

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ГІДРОГАЗОВИХ СИСТЕМ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
Бадах В. М. _____
“ _____ ” _____ 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА (ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬО СТУПЕНЯ
“МАГІСТР”

Тема: Розробка і дослідження системі гальмування регіонального
пасажирського літака з двома ТРДД з літної масою 50 тон Ан 148

Виконавець: студент 2-го курсу Обложок Дмитро Олегович

Керівник: _____ к.т.н., с.н.с. Бадах Валерій Миколайович

Консультанти з окремих розділів пояснювальної записки:

Охорона навколишнього

середовища _____ д.т.н, професор Фролов В.Ф.

Охорона праці _____ к.т.н., доцент Казанець В.І.

Нормоконтролер: _____ к.т.н., проф. Сивашенко Т.І.

Київ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут Аерокосмічний факультет

Кафедра Гідрогазових систем

Напрямок спеціальності 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

Освітньо-професійна програма «Літаки та вертольоти»

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

Бадах В.М. _____

« »

2020 р.

ЗАВДАННЯ на виконання дипломної роботи

Обложок Дмитро Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові випускника у родинному відмінку)

1. Тема дипломної роботи Розробка і дослідження систем гальмування регіонального пасажирського літака з двома ТРДД із злітною масою 50 тон Ан-148

затверджена наказом №2210/ст ректора від «05» листопада 2020 р.

2. Термін виконання роботи: з «5» жовтня по «24 грудня»

3. Вихідні дані до роботи: злітна маса – 38.5 т., крейсерська швидкість – 780 км/год, висота крейсерського польоту – 12,2 км., кількість двигунів 2, тип двигунів – Д-436-148, стартове значення питомої витрати пального – 1550 кг/год, дальність польоту – 3500 км.

4. Зміст пояснювальної записки: підвищення конкурентноспроможності літаків, оптимізація параметрів при зменшенні циклу проектування, зменшення обсягів стендових і льотних випробувань, розрахунок гідравлічної системи гальмування коліс.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: загальний вигляд літака, механізм керування основним гальмуванням коліс 1-2, структури схеми гідравлічної системи, теоретична схема гідравлічної системи, теоретична схема шасі, функціональна схема гальмівної системи.

6. Календарний план-графік

№ Пор .	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Початкова робота над проектом, визначення мети завдання		
2	Росподіл теми на основні частини		
3	Пошук необхідних даних та літератури по літакам прототипа		
4	Виконання аналізу конструкції паливної системи в основній частині проекту		
5	Розрахунок гідравлічної системи гальмування коліс		
6	Побудова моделі основного режиму гальмування коліс в середовищі AMESim		
7	Порівняння результатів моделювання, гідравлічного розрахунку та льотних випробувань		
8	Підведення підсумків		
9	Перевірка, внесення правок та підписання роботи		

7. Консультанти з окремих розділів

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона навколишнього середовища	д.т.н, професор Фролов В.Ф.		
Охорона праці	к.т.н, доцент Казанець В.І.		

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 20__ р.

Керівник дипломної роботи _____
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання _____
(підпис дипломника) (П.І.Б.)

Дата _____

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської роботи «Розробка і дослідження системі гальмування регіонального пасажирського літака з двома ТРДД з літної масою 50 тон Ан 148»: сторінки, рисунків, таблиць, використаних джерел.

ЛІТАК, СИСТЕМА ГАЛЬМУВАННЯ КОЛІС, ПРОЕКТУВАННЯ, МОДЕЛЮВАННЯ, ВИПРОБУВАННЯ, ПАРАМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ.

Об'єкт дослідження – системи гальмування коліс регіонального літака, предмет дослідження – час загальмовування в основному режимі гальмування.

Основна мета, проведених мною досліджень є підвищення конкурентоспроможності літаків шляхом підвищення характеристик системи гальмування за рахунок модифікації параметрів при зменшенні циклу проектування і більш точному описі його роботи, а також зменшення кількості стендових і льотних випробувань при її доведенні й сертифікації.

Метод дослідження – цифрове математичне моделювання часу загальмовування в основному режимі гальмування. Розрахунки були проведені за допомогою програмного пакету Mathcad, моделювання та параметричний аналіз проводився за допомогою програмного пакету AMESim.

Релевантність опису досліджуваних процесів віражається шляхом порівняння результатів моделювання та реальних льотних випробувань часу загальмовування коліс.

Розбіжності між результатами часу загальмовування в моделі та льотних випробуваннях складає 6,7%. Звідси робимо висновок, що данна модель максимально точно описує роботу основного режиму гальмування коліс.

Приведена вище модель може бути використана літакобудівними ДКБ при проектуванні систем гальмування коліс, доведенню при стендових і льотних випробуваннях, сертифікації й дослідженні особливих ситуацій в експлуатації. Вони також можуть бути використані в навчальному процесі по напрямку „ Літаки та вертольоти”.

ЗМІСТ

Вступ.....	
1. Огляд стану розвитку гальмівних систем.....	
1.1. Призначення системи гальмування коліс літака.....	
1.2. Класифікація колісних гальмівних систем.....	
1.3. Гальмівні системи з прямим (безпосереднім) управлінням.....	
1.4. Гальмівні системи з дистанційним управлінням.....	
1.5. Висновки.....	
...	
2. Загальна методика та основні методи досліджень.....	
.....	
2.1. Основні складові системи гальмування коліс літака.....	
2.1.1. Пневматики авіаційних коліс.....	
2.1.2. Аналіз переваг і недоліків в конструкції авіаційних гальмівних коліс..	
2.1.2.1. Колеса з дисковими гальмами.....	
2.1.2.2. Колеса з камерними гальмами.....	
2.1.2.3. Колеса з колодочними	

гальмами.....	
2.1.3. Агрегати гідравлічних гальмівних систем.....	
2.2. Тактико – технічні характеристики літака прототипу.....	
2.3. Система гальмування коліс літака прототипу.....	
.....	
2.3.1. Характеристика системи гальмування коліс.....	
2.3.2. Функціонування системи гальмування коліс..	
.....	
2.4. Методика розрахунку гідравлічної системи гальмування коліс літака.....	
2.5. Висновки.....	
...	
3. Аналітичні та експериментальні дослідження.....	
3.1. Нормативні вимоги до роботи системи гальмування коліс літака.....	
3.2. Випробування гальмівних систем.....	
3.2.1. Стендові випробування.....	
3.2.2. Льотні випробування.....	
3.3. Проектування гідравлічної системи гальмування коліс.....	
3.3.1. Розробка гідравлічної системи гальмування коліс.....	
3.3.2. Розрахунок на міцність системи гальмування коліс.....	

3.4. Розрахунок гідравлічної системи гальмування коліс.

.....

3.4.1. Розрахунок місткості

гідроакумулятора.....

3.4.2. Підбір колеса для основної опори

шасі.....

3.4.3. Гідравлічний розрахунок системи гальмування коліс.....

.....

3.5. Побудова моделі основного режиму гальмування коліс в середовищі

AMESim.....

..

3.5.1. Розрахунок та підбір параметрів для побудови моделі основного режиму гальмування коліс в середовищі AMESim.....

.....

3.5.2. Результати проведених досліджень.....

3.6. Аналіз отриманих результатів

досліджень.....

3.6.1. Порівняння результатів моделювання, гідравлічного розрахунку та льотних

випробувань.....

3.6.2. Параметричний аналіз моделі основного режиму гальмування коліс в середовищі

AMESim.....

3.6.2.1. Аналіз впливу конструктивних параметрів.....

3.6.2.2. Аналіз впливу експлуатаційних параметрів.....

3.7. Висновки.....

.....

4. Охорона праці.....	
.....	
4.1.Небезпечні та шкідливі виробничі чинники під час експлуатації або ремонту гальмівної системи літака.....	
4.2.Організаційні і конструктивно-технологічні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих чинників.....	
4.2.1. Розрахунок освітлення робочого місця конструктора	
4.3.Пожежна і вибухова безпека при технічному обслуговуванні гальмівної системи літака.....	
4.4.Інструкція з безпеки праці.....	
4.4.1. Інструкція по техніці безпеки при роботі з НГЖ-5У.....	
4.5. Висновки.....	
.....	
5. Охорона навколишнього середовища.....	
.....	
5.1.Класифікація робочих рідин.....	
5.2. Основні властивості рідин.....	
.....	
5.3. Гідравлічна рідина НГЖ-5У: характеристика, деградація та вплив на людину.....	
5.4.Висновки.....	
...	

Висновки.....

.

Список використаних

джерел.....

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

Позначення	Найменування
ЗПС	злітно посадкова смуга
КЧК	консольна частина крила
ДУ	двигунна установка
ДСУ	допоміжна силова установка
ГС	гідросистема
ВД	вітродвигун
БІ	багатофункціональний інтерцептор
ІГ	інтерцептор-гальмо
КВ	кермо висоти
КН	кермо напрямку
СШУ	система штурвального управління
СУМК	система управління механізацією крила
СГК	система гальмування коліс
СОК	система охолодження коліс
ПОШ	передня опора шасі
ООШ	основна опора шасі
СКП	система кондиціонування повітря
ПЗС	система протизаморожувача
СПП	система підготовки повітря
ПВП	підсистема відбору повітря двигуна
ПП	Програмний пакет
ПЗ	Програмне забезпечення

ВСТУП

Система гальмування літака є комбінація різноманітних функціональних агрегатів - пристроїв (гідравлічних, пневматичних, електричних і механічних), з'єднаних між собою відповідними зв'язками (трубопроводами, електропроводкою, механічними зв'язками) в складну систему. Система гальмування літака гарантує після посадкове гальмування, екстримальну зупинку літака у випадку відмов, підгальмовування під час маневрування, гальмування під час стоянки та післязлітне підгальмовування коліс.

Жорсткі правила, що поставлені до гальмівних коліс і систем в цілому, надиктовані в першу чергу швидким ростом, як злітних, так і посадкових мас літаків а також жагою розширювати сферу застосування, збудувавши більшу кількість аеродромів на котрі може здійснити посадку літак. Гальмівний процес це набір як конструктивних так і природних факторів. Тому проблемою поліпшення системи гальмування коліс методом використання оновлених ПП моделювання процесу гальмування є актуальною.

Темою даної дипломної роботи являється розробка і дослідження систем гальмування регіонального пасажирського літака з двома ТРДД із злітною масою 50 тон.

Суть проблематики у створення гальмівних систем на сьогодні полягає в тому, що під час проектування, подальші випробування виявляються досить значним і саме тому основною задачею є зменшення затрат на проектування і зменшення кількості справжніх випробувань за рахунок проведення аналогічних випробувань комп'ютерної моделі системи безпосередньо в спеціалізованому ПП.

Мета діючих досліджень є підвищення конкурентоспроможності літальних апаратів методом підвищення якості гальмівних систем за рахунок покращення параметрів при скороченому циклу проектування і більш точному описі описаної роботи, а також зменшення об'єму стендових і льотних випробувань при її доведенні й сертифікації.

Для досягнення поставленої мети у дослідженнях необхідно вирішити декілька завдань:

- обрати цільові параметри системи;
- описати схему і головні характеристики гальмівних систем коліс;
- виконати проект гальмівної системи;
- провести розрахунок на міцність механізму керування основним гальмуванням коліс;
- розробити комп'ютерну модель гальмівної системи;
- визначити час загальмовування;
- порівняти результати моделювання та експерименту;
- провести аналіз параметрів, впливання на час гальмовування конструктивних і експлуатаційних параметрів.

Проектування гальмівної системи та побудова моделі дає можливість визначити час загальмовування та зробити параметричний аналіз, тим самим зменшивши час проектування і кількість натурних випробувань.

Сучасність описаної вище теми, відповідає теперішнім вимогам стану розвитку ПЗ для вирішення питань в процесі розробки системи гальмування коліс.

Об'єктом досліджень є система гальмування коліс регіонального літака.

Предметом досліджень являється час загальмовування в основному режимі гальмування.

На аналіз впливу різних факторів потрібно багато часу. Тому для досягнення мети використовується широке застосування комп'ютерного моделювання процесу гальмування літака.

Сучасні ПП дозволяють з високою точністю і реалістичністю описати роботу гальмівної системи, визначити необхідні параметри, проводити параметризацію, отримувати графічно результати отриманих даних за весь час розрахунку.

«Одним с таких програмних пакетів для персонального комп'ютера являється AMESim. Можливості даного програмного пакету досить значні. Розглянемо детальніше ці можливості» [1].

Інтегрована платформа 1D моделювань для побудови і аналізу різномірних систем і передбачення їх міждисциплінарних характеристик, в якій компоненти виробу описуються аналітичними моделями, що представляють процеси взаємодії механічних, гідравлічних, пневматичних і електричних підсистем.

На сьогоднішній день основною ідеєю процесу розробки заключається в тому, що вкрай важливі експлуатаційні характеристики справжнього виробу "вкладають" на стадії концептуального проектування, і надалі вони забезпечуються і супроводжуються на протязі усього процесу розробки. Пакет LMS Imagine S.A компанії забезпечує необхідні функціональні характеристики виробів задовго до проведених випробувань їх прототипів, що значно скорочує час виходу продукції на ринок, а також вартість і ризики, пов'язані з її виробництвом.

Для створення імітаційної моделі системи в пакеті Imagine Lab AMESim компанії LMS користувач може використати великий набір бібліотечних компонентів з різних фізичних областей. Програмне забезпечення створює модель, засновану на фізичних процесах, яка не вимагає повного геометричного 3D представлення. Такий підхід дозволяє пакету Imagine Lab AMESim компанії LMS імітувати поведінку інтелектуальних систем задовго до появи деталізованої CAD геометрії.

У рішенні пакету Imagine.Lab Vehicle System Dynamics (динаміка транспортного засобу) компанії LMS передбачені спеціалізовані можливості для розробки окремих елементів ходової частини (гальмівної системи, підвіски, рульового управління, системи стабілізації і самого транспортного засобу у зборі).

Рішення пакету Imagine.Lab Fluids Systems (гідравлічні системи) компанії LMS забезпечує розробку усієї гідравлічної або пневматичної системи виробу, починаючи з окремого паливного бака або гідроприводу, і закінчуючи усією системою в комплексі.

Наукова новизна даної роботи пов'язана з використанням нового програмного пакету середовища AMESim для вирішення поставленої задачі та можливість проведення складної параметризації зручним та легшим способом за допомогою цього програмного пакету.

В процесі виконання поточної роботи використані методи аналітичних та експериментальних досліджень. В процесі опису роботи гальмівної системи використовують найсучасніші методи комп'ютерного проектування конструкції та віртуального моделювання динамічного процесу гальмування.

Цілісність опису досліджуваних процесів виражається методом порівняння результатів моделювання та льотних випробувань часу гальмовування коліс.

Описана мною модель може бути використана літакобудівними ДКБ при проектуванні систем гальмування коліс, доведенню при стендових і льотних випробуваннях, сертифікації й дослідженні особливих ситуацій в експлуатації. Вони так само можуть бути використані в навчальному процесі по напрямку „Літаки та вертольоти”.

Особисто мною, в середовищі AMESim розроблена модель основного режиму гальмування коліс, проведений розрахунок на міцність для спроектованого механізму керування основним гальмуванням коліс. За допомогою програмного забезпечення середовища AMESim проведений параметричний аналіз.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД СТАНУ РОЗВИТКУ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ

1.1. Основні задачі системи гальмування коліс літака

Система гальмування коліс літака забезпечує:

- гальмування після посадки;
- екстримальну зупинку літака при випадках відмов,
- маневрувальне підгальмовування,
- стояночне та передзлітне загальмовування коліс,
- управління гальмами коліс за допомогою зміни величини гальмівного моменту,
- автоматичне усунення блокування (юзу) коліс.

“Останнім часом починають застосовуватися гальмівні системи, в яких величина гальмівного моменту встановлюється автоматично з умови реалізації оптимального коефіцієнта зчеплення” [2].

«Гальмівна система сучасного літака є сукупністю різних функціональних пристроїв - агрегатів (гідравлічних, пневматичних, електричних і механічних), з'єднаних необхідними зв'язками (трубопроводами, електропроводкою, механічними зв'язками). При проектуванні та експлуатації до гальмівних систем висувають певні вимоги. Перш за все, система повинна бути надійна в роботі, проста і легка в керуванні. Гальмівний момент повинен бути пропорційним величині керуючого сигналу. Гальмівна система повинна володіти достатньою швидкодією, яка характеризується часом, котрий протікає з моменту подачі стрибкоподібного максимального вхідного сигналу до створення максимального гальмівного моменту. Для гальмівних систем сучасних літаків цей час становить 1-1,5 с.»[2].

Основним агрегатом СГК являється гальмівне колесо.

Колесо складається з трьох основних елементів, а саме:

- пневматика;
- барабана;
- гальма.

Відносна (по відношенню до ваги літака) вага колес $m_{\text{кол}} = 0,02 \dots 0,03$.

На кожному з трьох основних частин колеса припадає приблизно 1/3 загальної ваги колеса.

1.2 Класифікація колісних гальмівних систем

“Створення ефективних систем автоматичного управління гальмами пов'язане із забезпеченням безпеки посадки і скороченням довжини післяпосадочного пробігу” [3]. Регулюється величина гальмівного моменту за величиною моменту зчеплення або за характеристиками руху колеса (кутова швидкість ω_K , кутове

прискорення - $\frac{d\omega_K}{dt} = \varepsilon$, друга похідна кутової швидкості - $\frac{d^2\omega_K}{dt^2}$). При цьому необхідно мати на увазі, що значення кутової швидкості ω_K не характеризує співвідношення моментів сил зчеплення шини з поверхню аеродрому $M_{\text{сц}}$ і гальмівного моменту $M_{\text{т}}$. Показовими є різниця швидкостей ($\Delta\omega = \omega_{\text{н}} - \omega_{\text{т}}$) не гальмівного ($\omega_{\text{н}}$) і гальмівного ($\omega_{\text{т}}$) коліс, а також відносне ковзання (S).

З урахуванням цього системи гальмування можна класифікувати в залежності від того, по якому параметру ведеться регулювання тиску в гальмах (рис. 1.1) :

- системи з регулюванням по кутовому прискоренню колеса (ε – системи);
- системи з регулюванням по розузгодженню кутових швидкостей гальмівного і негальмівного коліс ($\Delta\omega$ – системи) ;

- системи з регулюванням по відносному ковзанню (S – системи);
- системи з регулюванням за величиною моменту зчеплення (Mсц – системи).

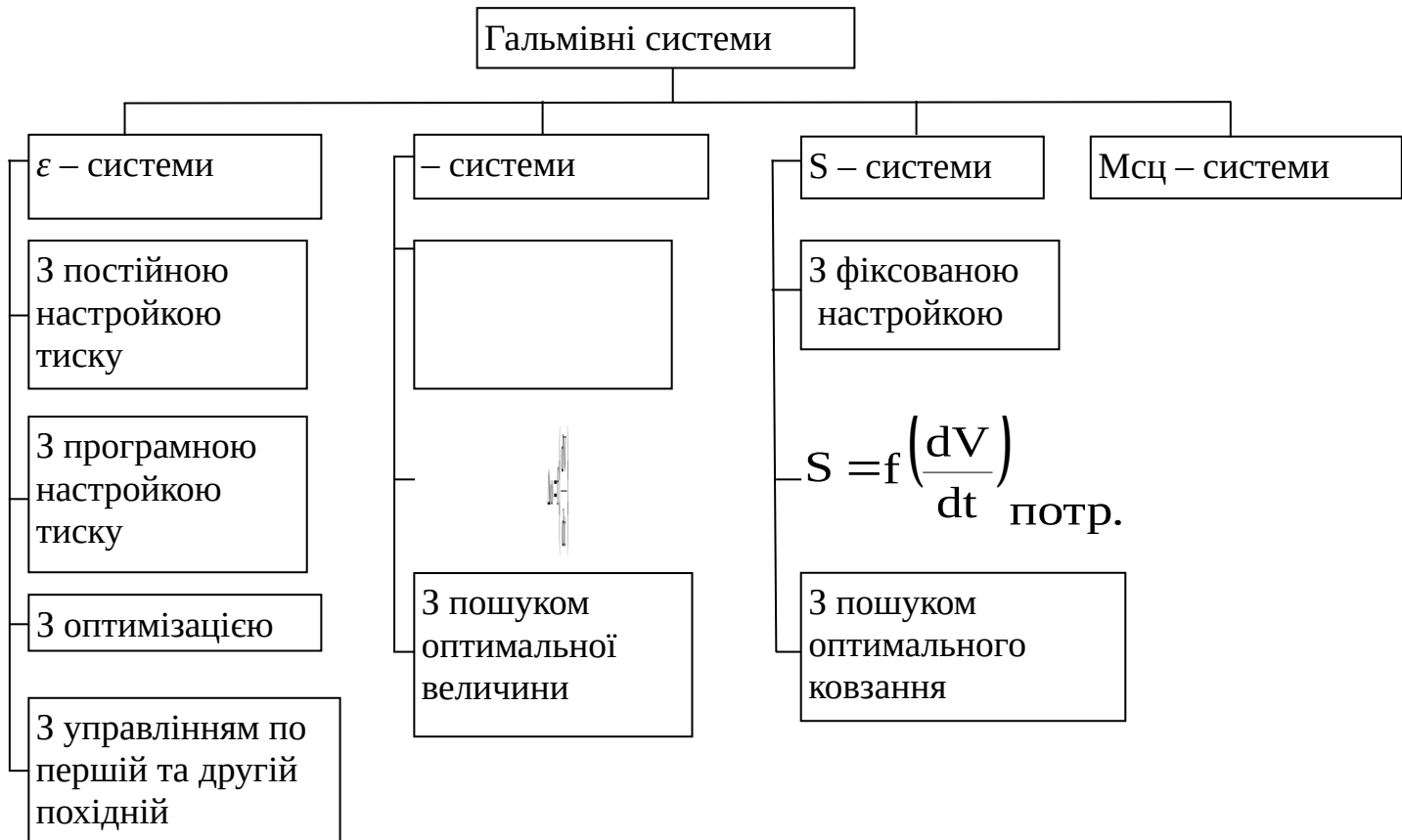


Рис. 1.1 Схема класифікації гальмівних систем

“Ці гальмівні системи нині вдосконалені, завдяки самонастройці гальмівних систем під умови пробігу по ЗПС, що дозволила істотно підвищити їх ефективність.

Розглянемо перераховані типи гальмівних систем.

ε – системи (рис. 1.2). Прості ε – системи обмежують величину кутового уповільнення гальмівного колеса у тому випадку, якщо гальмівний момент перевищить момент зчеплення. Як тільки уповільнення колеса стане більше за потрібне, зменшується гальмівний момент і усувається повне блокування (юз) колеса. Після розкручування колеса тиск в гальмах збільшується до максимального рівня, встановленого обтисканням гальмівних педалей, або до величини, що викликає блокування колеса” [4].

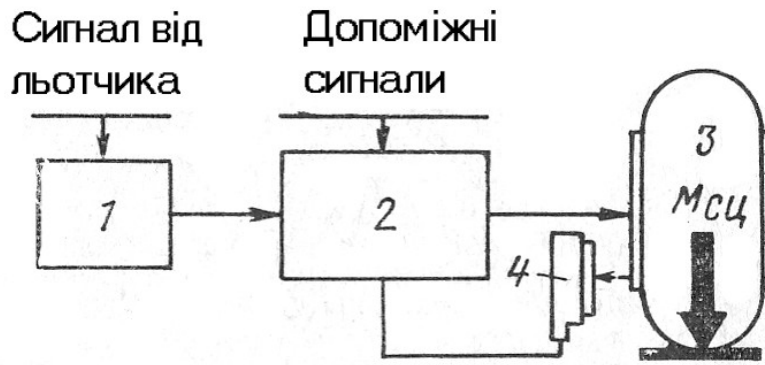


Рис. 1.2 Блок-схема ϵ – системи:

1 – гальмівний редукційний клапан, керований льотчиком; 2 – електрогідравлічний кран системи автоматичного гальмування; 3 – гальмівне колесо; 4 – датчик системи розгальмовування.

В якості чутливого елемента в ϵ - системах використовуються інерційно-механічні датчики, датчики прямої дії, тахогенератори з диференціюючим пристроєм. ϵ - системи отримали найбільше поширення у зв'язку з їх простотою, але ці системи володіють рядом недоліків, головними серед яких є:

- недостатня ефективність (середній коефіцієнт тертя, що реалізовується, для сухого бетону у ϵ - систем складає $\mu_{\text{ср}} \approx 0,25$ при $\mu_{\text{сц.пр}} = 0,7 \div 0,8$ на малих швидкостях і $\mu_{\text{сц.пр}} = 0,35 \div 0,4$ на великих швидкостях);

- «жорсткість» робочої програми (постійне налаштування датчиків) для усіх можливих випадків посадки;

- трудність введення сигналів, що коригують;

- великі вібраційні навантаження на елементи шасі і шини;

- малий ресурс (приблизно 1000 посадок).

ϵ – системи з оптимізацією. Підвищення ефективності ϵ – системи досягнуто за рахунок введення в систему контуру оптимізації, що визначає необхідний гальмівний момент за величиною кутового уповільнення гальмівного колеса, тобто відповідно до стану ЗПС. Величина потрібного гальмівного моменту визначається з рівняння:

$$M_T - M_{\text{сц}} = I \frac{d\omega}{dt}, \text{ де}$$

M_T – гальмівний момент;

$M_{сц}$ – момент зчеплення гальмівного колеса із ЗПС;

I – момент інерції колеса;

$\frac{d\omega}{dt}$ – кутове уповільнення колеса.

Для отримання максимальної ефективності гальмування необхідно, щоб потрібний гальмівний момент ($M_{\text{треб}}$) дорівнював моменту зчеплення. В цьому випадку

$$M_{\text{треб}} = M_T - I \frac{d\omega}{dt} .$$

Необхідний гальмівний тиск ($P_{\text{треб}}$) обчислюється з формули, отриманої раніше:

$$P_{\text{треб}} = P_T - \frac{I}{K_T} \frac{d\omega}{dt} , \text{ де}$$

P_T – тиск в гальмі у момент блокування;

K_T – коефіцієнт гальма.

Величина необхідного тиску визначається в процесі розгальмування колеса. Знову встановлюваний тиск в гальмі повільно збільшується до максимального заданого значення або до величини, що викликає блокування. За таким принципом працює система Hytrol MK2.

У Держ НДІ ЦА розроблена і випробувана гальмівна система з дискретною корекцією тиску (ϵ – система з ДКД). У цій системі з інерційно-механічним датчиком оптимізація гальмівного тиску здійснюється по тривалості сигналу розгальмування. Середній коефіцієнт зчеплення подібних систем, що реалізовується, досягає 0,4-0,45.

ε – система з використанням $\frac{d^2\omega}{dt^2}$. Ефективність ε - систем підвищується,

коли для управління гальмівним моментом разом з першою похідною $\frac{d\omega}{dt} = \varepsilon$

використовується друга похідна $\frac{d^2\omega}{dt^2}$. Система з таким управлінням розроблена в ДержНДІ ЦА. Середній коефіцієнт зчеплення цих систем, що реалізовується, знаходиться в межах $0,55 \div 0,58$.

$\Delta\omega$ – системи (рис. 1.3). Гальмівний момент регулюється по відхиленню різниці кутових швидкостей ($\Delta\omega = \omega_H - \omega_T$) негальмівного (ω_H) і гальмівного (ω_T) коліс літака від потрібної ($\Delta\omega_{\text{треб}}$), тобто $M_T = f(\Delta\omega_{\text{треб}} - \Delta\omega)$. Величина M_T збільшується, коли $(\Delta\omega_{\text{треб}} - \Delta\omega) > 0$, зменшується, якщо $(\Delta\omega_{\text{треб}} - \Delta\omega) < 0$. Величина необхідної різниці кутових швидкостей змінюється в процесі пробігу літака по ЗПС у функції швидкості або уповільнення. Кутові швидкості коліс вимірюються тахогенераторами. Швидкість вільного колеса в деяких системах обчислюється на основі інформації з гальмівного колеса.

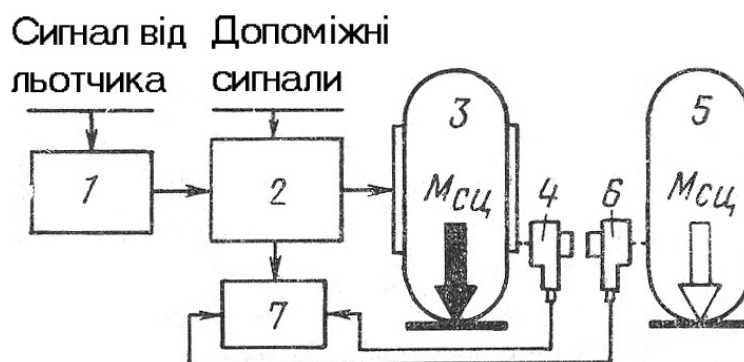


Рис. 1. 3 Блок-схема $\Delta\omega$ – системи:

1 – гальмівний редукційний клапан, керований льотчиком; 2 – електрогідравлічний кран системи автоматичного гальмування; 3 – гальмівне

колесо; 4, 6 – тахогенератори – датчики оборотів гальмівного і негальмівного коліс;
5 – негальмівне колесо; 7 – блок обчислення величини $\Delta\omega$.

У $\Delta\omega$ – системах відсутні явища, схожі з явищами "згасання" інерційного датчика ϵ – систем при підскоку літака або тривалого руху по обмерзлій смузі, і пов'язане з цим руйнування пневматиків. По складності $\Delta\omega$ – система перевершує ϵ – систему, оскільки вимагає сигналу з гальмівного і негальмівного коліс.

Середній коефіцієнт зчеплення, що реалізовується, $\Delta\omega$ – систем близько 0,35.

S – системи (рис. 1.4). Гальмівний момент управляється по різниці відносних ковзань (ΔS), визначувану по формулі:

$$\Delta S = S_{\text{опт}} - S,$$

де $S_{\text{опт}}$ – оптимальна величина ковзання;

$$S = \frac{\omega_{\text{н}} - \omega_{\text{т}}}{\omega_{\text{н}}}$$

– фактична величина ковзання.

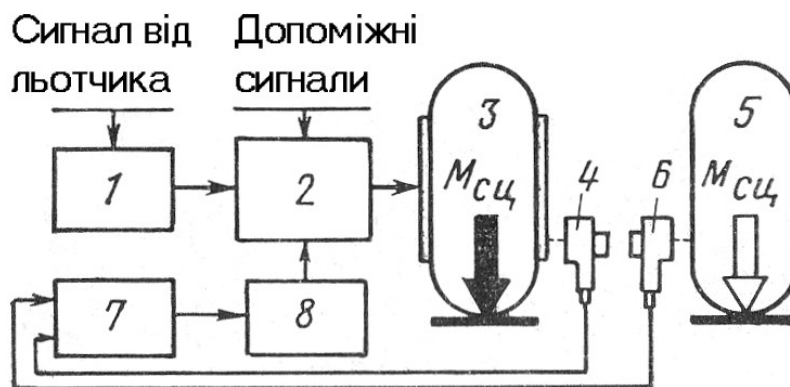


Рис. 1 .4 Блок-схема S – системи:

1 – гальмівний редуційний клапан, керований льотчиком; 2 – електрогідравлічний кран системи автоматичного гальмування; 3 – гальмівне колесо; 4, 6 – тахогенератори – датчики оборотів гальмівного і негальмівного коліс;
5 – негальмівне колесо; 7 – блок обчислення величини $\Delta\omega$; 8 – блок обчислення

$$S = \frac{\omega_{\text{н}} - \omega_{\text{т}}}{\omega_{\text{н}}}$$

величини

Величина оптимального ковзання, що відповідає максимальному коефіцієнту зчеплення, залежить від багатьох чинників і безперервно міняється, тому для підвищення ефективності гальмування необхідно регулювати налаштування системи. Оскільки величина відносного ковзання змінюється в невеликих межах, то її можна зафіксувати або міняти перед посадкою, маючи інформацію про стан ЗПС. Величина оптимального ковзання задається також у функції необхідного уповільнення.

S – системи з фіксованим налаштуванням реалізують коефіцієнт зчеплення $\mu_i = 0,34 - 0,37$.

Ефективність S - систем підвищується за рахунок введення контуру пошуку оптимального ковзання. S - системи з самонастройкою мають ефективність, яка перевищує 95%. Прикладом S - систем являються гальмівні системи Spad.

За допомогою контуру оптимізатора системи Spad постійно обчислюється сила зчеплення ($F_{сц}$) шини із ЗПС по формулі:

$$F_{сц} = \frac{1}{R} \left(M_T - I \frac{d\omega}{dt} \right),$$

де R - радіус колеса; це забезпечує постійне сканування коефіцієнта ковзання коліс між двома встановленими значеннями і визначає пікове значення сили зчеплення.

$M_{сц}$ – системи (рис. 1.5). Регулюється гальмівний момент залежно від моменту зчеплення, який вимірюється по реакції елемента шасі. Наприклад, сила, що прикладається до гальмівної тяги, пропорційна моменту зчеплення, тиск в гальмі збільшується до тих пір, поки росте момент зчеплення. Коли гальмівний момент стає більше моменту зчеплення, запам'ятовується $M_{сцmax}$, а після розкручування колеса створюється гальмівний момент рівний або дещо менший $M_{сцmax}$.

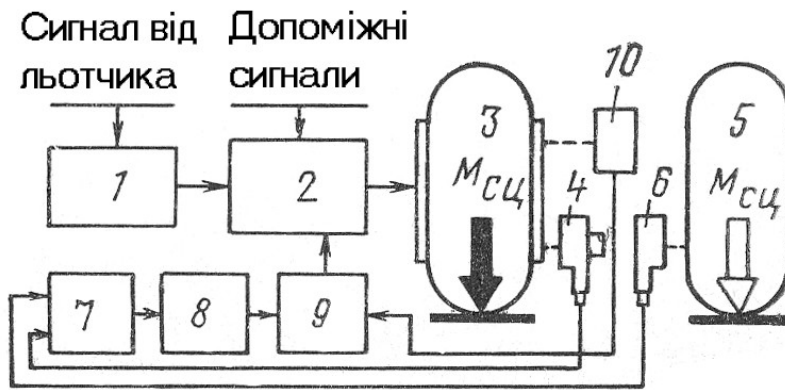


Рис. 1.5 Блок-схема самоналагоджувальної системи:

1 – гальмівний редуційний клапан, керований льотчиком; 2 – електрогідравлічний кран системи автоматичного гальмування; 3 – гальмівне колесо; 4, 6 – тахогенератори – датчики оборотів гальмівного і негальмівного коліс; 5 – негальмівне колесо; 7 – блок обчислення величини $\Delta\omega$; 8 – блок обчислення

величини $S = \frac{\omega_H - \omega_T}{\omega_H}$; 9 – блок обчислення $\frac{d\mu/dS}{dS/dt}$; 10 – датчик значення, що реалізується M_{sc} .

