга основателя / С. Бланк, Б. Дорф ; пер. с англ. Т. Гутман, И. Окунькова, Е. Бакушева. – 2-е изд. – Москва : Альпина Пабlishер, 2014. – 614 с.
15. Дрейпер, У. Стартапы : профессиональные игры Кремниевой долины / У. Дрейпер ; предисл. Э. Шмидта ; пер. с англ. В. Егорова. – Москва : Эксмо, 2012. – 378 с.
16. Коэн, Д. Стартап в Сети : мастер-классы успешных предпринимателей / Д. Коэн, Б. Фелд ; пер. с англ. М. Иутина. – 2-е изд. – Москва : Альпина Пабlishер, 2013. – 337 с.
17. Маллинс, Дж. Поиск бизнес-модели : как спасти стартап, вовремя сменив план / Дж. Маллинс, Р. Комисар ; пер. с англ. М. Пуксант и Е. Бакушевой. – Москва : Манн, Иванов и Фербер, 2012. – 329 с.
18. Робемед, Н. Самые интересные стартапы 2013 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.forbes.ru/svoi-biznes-photogallery/startapy/248976-samyie-interesnye-startapy-2013-goda/photo/1>
19. Статистика смертности и советы по безопасности для стартапов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vc.ru/p/startup-eset>
20. Статистика указала на условия для появления стартапов, успешных как Google и Facebook [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://naked-science.ru/article/sci/statistika-ukazalana-usloviya>
21. Тиль, П. От нуля к единице : как создать стартап, который изменит будущее / П. Тиль, Б. Мастерс; перевод с англ. – Москва : Альпина пабlishер, 2015. – 188 с.
22. Харниш, В. Правила прибыльных стартапов : как расти и зарабатывать деньги / В. Харниш ; пер. с англ. В. Хозинского. – Москва : Манн, Иванов и Фербер, 2012. – 279 с.
23. Экланд С. Ангелы, драконы и стервятники : как привлечь правильных инвесторов в свой стартап и сохранить бизнес / С. Экланд ; пер. с англ. О. Терентьевой. – Москва : Манн, Иванов и Фербер, 2011. – 275 с



Розроблена 3-D модель основної опори шасі на літак-прототип АН-178