1.3. Гальмівні системи з прямим (безпосереднім) управлінням

«У системах з прямим управлінням тиск в гальмах створюється спеціальним редуційним клапаном при дії на нього льотчика або безпосередньо, або через систему важелів і тяг» [6].

Схема гідравлічної гальмівної системи з прямим управлінням для важкого літака, що має багатокісний візок шасі, приведена на рис. 1.6. При дії на редуційний клапан 1 робоча рідина через човникові клапани 2, електромагнітний клапан 3 і дозатор 4 подається до гальм коліс. Рідина до гальм коліс лівого візка подається від лівого редуційного клапана, а до гальм коліс правого візка – від правого редуційного клапана (першого або другого льотчика). Таким чином, здійснюється роздільне гальмування коліс лівою і правою візків для поліпшення

маневреності при рулюванні літака. У разі блокування (юза) клапан 3 відключає гальма коліс від живлячої магістралі і підключає їх до зливної магістралі. При необхідності аварійного гальмування наводиться в дію клапан 5 і робоча рідина через човникові клапани 2 і дозатори 4 поступає в гальма коліс. Дозатори 4 служать для автоматичного відключення живлячій магістралі при ушкодженні якого-небудь трубопроводу, дозатора, що знаходиться нижче.

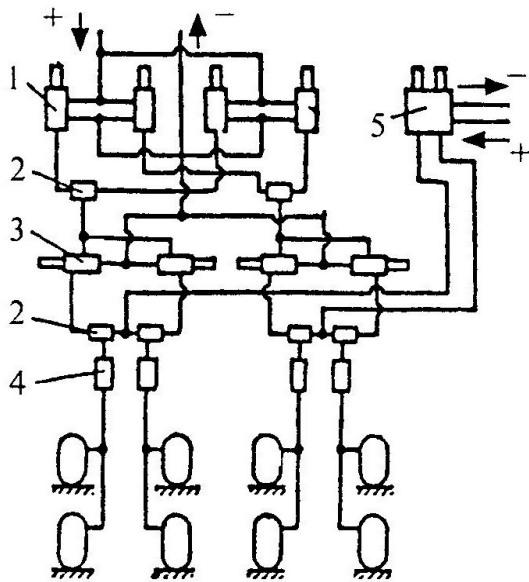


Рис. 1.6 Принципова схема гідравлічної гальмівної системи важкого літака з багатоколісним шасі і прямим управлінням: 1 – редуційний клапан основної системи; 2 – човниковий клапан; 3 — електромагнітний клапан; 4 – дозатор; 5 – клапан аварійного гальмування.

У гальмівній системі літака з велосипедним шасі диференціація в гальмуванні правих і лівих коліс не потрібно, оскільки колія шасі дуже мала. При рулюванні управління літаком здійснюється поворотом передньої стійки і двигунами. Як показав досвід експлуатації, для забезпечення стійкості літака на пробігу максимальний гальмівний момент на передніх колесах має бути на 25-30% менше, ніж момент на задніх колесах. Гальмівні системи прямого управління конструктивно простіше за системи з дистанційним управлінням і в експлуатації надійніші. Проте вимоги швидкодії при великій протяжності трубопроводів гідросистем, наприклад у важких літаках, задовольняються тільки при дистанційному керуванні.

1.4. Гальмівні системи з дистанційним управлінням

“У системах з дистанційним управлінням тиск в гальмах створюється виконавчим агрегатом – редуційним клапаном, керованим дистанційно. У цих системах дія, що управляє, перетвориться спеціальним датчиком в електричний, гідравлічний або пневматичний сигнал, що перетворюється потім в гальмівний тиск. Нині найбільше поширення отримали електрогідравлічні дистанційні системи гальмування. При дистанційних гальмівних системах кабіна льотчиків і пасажирські салони не захищаються магістральними трубопроводами, підвищується швидкодія гальмівної системи, покращується компоновка системи на літаку, знижується її маса і з'являється можливість значною мірою автоматизувати процес гальмування літака при посадці” [2]. Схематичне зображення однієї з електрогідравлічних систем з дистанційним управлінням, використаних на авіаційних суднах Іл-62, Іл-62М, Іл-76, Іл-76ДФ, зображено на рис. 1.7.

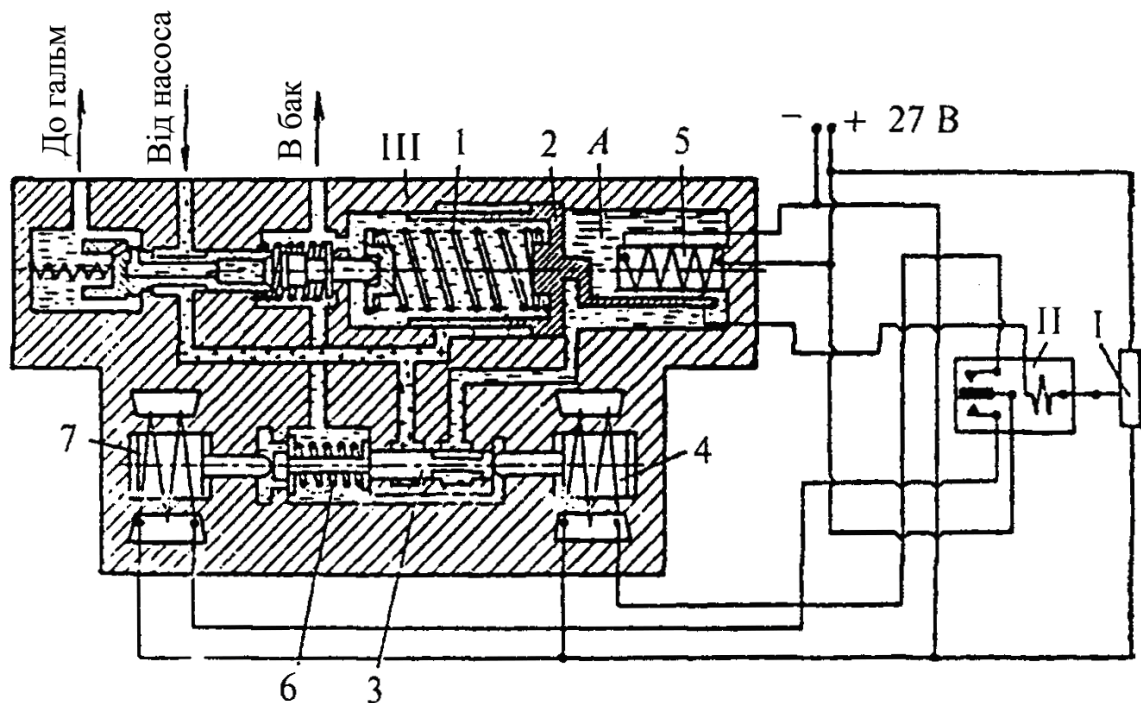


Рис. 1.7 Принципова схема електродистанційної гідравлічної системи:

I – задаючий потенціометр; II – поляризоване реле; III – електрогідравлічний редукційний клапан: 1 — редукційна пружина; 2 – диференціальний поршень; 3 – золотник; 4 – електромагніт; 5 – потенціометр зворотного зв'язку; 6 — центруюча пружина; 7 – електромагніт.

Система складається із задаючого потенціометра I, поляризованого реле II і електрогідравлічного редукційного клапана III. Електрична мостова схема системи показана на рис. 1.8.

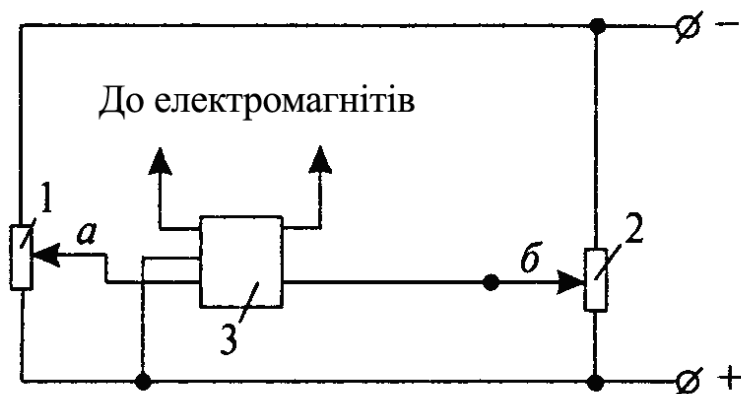


Рис. 1.8 Електрична схема електродистанційної системи:

1 – задаючий потенціометр; 2 – потенціометр зворотного зв'язку; 3 – поляризоване реле.

Опорами моста є потенціометри задаючий 1 і зворотному зв'язку 2. У діагональ моста включена обмотка поляризованого реле 3. При гальмуванні льотчик переміщає задаючий потенціометр 1. Оскільки потенціометр зворотного зв'язку 2 в редукційному клапані в перший момент нерухомий, то із-за зміщення задаючого потенціометра утворюється розузгодження по напрузі між точками а і б. Як тільки величина розузгодження досягає певного значення, спрацьовує поляризоване реле, яке подає напругу на електромагніт 4 редукційні клапани.

Електромагніт, зміщуючи золотник 3 вліво, повідомляє порожнину А з лінією нагнітання, що забезпечує рух диференціального поршня 2 вліво і стискування редукційної пружини 1 (рис. 1.8). Поршень 2 переміщає движок потенціометра зворотного зв'язку, усуваючи цим розузгодження між точками а і б. Як тільки потенціометр зворотного зв'язку 5 усуне розузгодження, реле відключить магніт 4, а центруюча пружина 6 встановить золотник 3 в нейтральне положення і відсіче порожнину А від тиску, що підводиться. Порожнина А виявиться замкнутою, поршень 2 – нерухомим, а зредукований тиск – постійним.

При розгальмуванні льотчик, зміщуючи задаючий потенціометр у зворотному напрямі, створює розузгодження протилежного знаку. Поляризоване реле при цьому включить магніт 7, який змістить золотник 3 управо. Порожнина А виявиться сполученою із зливом, і поршень 2 переміститься управо за рахунок сили тиску, що діє на кільцевий переріз поршня 2. Зміщуючись управо, поршень послабляє зусилля стискування пружини 1 і тим самим знижує зредукований тиск.

Схема гальмівної системи з електрогідравлічними редукційними клапанами показана на рис. 1.9. У цій системі кожен з льотчиків управляє за допомогою ножних педаль двіма потенціометрами 1, сигнали від яких поступають в електронний блок 2, а з нього до клапанів 3.

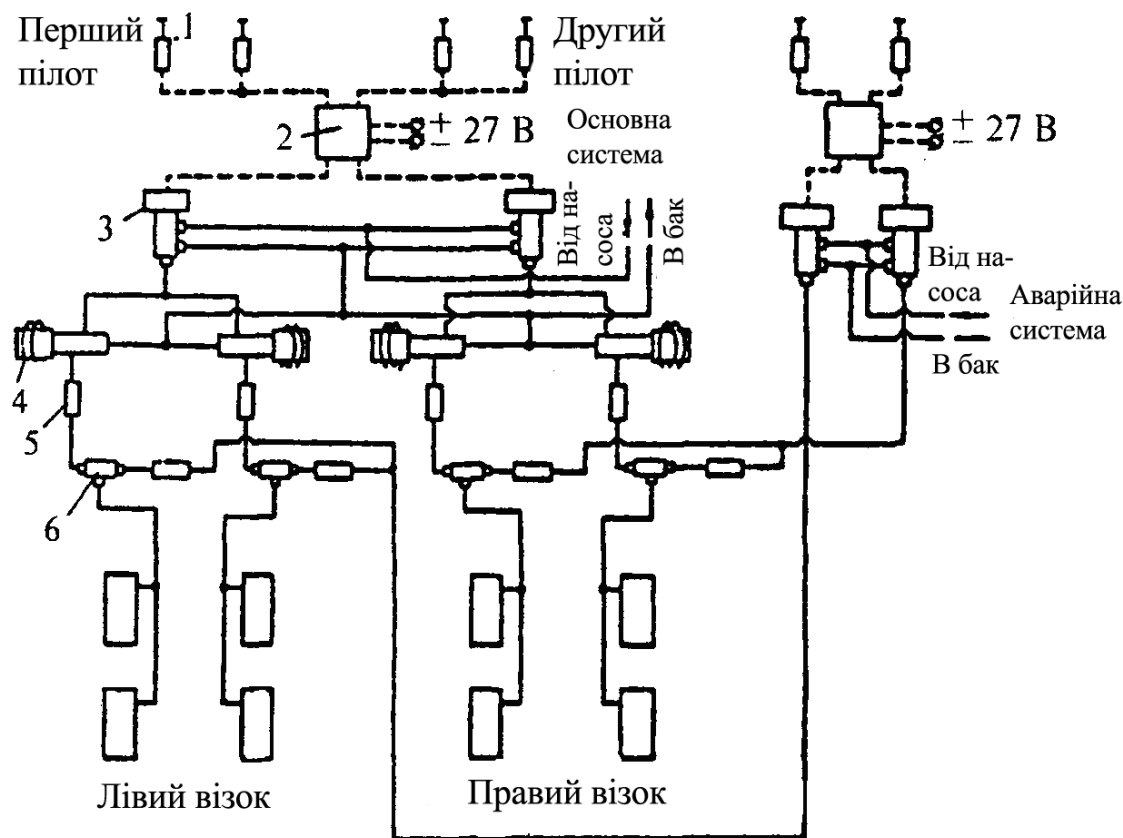


Рис. 1.9 Схема гальмівної системи з електрогідравлічними редуційними клапанами:

1 – задаючий потенціометр; 2 – електронний блок управління; 3 – електрогідравлічний редуційний клапан; 4 – електромагнітний клапан; 5 – дозатор; 6 – човниковий клапан.

Лівий потенціометр (першого і другого льотчиків) управляє лівим редуційним клапаном, а отже, і гальмами лівого візка. Правий потенціометр (першого і другого льотчиків) управляє правим редуційним клапаном і гальмами правого візка. При одночасному натисненні на лівий і правий потенціометри сигнал поступає одночасно до обох редуційних клапанів.

Аварійна система аналогічна основній і складається з тих же агрегатів. Потенціометри управління знаходяться в схемі управління першого льотчика.

Схема електродистанційної гідравлічної гальмівної системи літака з велосипедним шасі показана на рис. 1.10.

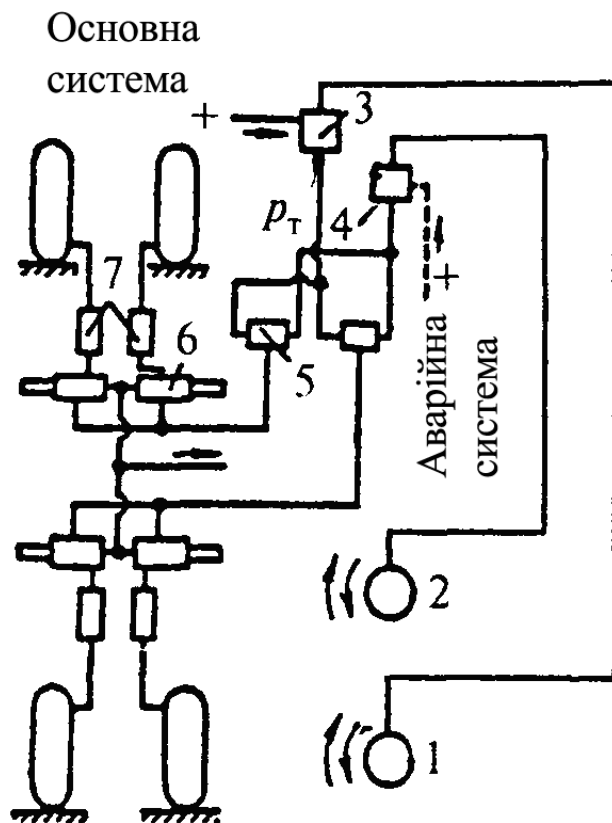


Рис. 1.10 Схема електродистанційної гідравлічної системи літака з велосипедним шасі:

1 – задаючий електричний датчик основної системи; 2 – задаючий електричний датчик аварійної системи; 3 – електрогідравлічний редукційний клапан основної системи; 4 – електрогідравлічний редукційний клапан аварійної системи; 5 – човниковий клапан; 6 – електромагнітний клапан; 7 – дозатор.

Льотчик через задаючі електричні датчики основний 1 або аварійною 2 системи, що знаходиться безпосередньо в кабіні, впливає за допомогою електричного сигналу на електрогідравлічні редукційні клапани 3 і 4, які розташовані у безпосередній близькості від шасі літака. Залежно від електричного сигналу, редукційний клапан створює більший або менший гальмівний тиск p_r . Рідина під тиском через човниковий клапан 5, електромагнітний клапан 6 і дозатори 7 поступає в гальма коліс.

1.5. Висновки

Гальмівна система літака забезпечує:

- післяпосадкове гальмування,
- екстримальну зупинку літака у випадку відмови,
- маневрувальне загальмовування,
- стояночне та передзлітне загальмовування коліс,
- управління гальмами коліс за допомогою зміни величини гальмівного моменту,
- автоматичне усунення блокування (юз) коліс.

Система гальмування являє собою єдину систему різних функціональних пристроїв – агрегатів (гідравлічних, пневматичних, електричних і механічних), поєднаних між собою (трубопроводами, електропроводкою, механічними зв'язками).

Приведену вище систему можна розподілити в залежності від регульованого параметру, по якому ведеться регулювання тиску в гальмах на:

- системи з регулюванням по кутового прискоренню колеса (ε – системи);
- системи з регулюванням по розузгодженню кутових швидкостей гальмівного і негальмівного коліс ($\Delta\omega$ – системи);
- системи з регулюванням по відносному ковзанню (S – системи);
- системи з регулюванням за величиною моменту зчеплення ($M_{сч}$ – системи).

Пряма система управління тиску в гальмах яке створюється спеціальним редуційним клапаном при взаємодії з яким льотчик або безпосередньо, або через систему важелів і тяг.

Гальмівні системи прямого управління за конструкцією простіше за систему з віддаленим управлінням і в процесі використання надійніші. Проте вимоги швидкодії при довгій протяжності трубопроводів гідросистем, наприклад у тяжких літаках, задовольняються тільки при дистанційному керуванні.

У системах з віддаленим управлінням тиск в гальмах створюється виконавчим агрегатом – редуційним клапаном, керованим дистанційно. У цих системах дія, що управляє, перетвориться спеціальним датчиком в електричний,

гідравлічний або пневматичний сигнал, що перетворюється потім в гальмівний тиск. Нині найбільше поширення отримали електрогідравлічні дистанційні системи гальмування. При дистанційних гальмівних системах кабіна льотчиків і пасажирські салони не захаращуються магістральними трубопроводами, підвищується швидкодія гальмівної системи, покращується компонування системи на літаку, знижується її маса і з'являється можливість значною мірою автоматизувати процес гальмування літака при посадці.

РОЗДІЛ 2

ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ТА ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Основні складові системи гальмування коліс літака

2.1.1. Види пневматик авіаційних коліс

До авіаційних пневматиків пред'являються специфічні вимоги:

- габарити, що задаються замовником;
- вантажопідйомність;
- швидкість зльоту і посадки літального апарату;
- навантаження, що діють на пневматик;
- амортизаційні характеристики;
- ваговий ліміт;
- ресурс.

“Всі ці вимоги призвели до створення спеціальних пневматиків – пневматиків авіаційних коліс, які працюють при порівняно великих обтисненнях і навантаженнях” [6].

“На літаках застосовуються як камерні, так і безкамерні пневматики (рис. 2.1)” [5].

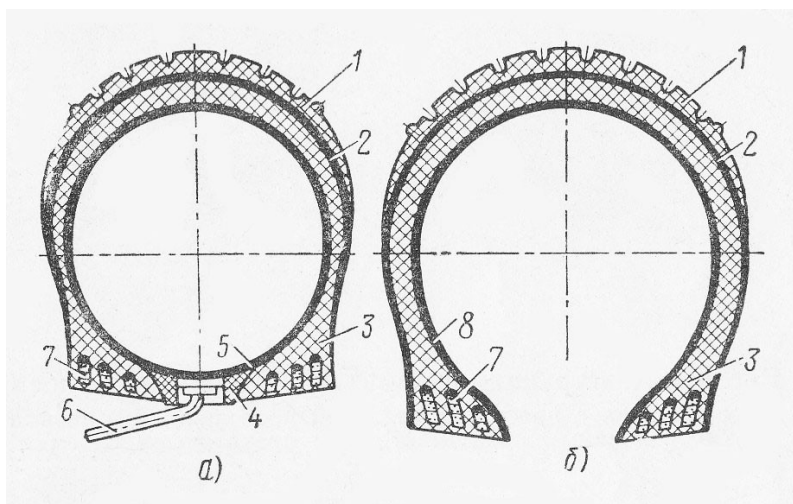


Рис. 2.1 Конструкція камерного(а) і безкамерного пневматиків(б):

1 – протектор; 2 – брекер; 3 – каркас шини; 4 – підп'ятник; 5 – камера; 6 – вентиль; 7 – кільце жорсткості; 8 – шар гуми.

“Нині застосовують безкамерні пневматики, які володіють рядом переваг.

Безкамерні пневматики мають меншу вагу, вони більш надійні (немає небезпеки розриву камери або зрізу ніпеля при провертанні пневматика).

Відсутність в пневматику такого, менш надійного в плані міцності відношенні елемента, яким являється камера, підвищує безпеку польотів.

Багатошаровий каркас пневматика виготовляється з бавовняного або синтетичного корду. Для надання міцності у борти закладаються кільця жорсткості, виготовлені із спеціального дроту. Каркас армується брекером – шаром гуми, на який накладається протектор 1.

В залежності від схеми побудови каркасу, безкамерні пневматики розділяються на два типи:

- радіальні;
- діагональні.

У радіальному пневматику шари тканини, що формують каркас, розміщуються радіально, а в діагональному – під кутом один до одного, що додає каркасу більшу жорсткість. Матеріали, які використовуються для виготовлення елементів конструкції пневматиків обох типів однакові” [2].

На рис. 2.2 представлений безкамерний пневматик фірм «Goodyear» з радіальним кордом, а на рис. 2.3 – з діагональним.

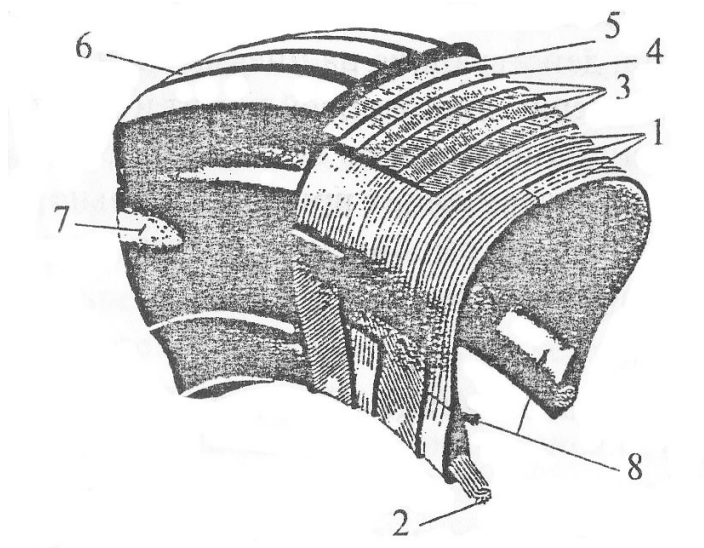


Рис. 2.2 Пневматик з радіальним кордом:

1 – шари каркаса; 2 – сталеве дротяне кільце; 3 – стрічкові шари — брекери; 4 – шар з посиленої тканини; 5 – арматура протектора (тканинні шари); 6 – протектор; 7 – боковина; 8 – шар слабопроникної гуми.

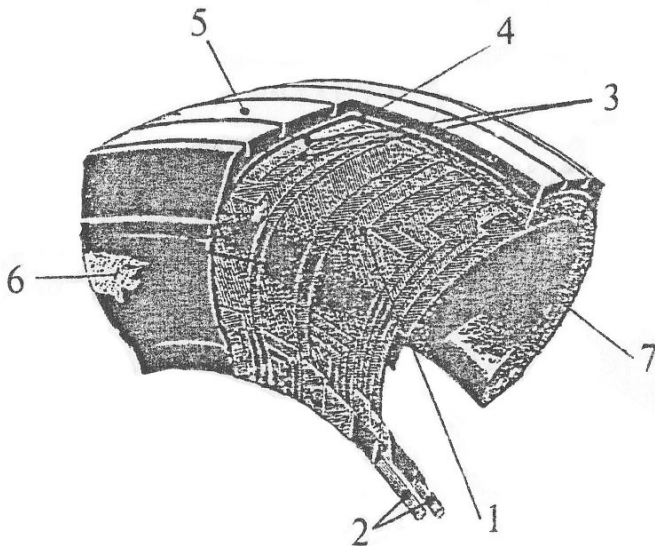


Рис. 2.3 Пневматик з діагональним кордом:

1 – шари каркаса; 2 – сталеві дротяні кільця; 3 – стрічкові шари — брекери; 4 – арматура протектора (тканинні шари); 5 – протектор; 6 – боковина; 7 – шар слабопроникної гуми.

Основним елементом конструкції пневматика (рис. 2.2.) являється каркас 1, що представляє собою гнучку об'ємну конструкцію з шарів, що чергуються, прогумованої нейлоною тканини, розташованої радіально від борту до борту і охоплюючих сталеві кільця 2 з високоміцного на розрив сталевого дроту. В цілях підвищення міцності і ресурсу на каркас накладаються стрічкові шари-брекери 3 з нейлової або арамідної тканини, а на них – шар 4 з посиленої тканини і тканинні шари 5 для зміцнення каркаса і стабілізації поверхні протектора. Протектор 6 виготовляється з гумової суміші особливого складу, що забезпечує жорсткість і міцність усєї конструкції.

Для створення надійного зчеплення пневматика із ЗПС за різних погодних умов протектор має кілька кільцевих канавок певної ширини і глибини.

При однакових габаритах пневматики з радіальним кордом дозволяють отримувати меншу на 5...20% масу пневматика за рахунок меншого числа шарів корду і арматурних кілець.

Пневматики з радіальним кордом, як правило, мають менш жорсткий каркас, що забезпечує «м'якше» приземлення.

Залежно від умов експлуатації для каркаса пневматика застосовуються різні матеріали. У тих випадках коли діапазон експлуатаційних температур складає $\pm 60^{\circ}\text{C}$, для каркаса застосовується, як правило, бавовняний корд і звичайні нетеплостійкі гуми. Для підвищення теплостійкості пневматиків застосовують капроновий корд і теплостійкі гуми. Застосування для формування каркаса нейлонової або арамидної тканини і теплостійкої гуми значно підвищує працездатність пневматика. В цьому випадку допускається нагрів його бортової частини до $+150^{\circ}\text{C}$ на стоянці.

Класифікація пневматиків за величиною внутрішнього тиску

Значення тиску в пневматиці p_0 визначається наступними вимогами, що пред'являються до нього конструкторами літальних апаратів :

- прийнятними для ЛА габаритами;
- необхідною вантажопідйомністю;
- швидкісними характеристиками ЛА;
- умовами базування і прохідністю ЛА.

Залежно від величини внутрішнього тиску пневматики можуть бути умовно розбиті на наступні групи:

група I – пневматики наднизького тиску: p_0 в межах (0,2-0,45) МПа (2-4,5 кгс/см²);

група II – пневматики низького тиску: p_0 в межах (0,45— 0,85) МПа (4,5-8,5 кгс/см²);

група III – пневматики високого тиску: p_0 в межах (0,85-1,3) МПа (8,5-13 кгс/см²);

група IV – пневматики надвисокого тиску: $p_0 > 1,3$ МПа (13 кгс/см²).

Необхідно мати на увазі, що із збільшенням тиску в пневматиці ресурс його протектора зменшується із-за збільшення тиску на поверхні контакту пневматика з ЗПС і зниження його еластичності.

На рис. 2.4 приведені експериментальні залежності середнього ресурсу протектора пневматика при посадках від величини тиску в пневматиці для різних типів цивільних літаків як вітчизняних, так і зарубіжних.

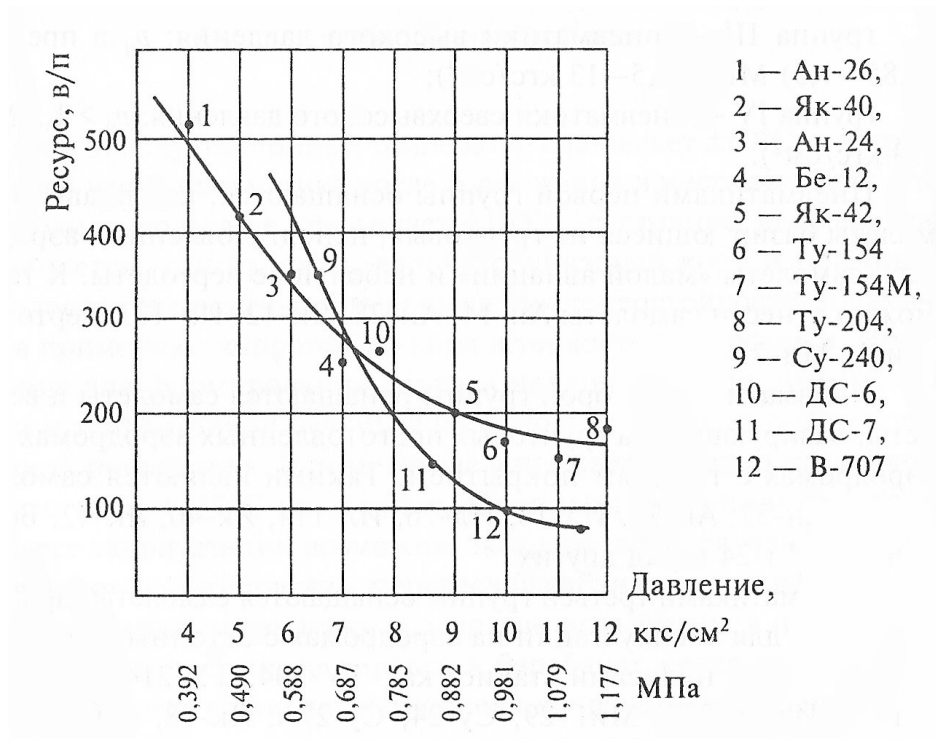


Рис. 2.4 Залежність середнього ресурсу протектора пневматика від величини тиску в пневматику.

Критерії досконалості пневматиків

Критерієм досконалості авіаційних пневматиків може служити їх питома віддача $q_{пн}$, що є відношенням навантаження, що доводиться на пневматик, до його маси:

$$q_{пн} = P_{ст. max} / G_{пн} \text{ кгс/кг.}$$

Середня питома віддача пневматиків безкамерних(б/к) і камерних(к) з діагональним кордом нині складає:

- для пневматиків низького і наднизького тиску ≈ 145 кгс/кг;
- для пневматиків високого тиску ≈ 170 кгс/кг у пасажирських літаків і ≈ 215 кгс/кг у бойових;
- для пневматиків надвисокого тиску ≈ 240 кгс/кг.

Питома віддача пневматиків з радіальним кордом вища

2.1.2. Аналіз переваг і недоліків в конструкції авіаційних гальмівних коліс

“В залежності від конструктивного виконання робочих елементів гальма можна виділити такі види конструкцій авіаційних гальмівних коліс” [6] :

- На колесах з дисковими гальмами;
- На колесах з камерними гальмами;
- На колесах з колодочними гальмами.

Розглянемо детальніше кожній з видів для знаходження переваг та недоліків.

2.1.2.1. Колеса з дисковими гальмами

“Гальмівне колесо з дисковим гальмом має складну конструкцію з великою кількістю вузлів і деталей (рис. 2.5)” [6].

Корпус гальма має подовжні пази, в які входять шпильки гальмівних дисків. Біметалічні і металокерамічні диски представляють собою набір склеплених на кільці секторів. Для плавності гальмування кількість біметалічних і металокерамічних секторів на дисках має бути неоднаковою. При гальмуванні робоча рідина або повітря, що поступають під тиском у блок циліндрів, переміщують поршні 20 і створюють осьову силу. Остання переміщує, надавлюючий диск 2, який стискає біметалічні і металокерамічні диски.

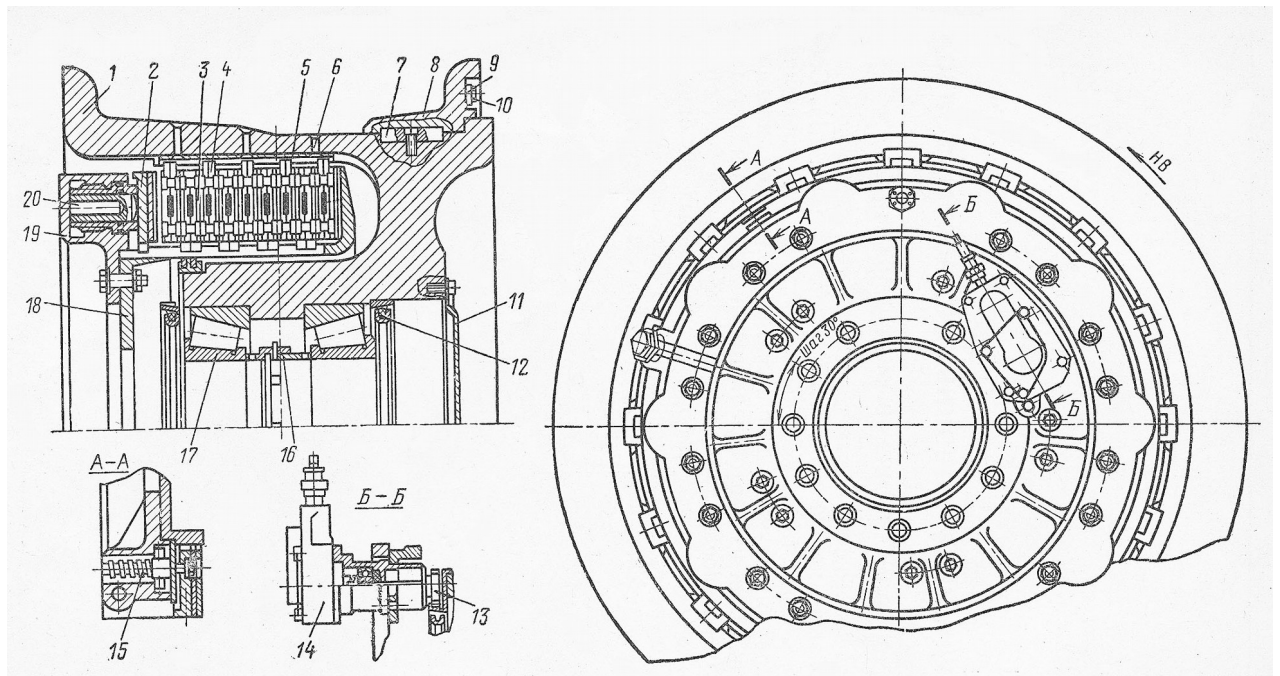


Рис. 2.5 Конструкція колеса з дисковим гальмом:

1 – барабан колеса; 2 – надавлюючий диск; 3 – необертальний диск; 4 – обертальний диск; 5 – направляюча; 6 – заклепка; 7 – шпонка; 8 – полуреборда; 9 – сполучна планка; 10 – болт; 11 – захисна кришка; 12 – сальники; 13 – шестерінчастий привід; 14 – електричний датчик системи автоматики антиблокування; 15 – вузол розгальмування; 16 – втулка; 17 – роликовий підшипник; 18 – корпус гальма; 19 – блок циліндрів; 20 – поршень блоку циліндрів.

“Як правило, на усіх гальмівних колесах встановлюється антиюзвий автомат або електричний датчик 14 систем антиюзвої автоматики. Датчик кріпиться на спеціальному кронштейні на корпусі гальма і обертається від шестерінчастого привода 13.

Істотний недолік дискових гальм – мала швидкість охолодження. Тому для таких гальм часто потрібно примусове охолодження за допомогою спеціальних систем охолодження.

Дискові гальма нині застосовуюються на переважній більшості літальних апаратів.

Основним елементом конструкції гальма являється фрикційні диски, котрі створюють необхідний по величині гальмівний момент та трансформують в тепло кінетичну енергію літака в процесі гальмування. Саме вони в основному визначають

роботу всього гальма. Гальмівні диски можуть бути виконані або як секційні або як монодиски” [2].

В даний час використовуються такі матеріали для фрикційних дисків:

Фрикційні полімерні матеріали (ФПМ)

У тому випадку, коли температура на поверхні тертя фрикційних елементів не перевищує 250°C, середньомасова температура не більше 400°C, а температура на фактичних плямах контакту не перевищує 500°C, можуть бути застосовані фрикційні полімерні матеріали на комбінованому або на смоляному сполучнику. Таким полімерним матеріалом, що знайшов широке застосування в авіації для малонавантажених гальм, став матеріал ФК-16л (РЕТИНАКС), фізико – механічні характеристики якого представлені в таблиці. 2.1.

Таблиця 2.1

Фізико-механічні властивості полімерних фрикційних матеріалів

Параметри та одиниці вимірювання	Значення
Густина, кг/м ³	2000-2500
Межа міцності при стисканні. МПа (кгс/см ²)	43,2-151,8 (440-1547)
Межа міцності при згинанні, МПа (кгс/ см ²)	27,8-56,5(283-575)
Питома теплоємність, Дж/(кг·К) (ккал/(кг·°С))	520-1150(0,22-0,275)
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·°К)	0,41—0,64
Динамічний коефіцієнт тертя f (пара тертя: ФК-16Л-чугун)	0.25-0,30
Лінійний знос J_n (пара тертя: ФК-16Л-чугун) мкм/гальмування (не більше)	9-28

Питома теплоємність чавуну, що утворює пару тертя з ФК-16л (РЕТИНАКС) в діапазоні температур 100-900°C, складає 0,12 - 0,18 ккал/(кг×°С).

Фрикційні спікаємі порошкові матеріали – металокераміка

Фрикційні спікаємі порошкові матеріали (ФСПМ) застосовуються за умов роботи, коли температура на поверхні тертя не перевищує 1000°C, а об'ємна температура теплопоглинача - не більше 700°C. Найпоширенішими марками ФСПМ є ФМК-11, ФМК-79, МКВ-50А, що працюють в парі з литим фрикційним чавуном ЧНМХ, порошковим чавуном ФМК-845, сталлю 3Х13. Фрикційні та характеристики

зносу вказаних матеріалів, отримані на зразках при випробуванні їх за стандартною методикою на машині тертя типу ІМ58, представлені в таблиці. 2.2.

Для всіх фрикційних матеріалів динамічний коефіцієнт тертя f і коефіцієнт його стабільності α ($\alpha=f_{ср.}/f_{max}$) є основними характеристиками, що визначають робочі параметри гальма.

Таблиця 2.2

Фрикційні властивості спікаємих порошкових фрикційних матеріалів

Марка матеріалу	Фрикційні властивості		Інтенсивність зношування, мкм/гальмування, J_h	
	Динамічний коефіцієнт тертя f	Стабільність коефіцієнту тертя α	Метало-кераміка	Контртіла (чугуна ЧНМХ)
ФМК-11	0,24-0,3	Не менше 0,72	Не більше 15,0	Не більше 3,5
МКВ-50А	0,3-0,4	Не менше 0,7	Не більше 6,6	Не більше 4,8
ФМК-79	0,3-0,4	Не менше 0,75	Не більше 9,0	Не більше 5,0

Вуглецеві фрикційні композиційні матеріали

Вуглецеві фрикційні композиційні матеріали (ВФКМ) застосовуються при важких умовах роботи, коли температура на поверхні тертя може перевищувати 1000°C, а об'ємна – 700°C. Питома енерговіддача окремих матеріалів теплопоглинача, зокрема вітчизняного «Термар АДФ» і американського «Карбенікс – 4000», може досягати 2000 кДж/кг. Володіючи високою міцністю, УФКМ дозволили створювати гальмівні монодиски, що працюють в якості поглинача та силової конструкції як ротори, так і як статори. Мала щільність, більша теплоємність і теплопровідність у порівнянні з ФСПМ, висока зносостійкість, стабільність фрикційних характеристик і відсутність «схоплювання» роблять УФКМ більш конкурентними в порівнянні з ФСПМ для гальмівних пристроїв сучасних літаків. У таблиці. 2.3 представлені деякі дані, що характеризують УФКМ виробництва РФ – «Термари» АДФ, СТД, ДФ, ТД, а також УФК.М «Карбенікс – 4000» виробництва корпорації Honeywell (відділення ALS США).

Таблиця 2.3

Властивості вуглецевих фрикційних композиційних матеріалів

Параметр	«Термар»		«Карбспик с-4000»	«Термар»	
	ЛДФ	СТД		ДФ	ТД
	Для монодисків			Для секторів	
Густина, кг/м ³	1700	1650	1700	1750	1650
Критична міцність при стисканні паралельно осі пресування, МПа (кгс/см ²)	108 (1100)	108 (1100)	120 (1223)	98 (998)	98 (998)
Критична міцність при згині паралельно осі пресування, МПа (кгс/см ²)	128 (1304)	128 (1304)	110 (1121)	59 (601)	69 (703)
Питома теплоємність, ккал/(кг °С)	0,24-0,3				
Коефіцієнт теплоємності, Вт/(м·К): паралельно осі пресування перпендикулярно осі пресування	15	5,0	15	20	13
	30	18	25	40	30
Динамічний коефіцієнт тертя, f	0.3	0.24	0,35	0.2	0,25
Стабільність коефіцієнта тертя, α	0,75	0.75	0.8	0,75	0.75
Лінійний знос, J_n , мкм/гальмування	2,0	3,0	1,5	2,0	3,0

2.1.2.2. Колеса з камерними гальмами

Камерні гальма називають по виду надавлюючого пристрою – пневматичної або гідравлічної камери [6].

Камерні гальма в даний час майже не застосовуються в авіації.

Камерні гальма дуже прості по конструкції, проте володіють досить високими експлуатаційними якостями. На рис. 2.6 показано колесо з двома камерними гальмами. Барабан колеса литий. До диска барабана спеціальними гвинтами кріпляться гальмівні біметалічні сорочки 28, що є сталевими обичайками з наплавленим на них спеціальним чавуном.

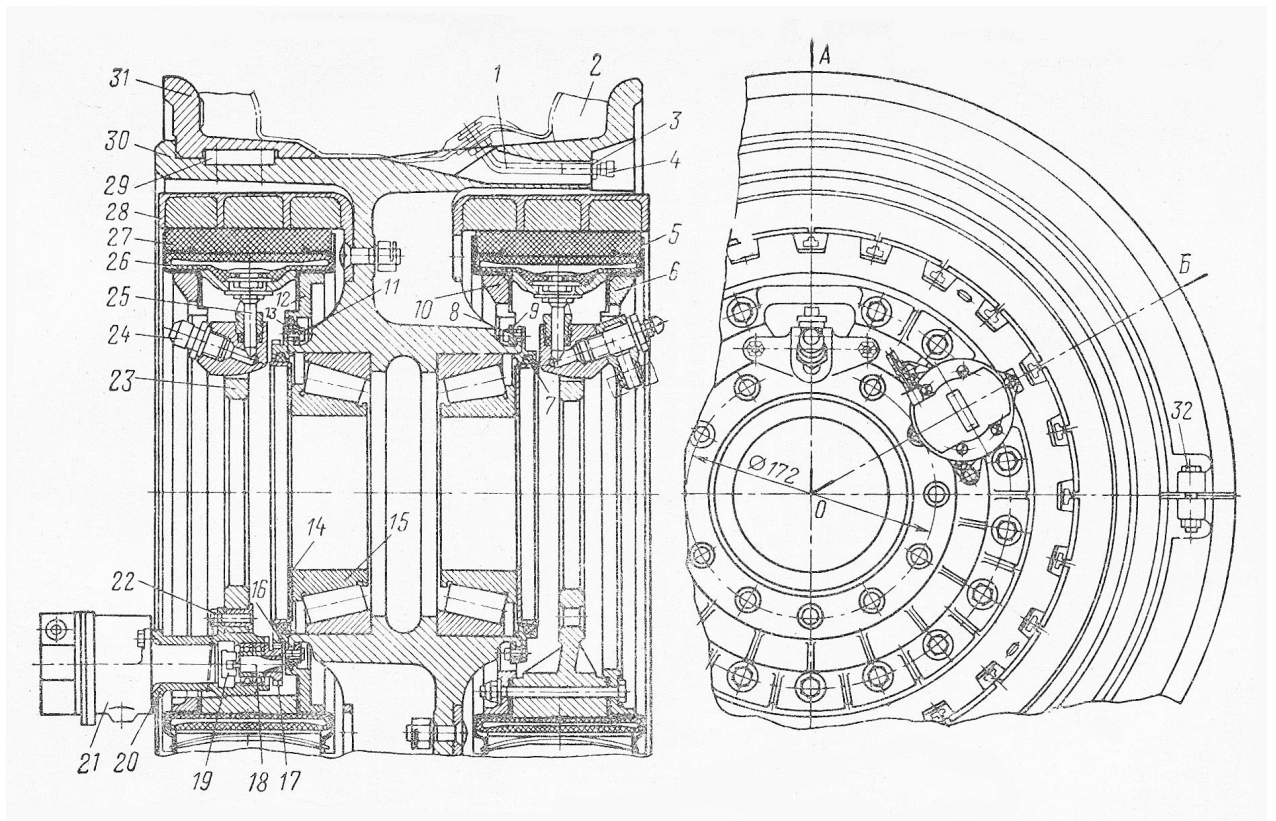


Рис. 2.6 Авіаційне колесо з камерним гальмом:

«1 – вентиль; 2 – шина; 3 – гайка; 4 – ковпачок; 5 – чашка; 6, 10 – фланці; 7 – повстяне кільце; 8 – болт; 9 – корпус сальника; 11 – самоконтруюча гайка; 12 – фланець з гніздом під сальник; 13 – сальник; 14 – ковпачок; 15 – роликпідшипник; 16 і 17 – ведуча і ведена шестерні; 18 і 19 – шліцьові втулки; 20 – кронштейн датчика; 21 – датчик; 22 – болт; 23 – корпус гальма; 24 – штуцер; 25 – вентиль; 26 – гальмівна камера; 27 – колодка; 28 – сорочка; 29 – шпонка; 30 – барабан; 31 – полуреборда; 32 – болт.

Працює гальмо таким чином. При включенні гальма гальмівна камера під тиском поступаючого в неї повітря (чи рідини) притискує гальмівні колодки до сорочки. Виникаюча при цьому сила тертя створює гальмівний момент. У колесах з камерними гальмами тепло, що утворюється при гальмуванні, поглинається гальмівною сорочкою, температура якої може досягати 300° С. В цей час температура на поверхні тертя гальмівної сорочки в процесі гальмування може досягати 1000° С.»[21]

На рис. 2.7 приведені типові графіки зміни середньовагової температури, гальмівного моменту і потужності гальма в процесі гальмування. Максимальний

перепад температур по товщині сорочки (від поверхні контакту до периферії) спостерігається на початку гальмування і досягає $\sim 1000^\circ \text{C}$. Такий перепад температур може стати причиною появи з часом тріщин і відшаровування чавуну від сталеві обичайки.

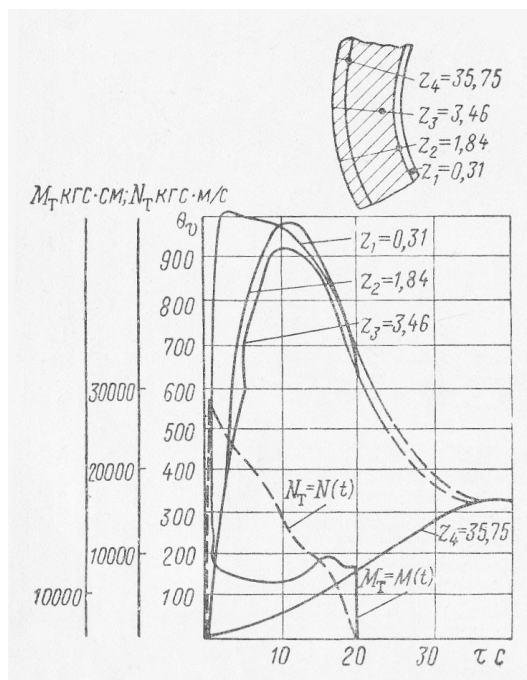


Рис. 2.7 Зміна об'ємної температури, гальмівного моменту і потужності в камерному гальмі при гальмуванні.

Переваги: «простота конструкції; велика компактність гальма; рівномірний розподіл тиску по усій довжині поверхні тертя і максимальне використання робочої поверхні барабана; рівномірний знос пари тертя; забезпечення великих гальмівних моментів; відсутність додаткових навантажень на підшипники колеса при гальмуванні; висока стабільність в роботі внаслідок відсутності самоусилення; менша маса гальма (заміна барабанних гальм в автомобілі на камерні зменшує його масу на 5-7%)» [7].

Недоліки: «До недоліків камерних гальм відносяться погіршений тепловий режим через те, що коефіцієнт перекриття їх близький до одиниці (частіше всього 0,8-0,9); малий коефіцієнт ефективності, внаслідок чого для отримання визначених гальмівних моментів потрібні більші, ніж в інших гальмах, привідні зусилля; можливість руйнування гальмівної камери внаслідок її перегріву і, як наслідок, виникнення пожежі при попаданні гальмівної рідини на розжарену сорочку;

відсутність в конструкції гальма компенсатора зносу гальмівних колодок, при зносі гальмівних колодок проміжок між ними і сорочкою збільшується і, отже, збільшується кількість рідини (для гідравлічних) або повітря (для пневматичних гальм), необхідних для притиснення колодок до сорочки, внаслідок чого збільшується час загальмовування і погіршується динаміка гальмівної системи.»[21]

2.1.2.3. Колеса з колодочними гальмами

Колеса з колодочними гальмами нині майже не застосовуються [6].

Типова конструкція колеса з колодочними гальмами приведена на рис. 2.8.

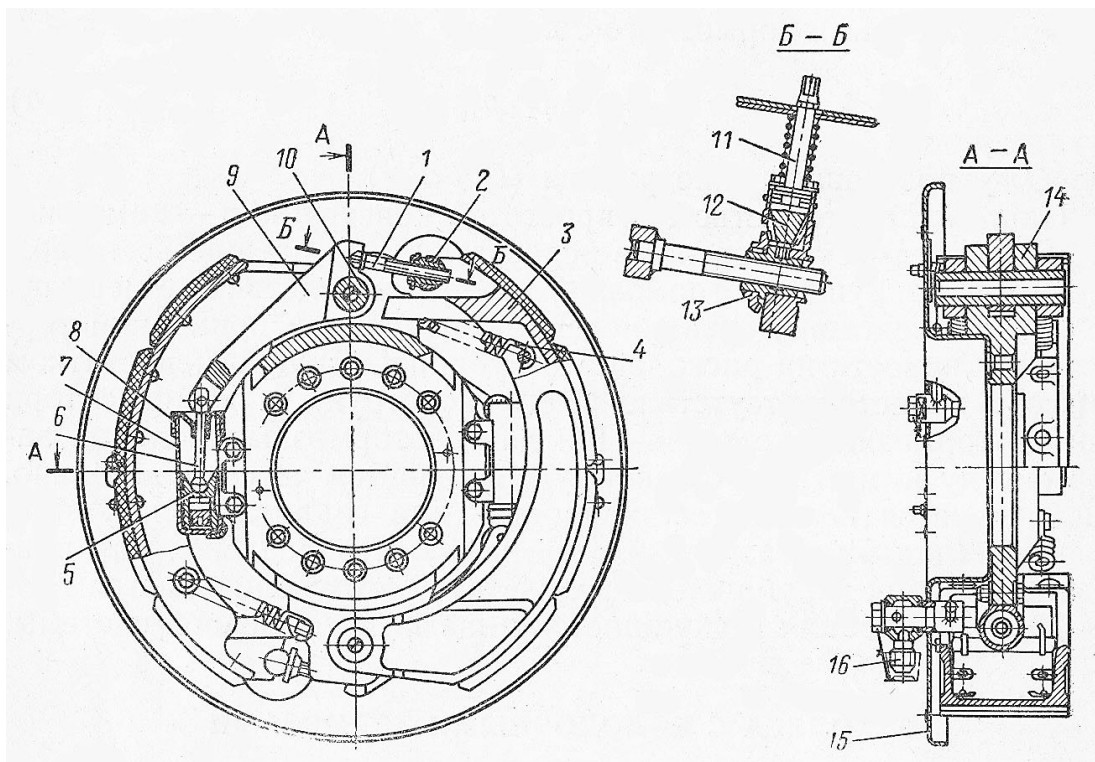


Рис. 2.8 Конструкція колодочного гальма:

1 – регулюючий гвинт; 2 – гайка; 3 – литі колодки; 4 – поворотна пружина; 5 – поршень; 6 – шток; 7 – циліндр; 8 – захисна манжета; 9 – нерівноплечий важіль; 10 – анкерний валик; 11 – регульовальний гвинт; 12, 13 – конічна шестерня; 14 – корпус гальма; 15 – щиток; 16 – вивідний штуцер.

При поданні рідини під тиском в циліндри колодки притискаються до гальмівних сорочок колеса і загальмовують його. Чим більше тиск рідини, тим

більше гальмівний момент, що розвивається гальмом. Момент передається через анкерні валики на корпус гальма, яке закріплене болтами на фланці шасі.

Центральний отвір в корпусі гальма служить для центрування його відносно осі колеса. При скиданні тиску в циліндрах поворотні пружини 4 відтягують колодки від сорочки у початкове положення і розгальмовують колесо. У розгальмованому стані між сорочкою гальма і колодками виникає проміжок, рівний 0,3–0,4 мм, який встановлюється і регулюється за допомогою регулювального гвинта 11, що приводить в обертання конічні шестерні 12 і 13. Щиток 15 служить для оберігання гальма від забруднення.

2.1.3. Агрегати гідравлічних гальмівних систем

“У гідравлічні гальмівні системи прямої дії входять наступні основні агрегати: редуційний клапан основної системи, редуційний клапан аварійної системи, дозатор, перемикач (човниковий клапан), електромагнітний клапан розгальмування” [2].

Редуційний клапан основної системи гальмування

Редуційний клапан є основним агрегатом, що визначає надійність і якість системи в цілому. Тому клапан має бути досить чутливим, вібростійким і надійним в експлуатації, мати статичну характеристику, близьку до лінійної.

У практиці агрегатобудування можуть зустрітися гальмівні редуційні клапани як прямої дії, так і з серводією.

Нині найбільше поширення отримав клапан прямої дії, конструкція якої показана на рис. 2.9.

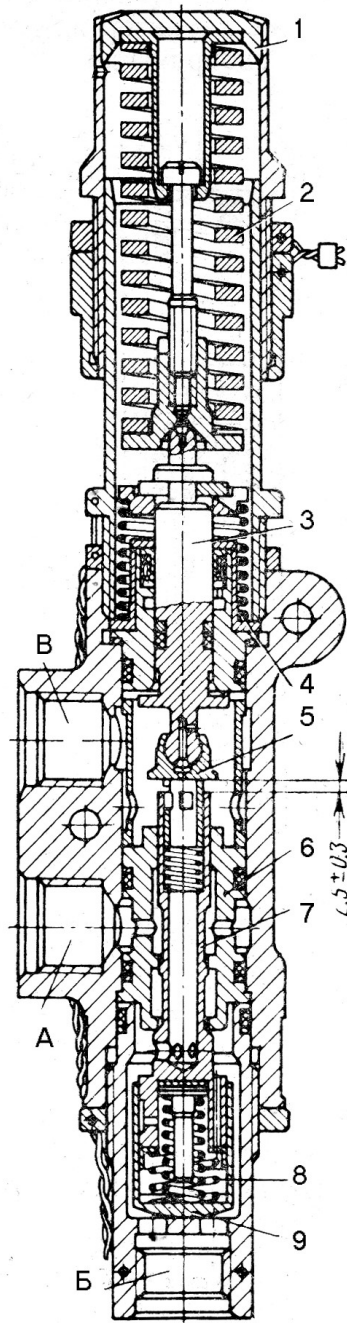


Рис. 2.9 Конструкція гідравлічного редукційного клапана прямої дії:

1 – склянка; 2 – пружина; 3 – штовхальник; 4 – пружина клапана випуску; 5 – клапан випуску; 6 – гільза; 7 – золотник; 8 – пружина; 9 – склянка демпфера.

Принцип дії клапана полягає в наступному. При натисненні льотчиком на гальмівну педаль зміщується склянка 1, який, у свою чергу, через пружину 2 зміщує штовхальник 3 з клапаном випуску 5. Пружина 4 клапани випуску при цьому стискається. Клапан випуску 5, переміщаючись на 2— 2,5 мм, зміщує гільзу 6, і, спираючись на золотник 7, відсікає гальмівну систему від лінії зливу, сполучену з штуцером В. При подальшому натисненні зміщується золотник 7 з клапаном

впускання, виконаним на золотнику у вигляді конуса. Рідина з магістралі високого тиску через штуцер А, клапан впускання і штуцер Б і поступає в гальмівну систему.

При припиненні подальшого руху склянки 1 тиск в гальмівній системі збільшуватиметься до тих пір, поки сила тиску рідини на клапан 5 не стисне пружину 2, а золотник 7 під дією пружини 8 не упреться в гільзу і не припинить доступ рідини в гальмівну систему. При зниженні тиску пружина 2 знову змістить золотник 7 і в системі підтримуватиметься цілком певний тиск, що відповідає положенню склянки 1.

Чутливість і лінійність статичної характеристики клапана вимагає забезпечення високої точності, а також чистоти поверхні деталей, особливо золотникової пари.

Редукційний клапан аварійної системи

Редукційний клапан аварійного гальмування по конструкції не відрізняється від редукційного клапана основної системи. Зазвичай він має менший хід штовхальника. Клапани для гальмування обома візками об'єднані в один корпус для спрощення монтажу.

Дозатор

Дозатор – гідравлічний агрегат, що пропускає певну кількість рідини, після чого надійно закриває магістраль. Він знаходить широке застосування в гідросистемах літаків як один з найважливіших агрегатів захисту.

Принцип дії дозатора полягає в наступному. Рідина з магістралі після редукційного клапана поступає в штуцер А і далі в порожнину В дозатора і одночасно через діафрагму дозуючого пристрою в порожнину б під замикаючий клапан 6 дозатора. Основний потік рідини, пройшовши через отвори Г, віджимає клапан 5 в крайнє ліве положення і, пройшовши через отвори Д, потрапляє в порожнину Е, потім через кільцевий отвір сідла 9, поступає в магістраль через вихідний штуцер Ж. Одночасно інша (сигнальна) частина потоку, пройшовши через діафрагму 7, зміщує клапан 6 вліво до упору. При цьому отвори Г будуть перекриті і основний потік рідини припиниться.

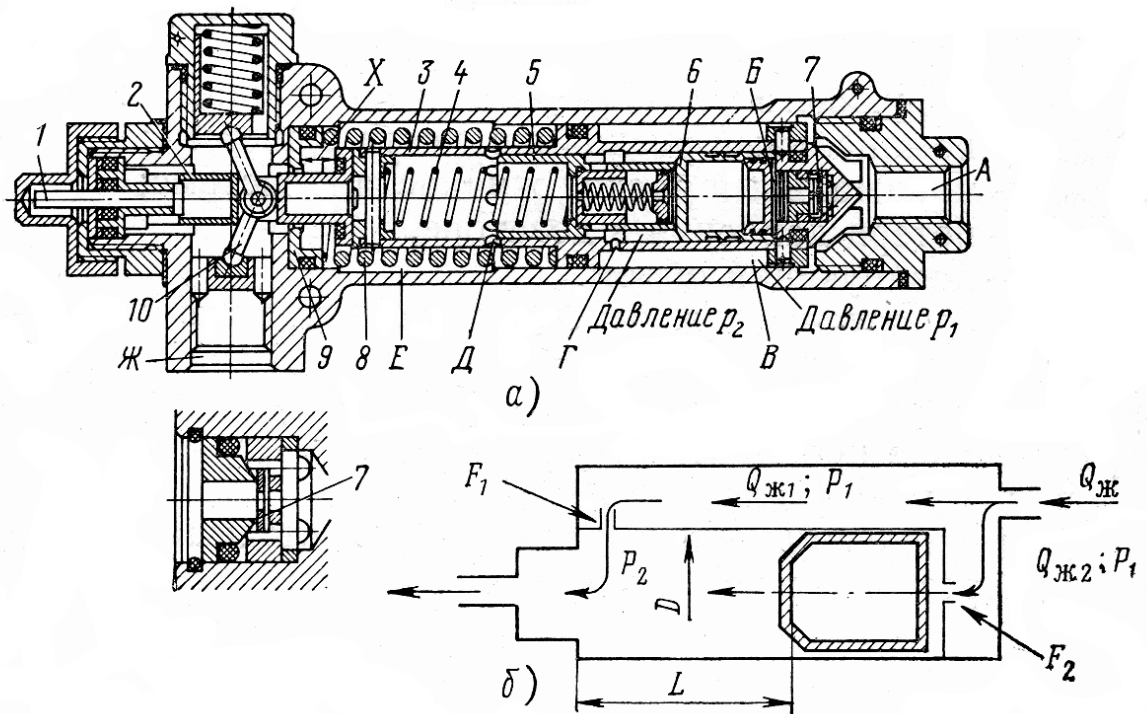


Рис. 2.10 Конструкція дозатора :

1 – шток; 2 – перемикач; 3 – гільза; 4 – пружина; 5, 6 – клапани; 7 – діафрагма; 8 – пружина; 9 – сідло; 10 – важіль.

Дозатор розраховується так, щоб при нормальній роботі клапан 6 не устигав пройти увесь шлях до упору за час протікання рідини. Як тільки операція гальмування буде виконана і рух потоку рідини в магістралі припиниться, клапани 6 і 5 під дією пружини 4 знову придуть в початкове положення.

Якщо станеться обрив трубопроводу або руйнування гальма за дозатором, то клапан 6 доходить до сідла в гільзі 3 і перекриває трубопровід.

Перемикач (човниковий клапан)

Човникові клапани в гальмівних системах служать для переключення живлення гальм з основної системи на аварійну і назад. Основними вимогами, що пред'являються до човникових клапанів, є надійність, герметичність, відсутність перетікань з системи в систему при перемиканні.

Електромагнітний клапан розгальмування

Електромагнітний клапан розгальмування за своєю конструктивною схемою подібний до звичайного електромагнітного двохпозиційного крану. Найважливішою специфічною вимогою до клапана розгальмування є мінімальний час

спрацьовування (не більше 0,03 с). Розрахунок клапана зводиться до розрахунку прохідних перерізів і сили пружини і електромагніту. Прохідні перерізи розраховуються по звичайних формулах місцевих опорів.

2.2. Тактико – технічні характеристики літака прототипу

«Регіональний літак “Ан- 148-100 призначений для перевезення до 80 пасажирів, багажу, пошти і вантажів на внутрішніх і міжнародних лініях з можливістю експлуатації на аеродромах з штучним покриттям. Забезпечується експлуатація літака на аеродромах, розташованих на висотах до 1500 м над рівнем моря.» [22]

Загальний вигляд літака показаний на рис. 2.11.

«Екіпаж літака складається з льотного екіпажа і обслуговуючого екіпажа.

Льотний екіпаж включає командира повітряного судна (КПС) і другого пілота (2П); обслуговуючий екіпаж – старшого бортпровідника (СБП) і бортпровідника (БП).

Літак представляє собою вільно несучий високоплан з двома трьохвальними турбореактивними двоконтурними двигунами Д-436-148 (далі – Д-436), розташованими попереду на пілонах під крилом, і одним допоміжним двигуном АІ-450МС, встановленим в спеціальному негерметизованому відсіку в хвості фюзеляжу»[22] (Див. НАУ.12.17.57.100.000).

Основні геометричні дані літака представлені в таблиці 2.5.

Літак може експлуатуватись на аеродромах з шириною ЗПС не менше 30м та довжиною ЗПС не менше визначеної для фактичних умов і ваги літака, та кутом нахилу глісади до 4.3°.

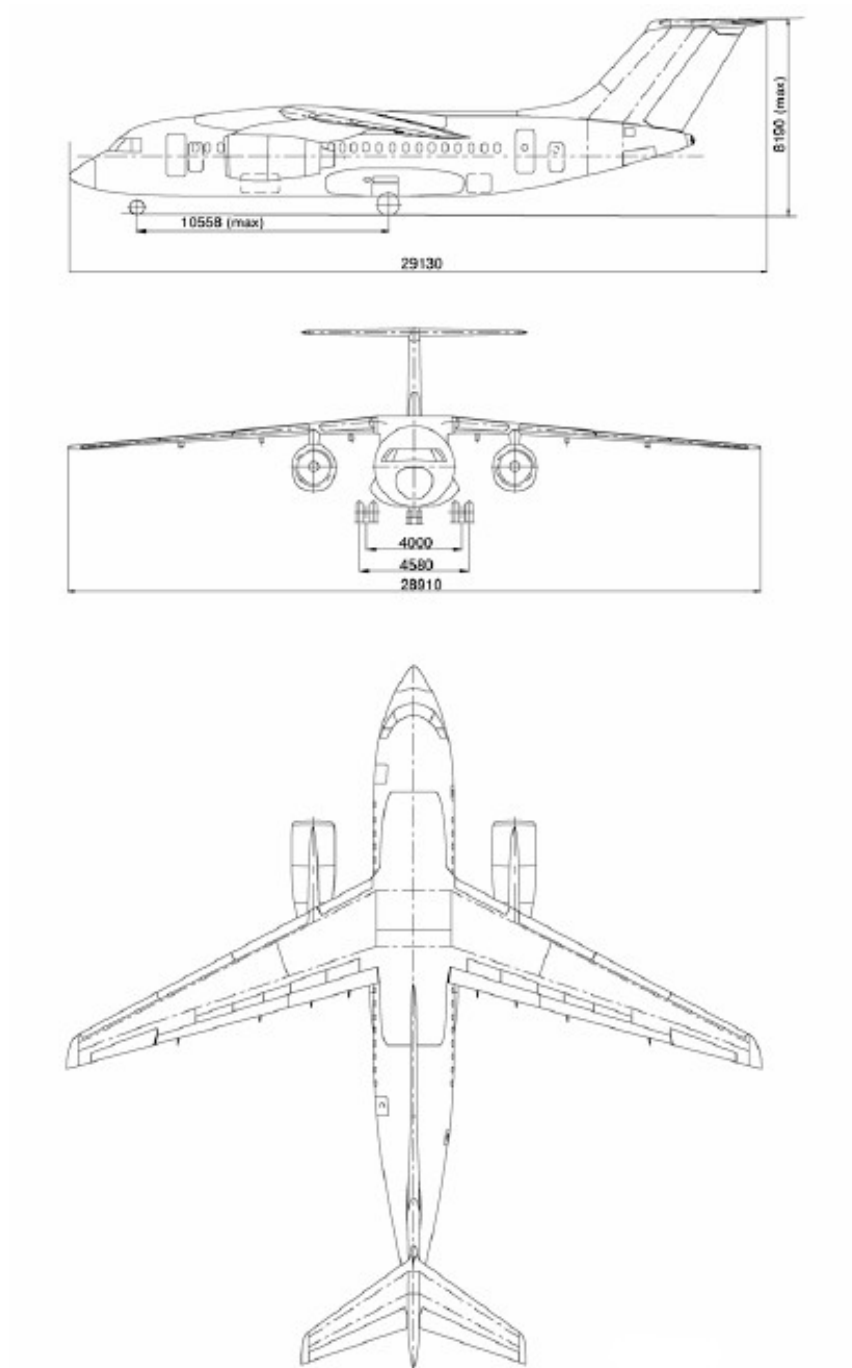


Рис. 2.11 Загальний вигляд літака.

Залежно від практичної дальності і кількості пасажирів, що перевозяться, літак може виготовлятися в наступних декількох моделях (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4

Моделі літака Ан-148.

Модель	Класність	Кількість місць, чол.	Дальність польоту, км
Ан-148-100А	Е	70	2500
	Е	75	2200
	Е	80	1900
	З	68	2600
	З	73	2300
Ан-148-100В	Е	70	3900
	Е	75	3600
	Е	80	3300
	З	68	4000
	З	73	3700
Ан-148-100Е	Е	70	5160
	Е	75	5100
	Е	80	4800
	З	68	5190
	З	73	5130

, де: Е – економічний клас, З – змішаний клас

Стан ЗПС на якій можна виконувати зліт та посадку:

- суха поверхня;
- волога;
- мокра без ділянок стоячої води чи з ділянками стоячої води глибиною до 10 мм на площі не більше 50% площі ЗПС;
- покриття інеєм;
- покриття шаром слякоті до 15 мм;
- покриття шаром сухого снігу на більше 50 мм.

Даний літак – прототип відповідає таким вимогам:

- діючим нормам льотної придатності літаків транспортної категорії, частина 25 Авіаційних Правил МАК (АП – 25) з поправками по п'яту включно;
- нормам льотної придатності Європейського союзу для літаків CS – 25;
- міжнародним стандартам по охороні навколишнього середовища, Доповнення 16 до Конвенції що до міжнародної цивільної авіації (Чикаго, 1994р.), том 1 „Авіаційний шум”;

Таблиця 2.5

Основні геометричні дані.

Довжина літака	29.13 м
Розмах крила	28.91 м
Висота літака на стоянці (max)	8.19 м
Колія шасі (по зовнішнім колесам)	4.58 м
База шасі (max)	10.558 м
Кількість пасажирів	80 осіб
Транспортна кабіна:	
- довжина	17.58 м
- максимальна ширина	3.13 м
- ширина полу	2.86 м
- висота	2 м
Об'єм заднього багажної – вантажного відсіку:	
- без буфетно – кухонного блоку	3.1 м ³
- з буфетно – кухонним блоком	2.8 м ³
- об'єм переднього підпольного багажного – вантажного відсіку	8.55 м ³
- об'єм заднього підпольного багажного – вантажного відсіку	4.35 м ³
Експлуатаційна висота аеродрому відносно рівня моря	
- максимальна	1500 м
- мінімальна	300 м
Максимальна експлуатаційна висота польоту	12200 м
Температура навколишнього повітря при землі	
- мінімальна	-55 ⁰ С
- максимальна	+40 ⁰ С
Максимальна шляхова швидкість руху літака по ЗПС	350 км/год
Максимальна швидкість на маневруванні при розвороті	10 км/год
Максимальна рульовна вага	41700 кгс
Максимальна злітна вага	41550 кгс
Максимальна посадкова вага	36250 кгс
Максимальна вага комерційного навантаження	9000 кгс
Максимальна вага заправляемого палива	11680 кгс
Максимальна швидкість вітру при запуску двигунів	
- бокова складова	15 м/с
- шляхова складова	12 м/с
Максимальна швидкість вітру при землі під час зльоту та посадки:	
- зустрічна складова	25 м/с
- шляхова складова	5 м/с

– діючим Авіаційним правилам МАК, частина 34 „Емісія авіаційних двигунів”, з поправкою по четверту включно, частина II „Викиди палива”.

Умови пілотування:

- візуальне (VFR);
- по приборам (IFR).

По часу доби:

- вдень;
- вночі.

Фюзеляж є напівмонококом циліндричної форми в середньої і конічної форми з подвійною кривизною в носовій і хвостовій частинах.

Каркас фюзеляжу включає працюючу обшивку, подовжній силовий набір у вигляді стрингерів і балок, поперечний силовий набір у вигляді шпангоутів і перегородок, а також поли в кабінах.

Два технологічні роз'єми по шпангоутах № 12 і 31 умовно ділять фюзеляж на три частини – носову, середню і хвостову.

У фюзеляжі розміщена кабіна екіпажа і транспортна кабіна.

У транспортній кабіні знаходяться пасажирський салон, побутові відсіки і задній багажно-вантажний відсік. Під підлогою транспортної кабіни в середній частині фюзеляжу розміщені багажні відсіки. Фюзеляж герметизований від шпангоута № 1 до шпангоута № 42.

Усі вхідні і службові двері, а також кватирки в кабіні екіпажа служать аварійними виходами.

Крило літака – стріловидне, високо розташоване, великого подовження, вільнонесуче прямокутної форми в плані на ділянці між нервюрами № 3 і трапецієвидної форми на ділянках від нервюр № 3 до нервюр № 28 (до закінцівок).

Крило навішене на фюзеляж за допомогою чотирьох вузлів. На крило встановлені два пілона, до яких кріпляться двигуни.

Крило складається з центроплану і двох консольних частин (КЧК).

Конструкція крила – кесонного типу. Кесони центроплану і КЧК (між нервюрами № 3-27) є герметичними паливними баками.

Поверхні механізації і управління розташовані на крилі уздовж переднього і заднього лонжеронів:

- у носовій частині КЧК розташовані відхилюваний носок і три секції передкрилка;

- у хвостовій частині КЧК розташовані двоцілінні (з фіксованим дефлектором) висувні закрилки (дві секції), елерон, без аеродинамічної компенсації і п'ять секцій відхилюваних інтерцепторів (гальмівних і гальмівних для глісади).

Оперення – однокільове, Т-подібне, з нерухомим стабілізатором, встановленим на килі. Кермо напряму і висоти - однозвенні, без аеродинамічної компенсації.

Силова установка літака складається з двох двигунних установок (ДУ) і систем, що забезпечують роботу двигунів: паливного, пожежного захисту, протизаморожувача, управління і контролю, запуску і бортової допоміжної силової установки.

Кожна ДУ включає двигун Д-436-148, гондолу двигуна, а також розміщені в гондолі і пілоні магістралі, електропроводку, вузли і агрегати ДУ і пов'язані з двигунами літакові системи.

Двигун Д-436 – трьохвальний турбореактивний двоконтурний, двигун обладнаний системою реверсування тяги.

Маслосистема двигуна – циркуляційна, замкнута, під тиском. Усі агрегати маслосистеми, у тому числі маслобак, змонтовані на двигуні.

Система паливопитання і автоматичного управління – комбінована, електронно-гідромеханічна, з двома електронними каналами і резервним гідромеханічним каналом.

Бортова допоміжна силова установка (ДСУ) складається з двигуна AI-450-МС, встановленого на борту літака в спеціальному негерметизованому відсіку.

ДСУ є допоміжним енерговузлом літака, що забезпечує:

- повітряний і наземний запуск двигунів Д-436-148;
- живлення бортсітки літака електроенергією змінного струму;
- живлення ВКВ і ПОС літака на землі і в повітрі.

Шасі літака виконане за триопорною схемою, складається з передньої і двох основних опор (Див. НАУ.12.17.57.200.000).

Кожна основна опора складається із стійки, на якій встановлено два гальмівні колеса КТ263А. Передня опора шасі є керованою стійкою з двома негальмівними колесами КН35-4. Опора у польоті забирається у відсік фюзеляжу по напрямку польоту.

Шасі оснащено системами прибирання-випуску шасі, гальмування коліс, охолодження гальмівних коліс, управління рульовим пристроєм і сигналізації положення шасі. Роботу систем шасі забезпечує гідросистема № 2 і резервна насосна станція НС140-2Н.

Система прибирання-випуску шасі призначена для прибирання, випуску і фіксації опор шасі в крайніх положеннях. При відмові гідросистеми система прибирання-випуску шасі забезпечує механічний випуск опор шляхом ручного відкриття замків прибраного положення.

Система гальмування коліс забезпечує основне, резервне і стояночне гальмування, автоматичне післязлітне загальмовування коліс, захист від юза і блокування гальмування до розкручування коліс.

Система охолодження коліс призначена для охолодження гальм коліс.

Система управління рульовим пристроєм забезпечує управління літаком на рулюванні, розгоні, а також роботу рульового пристрою в режимі "Орієнтування" і демпфування коливань передньої опори.

Гідравлічна система літака призначена для живлення робочою рідиною приводів системи управління літаком і механізації крила, прибирання-випуску шасі, гальмування коліс шасі, рульового облаштування передньої опори шасі, реверсу тяги двигунів, прибирання вітродвигуна, відкриття-закриття багажних люків і закриття передніх вхідних дверей (Див. НАУ.12.17.57.300.000).

Літак оснащений двома автономними гідросистемами - ГС1 і ГС2 і мережею резервної насосної станції. Робоча рідина – Нуjet IV, або НГЖ-5У, або Skydrol LD – 4. Сумарний об'єм рідини в гідросистемах – 140 л.

Основні характеристики рідини НГЖ-5У представлені в таблиці 2.6.” [8].

Таблиця 2.6

Основні характеристики рідини НГЖ-5У

Найменування показника	Нормативне значення
Зовнішній вигляд	Прозора рідина від фіолетового до синього кольору
Щільність при 20°C, кг/м ³ , не більш	1020
В'язкість кінематична, мм ² /с, (сСт): при 50°C, не менше при - 60°C, не більш	8,5÷4200
Температура застигання °C, не вище	мінус 65
Кислотне число, мг КОН/г рідини, не більш	0,08
Зміст водорозчинних кислот і лугів	відсутність
Масова доля води, %, не більш	0,1
Зміст механічних домішок	відсутність
Температура спалаху, визначувана у відкритому тиглі, °C, не нижче	155
Термоокислювальна стабільність при температурі (150±1)°C протягом 100 ч: щільність кінематична, мм ² /с, (сСт): при 50°C, не менше при мінус 60°C, не більш	10,5÷5000
Термоокислювальна стабільність при температурі (150±1) °C, протягом 100 ч: - кислотне число після окислення, міліграма КОН/г рідини, не більш кислотне число після окислення, мг КОН/г рідини	0,15 не нормується
Чистота рідини	Не грубіше 10 класу

Основними джерелами тиску в ГС1 і ГС2 служать насоси НП148Н змінного подання з приводом від маршових двигунів.

В якості резервного джерела тиску в ГС1 і ГС2 використовуються електроприводні насосні станції НС148Н. Включаються насосні станції автоматично або вручну (автоматично включаються при відмові маршового двигуна або

основного насоса). Електродвигуни насосних станцій живляться змінним струмом 200/115 В.

Крім того, в ГС1 є аварійне джерело тиску – турбонасосна установка ВД-004В (вітродвигун), а в ГС2 - гідроакумулятор гальм, відсічений від основної лінії нагнітання системи зворотним клапаном для тривалого збереження в ній тиску. Цей гідроакумулятор служить джерелом тиску для мережі гальмування стоянки.

Мережі джерел тиску ГС1 і ГС2 в основному однакові.

У мережі резервної насосної станції джерелом тиску служить НС140-2Н з електродвигуном постійного струму. Живлення електродвигуна здійснюється від аварійної шини 27 В.

У СШУ передбачений два режими: основний і резервний. У основному режимі управління по усіх каналах здійснюється від електродистанційної системи управління (ЕДСУ), в резервному режимі – в каналах КВ і КН за допомогою механічної проводки управління і автономних рульових приводів (АРП), а в каналі крену – за допомогою електричної проводки управління і автономних рульових машин (АРМ).

Система управління літаком забезпечує управління:

- елеронами;
- багатофункціональними інтерцепторами (БІ), інтерцепторами-гальмами (ІГ);
- кермом висоти(КВ);
- кермом напрямку(КН);
- закрилками;
- відхилюваними носками;
- передкрилками.

Для управління літаком на різних етапах польоту використовується система штурвального управління (СШУ) і система управління механізацією крила (СУМК). СШУ забезпечує управління елеронами, багатофункціональними інтерцепторами, кермом висоти (КВ), кермом напрямку (КН) і інтерцепторами-гальмами. СУМК забезпечує управління закрилками, відхилюваними носками і передкрилками.

По каналу тангажа управління здійснюється відхиленням секцій керма висоти (КВ) по командах льотчиків від штурвальних колонок.

На кожній секції РВ встановлені по два рульові агрегати (РА) – активні і відключені і по одному автономному рульовому приводу (АРП).

По каналу крену управління здійснюється відхиленням:

– елеронів від штурвалів по команді льотчиків ;

– інтерцепторів (3-а, 4-а і 5-а пари) по командах льотчиків від штурвалів в елеронному режимі і від КУІ.

По каналу курсу управління здійснюється відхиленням односекційного керма напряму (КН) по командах льотчиків від педалі ногоного управління.

При гальмуванні на пробігу робиться автоматичне відхилення усіх інтерцепторів на повний кут, по сигналу розкручування коліс шасі літака з СГК, при установці КУІ в положенні ПТІ, або при включенні реверсу.

Система управління закрилками працює при зльоті і посадці літака. Передбачений два режими управління – основний і резервний.

Паливна система призначена для розміщення палива на літаку і подання його до двигунів і допоміжної силової установки в усіх можливих умовах експлуатації літака.

Паливо на літаку розміщується в одному центропланному баку-кесоні і в двох крильових баках-кесонах.

Системи подання палива до двигунів – автономні: лівий двигун живиться з бака лівого крильового бака, правий – з правого крильового бака. Подання палива до двигуна здійснюється з витратного відсіку свого бака двома електроприводними відцентровими насосами.

Заправка баків паливом – централізована, через бортовий штуцер заправки, встановлений в правому обтічнику шасі.

Час повної централізованої заправки баків не перевищує 25 хв.

Система централізованої заправки має світлову і звукову сигналізацію небезпечного підвищення тиску у баках і світлову сигналізацію небезпечного підвищення тиску в трубопроводі заправки.

Система дренажу паливних баків – відкритого типу.

Пожежне устаткування призначене для виявлення вогнищ пожежі у відсіках двигунів, ДСУ, у багажно-вантажних відсіках і туалетах літака, а також для гасіння пожежі в кабінах літака.

Пожежне устаткування включає систему пожежного захисту (СПЗ) і переносні ручні вогнегасники. Ручні вогнегасники застосовуються для ліквідації пожежі в кабінах літака, задньому багажно-вантажному відсіку і в туалетах.

Система кондиціонування повітря (СКП) забезпечує:

– кондиціонування (обігрів, охолодження, вентиляцію) кабін з роздільним регулюванням температури повітря в кабіні екіпажа і транспортній кабіні :

– надувши гермокабіни з метою створення в ній необхідного тиску;

– обдувши скління ліхтаря кабіни екіпажа :

– рециркуляцію повітря в транспортній кабіні;

– індивідуальну вентиляцію пасажирів;

– обігрів підпільного простору.

СКП функціонально розподілена на:

– систему розподілу повітря;

– систему охолодження;

– систему автоматичного регулювання температури;

– систему рециркуляції повітря;

– систему автоматичного регулювання тиску(САРД);

– систему обігріву підпільного простору.

призначена для захисту літака від обмерзання. ПЗС складається з легко

Система (ПЗС) протизаморожувача -теплової і електротеплової систем.

Легко-теплова ПЗС включає: ПЗС планера (ПЗС крила і оперення), ПЗС повітрязбірників двигунів.

Електротеплова ПЗС включає: ПЗС передніх стекол кабіни екіпажа, сигналізатори обмерзання.

Кисневе устаткування, встановлене на літаку, включає:

– стаціонарне – для екіпажа;

- аварійне - для пасажирів і бортпровідників;
- переносне.

Стационарне кислотне устаткування призначене для живлення киснем членів екіпажа при польоті в розгерметизованій кабіні, захисту органів дихання і зору від диму і токсичних речовин, що виділяються при пожежі, а також для профілактичного живлення киснем при тривалих польотах в герметизованій кабіні.

Аварійне кисневе устаткування призначене для забезпечення живлення киснем пасажирів і бортпровідників після розгерметизації кабіни.

Переносне кисневе устаткування призначене для терапевтичного живлення киснем пасажирів, що потребують цього.

Система підготовки повітря (СПП) забезпечує відбір повітря від двигунів, ДСУ і наземного джерела стислого повітря з необхідними параметрами і подання в лінії розподілу споживачам.

СПП складається з підсистем відбору повітря лівого і правого двигунів (ПВП1 і ПВП2), відбору від ДСУ і трубопроводів розподілу.

Система забезпечує регулювання тиску і температури повітря.

Аварійно-рятувальне устаткування призначене для порятунку екіпажа і пасажирів при аварійній посадці на сушу і водну поверхню. До аварійно-рятувального устаткування відноситься: квартирки в кабіні екіпажа, два рятувальні канати у кватирок, вхідні і службові двері, аварійні табло "ВИХІД", аварійна сокира в кабіні екіпажа, інструктивні написи про місце установки і порядок користування аварійно-рятувальним устаткуванням.

2.3. Система гальмування коліс літака прототипу

Система призначена для гальмування літака під час пробігу, при маневруванні і на стоянці. Система - гідравлічна, з протитюзовою автоматикою релейного типу.

Система забезпечує:

– основне гальмування (при маневруванні, на післяпосадковому пробізі та перерваному зльоті);

– резервне гальмування (при відмові основного гальмування);

– стояночне гальмування (на стоянці, при необхідності – на виконавчому старті);

– аварійне розгальмовування коліс (при відмові електрогідравлічного крана стояночного гальмування);

– післязлітне загальмування коліс при прибиранні шасі (здійснюється автоматично в процесі прибирання шасі);

– захист від посадки на загальмовані колеса при основному і резервному гальмуванні за рахунок розгальмовування коліс до їх розкручування при торканні ЗПС або обтиснення амортизаторів основних опор шасі;

– захист коліс від юза при швидкості руху по землі вище 30 км/год з управлінням протиюзом автоматикою:

а) індивідуально кожного колеса основних опор шасі при основному гальмуванні;

б) індивідуально пари коліс лівої та правої опори при резервному гальмуванні;

– примусове розгальмовування коліс по основному каналу гальмування, якщо включено резервне гальмування;

– автоконтроль протиюза:

а) автоматично в польоті, по команді "Шасі випущено";

б) при натисканні кнопки "ПРОТИЮЗ КОНТРОЛЬ" (при технічному обслуговуванні).

протиюзіві блоки попереджають виникнення юзу при основному та резервному гальмуванні.

Також до системи гальмування літака прототипу можна віднести наступні складові:

– Колеса основних опор з гідравлічними гальмами, котрі комплектуються безкамерними шинами. На колесах встановлений датчик частоти обертання, термоіндикатори котрі фіксують температуру нагріву колеса в процесі експлуатації

та легкоплавкі запобіжні пробки котрі розгерметизують колесо при його перегріві задля запобігання руйнування (вибуху) пневматика.

– Система примусового охолодження коліс. Примусове охолодження гальмівних коліс забезпечується вентиляторами котрі приводяться в рух електродвигунами, та встановлені в осях коліс. Система призначена для прискорення розсіювання енергії гальмування (охолодження коліс). Це дозволяє значно зменшити час на охолодження гальмівних пристроїв і тим самим скоротити час простою літака.

2.3.1. Характеристика системи гальмування коліс

Система гальмування коліс виконана за гідромеханічною схемою і складається з гідравлічної мережі, що забезпечує подачу робочої рідини до гальм коліс, і механічної проводки котра пов'язує агрегати гальмування коліс з органами управління пілотів.

Гідравлічна частина системи гальмування коліс показана на Рис. 2.12.

Мережа основного гальмування живиться від гідросистеми № 2 і складається з агрегатів 2 гальмування коліс, дроселів 6, електрогідравлічних кранів 10, човникових клапанів 15, сигналізаторів тиску 5, датчиків тиску 16 та системи трубопроводів.

Мережа резервного гальмування живиться від резервної насосної станції та складається з агрегату гальмування 3, човникового клапана 12, електрогідравлічних кранів 13, дроселів 14 і системи трубопроводів.

Мережа стоянкового гальмування живиться від гідроаккумулятора 1 і складається з електрогідравлічного розподільника 4, сигналізатора тиску 7, човникового клапана 8, дроселя 9, редукційного клапана 11. Гідроаккумулятор 1 забезпечує стоянкового гальмування протягом 1 год.

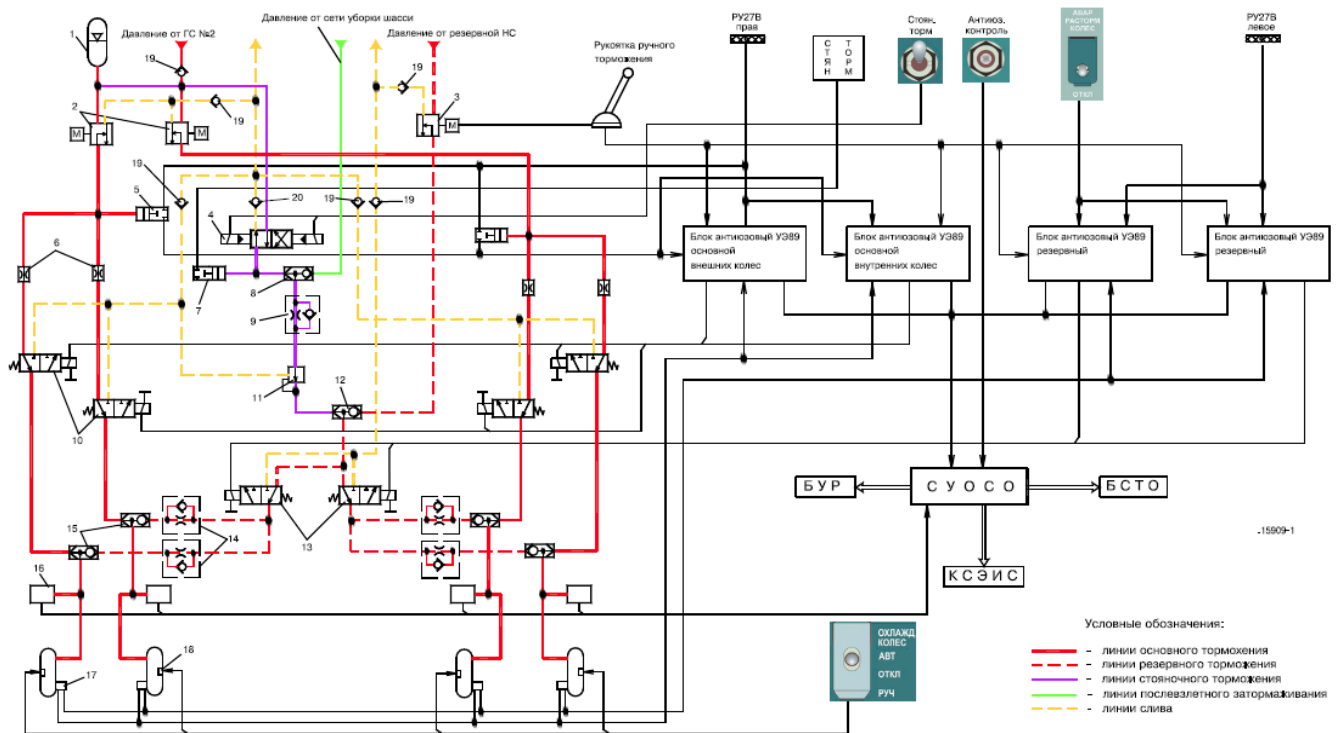


Рис. 2.12 Гідравлічна частина системи гальмування коліс.

Механічна частина системи гальмування.

Управління системою основного гальмування рис. 2.13 здійснюється натисканням на гальмівні педалі 1 пульта ногоного управління лівого або правого пілота.

При натисканні на ліву гальмівну педаль 1 тяга 2 повертає качалку 3, закріплену на кронштейн 4. Прикріплений до качалки трос 5 повертає сектор 6, який роликком 7 натискає на гільзу агрегату гальмування 9. При цьому робоча рідина через агрегат гальмування подається в лінію основного гальмування коліс лівої опори. Після зняття зусиль з педалей пружина 8 повертає педаль в початкове положення. При цьому внутрішня пружина 8 агрегату гальмування повертає педалі в початкове положення.

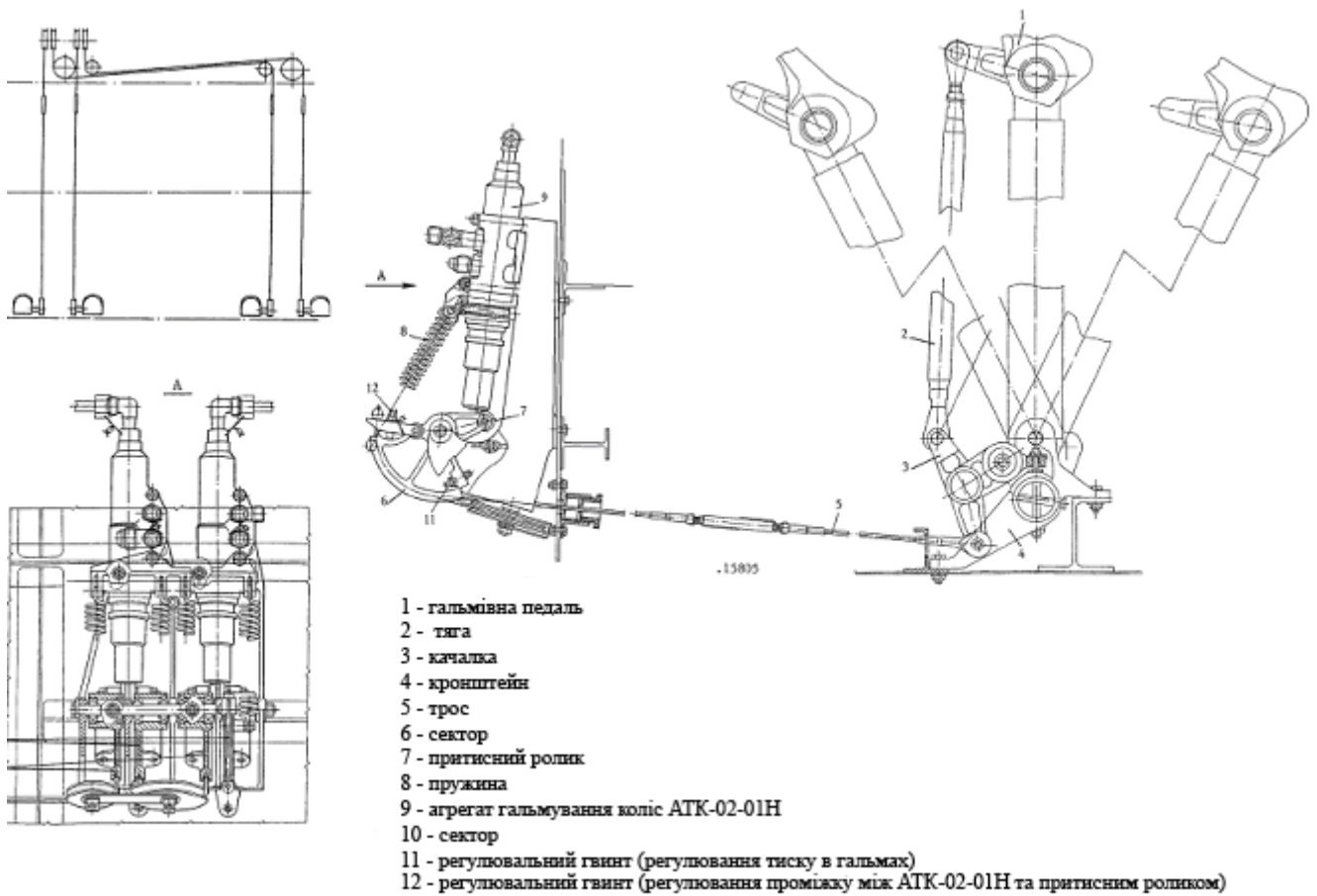


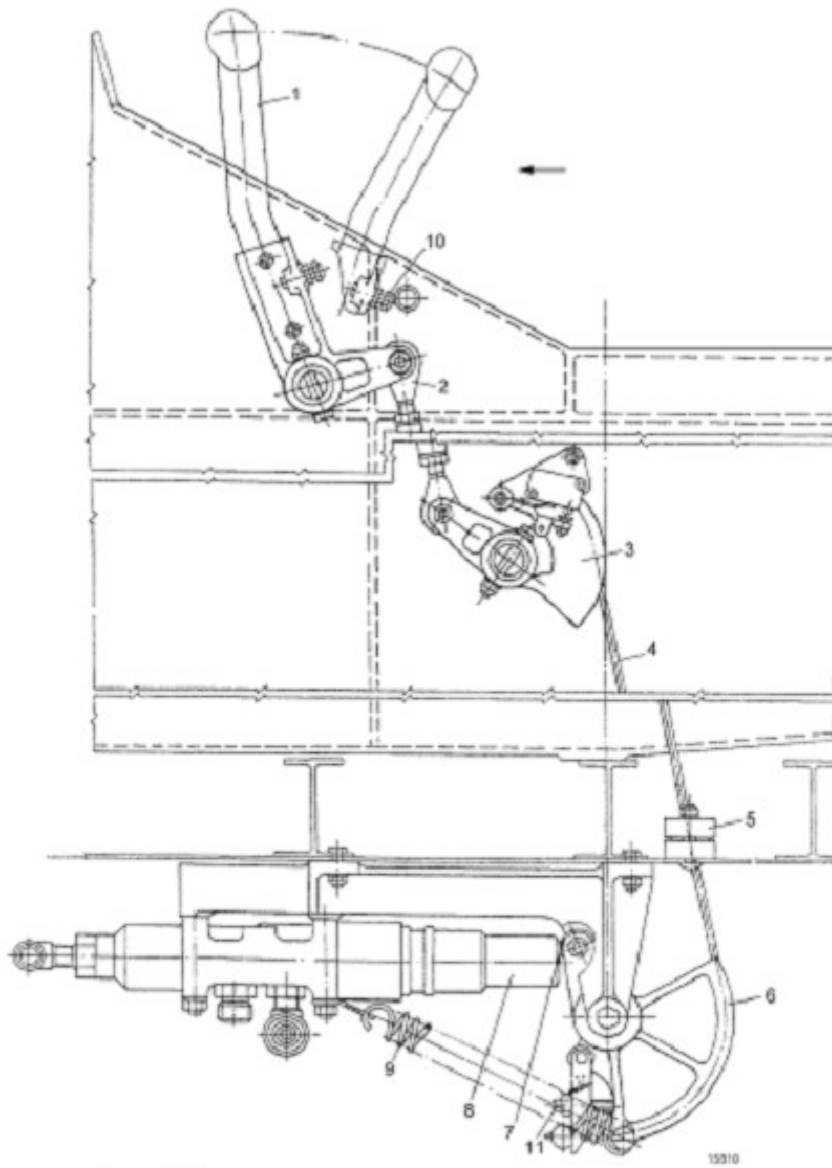
Рис. 2.13 Механічна частина системи основного гальмування

В лінію основного гальмування коліс правої опори рідина подається аналогічно, при натисканні на праву гальмівну педаль. При одночасному натисканні на обидві педалі (лівим чи правим пілотом) загальмовуються колеса обох опор. Тиск котрий подається в гальмівне колесо відповідає більшому обтисненню гальмівних педалей кожного із пілотів.

Механізм управління резервним гальмуванням.

Система резервного гальмування рис. 2.14 включає в себе руків'я 1 резервного гальмування, через тягу 2 пов'язану з качалкою 3, трос 4, сектор 6 і агрегат резервного гальмування коліс.

Принцип роботи система резервного гальмування: при переміщенні рукоятки 1 тяга 2 повертає качалку 3. При цьому трос 4 повертає сектор 6 і ролик 7 натискає на гільзу 8 агрегату резервного гальмування коліс, внаслідок чого створюється тиск у мережі резервного гальмування. Пружина 9 забезпечує натяг троса 4 й повернення рукоятки 1 у вихідне положення.



- | | |
|---------------------|---|
| 1 - руків'я | 8 - агрегат гальмування ATK-0,2-01Н |
| 2 - тяга | 9 - пружина |
| 3 - качалка | 10 - регулювальний гвинт (регулювання тиску в гальмах) |
| 4 - трос | 11 - регулювальний гвинт (регулювання проміжку між ATK-02-01 і притисним роликом) |
| 5 - гермовивід | |
| 6 - сектор | |
| 7 - притисний ролик | |

Рис. 2.14 Механізм керування резервним гальмуванням

2.3.2. Функціонування системи гальмування коліс

Основний режим гальмування коліс.

Робота мережі основного гальмування забезпечується гідросистемою № 2, а управління основним гальмуванням здійснюється від гальмівних педалей, встановлених у кабіні екіпажу на пульті ногоного керування.

При необтисненому положенні педалей лінії основного гальмування з'єднані з лінією зливу. При натисканні на гальмівні педалі агрегат 2 гальмування коліс з'єднує лінію нагнітання ГС № 2 з лініями основного гальмування. Рідина, під тиском пропорційним куту повороту педалей, через дроселі 6 і електрогідравлічні крани 10, надходить в гальмівні циліндри коліс. Колеса загальмовуються.

При виникненні небезпеки юза, по сигналу на розгальмовування від основних протизюзових блоків, електрогідравлічні крани 10, швидко з'єднують гальмівні циліндри коліс з лінією зливу.

Після зняття навантаження з гальмівних педалей агрегат 2 гальмування коліс з'єднує лінії основного гальмування з лінією зливу. Колеса розгальмовуються.

Резервне гальмування коліс.

Робота мережі резервного гальмування забезпечується резервною електропровідною насосною станцією НС140-2Н, а управління резервним гальмуванням здійснюється рукояткою „гальм РЕЗЕРВ”.

При початковому переміщенні рукоятки включається резервна насосна станція НС140-2Н і робоча рідина подається до агрегату резервного гальмування 3, а також включаються електрогідравлічні крани 10 на розгальмовування основного каналу, якщо гальмівні педалі натиснуті.

При подальшому переміщенні рукоятки "гальм РЕЗЕРВ" агрегат 3 з'єднує лінію нагнітання резервної НС з лінією резервного гальмування. Рідина під тиском, пропорційним кутку переміщення рукоятки, надходить через електрогідравлічні крани 13 та дроселі 14 до гальмівних циліндрів коліс. Колеса загальмовуються.

При виникненні небезпеки юза, по сигналу на розгальмовування від резервних протиюзових блоків, електрогідравлічні крани 13 короткочасно з'єднують гальмівні циліндри коліс з лінією зливу.

Після повернення рукоятки "гальм РЕЗЕРВ" у вихідне положення агрегат 3 з'єднує лінію резервного гальмування з лінією зливу. Колеса розгальмовуються.

Стоянкове гальмування.

Робота стоянкового гальмування забезпечується гідроаккумулятором 1, а управління здійснюється натискним перемикачем керування стояночним гальмом.

При короткочасному перекладі перемикача в положення "СТОЯН гальм" розподільник 4 з'єднує лінію нагнітання від гідроаккумулятора 1 з лінією стоянкового гальмування. Робоча рідина через дросель 9, редуційний клапан 11 і човниковий клапан 12 надходить у лінію резервного гальмування. Колеса загальмовуються, на центральному пульті загоряється табло "СТОЯН гальм".

При короткочасному перекладі перемикача в положення "ОТКЛ" розподільник 4 перекидає лінію нагнітання від гідроаккумулятора 1 і з'єднує лінію стоянкового гальмування з лінією зливу. Колеса розгальмовуються, табло "СТОЯН гальм" гасне.

Аварійне розгальмовування коліс.

У разі відмови розподільника 4 або перемикача управління гальмом гальмуванням при включеному стоянкового гальмування, колеса розгальмовуються за допомогою перемикача аварійного розгальмовування коліс.

При установці перемикача аварійного розгальмовування коліс в положення "Авар РАСТОРМ" за сигналами резервних протиюзових блоків електрогідравлічні крани 13 з'єднують гальмівні циліндри коліс з лінією зливу, на КІСМ і кадрі "Конф" БФІ спалахує повідомлення "АВАР РАСТОРМ КОЛЕС". Колеса розгальмовуються.

Післязльотне загальмовування

При збиранні основних опор шасі розподільник лінії збирання опор одночасно подає тиск на прибирання стійок і в лінію стоянкового гальмування. У процесі збирання опор колеса загальмовуються.

Після завершення збирання опор лінія збирання з'єднується з лінією зливу, колеса розгальмовуються.

Блокування посадка на загальмовані колеса.

При необтиснених амортизаторах основних опор і помилково натиснутих педалях електрогідравлічні крани 10 з'єднують лінії основного гальмування з лінією зливу. Колеса загальмовуватись не будуть.

Якщо при необтиснених амортизаторах основних опор в лінії стоянкового гальмування присутній тиск, то на центральному пульті загоряється табло "СТОЯН гальм", на КІСМ з'являється повідомлення "гальм СТОЯН включено". Посадка в цьому випадку заборонена. Необхідно відключити стояночне гальмування, короткочасно перевірши перемикач управління стояночним гальмування в положення "ОТКЛ". При цьому згасне табло "СТОЯН гальм" і на КІСМ знімається повідомлення "гальм СТОЯН ВКЛЮЧЕНА", що свідчить про розгальмовуванням коліс.

2.4. Методика розрахунку гідравлічної системи гальмування коліс літака

“Розрахунок гідравлічних гальмівних систем, так само як і пневматичних, зводиться до визначення швидкодії системи: часу її загальмовування і розгальмовування. Для розрахунку повинні бути відомі наступні параметри системи: принципова схема гальмівної системи, довжина та діаметр трубопроводів, об'ємна характеристика системи і гальм, робочий тиск в системі і в гальмах” [6].

На рис. 2.15 представлено ділянку гальмівної системи.

Розрахунок проводимо по спрощеній розрахунковій схемі гідравлічної гальмівної системи (рис. 2.16).

Для розрахунку приймаємо слідуєчі позначення: p_c - тиск в системі; $p_{т1}$ - тиск в гальмах; l - довжина трубопроводу; V_n - початковий геометричний об'єм (до моменту початку загальмовування); V_p - приріст початкового геометричного об'єму (в процесі загальмовування).

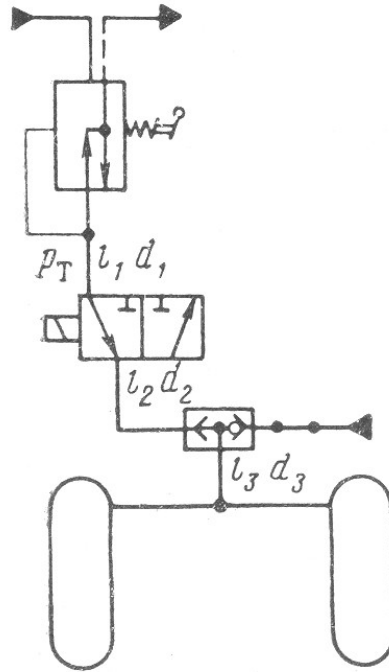


Рис. 2.15 Розрахункова схема гідравлічної гальмівної системи

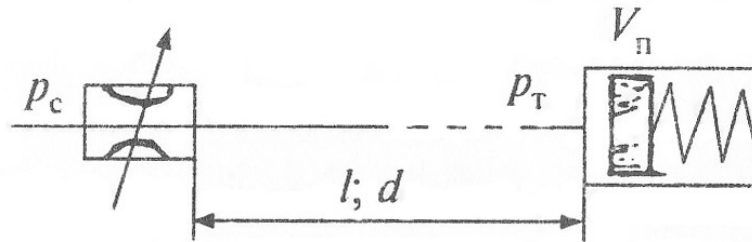


Рис. 2.16 Спрощена розрахункова схема гідравлічної гальмівної системи.

Початковий об'єм гальма і системи є об'єм, коли всі рухливі елементи гальма знаходяться в вихідному положенні і надлишковий тиск в системі дорівнює 0. Цей об'єм завжди заповнений рідиною. Приріст початкового геометричного об'єму дорівнює об'єму рідини, що поступила в гальмо через редуційний клапан і забезпечила зміщення рухомих частин гальма до моменту взаємного торкання поверхонь тертя.

При розрахунку системи прохідний переріз редуційного клапану приймаємо постійним і рівним F_d . Прохідні перерізи решти агрегатів приймаємо не менше за прохідного перерізу трубопроводу, що відходить від редуційного клапану.

Розрахунок системи ведеться за спрощеною схемою і включає в себе визначення часу заповнення об'єму V_p до тиску p_{T1} , який необхідний для зміщення

рухомих частин гальма до повного взаємного торкання поверхонь тертя гальма, і визначення часу наростання тиску $p_{т1}$ до $p_{т.мах}$, коли поверхні притиснені з розрахунковою силою.

Приріст геометричного об'єму при збільшенні тиску через деформації елементів гальма (при збільшенні тиску від $p_{т1}$ до $p_{т.мах}$) не враховується.

Розглянемо перший етап розрахунку – визначення часу заповнення об'єму $V_{п}$ до тиску $p_{т1}$.

Витрата рідини через дросель постійного перерізу визначається за формулою:

$$Q_{ж} = A_{д} \cdot F_{д} \sqrt{\Delta p},$$

де $Q_{ж}$ – витрата рідини;

$F_{д}$ – площа прохідного перерізу дроселя;

Δp – перепад тиску.

$A_{д} = k_{р} \cdot \sqrt{2g/\gamma}$ - приведений коефіцієнт витрати (тут $k_{р} = 0.6$ - коефіцієнт витрати; $g = 9,81 \text{ см/с}^2$).

В гальмівній системі дроселем є редуційний клапан. Розглянемо процес загальмовування при максимально відкритому редуційному клапані. В цьому випадку середній перепад тиску в дроселі:

$$\Delta p = p_{с} - (p_{п} + p_{т1} / 2),$$

де $p_{п}$ – витрати тиску в еквівалентному трубопроводі від клапану до гальма,

$p_{с}$ – робочий тиск в гідросистемі.

Зміна тиску при зміщенні рухомих елементів відбувається по лінійному закону.

Для випадку ламінарної течії рідини величина витрат у трубопроводі визначається за наступною формулою:

$$p_{п} = \lambda \cdot \frac{8\gamma}{g} \cdot \frac{l}{\pi^2} \cdot \frac{1}{d^5} \cdot Q_{ж}^2,$$

де l – довжина трубопроводу;

d – діаметр трубопроводу;

$\lambda \approx 75/Re$.

$$\text{Тут } \text{Re} = \frac{vd}{\nu} = \frac{4Q_{\text{ж}}}{\nu \pi d} - \text{число Рейнольда,}$$

де ν – швидкість течії рідини в трубопроводі;

ν – кінематичний коефіцієнт густини.

Після відповідних перетворень, отримаємо:

$$P_{\text{п}} = \frac{48\nu\gamma}{g} \cdot \frac{1}{d^4} \cdot Q_{\text{ж}}$$

Якщо система складається з ряду трубопроводів з різними довжинами і діаметрами, то витрати тиску можуть бути підраховані за наступним рівнянням:

$$P_{\text{п}} = \frac{48\nu\gamma}{g} \cdot \left(\frac{l_1}{d_1^4} + \frac{l_2}{d_2^4} + \dots + \frac{l_n}{d_n^4} \right) \cdot Q_{\text{ж}}$$

Таким чином, з урахування витрати в трубопроводах системи і середній перепад в циліндрах, будемо мати:

$$Q_{\text{ж1}} = A_{\text{д}} \cdot F_{\text{д}} \sqrt{P_{\text{с}} - P_{\text{п}} - \frac{P_{\text{т1}}}{2}}$$

або

$$Q_{\text{ж1}} = A_{\text{д}} \cdot F_{\text{д}} \sqrt{P_{\text{с}} - D Q_{\text{ж}} - \frac{P_{\text{т1}}}{2}},$$

$$\text{де } D = \frac{48\nu\gamma}{g} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{d_i^4}.$$

Рішаючи рівняння, отримаємо:

$$Q_{\text{ж1}}^2 = (A_{\text{д}} F_{\text{д}})^2 \cdot P_{\text{с}} - (A_{\text{д}} F_{\text{д}})^2 \cdot D Q_{\text{ж1}} - (A_{\text{д}} F_{\text{д}})^2 \cdot \frac{P_{\text{т1}}}{2}$$

або

$$Q_{\text{ж1}}^2 + (A_{\text{д}} F_{\text{д}})^2 \cdot D Q_{\text{ж1}} - (A_{\text{д}} F_{\text{д}})^2 \cdot \left(P_{\text{с}} - \frac{P_{\text{т1}}}{2} \right) = 0$$

Дійсне рішення буде мати вигляд:

$$Q_{ж1} = \frac{\sqrt{\left[(A_{д} \cdot F_{д})^2 \cdot D \right]^2 + 4(A_{д} \cdot F_{д})^2 \cdot \Delta p_1 - (A_{д} \cdot F_{д})^2 \cdot D}}{2},$$

$$\text{де } \Delta p_1 = p_c - \frac{p_{т1}}{2}.$$

Знаючи сумарний об'єм $V_{п}$ всіх гальм і середню витрату рідини $Q_{ж1}$, на ділянці 1, отримаємо час заповнення об'єму:

$$\tau_1 = n \cdot \frac{V_{п}}{Q_{ж1}},$$

Тут n – кількість гальмівних коліс.

Після заповнення об'єму $V_{п}$ зміна тиску $p_{т}$ за часом визначається наступною залежністю:

$$K_0 \cdot \frac{dp_{т}}{d\tau} = Q_{ж.ср},$$

де $Q_{ж.ср}$ – середня витрата за весь процес;

K_0 – коефіцієнт пружності системи.

$$K_0 = F_{тр} l \left(\frac{d}{\delta_{тр} E} + \frac{1}{E_1} \right) + \frac{V_c}{E_1},$$

де $F_{тр}$ – прохідний переріз трубопроводу;

l – довжина трубопроводу;

d – діаметр трубопроводу;

$\delta_{тр}$ – товщина стінок трубопроводу;

E – модуль пружності матеріала трубопроводу;

E_1 – модуль пружності робочої рідини;

V_c – загальний (сумарний) об'єм $V_c = V_n + V_{п}$.

Якщо система складається з трубопроводів різних довжин та діаметрів, то l та d беруться еквівалентними, тобто такими, що при витраті $Q_{ж}$ створюють той же

опір, що і $\sum_{i=1}^n \frac{l_i}{d_i^4}$.

При лінійній зміні тиску від $p_{т1}$ до $p_{т2}$:

$$Q_{ж2} = \frac{\sqrt{\left[(A_{д} \cdot F_{д})^2 \cdot D \right]^2 + 4(A_{д} \cdot F_{д})^2 \cdot \left[p_{с} - \left(\frac{p_{т1} + p_{т2}}{2} \right) \right]} - (A_{д} \cdot F_{д})^2 \cdot D}{2} =$$

$$K_0 \cdot \frac{dp_{т}}{d\tau},$$

звідки $\frac{dp_{т}}{d\tau} = \frac{Q_{ж2}}{K_0}$,

де $\frac{dp_{т}}{d\tau}$ – швидкість зміни тиску в системі.

Час наростання тиску від $p_{т1}$ до $p_{т2}$ дорівнює:

$$\Delta\tau_2 = \frac{p_{т2} - p_{т1}}{\frac{dp_{т}}{d\tau}}.$$

Аналогічно визначається час $\Delta\tau_3$ та $\Delta\tau_4$ для решти ділянок.

$$\tau_{зат} = \tau_1 + \Delta\tau_2 + \dots + \Delta\tau_n.$$

Значення $p_{т2}$ і $p_{т3}$ умовно приймаються рівними $1/3$ і $1/2$ від $p_{т.мах}$ відповідно, де $p_{т.мах}$ – максимальний редуційний тиск в гальмівній системі.

Для визначення часу розгальмовування системи знайдемо кількість рідини, що входить в систему при підвищенні тиску від $p_{т1}$ до $p_{т.мах}$. Ця кількість визначається як сума об'ємів, підрахованих для кожної ділянки роздільно.

Тоді

$$\Delta V_1 = \Delta V_2 + \Delta V_3 + \Delta V_4 + \dots + \Delta V_i,$$

$$\text{де } \Delta V_i = Q_{\text{жі}} \Delta \tau_i.$$

Визначивши ΔV и знаючи коефіцієнт пружності системи, визначаємо витрату рідини через клапан 1, площа прохідного перерізу на злив якого рівна F_{d1} .

$$\text{Звідси, } Q_{\text{ж}} = A_{\text{д}} \cdot F_{d1} \sqrt{\Delta p_{\text{ср}}},$$

$$\text{де } \Delta p_{\text{ср}} = \frac{P_{\text{Tmax}} - P_{\text{T1}}}{2}.$$

При розгальмовуванні крива падіння тиску має вигляд, зображений на рис.2.17. На ділянці АВ із системи виштовхується об'єм ΔV , а на ділянці ВС – виштовхується об'єм $V_{\text{п}}$.

на ділянці АВ коефіцієнт пружності системи $K_0 = \text{const}$. процес витікання можна розглядати таким, що проходить при постійному перепаді, що дорівнює середньому перепаді $\Delta p_{\text{ср}}$ (опором зливного трубопроводу знехтуємо). Тоді

$$Q_{\text{ж}} = A_{\text{д}} \cdot F_{d1} \sqrt{\frac{P_{\text{Tmax}} - P_{\text{T1}}}{2}}.$$

Час спорожнювання об'єму ΔV

$$\tau_1 = \frac{\Delta V}{A_{\text{д}} \cdot F_{d1} \sqrt{\frac{P_{\text{Tmax}} - P_{\text{T1}}}{2}}}.$$

Для ділянки ВС отримаємо

$$Q_{\text{ж2}} = A_{\text{д}} \cdot F_{d1} \sqrt{\frac{P_{\text{T1}}}{2}},$$

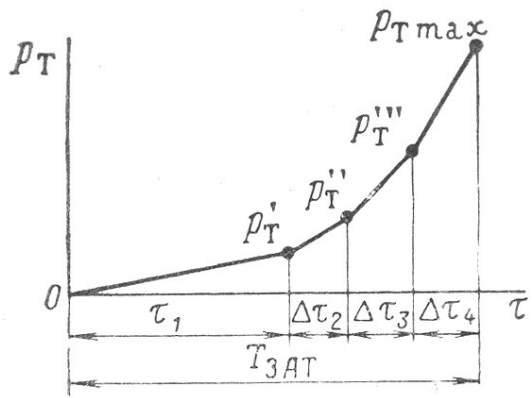
$$\tau_2 = \frac{V_{\text{п}}}{A_{\text{д}} \cdot F_{d1} \sqrt{\frac{P_{\text{T1}}}{2}}}.$$

звідки

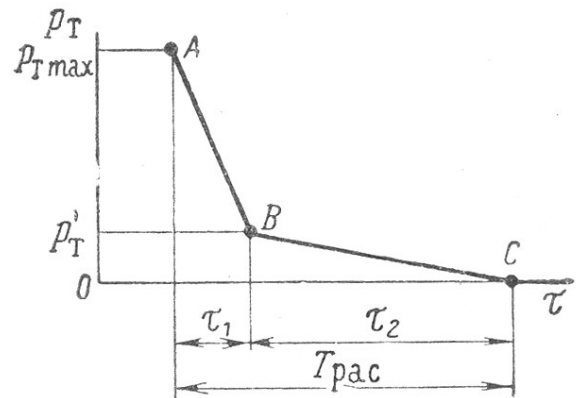
Загальний час розгальмовування

$$T_{\text{р}} = \tau_1 + \tau_2$$

Графік зміни тиску в гальмі по часу при загальмовуванні і розгальмовуванні приведений на рис.2.17.



Загальмовування



Розгальмовування

Рис.2.17. Графіки зміни тиску в гальмах

2.5. Висновки

На літаках застосовуються як камерні, так і безкамерні пневматики.

Безкамерні пневматики мають меншу вагу, вони більш надійні (немає небезпеки розриву камери або зрізу ніпеля при провертанні пневматика).

Нині застосовують безкамерні пневматики, які володіють рядом переваг. Відсутність в пневматику такого, менш надійного в плані міцності відношенні елемента, яким являється камера, підвищує безпеку польотів.

В залежності від схеми побудови каркасу, безкамерні пневматики розділяються на два типи:

- радіальні;
- діагональні.

У радіальному пневматику шари тканини, що формують каркас, розміщуються радіально, а в діагональному – під кутом один до одного, що додає каркасу більшу жорсткість.

При однакових габаритах пневматики з радіальним кордом дозволяють отримувати меншу на 5...20% масу пневматика за рахунок меншого числа шарів корду і арматурних кілець.

Пневматики з радіальним кордом, як правило, мають менш жорсткий каркас, що забезпечує «м'якше» приземлення.

В залежності від конструктивного виконання робочих елементів гальма можна виділити такі види конструкцій авіаційних гальмівних коліс:

- колеса з дисковими гальмами;
- колеса з камерними гальмами;
- колеса з колодочними гальмами.

Істотний недолік дискових гальм – мала швидкість охолодження. Тому для таких гальм часто потрібно примусове охолодження за допомогою спеціальних систем охолодження.

Дискові гальма нині застосовуються на переважній більшості літальних апаратів.

Камерні гальма дуже прості по конструкції, проте володіють досить високими експлуатаційними якостями.

Переваги: простота конструкції; велика компактність гальма; рівномірний розподіл тиску по усій довжині поверхні тертя і максимальне використання робочої поверхні барабана; рівномірний знос пари тертя; забезпечення великих гальмівних моментів; відсутність додаткових навантажень на підшипники колеса при гальмуванні; висока стабільність в роботі внаслідок відсутності самоусилення; менша маса гальма.

Недоліки: До недоліків камерних гальм відносяться погіршений тепловий режим через те, що коефіцієнт перекриття їх близький до одиниці (частіше всього 0,8-0,9); малий коефіцієнт ефективності, внаслідок чого для отримання визначених гальмівних моментів потрібні більші, ніж в інших гальмах, привідні зусилля; можливість руйнування гальмівної камери внаслідок її перегріву і, як наслідок, виникнення пожежі при попаданні гальмівної рідини на розжарену сорочку; відсутність в конструкції гальма компенсатора зносу гальмівних колодок, внаслідок чого збільшується час загальмовування і погіршується динаміка гальмівної системи.

Колеса з колодочними гальмами раніше застосовувалися на порівняно невеликих літаках.

У гідравлічні гальмівні системи прямої дії входять наступні основні агрегати: редуційний клапан основної системи, редуційний клапан аварійної системи, дозатор, перемикач (човниковий клапан), електромагнітний клапан розгальмування.

Розрахунок гідравлічних гальмівних систем, так само як і пневматичних, зводиться до визначення швидкодії системи: часу її загальмовування і розгальмовування. Для розрахунку повинні бути відомі наступні параметри системи: принципова схема гальмівної системи, довжина та діаметр трубопроводів, об'ємна характеристика системи і гальм, робочий тиск в системі і в гальмах.

РОЗДІЛ 3

АНАЛІТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Нормативні вимоги до роботи системи гальмування коліс літака

«Основні вимоги до систем гальмування коліс приведені в розділі Шасі частини 25 Авіаційних правил «Норми льотної придатності літаків транспортної категорії» Міждержавного авіаційного комітету» [12].

«25.735. Гальма і гальмові системи:

(a) Схвалення. Кожна система, що складається з колеса (колес) і гальма (гальм) повинна бути схвалена.

(b) Здатність гальмівної системи. Система гальмування, пов'язані з нею системи і компоненти повинні розроблятися і створюватися так, щоб:

(1) Якщо відмовляє будь-який електричний, пневматичний, гідравлічний або механічний, або передавальний елемент, або якщо втрачений будь-яке єдине джерело гідравлічного або іншого енергетичного постачання гальма, було можливо зупинити літак, що іншими, гальмівними засобами на дистанції не більш ніж в 2 рази довше отриманої при визначенні.

(2) Втрата рідини з гідравлічної системи гальма через руйнування в/або близько гальм не викликали або не підтримували горіння вогоню на землі або в польоті.

(c) Управління гальмами. Управління гальмами повинно бути спроектовано та виконано так, щоб:

(1) Для управління гальмами не було потрібно надмірних зусиль.

(2) Якщо встановлена система автоматичного гальмування, то має бути передбачено:

(i) включати й відключати систему,

(ii) дозволяти пілоту(ам) пересилювати систему використанням ручного управління.

(d) Стояночне гальмо. Літак повинен мати кероване гальмо стоянки, яке після відключення без подальшого контролю за ним буде запобігати коченню літака по сухій, що не має ухилу ЗПС при найбільш несприятливій комбінації тяги двигунів, коли один двигун має максимальну тягу, а один або всі інші двигуни працюють на максимальних значеннях малого газу на землі. Орган управління повинен бути зручно розташований або надійно захищений від ненавмисного приведення в дію. У кабіні повинна бути індикація на випадок неповного зняття стоянкового гальмування.

(e) Протіюзова система. Якщо встановлена протіюзова система:

(1) Вона повинна задовільно працювати у всьому діапазоні очікуваних умов стану ЗПС без додаткового зовнішнього регулювання.

(2) Вона повинна в усіх випадках мати пріоритет над автоматичною системою гальмування, якщо така є.

(f) Визначення енергоємності:

(1) Зупинка при розрахунковій посадці: зупинка при розрахунковій посадці - це зупинка при посадці під час експлуатації літака з максимальною посадковою вагою. Повинні бути визначені вимоги до поглинання кінетичної енергії гальмування під час зупинки при розрахунковій посадці для кожного комплекту, що складається з колеса, гальма і шини. Необхідно довести динамометричними випробуваннями, що комплект «колесо-гальмо-шина» здатні поглинати кінетичну енергію, не меншу цього рівня, протягом усього встановленого діапазону зносу даного гальма. Повинна бути досягнута величина поглинання енергії, розрахована на основі вимог Розроблювача літака до гальмування. Середнє уповільнення повинно становити не менше $3,05 \text{ м/с}^2$.

(2) Максимальна кінетична енергія перерваного зльоту. Перерваний зліт з максимальною кінетичною енергією - це перерваний зліт для найбільш критичної комбінації злітної ваги та швидкості літака. Повинно бути визначено вимога до поглинання кінетичної енергії гальмування при перерваному зльоті для кожного комплекту «колесо-гальмо-шина». Необхідно довести динамометричними випробуваннями, що комплект «колесо-гальмо-шина» здатний поглинати кінетичну

енергію, не меншу цього рівня, протягом усього встановленого діапазону зносу даного гальма. Повинен бути досягнутий рівень поглинання енергії, визначений Розробником літака. Середнє уповільнення повинна становити не менше 1,83 м/с².

(3) Зупинка при найбільш важкій посадці.

Зупинка при найбільш важкої посадці - це зупинка при найбільш критичної комбінації злітної ваги та швидкості літака. Повинно бути визначено вимога до поглинання кінетичної енергії гальмування для зупинки при посадці найбільш важкою для кожного колеса з гальмом і шиною. Необхідно довести динамометричними випробуваннями, що заявлений критичного зносу гальмівних дисків колеса, гальмо і шина здатні поглинати кінетичну енергію, не меншу за цей рівень. Не потрібно розглядати зупинку при найбільш важкій посадці для практично неймовірних відмовних випадків або в тому випадку, якщо максимальна кінетична енергія перерваного зльоту є більш важкою.

(g) Стан гальма після високодинамічного гальмування з високою кінетичною енергією.

Наступна демонстрація високоенергетичного гальмування, демонстрована пунктом (f) цього параграфу, полягає в застосуванні швидкого і повного гальмування гальмом стоянки протягом 3хв, при цьому має бути показано, що, принаймні протягом 5 хв з моменту застосування гальма стоянки, не створюються умови (не створені під час самого гальмування), включаючи пожежа, що викликається шиною або колесом і гальмом у зборі, які можуть завдати шкоди безпеці і можливість повної евакуації літака.

(h) Системи запасеної енергії (гідроаккумулятори). Якщо система запасеної енергії використовується для того, щоб показати відповідність пункту (b) (1) цього параграфу, то повинна матися індикація екіпажу про величину цієї запасеної енергії. Наявної запасеної енергії повинно бути достатньо для:

(1) Виконання принаймні 6 повних гальмування для випадку коли протитюзова система не працює,

(2) приведення літаків до повної зупинки, коли протитюзова система працює, при всіх станах поверхні ЗПС, для яких запитується сертифікат.

(i) Показчик зносу гальма (показчик виходу поршнів). Повинні бути передбачені для кожного блоку гальм засоби, які вказують, коли знос гальмівних дисків перевищить допустиму межу. Засоби повинні бути надійні і легко видимі.

(j) Запобігання руйнування від підвищеної температури. У кожному гальмівному колесі повинні бути передбачені засоби, що запобігають руйнуванню колеса, шини, або того й іншого разом, що може статися з-за підвищених температур гальм. До того ж, всі колеса повинні задовольняти вимогам 25.731 (d).

(k) Сумісність. Повинна бути доведена сумісність конструкцій колеса і гальма з літаком і його системами.

(a*) Користування резервними системами не повинно призводити до руйнування шини, якщо не доказано, що руйнування шини не призводить до аварійної ситуації у всьому експлуатаційному діапазоні швидкостей літака на рулюванні, посадці і перерваному зльоті.

(b*) Повинні бути передбачені заходи, що виключають можливість посадки літака з загальмованими колесами, або має бути показано, що посадка з загальмованими колесами не призводить до ситуації гірше складної.

(c*) Наявність протиюзового пристрою в основній гальмівній системі обов'язково, якщо не доведено, що при гальмуванні не відбувається руйнування шин і погіршення характеристик керованості літака під час руху по землі в очікуваних умовах експлуатації.» [12]

3.2. Випробування гальмівних систем

«У відповідності з існуючими правилами як в нашій державі , так і за кордоном установка на літальні апарати всіх типів коліс і гальм, може проводитися тільки після проведення кваліфікаційних стендових випробувань, порядок проведення і обсяг яких обумовлений такими документами:

– «Авіаційні Правила України АПУ 21 - Процедури сертифікації авіаційної техніки»;

– «Кваліфікаційні вимоги КТ32-01А - Авіаційні колеса».

Згідно із зазначеними документами результати кваліфікаційних випробувань повинні підтвердити відповідність отриманих характеристик виготовленого зразка колеса та гальма вищевказаним вимогам, і вимогам котрі були задані замовником» [2].

3.2.1. Стендові випробування

«Випробування коліс на статичну міцність. Випробування колеса від дії радіального навантаження проводиться на спеціальному пресі навантаження і обтиснення пневматика фіксуються спеціальним самописцем. При цьому виді випробувань пневматик заповнюється водою. Тиск у ньому в процесі випробувань не повинен перевищувати робочий. Навантаження відбувається плавно до руйнування колеса або його окремих елементів. Колесо вважається таким, що витримало випробування, якщо руйнівне радіальне навантаження більше або дорівнює розрахунковій величині руйнуючого навантаження» [2].

Випробування колеса від дії внутрішнього тиску проводять в спеціальній бронекамері. Пневматик колеса заповнюється водою, після чого за допомогою ручного насоса збільшують тиск до тих пір, поки не відбудеться руйнування колеса. Колесо вважається таким, що витримало випробування, якщо:

$$p_r/p_o \geq p,$$

де p_r - тиск, при якому відбулося руйнування колеса; p_o - експлуатаційний тиск у пневматиці; p - коефіцієнт безпеки по КТ32-01А.

Випробування колеса на випадок дії руйнівного гальмівного моменту проводиться на спеціальному інерційному стані. Повністю споряджене колесо встановлюється на притискній установці стану і підводиться до барабану, що обертається зі швидкістю 3 - 5 м/с. При обтиску пневматика, що дорівнює стоянчному $\delta_{ст}$, та навантаженні, максимально можливого в експлуатації, створюється гальмівний момент, рівний розрахунковому, руйнуючому. Колесо і

гальмо вважаються такими що витримали випробування, якщо при цьому не відбулося їх руйнування.

Випробування коліс на втомну міцність проводяться на спеціальних установках до руйнування колеса. Одне з встановлюваних коліс обертається від електродвигуна. Після монтажу коліс в установці відстань між їх осями встановлюється такою, щоб обтиснення пневматика кожного колеса було як і при стоянковому навантаженні $R_{ст.пос.}$ або $R_{ст.взл.}$ в цьому випадку кожне колесо сприймає радіальне навантаження, що дорівнює злітному чи посадковому. Швидкість обертання коліс при випробуваннях (швидкість обкатки) приймається рівною:

$$v_{об} = (v_{зл} + v_{пос}) / m$$

Де $v_{зл}$ - злітна швидкість;

$v_{пос}$ - посадкова швидкість;

m - емпіричний коефіцієнт.

Навантаження (злітне або посадкове) чергується через певний пробіг.

Мінімальна кількість коліс однієї партії, що піддається випробуванням, є три.

Основні гальмівні характеристики гальма і його температурний режим перевіряються при нормальному експлуатаційному режимі на інерційному стані. Барабан стану з приєднаними до нього масами розганяється до певної швидкості, після чого електродвигун відключається, а колесо, встановлене на притискній установці стану, підводиться до обертаемого за інерцією барабану стану, й притискається до нього радіальном навантаженням, що дорівнює $R_{ст.пос.}$, після чого включається гальмо і відбувається гальмування до повної зупинки барабана стану. За знятими діаграмами гальмівного моменту оцінюють характеристики гальма, а за температурними кривими - його тепловий режим. Основними критеріями, що визначають працездатність гальма, є:

$M_{т\ min}$ - мінімальний гальмівний момент;

$M_{т\ max}$ - максимальний гальмівний момент;

$M_{т\ ср}$ - середній гальмівний момент.

Величина середнього гальмівного моменту може бути визначена формулою:

$M_{т ср} = (AT \times r_{д}) / L_{ст}$,

Де AT - енергія, що поглинається гальмом;

$r_{д}$ - динамічний радіус кочення колеса;

$L_{ст}$ - довжина пробігу (по стану).

Випробування гальма на ресурс також проводяться на інерційному стані при експлуатаційному режимі. Гальмо і колесо повинні витримати необхідну кількість гальмувань зі збереженням гальмівних характеристик. У процесі ресурсних випробувань визначається інтенсивність зносу фрикційних елементів і їх ресурс.

Стендові випробування гальмівних систем і систем протиюзової автоматики.

Лабораторні випробування гальмівних систем і систем протиюзової автоматики проводяться з метою перевірки працездатності як всієї системи, так і окремих її агрегатів. Для правильної оцінки працездатності системи її трубопроводи повинні мати довжину і переріз, близькі до тих, які застосовуються на літаку. При випробуваннях до системи підключаються або гальма, або спеціальні макети, характеристики яких по жорсткості та обсягом максимально наближені до характеристик реального гальма. Для отримання більш точних результатів випробувань доцільно для гідравлічних систем витримувати ті рівні тисків рідини, які можуть бути на літаку. Як правило, стендові випробування всієї системи проводяться при температурі навколишнього середовища, близькою до нормальної. Проте кожен з агрегатів, що входять в систему, додатково проходить всі необхідні випробування у всьому діапазоні робочих температур.

При стендових випробуваннях системи перевіряється функціонування системи, характер зміни гальмівного тиску при лінійній зміні вхідного сигналу, контрольні величини основних параметрів (тиск у гальмі, керуючий струм, хід гальмової педалі і т. п.), швидкодія системи (час загальмування і час розгальмовування).

Після перевірки гальмівної системи перевіряється працездатність і ефективність системи протиюзової автоматики. Така перевірка проводиться на інерційному стані на двох режимах: на юзовому та не юзовому. Випробування починаються на не юзовому режимі. Для цього колесо, встановлене на притисній

установці стану, підводиться до попередньо розкрученого барабану. Обертюва маса барабана повинна бути підібрана так, щоб забезпечити процес гальмування протягом певного часу. Потім колесо притискається до барабана і навантажується радіальним навантаженням, що дорівнює стоянковому. Після цього в гальмо подається гальмівний тиск і здійснюється гальмування. При заданому режимі не має відбуватися спрацьовувань системи протियозової автоматики.

При випробуванні на юзовому режимі колесо так само, як і в першому випадку, притискається до розкрученого барабану стану, але при цьому обтиснення пневматика колеса має складати 25% від повної величини обтиску (так, щоб момент зчеплення був явно менше максимального гальмівного моменту). Після подачі в гальмо тиску створюється режим гальмування, при якому гальмівний момент буде більше моменту зчеплення. Колесо почне входити в юз, але система протियозової автоматики повинна надійно усувати його від моменту початку гальмування до швидкості 20-30 км/год. Час гальмування t_1 при юзовому режимі (з усадкою пневматика, що дорівнює 0,25 повного обтиску) не повинно перевищувати $4t$ (де t - час гальмування з повним обтисненням пневматика).

3.2.2. Льотні випробування

«Льотні випробування перевіряють і підтверджують придатність коліс і гальмівних систем до експлуатації їх на літаку» [2].

В процес випробування входять:

- визначення довжини післяпосадкового пробігу та ефективності гальмування;
- визначення оптимального тиску в гальмах;
- оцінку роботи системи протियозової автоматики в різних умовах і при різному стані ЗПС;
- визначення температурного режиму колеса і гальма при нормальних умовах експлуатації та при аварійних режимах;
- визначення ресурсу роботи фрикційних елементів гальма;

– оцінку роботи допоміжних систем (системи охолодження, системи регулювання тиску і т. п.).

Для того щоб результати випробувань були об'єктивними, в процесі випробувань повинні проводитися записи наступних основних параметрів, що характеризують роботу гальмівних пристроїв:

- тиску в гальмі;
- числа оборотів гальмівних і негальмівних коліс;
- імпульсів струму від датчика системи протитюзової автоматики;
- температури основних елементів колеса і гальма;
- гальмівного моменту або гальмівного зусилля в тягах шасі;
- перевантажень, що діють уздовж осі колеса.

Для заміру тиску в гальмах використовуються мембранні датчики. Запис обертів колеса проводиться за допомогою імпульсного датчика. Запис обертів колеса може проводитися і з допомогою фотоелемента. Реєстрація імпульсів роботи системи протитюзової автоматики проводиться шляхом підключення датчика імпульсів паралельно електромагнітного крану розгальмовуванням. Для запису температур елементів колеса і гальма служать переносні контактні пірометри. Запис гальмівного моменту або зусилля проводиться за допомогою тензодатчиків, наклеєних за певною схемою на корпусі гальма або тязі.

Літак спочатку піддається наземним випробуванням.

Наземні випробування.

При наземних випробуваннях проводиться попередня перевірка працездатності коліс, гальм і гальмівних систем в цілому. Наземні випробування починаються з виконання кількох маневрувань з малою швидкістю і неефективним гальмуванням, проводиться оцінка статичного гальмівного моменту при роботі двигунів. Після того як визначено і зафіксовано гальмівний тиск, необхідний для утримання літака на місці, приступають до оцінки оптимального експлуатаційного тиску в гальмівній системі.

Льотні випробування передбачають виконання посадок з нормальною і максимальною посадковою вагою, з нормальною і максимальною швидкістю

посадок, з малими інтервалами між ними. Випробування повинні обов'язково включати також перевірку працездатності гальмівних пристроїв у разі припинення зльоту, коли літак має максимальну злітну вагу. Для отримання достовірних результатів загальна кількість посадок має бути не менше 25 - 30.

Для оцінки ефективності гальмівних пристроїв посадки повинні відбуватися на суху ЗПС, а для оцінки надійності роботи системи протиязової автоматики - на мокру ЗПС. У першому випадку гальмівний тиск, що створюється льотчиком, повинен бути максимальним. Якщо при цьому кількість спрацьовувань системи протиязової автоматики за час гальмування не перевищує 10 - 15, то можна вважати, що величина гальмівного тиску встановлена досить близькою до його оптимального значення.

У процесі льотних випробувань після кожної посадки повинен проводитися контроль температури в уразливих місцях колеса і гальма. При вимірі температур слід мати на увазі, що максимальна температура на барабані колеса (в місці контакту його з пневматиком) виникає через 20 - 25 хв. після закінчення гальмування. У випадку перевищення температури барабана колеса понад допустиму норму, необхідно охолодження водою, щоб уникнути руйнування або вибуху пневматика.

Режим припиненого зльоту є, як правило, аварійним, коли гальма доводиться поглинати енергію в два - три рази більше, ніж за нормальних умов експлуатації. При такому режимі неминучий перегрів колеса, гальма та пневматики. Можливо також подальше руйнування окремих елементів конструкції. Тому при льотних випробуваннях режим перерваного зльоту виконується в самому кінці випробувань з дотриманням особливих заходів безпеки.

У процесі проведення випробувань колесо, гальмо і інші елементи гальмівної системи повинні підлягати періодичному огляду для оцінки їх технічного стану.

3.3. Проектування системи гальмування коліс

3.3.1. Розробка гідравлічної системи гальмування коліс

Маючи за приклад конструкцію гальмівної системи літака, прототипу, спроектуємо систему гальмування. Виходячи з пунктів 1 та 2 обираємо вихідні параметри системи гальмування.

Проект системи – гідравлічна з прямим управлінням, с протизюзовою автоматикою релейного типу. Основний і резервний канали гальмування функціонують від незалежних джерел енергопостачання і гідропостачання (Див. НАУ.12.17.57.400.000).

Особливості основного каналу гальмування:

- гальмування від незалежного органу керування – ножних педалей;
- керування антиюзовою автоматикою виконується індивідуально парою коліс лівої і правої стійок основного шасі.

Особливості резервного каналу гальмування:

- гальмування від незалежного органу керування – рукоятки;
- керування антиюзовою автоматикою виконується індивідуально парою коліс лівої і правої стійок основного шасі.
- є незалежний гідроакумулятор.

Під час гальмування, щоб досягти зупинки, виконується імпульс від гідроакумулятора по окремому, незалежному каналу і забезпечує утримання літака, без повертання коліс, на зльотній тязі двигунів. Післязльотне загальмовування коліс основного шасі виконується автоматично під час збирання шасі. У всіх каналах гальмування передбачено захист від втрати робочої рідини з гідросистеми за допомогою дрeselів у випадку пошкодження трубопроводів, прокладених по стійкам основного шасі.

Спроектована система основного режиму гальмування коліс включає такі елементи:

- джерело тиску (витрати);

- трубопроводи;
- гідравлічну рідину;
- зворотній клапан;
- гідроакумулятор;
- два редуційних клапана (агрегати АТК-02-01);
- чотири двохсторонніх дроселів;
- чотири електрогідравлічних кранів УГ135;
- чотири човникових клапана;
- чотири датчики тиску;
- чотири датчики частоти обертання
- чотири гальмівні колеса.

Спроектвана система резервного режиму гальмування коліс включає такі елементи:

- джерело тиску (витрати);
- трубопроводи;
- гідравлічну рідину;
- зворотній клапан;
- редуційний клапан (агрегат АТК-02-01);
- два електрогідравлічних кранів УГ135;
- чотири односторонніх дроселів.

Значення довжини та діаметру трубопроводу приймаємо аналогічним літаку прототипу. Максимальний редуційний тиск приймаємо 10 МПа, тиск при ході поршня на холостий хід приймаємо 1,5 МПа. В якості робочої рідини беремо рідину НГЖ-5У, так як вона вибухо-пожежобезпечна і використовується на літаку аналогу.

Гідроакумулятор гальмівної системи повинен забезпечувати виконання наступних функцій:

- компенсація пікових витрат робочої рідини в системі гальмування;
- забезпечення загальмовування коліс в перебігу не менш 1-ї години (для пасажирського літака) під час стоянки;

– забезпечення не менше ніж десяти повних циклів загальмовування коліс у випадку відмови насосної станції.

3.3.2. Розрахунок на міцність системи гальмування коліс

Проведемо розрахунок на міцність для механізму керування основним гальмуванням коліс.

Механізм керування основним гальмуванням коліс (Див. НАУ.12.17.57.500.000СК) представлений на рис. 3.1.

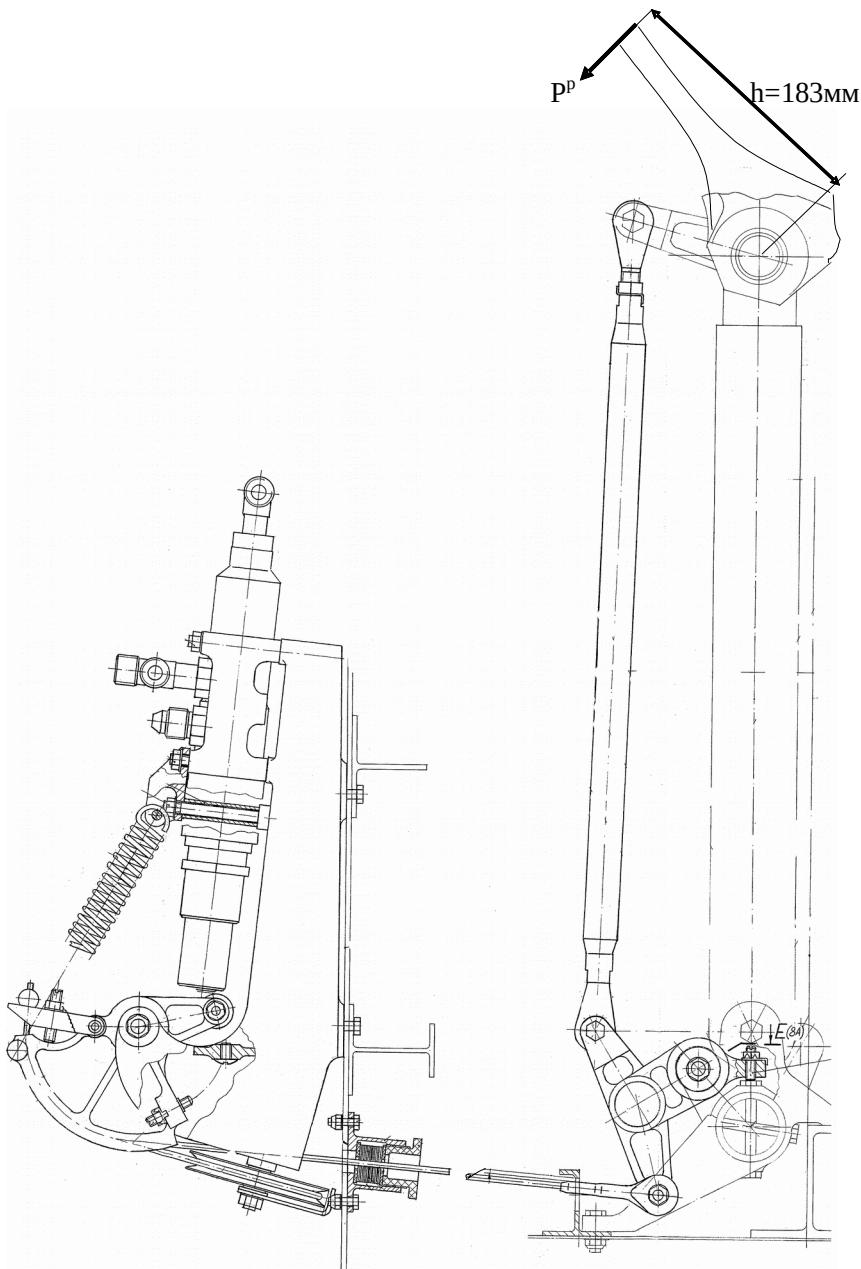


Рис. 3.1 Механізм керування основним гальмуванням коліс

Схема тросової проводки зображена на рис. 3.2.

Схема тросової проводки

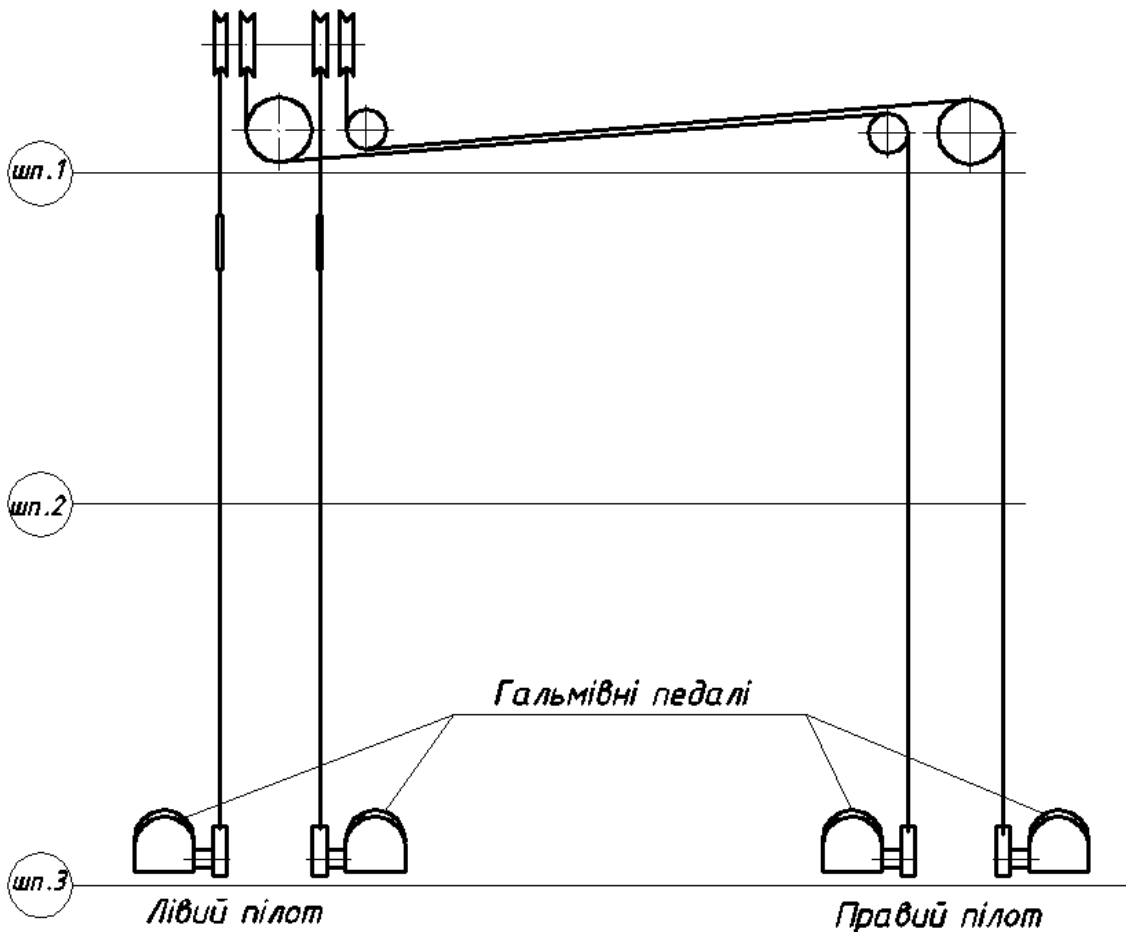
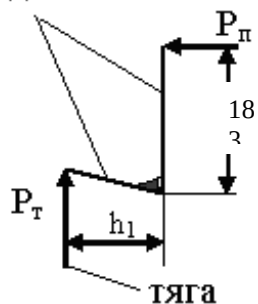


Рис. 3.2 Схема тросової проводки

До педалі прикладене розрахункове навантаження $P_{п}^p = P_{п}^э \cdot 1.5 = 113 \text{ кгс}$ ($P_{п}^э = 75 \text{ кгс}$ – експлуатаційне навантаження згідно розділу 25.405(b*) АП-25), коефіцієнт безпеки 1,5.

педаць



$$h_{1\text{min}} = 70 \text{ см}$$

Визначимо зусилля в тязі ($P_{т}$) від зусилля в педалі:

$$P_{т} = \frac{113 \cdot 183}{70} = 300 \text{ кгс.}$$

Рис. 3.3 Схематичне зображення педалі

Визначимо зусилля в тросі ($P_{тр}$):

$$P_{тр} = \frac{113 \cdot 70}{h_2} = 175 \text{ кгс (} h_2 \approx 45 \text{ див. рис. 3.4).}$$

Приймаємо трос $\varnothing 3.2\text{мм}$ (розрахункове розривне зусилля в тросі 800 кгс), при зусиллі в тросі 175 кгс він подовжиться на 2.7мм згідно залежності уздовження тросів від розтягуючого зусилля по ОСТ 1 000768-75.

Вузол 1:

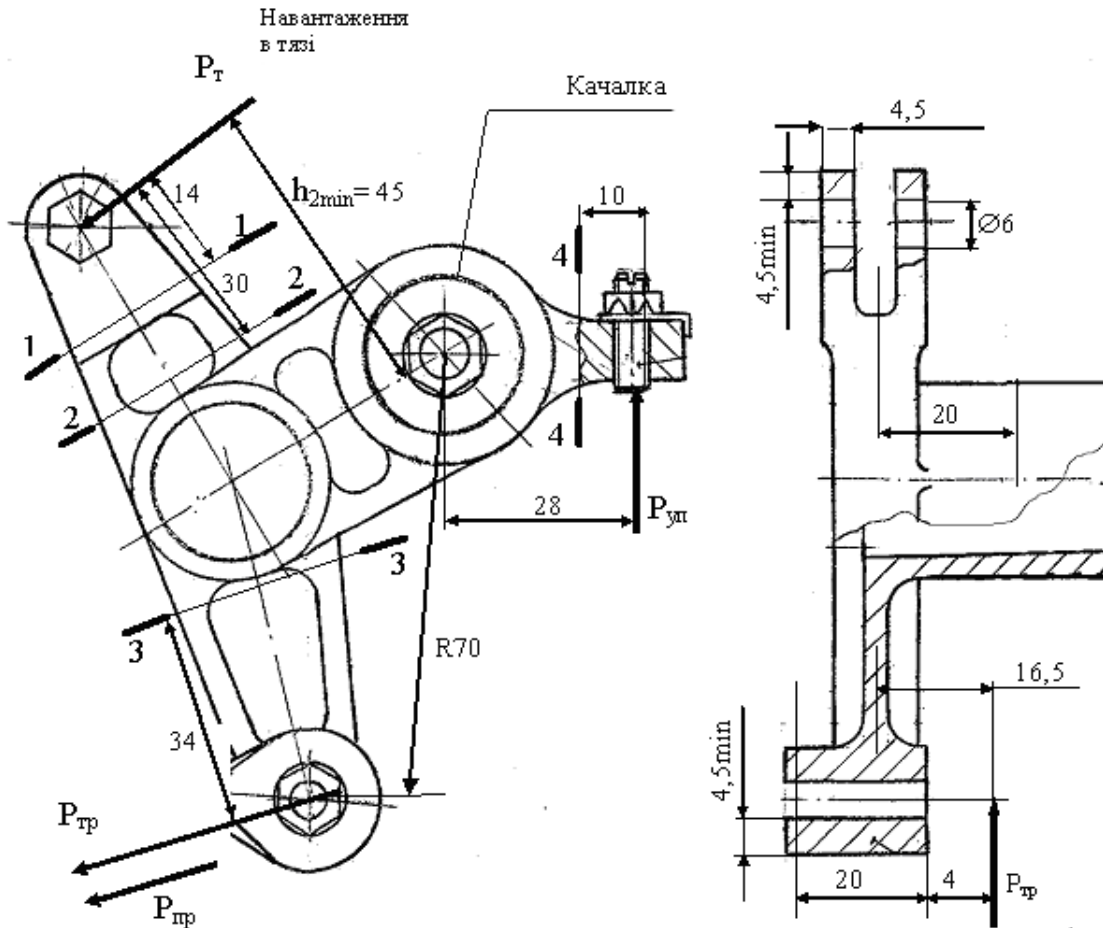


Рис. 3.4 Вузол 1

Зусилля в тязі $P_{тр}=175$ кгс.

Зусилля в тросі $P_T=300$ кгс.

Експлуатаційне навантаження на пружині $P_{пр}^p = 21$ кгс ; приймаємо коефіцієнт безпеки 1,5, тоді $P_{пр}^p = 1,5 \times 21 = 32$ кгс.

Визначимо зусилля упора:

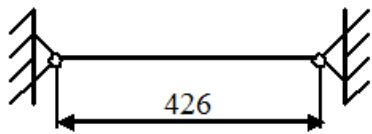
$$P_{уп} = \frac{P_{пр} \times 70}{28} = 80 \text{ кгс.}$$

Тяга

Вибираємо матеріал Д16ЧТ, границя міцності $\sigma_b=4000$ кгс/см².

Виберемо тягу $\varnothing 18$ мм з товщиною стінок 1,5мм, по ОСТ 1 12791-76
 $P_{кр}=2100$ кгс.

Розрахунок на стійкість:



$\varnothing 18$ мм, товщина стінок 1,5мм; площа поперечного перерізу $F=0,78$ см²; момент інерції $I=0,27$ см⁴;

радіус інерції $i=\sqrt{\frac{I}{F}}=58$ см ; $L/i=42,6/0,58=73,5$.

Рис. 3.5 Схематичне зображення тяги

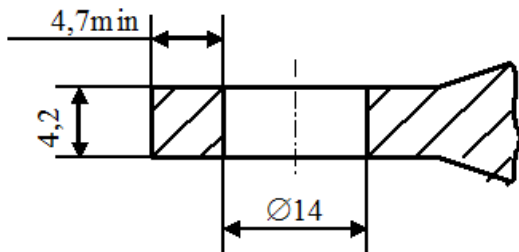
$\sigma_{кр}=1200$ кгс/см².

$\sigma_{сж}=\frac{300}{0,78}=380$ кгс/см².

Запас міцності $\eta>2$.

Вухо

Вибираємо матеріал Д16ЧТ, границя міцності $\sigma_b=4000$ кгс/см².



Зусилля в тязі $P_{тр}=175$ кгс.

Рис. 3.6 Вухо

Руйнуюче зусилля:

руйнуюче зусилля на розривання $P_{разр.}=0,9 \times 4000 \times 2 \times 0,42 \times 0,47=1420$ кгс;

руйнуюче зусилля на зріз $P_{ср.}=0,4 \times 4000 \times 2 \times 0,42 \times \sqrt{1,17^2 - 0,7^2}=1260$ кгс;

$P=4000 \times 1,4 \times 0,42=2350$ кгс.

Середній запас міцності $\eta_{ср}>2$.

Підшипник ШНР6ЮТ

Експлуатаційне зусилля $P^2 = \frac{175}{1,5} = 117$ кгс; $[P]_{5000 \text{ цикл}} = 2000$ кгс, запас міцності

$\eta > 2$.

Качалка

Вибираємо матеріал Ам 4,5 (ВАЛ-10), границя міцності $b_b = 4000$ кгс/см²,
 $[b]_{\text{лит}} = 2670$ кгс/см².

Провушина кріплення тяги

Зусилля в тязі $P_{\text{тр}} = 175$ кгс.

Руйнуюче зусилля:

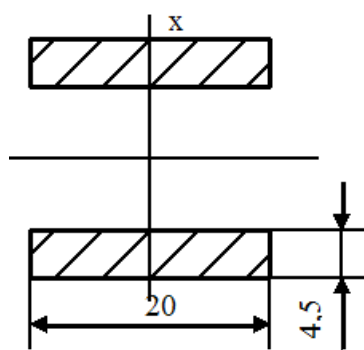
руйнуюче зусилля на розривання $P_p = 0,9 \times 2670 \times 4 \times 0,45 \times 0,45 = 1960$ кгс;

руйнуюче зусилля на зріз $P_{\text{ср}} = 0,4 \times 2670 \times 4 \times 0,45 \times \sqrt{0,75^2 - 0,3^2} = 1340$ кгс;

руйнуюче зусилля на зминання $P_{\text{см}} = 2670 \times 6 \times 0,45 \times 2 = 1620$ кгс.

Середній запас міцності $\eta_{\text{ср}} > 2$.

Переріз 1-1



Момент опору $W_x = 0,6$ см³.

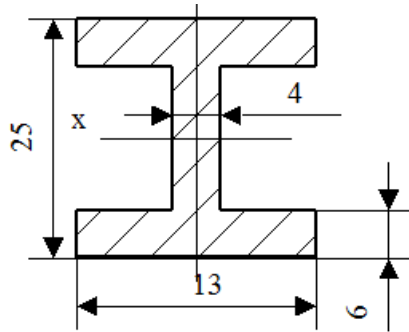
Згинальний момент $M_{\text{и}} = 175 \times 1,4 = 245$ кгс · см.

$b_{\text{и}} = \frac{245}{0,6} = 410$ кгс/см².

Рис. 3.7 Переріз 1-1 (вузел 1)

Запас міцності $\eta > 2$.

Переріз 2-2



Момент опору $W_x=1,22 \text{ см}^3$.

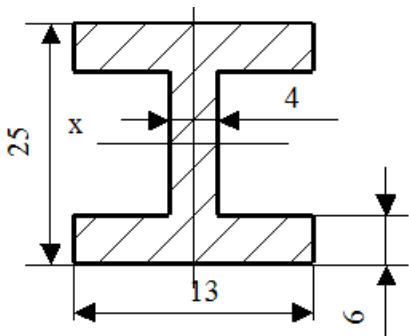
Згинальний момент $M_{изг}=175 \times 3=525 \text{ кгс} \cdot \text{см}$.

$$\sigma_{изг} = \frac{525}{1,22} = 430 \text{ кгс/см}^2.$$

Рис. 3.8 Переріз 2-2 (вузел 1)

Запас міцності $\eta > 2$.

Переріз 3-3



Момент опору $W_x=1,22 \text{ см}^3$.

Момент опору при крутінні:

$$W_{кр} = \frac{1,3}{3 \times 0,6} \cdot (2 \cdot 1,3 \cdot 0,6^3 + 1,3 \cdot 0,4^3) = 0,47 \text{ см}^3.$$

Згинальний момент $M_{изг} = P_{тр} \cdot 3,4 = 175 \cdot 3,4 = 95 \text{ кгс} \cdot \text{см}$.

Крутний момент $M_{кр} = P_{тр} \cdot 1,65 = 290 \text{ кгс} \cdot \text{см}$.

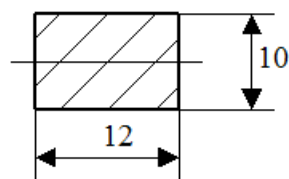
Рис. 3.9 Переріз 3-3 (вузел 1)

$$\sigma_{изг} = \frac{595}{1,22} = 490 \text{ кгс/см}^2; \quad \tau_{кр} = \frac{290}{0,47} = 620 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\sigma_{пр} = \sqrt{490^2 + 3 \times 620^2} = 1180 \text{ кгс/см}^2.$$

$$\eta_{пл} = 2,26.$$

Переріз 4-4



Момент опору $W_x=0,2 \text{ см}^3$;

Згинальний момент $M_{изг} = P_{уп} \times 1 = 80 \text{ кгс} \cdot \text{см}$;

$$\sigma_{изг} = \frac{80}{0,2} = 400 \text{ кгс/см}^2.$$

Рис. 3.10 Переріз 4-4 (вузел 1)

Запас міцності $\eta > 2$.

Різьба М6.

$$\sigma = \frac{80}{3,14 \times 0,6 \times 0,1} = 420 \text{ кгс/см}^2.$$

Запас міцності $\eta > 2$.

Провушина кріплення тросу

$$F_p = 2 \times 2 \times 0,45 = 1,8 \text{ см}^2; W_p = \frac{2^2 \times 0,45}{6} \times 2 = 0,6 \text{ см}^3.$$

Зусилля $N = 175$ кгс; момент $M = 175 \times 1,4 = 245$ кгс · см;

$$\sigma_p = \frac{175}{1,8} + \frac{245}{0,6} = 500 \text{ кгс/см}^2.$$

Запас міцності $\eta > 2$.

Вид А:

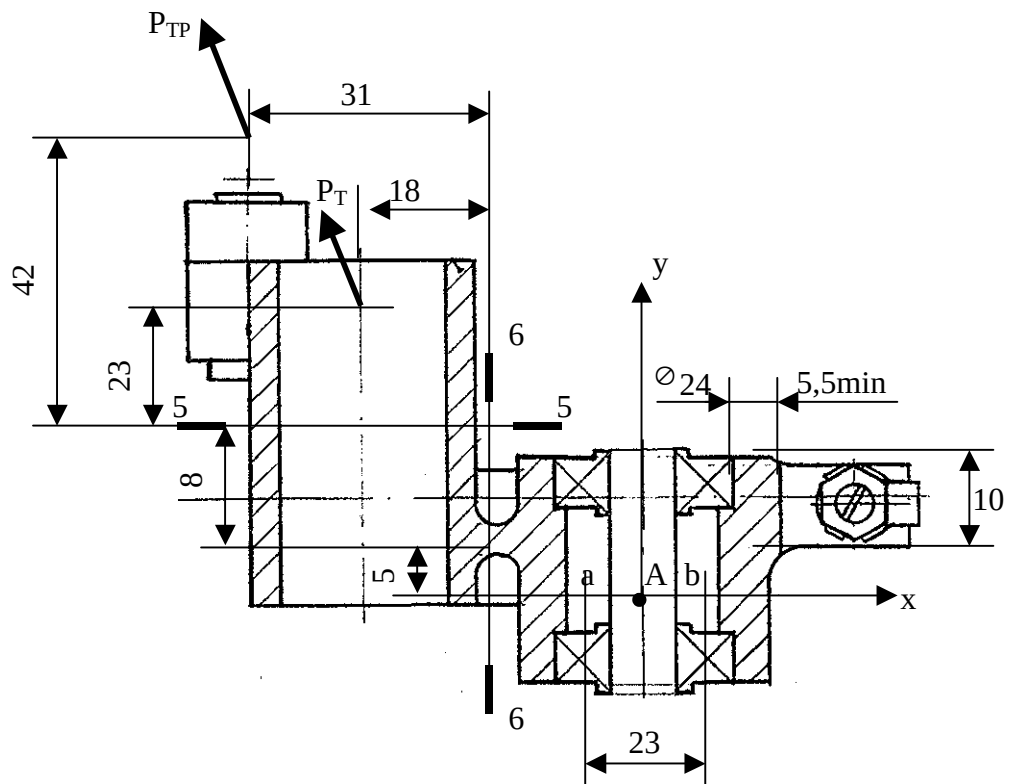


Рис. 3.11 Вузол 1 (вид А)

Зусилля в тязі $P_{тр} = 175$ кгс.

Зусилля в тросі $P_t = 300$ кгс.

В запас міцності вважаємо, що $P_{тр}$ і P_t діють по осі z.

Переріз 5-5

Ø30×22, момент опору при інерції $W_{и}=2,82 \text{ см}^3$, момент опору при крутінні $W_{кр}=5,65 \text{ см}^3$.

Навантаження в перерізі:

згинальний момент $M_{изг}=P_{тр} \times 4,2 + P_{т} \times 2,3 = 1430 \text{ кгс} \cdot \text{см}$;

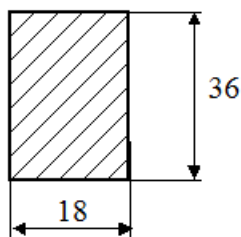
крутний момент $M_{кр}=P_{тр} \times (3,1 - 1,8) = 230 \text{ кгс} \cdot \text{см}$;

$$\sigma = \frac{1430}{2,82} = 510 \text{ кгс/см}^2; \tau_{кр} = 40 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\sigma_{пр} = 510 \text{ кгс/см}^2.$$

Запас міцності $\eta > 2$.

Переріз 6-6



Момент опору $W_z = 3,9 \text{ см}^3$

Момент опору при крутінні:

$$W_{кр} = k_2 \cdot h \cdot b^2 = 0,24 \times 3,6 \times 1,8^2 = 2,84 \text{ см}^3$$

Рис. 3.12 Переріз 6-6 (вид А)

Навантаження в перерізі:

згинальний момент $M_{изг}=P_{тр} \times 3,1 + P_{т} \times 1,8 = 1080 \text{ кгс} \cdot \text{см}$;

крутний момент $M_{кр}=P_{тр} \times 5 + P_{т} \times 3,1 = 1800 \text{ кгс} \cdot \text{см}$;

$$\sigma_{и} = \frac{1080}{3,9} = 280 \text{ кгс/см}^2; \tau = \frac{1800}{2,84} = 630 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\sigma_{пр} = \sqrt{280^2 + 3 \times 630^2} = 1130 \text{ кгс/см}^2.$$

Запас міцності $\eta = 2,36$.

Навантаження в т.А:

$$P_{AZ} = P_{тр} + P_{т} = 475 \text{ кгс};$$

$$M_x = P_{тр} \times (4,2 + 0,8 + 0,5) + P_{т} \cdot (2,3 + 0,8 + 0,5) = 2280 \text{ кгс} \cdot \text{см};$$

$$P_{Ay} = \frac{2280}{2,3} = 990 \text{ кгс};$$

$$P_A = \sqrt{(0,5 \times 475)^2 + 990^2} = 1020 \text{ кгс.}$$

Провушина під підшипник

Руйнуюче зусилля на розривання $P_p = 0,9 \times 2670 \times 2 \times 1 \times 0,55 = 2640 \text{ кгс}$;

руйнуюче зусилля на зріз $P_{cp} = 0,4 \times 2670 \times 2 \times 1 \times \sqrt{1,75^2 - 1,2^2} = 2710 \text{ кгс}$.

Запас міцності $\eta_p = 2,59$.

Сектор

Вибираємо матеріал 1933, границя міцності $b_b = 4400 \text{ кгс/см}^2$.

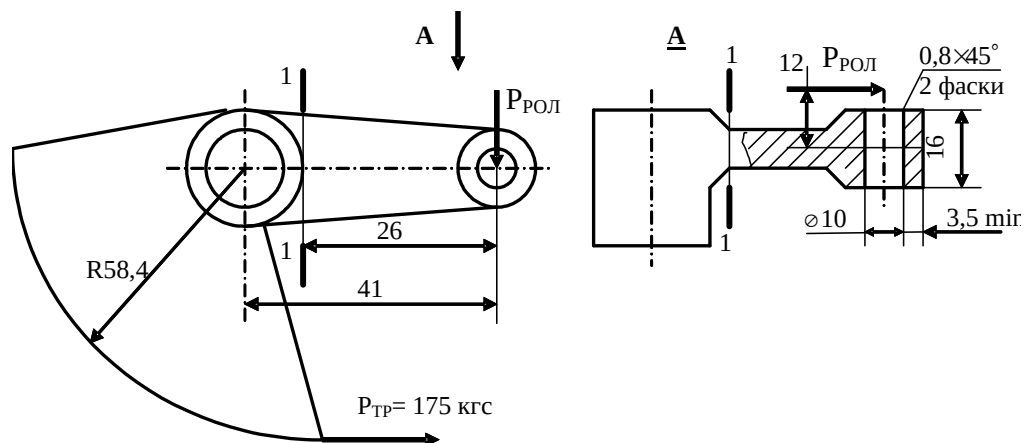


Рис. 3.13 Сектор

Зусилля на ролику $P_{рол} = \frac{P_{тр} \times 58,4}{41} = 250 \text{ кгс}$.

Провушина кріплення ролика

Площа поперечного перерізу ролика $F_p = 1,6 \times 0,35 \times 2 = 1,12 \text{ см}^2$; момент опору

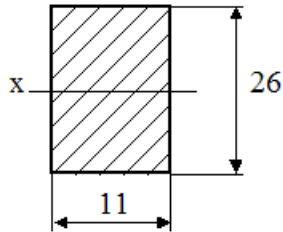
$$W_p = \frac{1,6^2 \times 0,35}{6} \times 2 = 0,3 \text{ см}^2.$$

Зусилля $N = 250 \text{ кгс}$; момент $M = 250 \times 1,2 = 300 \text{ кгс} \cdot \text{см}$;

$$\sigma = \frac{250}{1,12} + \frac{300}{0,3} = 1220 \text{ кгс/см}^2;$$

Запас міцності $\eta > 2$.

Переріз 1-1



Момент опору $W_x = 1,24 \text{ см}^3$.
 Момент опору при крутінні $W_{кр} = k_2 \cdot h \cdot b^2 = 0,25 \cdot 2,6 \cdot 1,1^2 = 0,79 \text{ см}^3$.
 Згинальний момент $M_{изг} = 250 \cdot 2,6 = 650 \text{ кгс} \cdot \text{см}$.
 Крутний момент $M_{кр} = 250 \cdot 1,1 = 275 \text{ кгс} \cdot \text{см}$.

Рис. 3.14 Переріз 1-1 (Сектор)

$$\sigma_{из} = \frac{650}{1,24} = 525 \text{ кгс/см}^2; \quad \tau = \frac{275}{0,79} = 350 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\sigma_{гр} = \sqrt{525^2 + 4 \times 350^2} = 875 \text{ кгс/см}^2.$$

Запас міцності $\eta > 2$.

Ролик

Вибираємо матеріал 07Х16-Ш, HRC=34÷41.

Контакт-лінія – поверхня.

$$\sigma = 0,418 \times \sqrt{\frac{P \times E}{l \times R}}; \quad l = 0,6 \text{ см}^2; \quad R = 1 \text{ см};$$

$$\sigma = 0,418 \times \sqrt{\frac{250 \cdot 0,72 \cdot 10^6}{1 \cdot 0,6}} = 7240 \text{ кгс/см}^2;$$

$$[\sigma]_к = 20\,000 \text{ кгс/см}^2.$$

Запас міцності $\eta > 2$.

3.4. Розрахунок гідравлічної системи гальмування коліс

3.4.1. Розрахунок місткості гідроаккумулятора

Розрахунок місткості гідроаккумулятора для загальмовування стоянки.

Внутрішні витоки в злив робочої рідини при включеному гальмі стоянки здійснюється через:

- два редукційні клапани (агрегати АТК-02-01);
- чотири електрогідравлічних крана УГ135;
- чотири човникових клапана.

По кожному з перерахованих агрегатів приймаємо витоки в злив $3 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3/\text{хв}$.

Таким чином, сумарні витоки будуть рівні:

$$V_{\text{ж}} = 3 \cdot 10^{-7} \cdot 6 \cdot 120 = 2,16 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3,$$

де 120 – дві години стоянки.

Проведемо розрахунок місткості гідроаккумулятора для гальмування у випадку відмови насосної станції:

$V_{\text{пор}} = 5 \text{ см}^3$ потрібний об'єм при максимальному ході поршня;

$n_{\text{пор}} = 20$ кількість поршнів

$n = 10$ число циклів гальмування;

$$V_{\text{ак}} = V_{\text{пор}} \cdot n \cdot n_{\text{пор}} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Приймаємо місткість гідроаккумулятора 1,3 літрів.

3.4.2. Підбір колеса для основної опори шасі

Вибираємо з каталогу гальмівне колесо відповідно до навантаження, діючого на колесо P_{st} , та гальмівної кінетичної енергії W_{k} , що поглинається ним:

$$P_{\text{st}} = 0.93 \cdot G/N = 8.664 \cdot 10^4 \text{ N},$$

$$W_{\text{k}} = 0.00395 \cdot G \cdot V^2/N = 1.677 \cdot 10^7 \text{ N} \cdot \text{m},$$

де G - вага літака при перерваному злеті;

V - швидкість літака;

N - кількість гальмівних коліс.

В якості гальмівного колеса вибираємо колесо КТ 263А з дисковим гальмом. Колесо КТ 263А включає 10 гідравлічних циліндрів, які забезпечують стиснення дисків.

3.4.2. Гідравлічний розрахунок системи гальмування коліс

Розрахунок проведемо за допомогою програмного пакету Mathcad.

«Вихідні дані:

$l = 45 \text{ м}$ – довжина трубопроводу;

$d = 0.008 \text{ м}$ – діаметр трубопроводу;

$\delta_{\text{тр}} = 0.0006 \text{ м}$ – товщина стінок трубопроводу;

$E = 200000 \text{ МПа}$ – модуль пружності матеріалу трубопроводу;

$E_1 = 1.5 \cdot 10^9 \text{ Па}$ – модуль пружності робочої рідини

$P_c = 10 \text{ МПа}$ – тиск в системі;

$P_{\text{т1}} = 1.5 \text{ МПа}$ – тиск холостого ходу поршня;

$P_{\text{т.max}} = 10 \text{ МПа}$ – максимальний гальмівний тиск;

$\gamma = 1020 \text{ Н/м}^3$ – питома вага НГЖ-5У;

$\nu = 20.5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ – кінематична в'язкість;

$k_p = 0.6$ – тиск холостого ходу поршня;

$l_{\text{мерт}} = 0.002 \text{ м}$ – довжина мертвого об'єму поршня;

$d_{\text{пор}} = 0.028 \text{ м}$ – діаметр поршня;

$n_{\text{пор}} = 20$ – кількість поршнів;

$l_{\text{хода}} = 0.008 \text{ м}$ – довжина робочого ходу поршня.

Визначимо приріст початкового геометричного об'єму:

$$V_{\text{п}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{пор}}^2}{4} \cdot l_{\text{хода}} \cdot n_{\text{пор}} = 0.099 \text{ Л.}$$

Визначимо тиск на ділянці 2 (рис. 2.17):

$$P_{\text{т2}} = \frac{1}{3} \cdot P_{\text{т.max}} = 6.667 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Визначимо початковий геометричний об'єм:

$$V_H = \frac{\pi \cdot (d - \delta_{\text{ТР}})^2}{4} \cdot l + \frac{\pi \cdot d_{\text{ПОР}}^2}{4} \cdot l_{\text{мерт}} \cdot n_{\text{ПОР}} = 1.96 \text{ Л.}$$

Визначимо приведенний коефіцієнт витрати:

$$A_d = k_p \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g}{\gamma}} = 0.083.$$

Визначимо площу прохідного перерізу редукційного клапану:

$$Q_{\text{Ж}} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{ХВ};$$

$$F_d = \frac{Q_{\text{Ж}}}{A_d \cdot \sqrt{P_{\text{T,max}}}} = 3.801 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2.$$

Визначимо витрати тиску в трубопроводах від клапана до гальма:

$$P_{\text{П}} = 48 \cdot \frac{v \cdot \gamma}{g} \cdot \frac{1}{d^4} \cdot Q_{\text{Ж}} = 1.124 \cdot 10^5 \text{ Па};$$

$$D = 48 \cdot \frac{v \cdot \gamma}{g} \cdot \frac{1}{d^4} = 1.124 \cdot 10^9 \text{ кг/м}^4 \cdot \text{с.}$$

Визначимо витрату рідини на першій ділянці (рис. 2.17):

$$Q_{1\text{Ж}} = \sqrt{\left(\frac{A_d^2 \cdot F_d^2 \cdot D}{2} \right)^2 + A_d^2 \cdot F_d^2 \cdot \left(P_c - \frac{P_{\text{T1}}}{2} \right) - \frac{A_d^2 \cdot F_d^2 \cdot D}{2}}$$

$$Q_{1\text{Ж}} = 9.562 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с.}$$

Визначимо час загальмовування на першій ділянці (рис. 2.17):

$$\tau_1 = \frac{V_{\text{П}}}{Q_{1\text{Ж}}} = 1.03 \text{ с.}$$

Визначимо прохідний переріз трубопроводу:

$$F_{\text{ТР}} = \frac{(d - \delta_{\text{ТР}})^2}{4} = 1.369 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2.$$

Визначимо загальний (сумарний) об'єм:

$$V_c = V_H + V_{\text{П}} = 2.059 \text{ Л.}$$

Визначимо коефіцієнт пружності системи:

$$K_0 = F_{\text{ТР}} \cdot \left(\frac{d}{\delta_{\text{ТР}} \cdot E} + \frac{1}{E_1} \right) + \frac{V_c}{E_1} = 1.824 \cdot 10^{-12} \text{ м}^4 \cdot \text{с}^2/\text{кг.}$$

Визначимо витрату рідини на другій ділянці (рис. 2.17):

$$Q_{2ж} = \sqrt{\left(\frac{A_d^2 \cdot F_d^2 \cdot D}{2}\right)^2 + A_d^2 \cdot F_d^2 \cdot \left(p_c - \frac{p_{т1} + p_{т2}}{2}\right)} - \frac{A_d^2 \cdot F_d^2 \cdot D}{2}$$

$$Q_{2ж} = 8.652 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с.}$$

Визначимо витрату рідини на третій ділянці (рис. 2.17):

$$Q_{3ж} = \sqrt{\left(\frac{A_d^2 \cdot F_d^2 \cdot D}{2}\right)^2 + A_d^2 \cdot F_d^2 \cdot \left(p_c - \frac{p_{т2} + p_{т3}}{2}\right)} - \frac{A_d^2 \cdot F_d^2 \cdot D}{2}$$

$$Q_{3ж} = 7.015 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с.}$$

Визначимо витрату рідини на четвертій ділянці (рис. 2.17):

$$Q_{4ж} = \sqrt{\left(\frac{A_d^2 \cdot F_d^2 \cdot D}{2}\right)^2 + A_d^2 \cdot F_d^2 \cdot \left(p_c - \frac{p_{т3} + p_{т.max}}{2}\right)} - \frac{A_d^2 \cdot F_d^2 \cdot D}{2}$$

$$Q_{4ж} = 4.027 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с.}$$

Визначимо час загальмовування на другій ділянці (рис. 2.17):

$$\Delta\tau_2 = \frac{p_{т2} - p_{т1}}{\frac{Q_{2ж}}{K_0}} = 0.039 \text{ с.}$$

Визначимо час загальмовування на третій ділянці (рис. 2.17):

$$\Delta\tau_3 = \frac{p_{т3} - p_{т2}}{\frac{Q_{3ж}}{K_0}} = 0.087 \text{ с.}$$

Визначимо час загальмовування на четвертій ділянці (рис. 2.17):

$$\Delta\tau_4 = \frac{p_{т.max} - p_{т3}}{\frac{Q_{4ж}}{K_0}} = 0.151 \text{ с.}$$

Визначимо час загальмовування:

$$T_{зат} = \Delta\tau_1 + \Delta\tau_2 + \Delta\tau_3 + \Delta\tau_4 = 1.31 \text{ с.}$$

Час загальмовування в результаті гідравлічного розрахунку складає 1.31 секунд. Цей результат задовольняє час загальмовування для сучасних літаків.» [12]

3.5. Побудова моделі основного режиму гальмування коліс в середовищі

AMESim

3.5.1. Розрахунок та підбір параметрів для побудови моделі основного режиму гальмування коліс в середовищі AMESim

«Для моделювання роботи основного режиму гальмування коліс виберемо одну стійку основної опори шасі в зв'язку з тим, що інша стійка аналогічна. В цьому нам допоможе спеціальна література

Значення довжини та діаметру трубопроводу приймаємо аналогічним літаку прототипу. В якості робочої рідини беремо рідину НГЖ-5У, так як вона вибухопожежобезпечна і використовується на літаку аналогу. Максимальний редуційний тиск приймаємо 10 МПа.

Джерелом витрати служить джерело витрати основної гідросистеми 1 (рис. 3.15). Робота редуційного клапана 2 моделюється переливним клапаном, який підтримує тиск 100 бар. В системі встановлений двохсторонній дросель 3.

Електрогідравлічний кран 4 імітує роботу електрогідравлічного крана УГ135. Човниковий клапан 6 дає можливість подання тиску від джерела тиску резервної гідросистеми 7.

Мертвий об'єм циліндрів 8 також зімітований. Моделювання циліндрів забезпечуємо за допомогою циліндрів 9. Зворотна пружина 10 повертає поршень в початкове положення.» [10]

Для моделювання гальма нам потрібна тільки маса дисків та жорсткість пружини для імітації роботи стиснення гальмівних дисків. Кількість обертаючихся дисків 4, а не обертаючихся – 5; маса обертаючихся дисків складає 2,5 кг, а не обертаючихся – 2,4 кг. Таким чином маса гальмівних дисків 11 складає 22 кг.

Пружина імітації стиснення гальмівних дисків 12 також змодельована. На основі даних розрахунків побудуємо модель основного режиму гальмування коліс для однієї з стійок основної опори шасі в середовищі AMESim.

Розрахунок проведемо за допомогою програмного пакету Mathcad.

Вихідні дані:

$d_{\Pi} = 28$ мм – діаметр поршня;

$n_{\Pi} = 10$ мм – кількість поршнів;

$V_{\Pi} = 5$ см³ – потрібний об'єм при максимальному ході поршня;

$\rho = 1020$ кг/м³ – густина НГЖ-5У;

$l_{\text{хх}} = 2$ мм – холостий хід;

$P_{\Gamma} = 100$ бар – тиск в гальмах;

$P_{\text{хх}} = 15$ бар – тиск при ході поршня на холостий хід;

Робоча площа поршня:

$$S_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot d_{\Pi}^2}{4} = 6.158 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Робочий хід поршня:

$$l_{\Pi} = \frac{V_{\Pi}}{S_{\text{пр}}} = 8.12 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Зусилля, котре розвиває один поршень:

$$F_{\Pi} = S_{\text{пр}} \cdot P_{\Gamma} = 6.158 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

Визначення мертвого об'єму:

$$l_{\text{м}} = 2 \text{ мм};$$

$$V_{\text{м}} = l_{\text{м}} \cdot S_{\text{пр}} = 1.232 \cdot 10^{-3} \text{ л}.$$

Зусилля, котре розвиває гальмівне колесо:

$$F_{\text{ГК}} = n_{\Pi} \cdot F_{\Pi} = 6.158 \cdot 10^4 \text{ Н}.$$

Зусилля, котре розвиває поршень на кінці холостого ходу:

$$F_{\text{ПКХХ}} = S_{\text{пр}} \cdot P_{\text{хх}} = 9.628 \cdot \text{Н}.$$

Визначення жорсткості пружини:

$$K_{\text{пр}} = \frac{F_{\text{ПКХХ}}}{l_{\text{хх}}} = 4.618 \cdot 10^5 \text{ Н/м}.$$

Зусилля, котре розвиває пружина на кінці повного ходу:

$$F_{\text{ПХ}} = K_{\text{пр}} \cdot l_{\Pi} = 3.75 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

Припустимо, що початкове зусилля на початку ходу складає половину зусилля від ходу на холостий хід:

$$F_{\text{ПЗХ2}} = \frac{F_{\text{ПКХХ}}}{2} = 461.814 \cdot \text{Н.}$$

Визначення жорсткості пружини для імітації роботи стиснення гальмівних дисків:

$$K_{\text{пргд}} = \frac{F_{\text{ГК}} - F_{\text{ПЗХ2}} \cdot n_{\text{п}} - F_{\text{ПХ}} \cdot n_{\text{п}}}{l_{\text{п}} - l_{\text{ХХ}}} = 3.179 \cdot 10^6 \text{ Н/м.}$$

Визначення діаметру дроселя:

$$Q = \mu \cdot f \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \Delta P};$$

$\mu = 0.7$ – коефіцієнт витікання;

$Q = 5800 \text{ см}^3/\text{хв}$ – витрата через дросель;

$\Delta P = 100 \text{ бар}$ – перепад тиску на дроселі;

$$f = \frac{Q}{\mu \cdot f \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \Delta P}} = 9.982 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2;$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot f}{\pi}} = 1.121 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

3.5.2. Результати проведених досліджень

Модель основного режиму гальмування коліс в середовищі AMESim представлена на рис. 3.15.



Основна система гальмування коліс

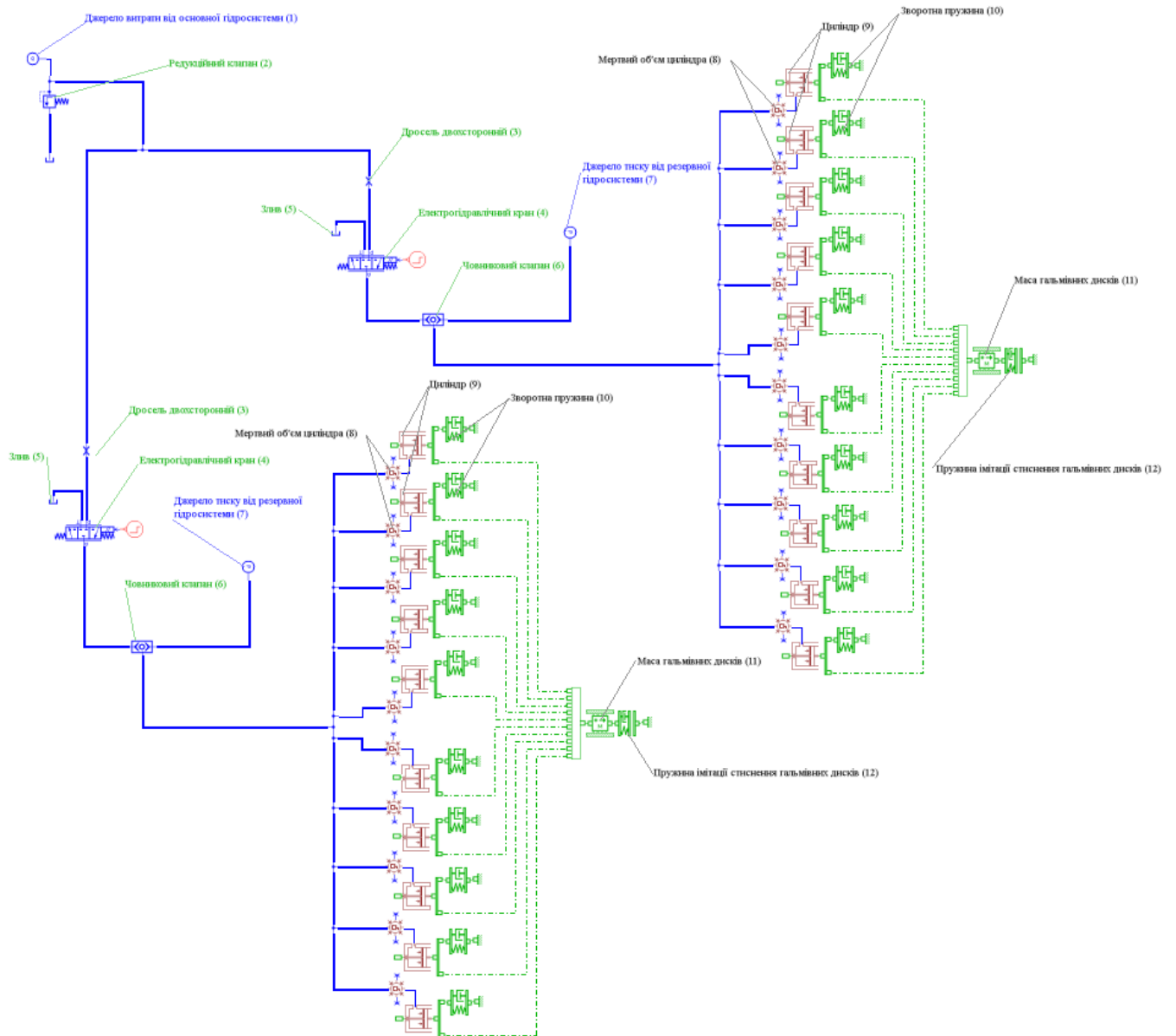


Рис. 3.15 Модель основного режиму гальмування коліс

В результаті побудови даної моделі визначено час загальмовування в основному режимі гальмування (рис. 3.16).

Час загальмовування в результаті моделювання в середовищі AMESim складає 1.4 секунди.

Даний результат задовольняє величину часу загальмовування для сучасних літаків, який складає 1-1.5 секунди.

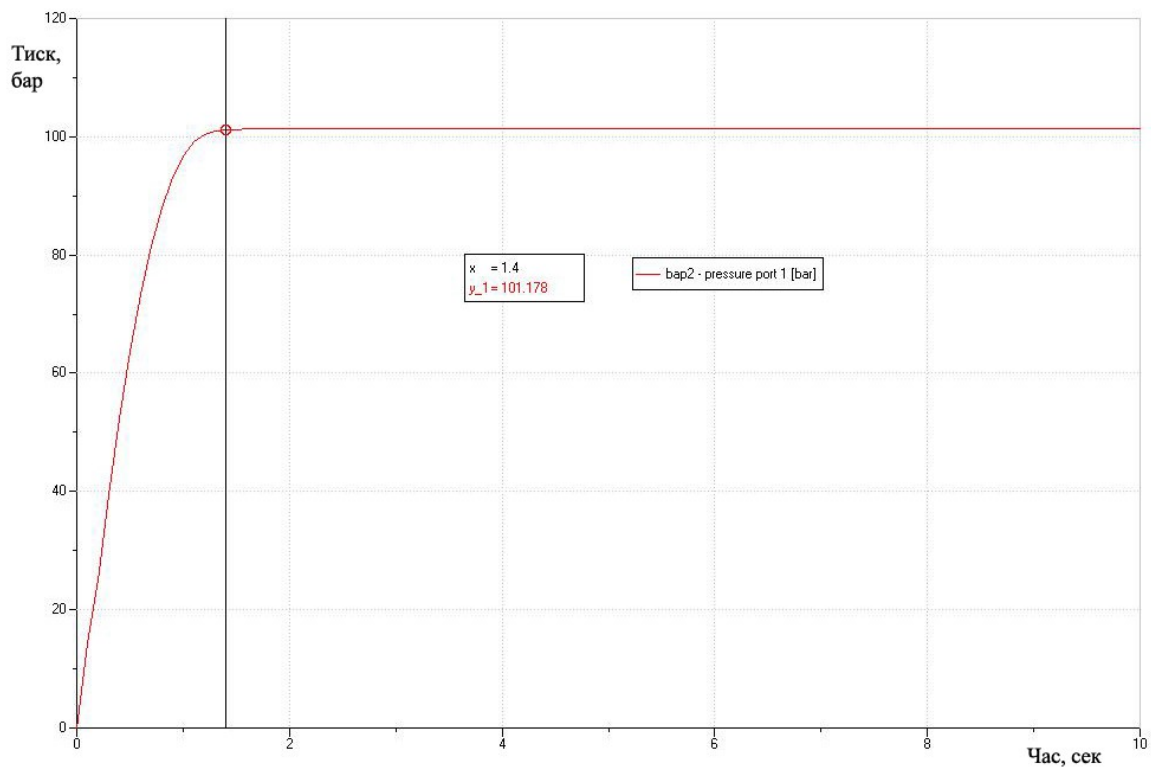


Рис. 3.16 Залежність тиску від часу в основному режимі гальмування

3.6 Аналіз отриманих результатів досліджень

3.6.1. Порівняння результатів моделювання, гідравлічного розрахунку та льотних випробувань

Порівняємо результати отримані з гідравлічного розрахунку, моделі та льотних випробувань.

Час загальмовування в результаті гідравлічного розрахунку (див. розділ 3.4.) склав 1.31 секунд, а в моделі (див. розділ 3.5.2.) – 1.4 секунд.

З графіка льотних випробувань (рис. 3.17) знаходимо час загальмовування при максимальному ході педалей льотчика, який складає 1.5 секунд.

Різниця між результатами часу загальмовування в гідравлічному розрахунку та льотних випробуваннях складає 12,7%. Можна зробити висновок, що гідравлічний розрахунок не точно описує роботу основного режиму гальмування коліс так як він

не включає імітацію стиснення гальмівних дисків на відміну від моделі в середовищі AMESim.

Різниця між результатами часу загальмовування в моделі та льотних випробуваннях складає 6,7%.

Отже можна зробити висновок, що дана модель досить точно описує роботу основного режиму гальмування коліс.

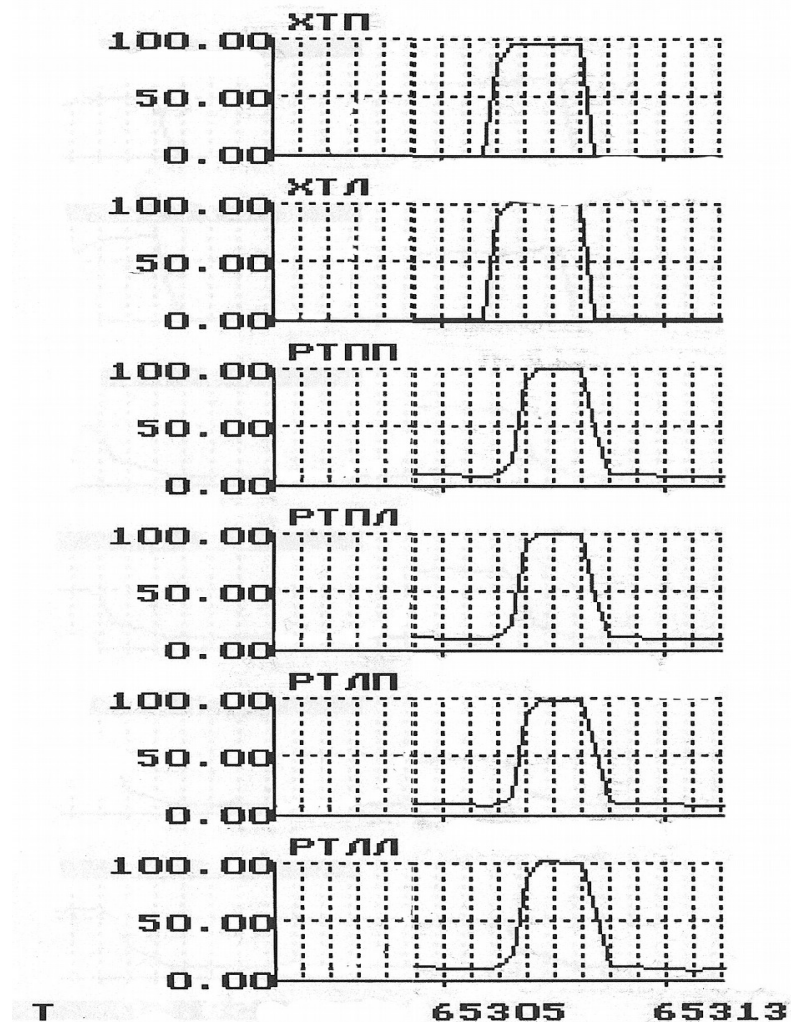


Рис. 3.17 Графік льотних випробувань

На графіку приведені зміни по часі(Т): ХТП(% від максимального) – хід правої гальмівної педалі; ХТЛ(% від максимального) – хід лівої гальмівної педалі; РТПП (кгс/см²) – тиск гальма в правій стійці правого колеса основної опори шасі; РТПЛ (кгс/см²) – тиск гальма в правій стійці лівого колеса основної опори шасі; РТЛП (кгс/см²) – тиск гальма в лівій стійці правого колеса основної опори шасі; РТЛЛ (кгс/см²) – тиск гальма в лівій стійці лівого колеса основної опори шасі.

3.6.2. Параметричний аналіз моделі основного режиму гальмування коліс в середовищі AMESim

Так як дана модель досить точно моделює роботу гальмівної системи, проведемо оптимізацію часу загальмовування в залежності від конструктивних та експлуатаційних параметрів:

- величини витрати;
- діаметру трубопроводів;
- динамічної в'язкості в залежності від температури.

3.6.2.1. Аналіз впливу конструктивних параметрів

До конструктивних параметрів відноситься величина витрати та діаметру трубопроводів.

Задамо величину витрати 20 л/хв, 15 л/хв, 10 л/хв, 8 л/хв, 6 л/хв, 5 л/хв, 3 л/хв та 1 л/хв для проведення розрахунків (рис. 3.18).

Select a component then drag its parameters into this list to make them control parameters										
Submodel	Parameter	Unit	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4	Set 5	Set 6	Set 7	Set 8
flowsource [QS00-1]	flow rate at start of stage 1	L/min	20	15	10	8	6	5	3	1
flowsource [QS00-1]	flow rate at end of stage 1	L/min	20	15	10	8	6	5	3	1

Рис. 3.18 Величина витрати

В результаті параметризації отримуємо такі дані, представлені на рис. 3.19, рис. 3.20 та рис. 3.21.

На графіках (рис. 3.19 рис. 3.20 рис. 3.21 рис. 3.23рис. 3.24 та рис. 3.25) бачимо неістотне ($\approx 1 \div 4\%$) перевищення величини тиску 100 бар за рахунок недосконалої роботи редуційного клапану.

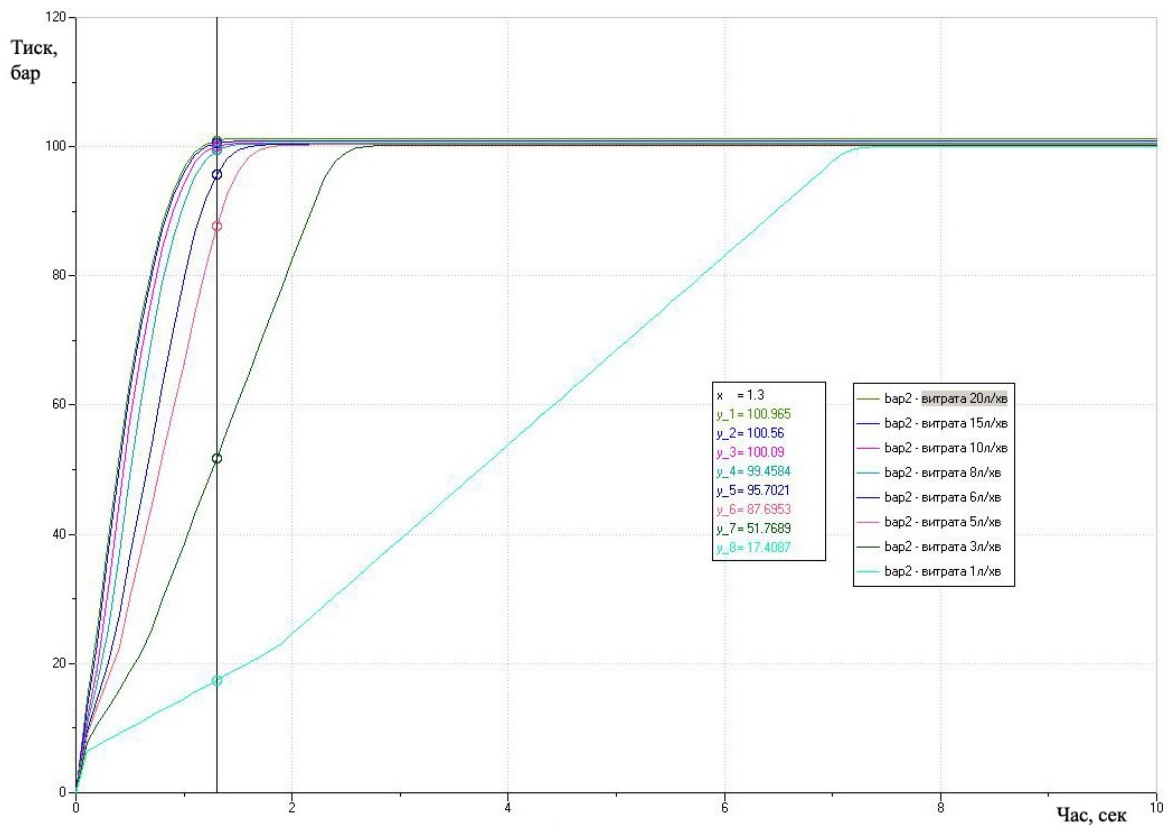


Рис. 3.19 Залежність часу загальмовування від витрати (час 1.3 сек.)
 Для часу загальмовування 1.3 секунди досить витрати в 10 л/хв.

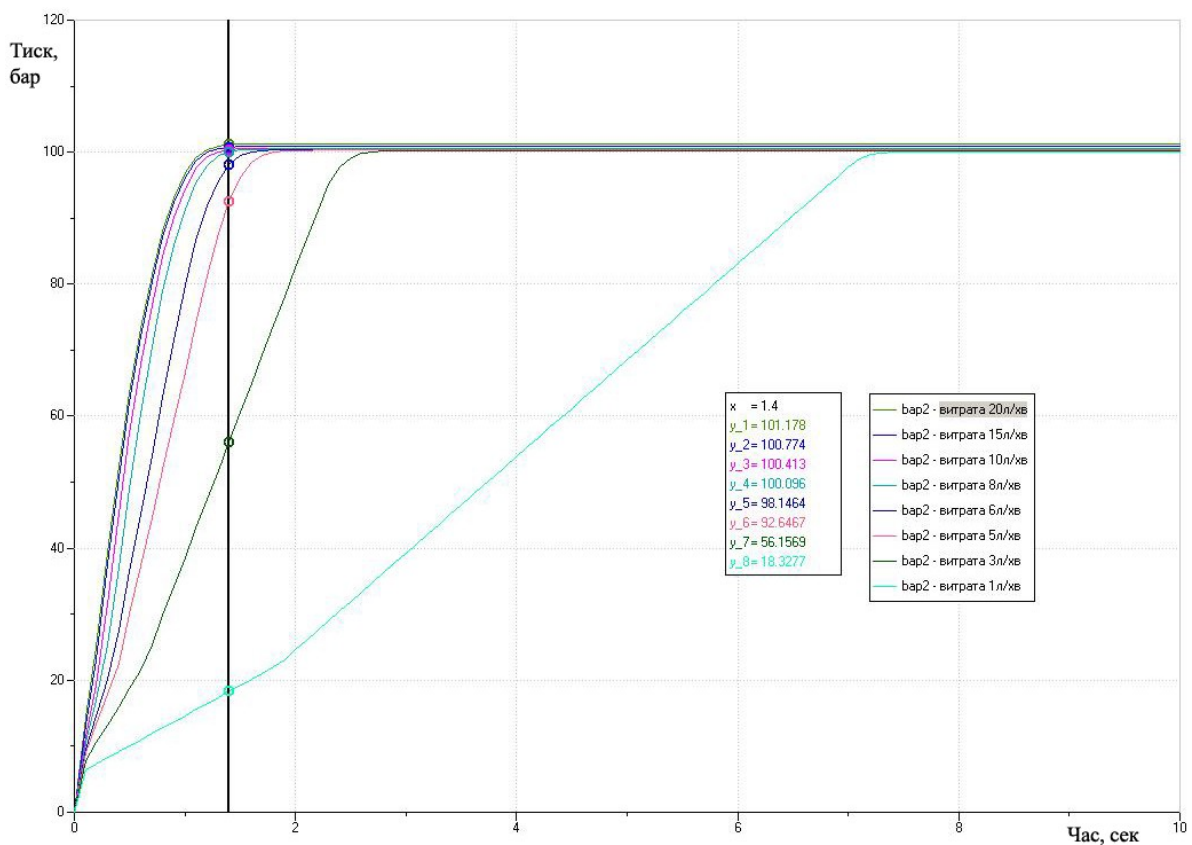


Рис. 3.20 Залежність часу загальмовування від витрати (час 1.4 сек.)

Для часу загальмовування 1.4 секунди досить витрати в 8 л/хв.

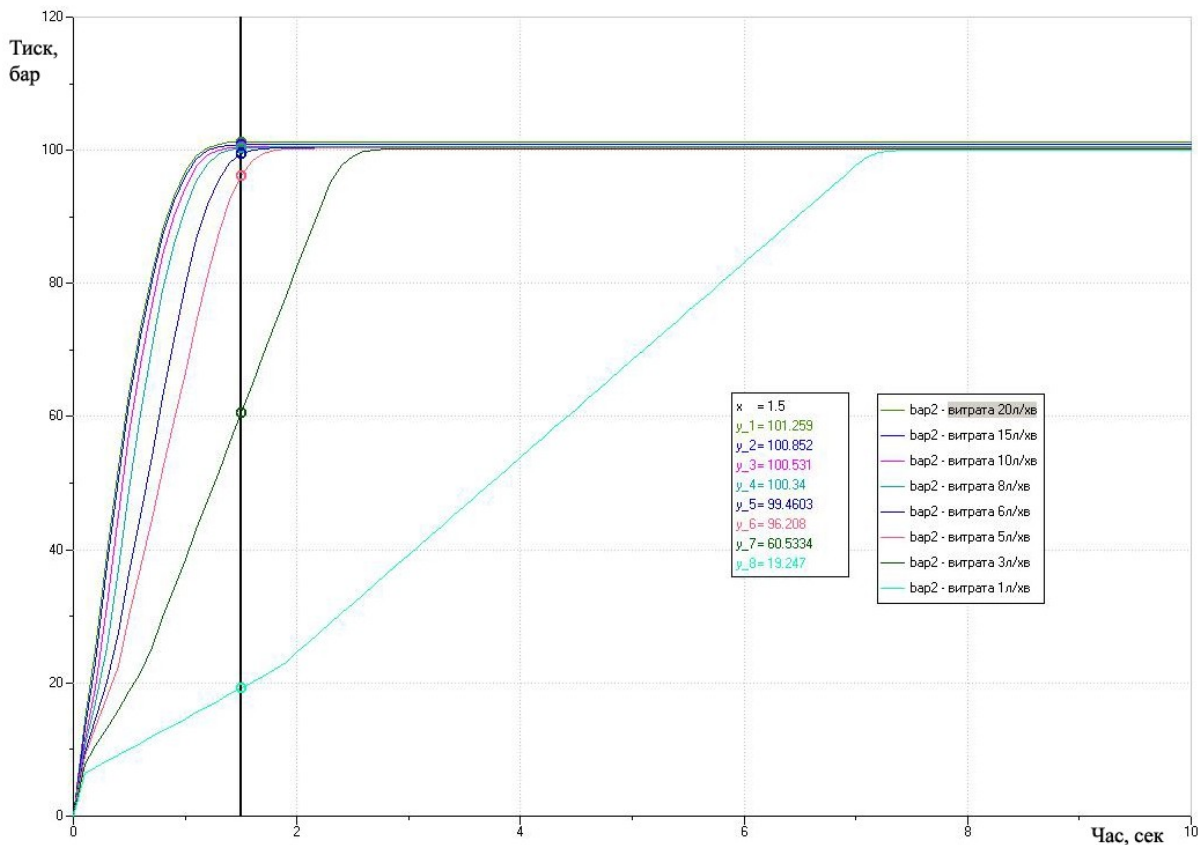


Рис. 3.21 Залежність часу загальмовування від витрати (час 1.5 сек.)

Для часу загальмовування 1.5 секунди досить витрати в 8 л/хв.

На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що оптимальним варіантом являється витрата в 8 л/хв.

Задамо величину діаметру трубопроводів згідно стандарту 6 мм; 8 мм; 10 мм; 12 мм; 14 мм; 16 мм та 18 мм для проведення розрахунків (рис. 3.22).

Select a component then drag its parameters into this list to make them control parameters

Submodel	Parameter	Unit	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4	Set 5	Set 6	Set 7
h2port_4 [HL01-12]	diameter of pipe	mm	6	8	10	12	14	16	18
h2port_5 [HL03-2]	diameter of pipe	mm	6	8	10	12	14	16	18
h2port_4_2 [HL03-1]	diameter of pipe	mm	6	8	10	12	14	16	18
h2port_2_3 [HL000-1]	diameter of pipe	mm	6	8	10	12	14	16	18
h2port_2 [HL01-10]	diameter of pipe	mm	6	8	10	12	14	16	18
h2port_20 [HL01-1]	diameter of pipe	mm	6	8	10	12	14	16	18

Рис. 3.22 Величина діаметру трубопроводів

В результаті параметризації отримаємо такі дані, представлені на рис. 3.23, рис. 3.24 та рис. 3.25.

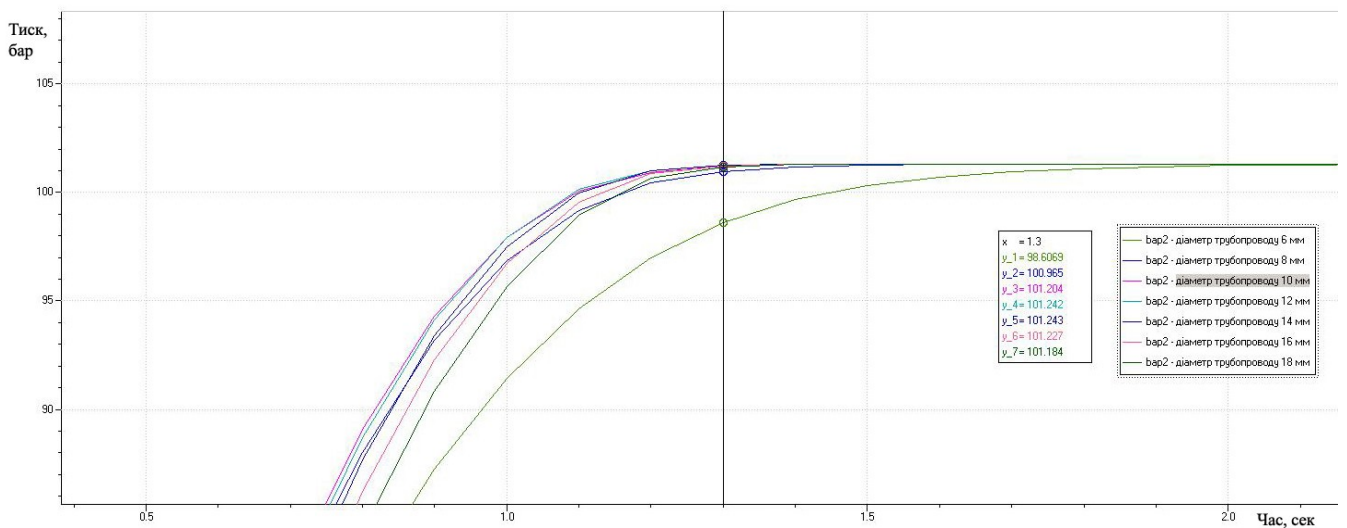


Рис. 3.23 Залежність часу загальмовування від діаметру трубопроводів (час 1.3 сек.)

Для часу загальмовування 1.3 секунди задовольняє величина діаметру трубопроводів в діапазоні від 10 мм до 18 мм.

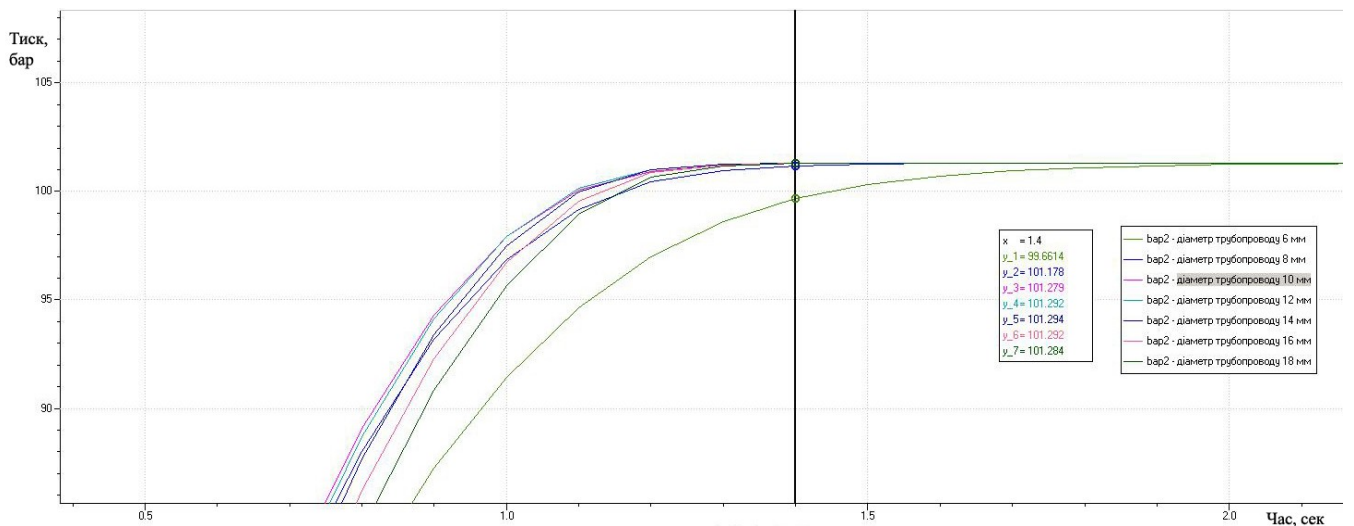


Рис. 3.24 Залежність часу загальмовування від діаметру трубопроводів (час 1.4 сек.)

Для часу загальмовування 1.4 секунди задовольняє величина діаметру трубопроводів в діапазоні від 8 мм до 18 мм.

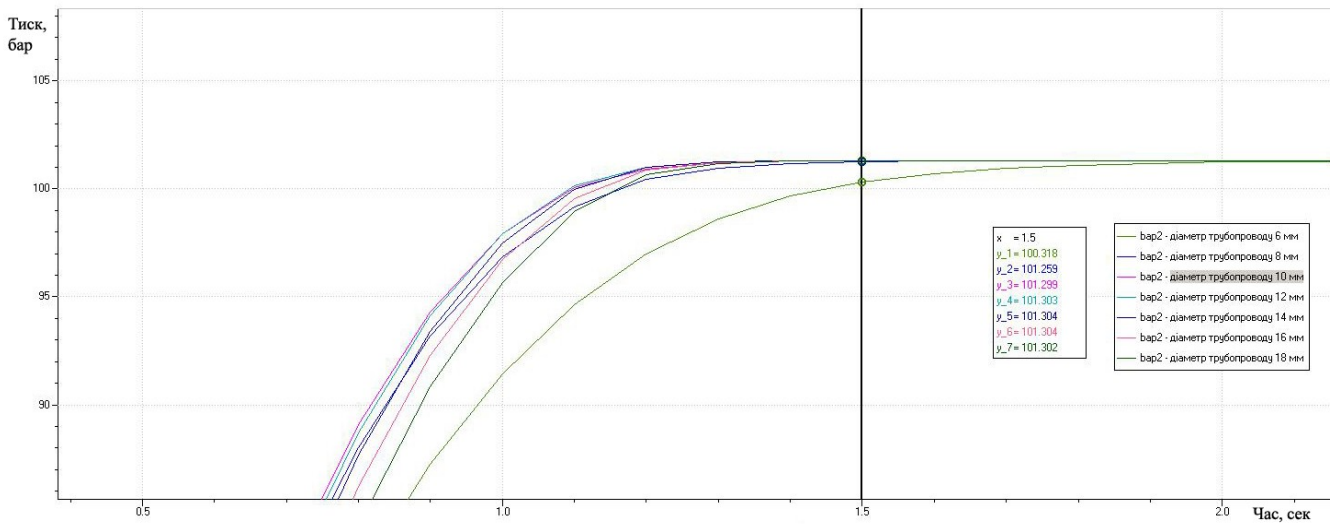


Рис. 3.25 Залежність часу загальмовування від діаметру трубопроводів (час 1.5 сек.)

Для часу загальмовування 1.5 секунди задовольняє величина діаметру трубопроводів в діапазоні від 8 мм до 18 мм.

На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що оптимальним варіантом являється величина діаметру трубопроводів в діапазоні від 8 мм до 18 мм. Так як діаметр трубопроводу пов'язаний з кількістю рідини, а це в свою чергу вага гальмівної системи, то потрібно вибирати якомога менший діаметр трубопроводу. З цих міркувань оптимальним варіантом являється діаметр трубопроводу 8 мм.

3.6.2.2. Аналіз впливу експлуатаційних параметрів

До експлуатаційних параметрів відноситься величина динамічної в'язкості в залежності від температури.

Задамо величину динамічної в'язкості для НГЖ-5У в залежності від температури (таб. 3.1) 50°C; 20°C; 0°C; та -20°C для проведення розрахунків (рис. 3.26).

Таблиця 3.1

Величина кінематичної та динамічної в'язкості для НГЖ-5У в залежності від температури

температура, °C	кінематична в'язкість, сСт	динамічна в'язкість, мПа·с
-60	4200	4284
-50	1664	1697,28

-40	624	636,48
-30	280	285,6
-20	170	173,4
-10	90	91,8
0	60	61,2
10	40	40,8
20	20,5	20,91
50	8,5	8,67

Select a component then drag its parameters into this list to make them control parameters

Submodel	Parameter	Unit	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4	
elementaryhydraulicprops_2 [FP01-1]	temperature	degC		50	20	0	-20
elementaryhydraulicprops_2 [FP01-1]	absolute viscosity	cP		8.67	20.91	61.2	173.4

Рис. 3.26 Величина динамічної в'язкості в залежності від температури

В результаті параметризації отримаємо такі дані, представлені на рис. 3.27 рис. 3.28 та рис. 3.29

На графіках (рис. 3.27 рис. 3.28 та рис. 3.29) бачимо неістотне ($\approx 1 \div 5\%$) перевищення величини тиску 100 бар за рахунок недосконалої роботи редукційного клапану.

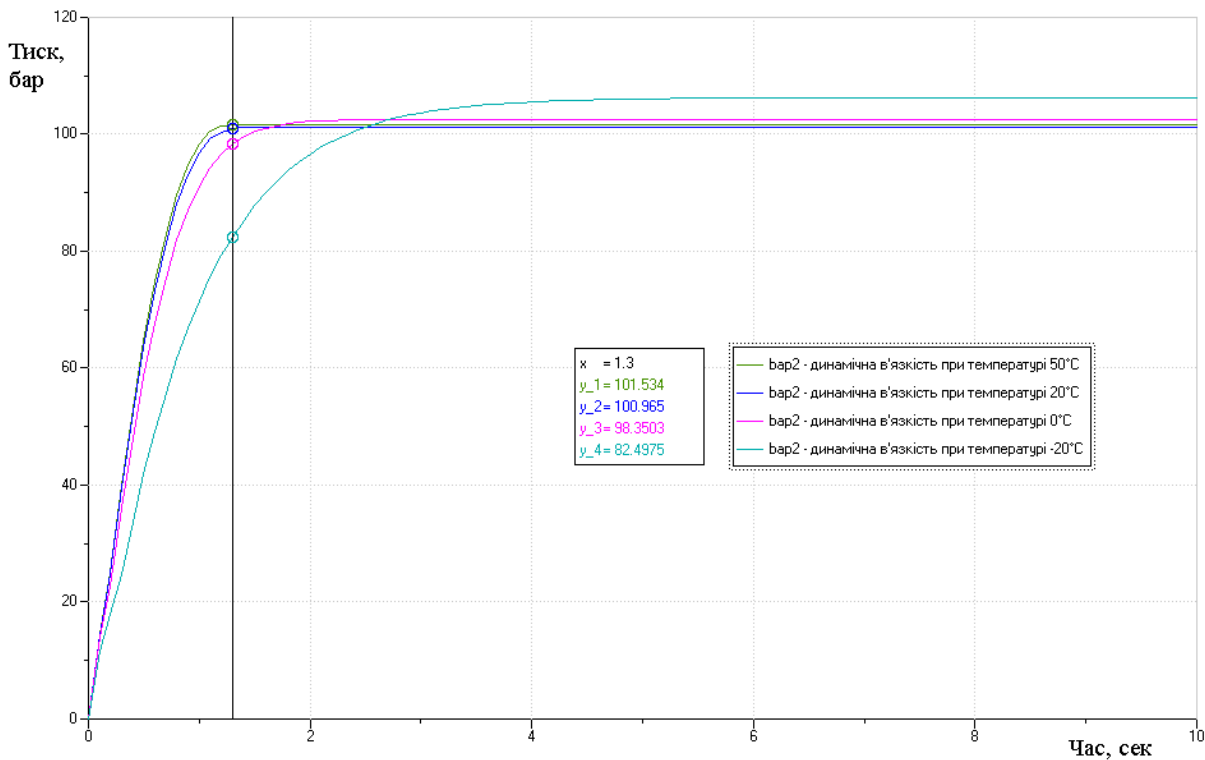


Рис. 3.27 Залежність часу загальмовування від динамічної в'язкості при різних температурах (час 1.3 сек.)

Для часу загальмовування 1.3 секунди задовольняє величина динамічної в'язкості в діапазоні температур від 50°C до 20°C.

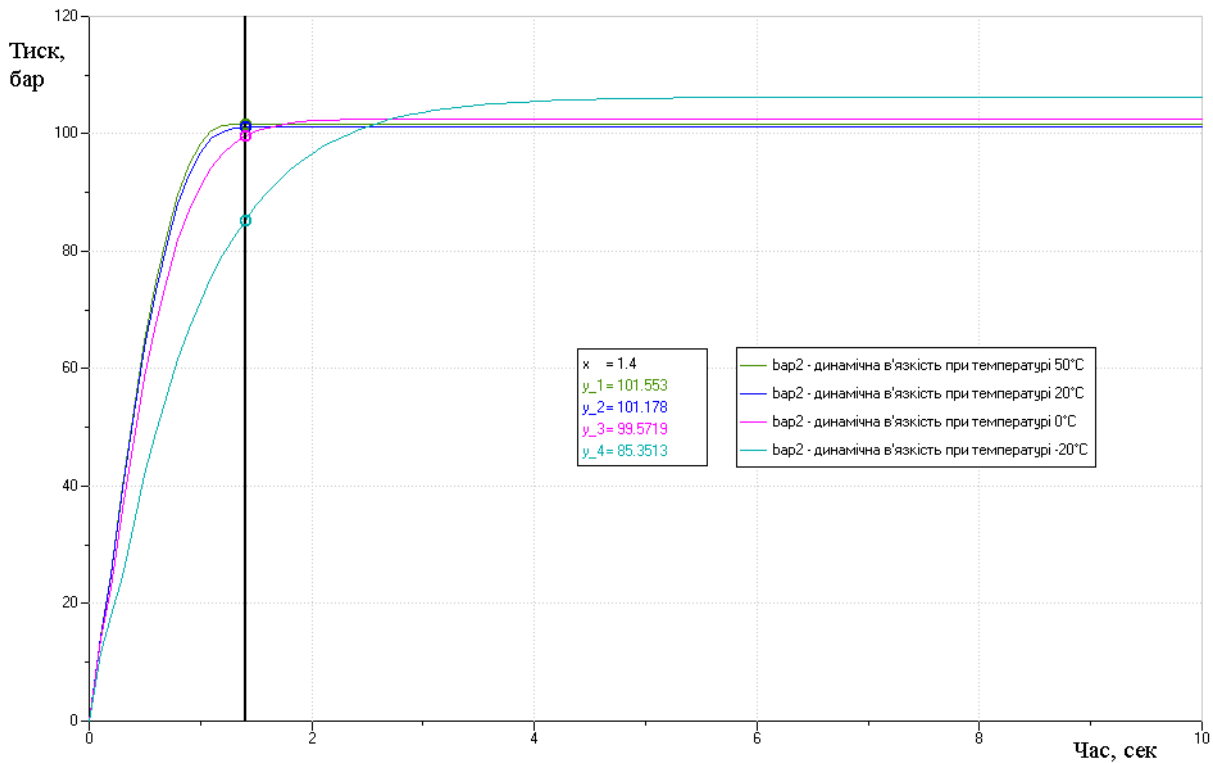


Рис. 3.28 Залежність часу загальмовування від динамічної в'язкості при різних температурах (час 1.4 сек.)

Для часу загальмовування 1.4 секунди задовольняє величина динамічної в'язкості в діапазоні температур від 50°C до 0°C.

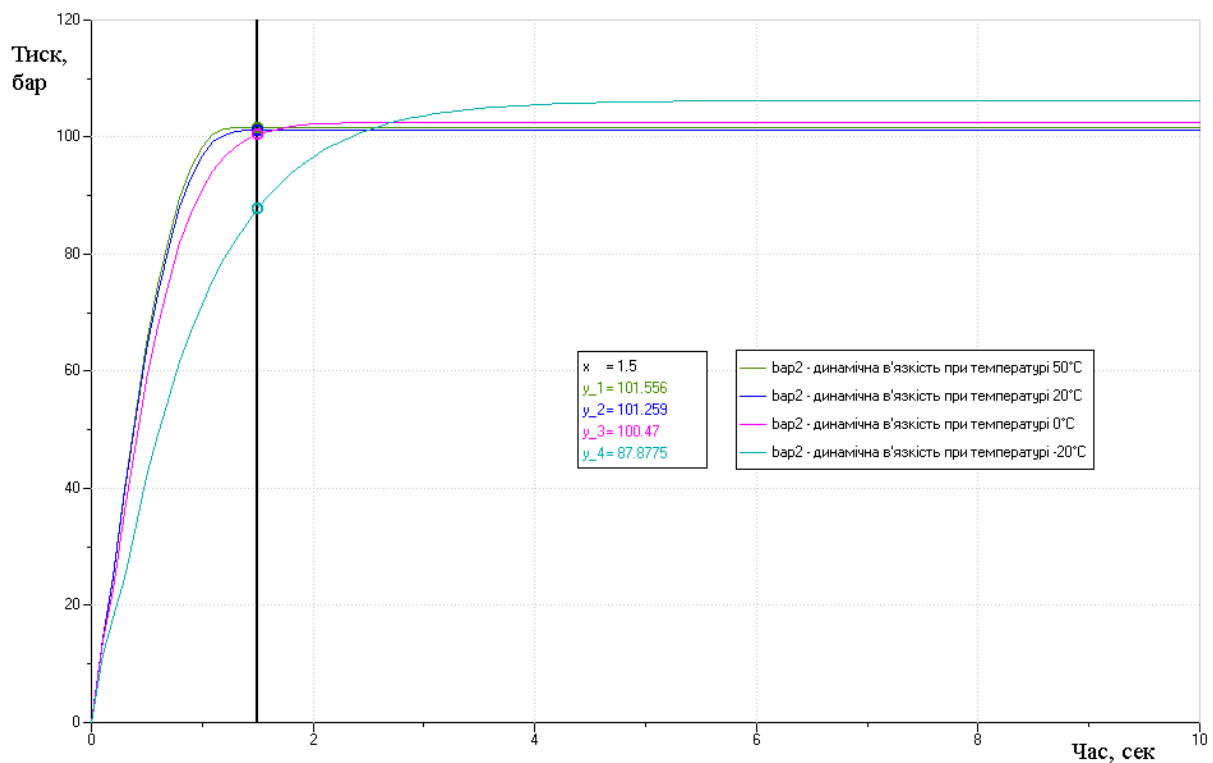


Рис. 3.29 Залежність часу загальмовування від динамічної в'язкості при різних температурах (час 1.5 сек.)

Для часу загальмовування 1.5 секунди задовольняє величина динамічної в'язкості в діапазоні температур від 50°C до 0°C.

На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що оптимальним варіантом являється величина динамічної в'язкості в діапазоні температур від 50°C до 0°C для не прогрітої гідросистеми.

Всі отримані дані прораховані для не прогрітої гідросистеми. При експлуатації для того, щоб укластися в час загальмовування 1,5 секунд на літаку передбачено прогрів гідросистеми перед польотом шляхом неодноразового спрацьовування системи.

3.7. Висновки

Основними вимогами до гальмівної системи приведені у вище зазначеному розділі Шасі, частини 25 Авіаційних правил «Норми льотної придатності літаків транспортної категорії» Міждержавного авіаційного комітету.

Процес встановлення на літальний апарат всіх типів коліс і гальм, проводиться тільки після кваліфікаційно стендових випробувань, порядки проведення, обсяги якого описані документами

– «Авіаційні Правила України АПУ 21 - Процедури сертифікації авіаційної техніки»;

– «Кваліфікаційні вимоги КТ32-01А - Авіаційні колеса».

Випробування коліс і гальм складається з стендових та льотних випробувань.

Стенові випробування включають:

– випробування коліс на статичну міцність;

- випробування колеса від дії внутрішнього тиску;
- випробування колеса на випадок дії руйнівного гальмівного моменту;
- випробування коліс на втомну міцність;
- основні гальмівні характеристики гальма і його температурний режим;
- випробування гальма на ресурс;
- стендові іспити гальмівних систем і систем протиюзової автоматики.

Льотні випробування перевіряють і підтверджують придатність коліс і гальмівних систем до експлуатації їх на літаку. Випробування включають в себе:

- визначення довжини післяпосадкового пробігу та ефективності гальмування;
- визначення оптимального тиску в гальмах;
- оцінку роботи системи протиюзової автоматики в різних умовах і при різному стані ЗПС;
- визначення температурного режиму колеса і гальма при нормальних умовах експлуатації та при аварійних режимах;
- визначення ресурсу роботи фрикційних елементів гальма;
- оцінку роботи допоміжних систем (системи охолодження, системи регулювання тиску і т. п.).

Спроектвана система - гідравлічна, з протиюзовою автоматикою релейного типу.

Основний і резервний канали гальмування функціонують від незалежних джерел енергопостачання і гідропостачання.

Особливості основного каналу гальмування:

- гальмування від незалежного органу керування – ножних педалей;
- керування антиюзовою автоматикою виконується індивідуально парою колесом лівої і правої стійок основного шасі.

Особливості резервного каналу гальмування:

- гальмування від незалежного органу керування – рукоятки;
- керування антиюзовою автоматикою виконується індивідуально парою коліс лівої і правої стійок основного шасі.
- є незалежний гідроакумулятор.

Процес гальмування на стоянці виконується від імпульсу гідроаккумулятора по окремому, незалежному каналу і забезпечує утримання літака, без повертання коліс, на зльотній тязі двигунів.

Післязльотне загальмовування коліс основного шасі виконується автоматично під час збирання шасі.

У всіх каналах гальмування передбачено захист від втрати робочої рідини з гідросистеми за допомогою дроселів у випадку пошкодження трубопроводів, прокладених по стійкам основного шасі.

Для моделювання роботи основного режиму гальмування коліс вибрано одну стійку основної опори шасі в зв'язку з тим, що інша стійка аналогічна.

Час загальмовування в результаті гідравлічного розрахунку склав 1.31 секунд, а в моделі – 1.4 секунд.

З графіка льотних випробувань (рис. 3.17) знаходимо час загальмовування при максимальному ході педалей льотчика, який складає 1.5 секунд.

Різниця між результатами часу загальмовування в гідравлічному розрахунку та льотних випробуваннях складає 12,7%. Можна зробити висновок, що гідравлічний розрахунок не точно описує роботу основного режиму гальмування коліс так як він не включає імітацію стиснення гальмівних дисків на відміну від моделі в середовищі AMESim.

Різниця між результатами часу загальмовування в моделі та льотних випробуваннях складає 6,7%.

Отже можна зробити висновок, що дана модель досить точно описує роботу основного режиму гальмування коліс.

Так як дана модель досить точно моделює роботу гальмівної системи, проведемо оптимізацію часу загальмовування в залежності від конструктивних та експлуатаційних параметрів:

- величини витрати;
- діаметру трубопроводів;
- динамічної в'язкості в залежності від температури робочої рідини.

До конструктивних параметрів відноситься величина витрати та діаметру трубопроводів.

Опираючись на отримані результати, параметричного аналізу величин часу загальмування в залежності від величини витрат, можна підвести підсумок, що оптимальним варіантом являється витрата в 8 л\хв.

Отриманим результатам завдячуємо параметричному аналізу, величини часу загальмовування в залежності від величини діаметру трубопроводів можна зробити підсумок, що оптимальним варіантом являється величина діаметру трубопроводів в діапазоні від 8 мм до 18 мм. Так як діаметр трубопроводу пов'язаний з кількістю рідини, а це в свою чергу вага гальмівної системи, то потрібно вибирати якомога менший діаметр трубопроводу. З цих міркувань оптимальним варіантом являється діаметр трубопроводу 8 мм.

На основі отриманих результатів параметричного аналізу величини часу загальмовування в залежності від величини динамічної в'язкості в залежності від температури робочої рідини оптимальним варіантом являється величина динамічної в'язкості в діапазоні температур від 50°C до 0°C для не прогрітої гідросистеми.

Всі отримані дані прораховані для не прогрітої гідросистеми. При експлуатації для того, щоб укластися в час загальмовування 1,5 секунд на літаку передбачено прогрів гідросистеми перед польотом шляхом неодноразового спрацьовування системи.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Небезпечні та шкідливі виробничі чинники під час експлуатації або ремонту гальмівної системи літака

Розділ виконано згідно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ та ДНАОП 5.10.30-106.98.

Заходи безпеки при технічному обслуговуванні і ремонті ЛА регламентуються:

- державними і галузевими стандартами;
- порадами по здійсненню польотів
- системами стандартів безпеки праці;
- регламентами технічного обслуговування;
- технічної експлуатації та ремонту авіаційної техніки;
- технологією ремонту, посібником і інструкціями з безпеки праці і т.п.

Внаслідок того, що ряд технологічних процесів є загальним для багатьох технологій, класифікація шкідливих небезпечних факторів при експлуатації ЛА практично придатна для ремонтних процесів ЛА:

- рухомі машини та механізми;
- вироби авіаційної техніки, що падають, інструмент та матеріали при роботах по технічному обслуговуванні літаків на площинах, стабілізаторі, фюзеляжі і при роботі на висоті з застосуванням механізованих підйомників;
- незахищені рушійні елементи виробничого устаткування (елерони, щитки, інтерцептори, тримери, шасі, гвинти що обертаються, турбіни та ін.);
- ударна хвиля (вибух трубопроводів, що працюють під тиском);
- витікання цівки газів і рідин з ємностей і трубопроводів, що працюють під тиском (при розгерметизації чи розриву трубопроводів);
- літак що падає (з підйомників чи під час помилкового прибирання шасі);
- конструкції що руйнуються (розрив тросів бортового крану);

- підвищена засміченість та загазованість повітря в зоні технічного обслуговування;

- відсутність чи нестача природного світла; хімічні речовини (токсичні, такі, що дратують, канцерогенні, ті, що впливають на репродуктивну функцію), що входять до складу матеріалів, що застосовуються (робоча рідина НГЖ-5У);

- підвищений рівень шуму, вібрації, ультра і інфразвуку (при роботі РСУ);

- фізичні (статичні, динамічні і нервово-психологічні навантаження).

Обставини прояву:

1. Виникнення ударної хвилі можливе при вибуху гідроаккумуляторів, штокових порожнин, опор допоміжних від надлишкового тиску.

2. Незахищені рухомі елементи літака (шасі, опори допоміжні) представляють небезпеку при випробуваннях на прибирання-випуск, при мимовільному спрацюванні їх механізмів.

3. Підвищена засміченість і загазованість повітря в зоні технічного обслуговування.

4. Витікання цівки рідини при розгерметизації гідравлічної системи чи окремої ділянки напірних (зливних) трубопроводів.

5. Шум, що утворюється при випробуваннях і роботі допоміжної силової установки, відноситься до перервного шуму, що підвищує його подразнювальну дію на обслуговуючий персонал.

6. Підвищена засміченість і загазованість повітря в зоні технічного обслуговування.

7. Підвищена токсичність робочих рідин НГЖ-5У, що застосовуються в експлуатації.

8. Фізичні перевантаження при монтажі, контролі, демонтажі елементів системи, що знаходяться у важкодоступних місцях.

4.2. Організаційні і конструктивно-технологічні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих чинників

Розділ виконано згідно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ та ДНАОП 5.10.30-106.98.

В даному дипломному проекті передбачено проведення ряду заходів для запобігання можливої дії на персонал, що працює, ряду шкідливих і небезпечних факторів, таких як:

- незахищені рухомі елементи літака (шасі);
- підвищений рівень шуму, вібрації, ультра і інфразвуку (при роботі допоміжної силової установки);
- ударна хвиля (вибух ємностей, що працюють під тиском, штокових порожнин, циліндрів);
- хімічні речовини (токсичні, подразнювальні та ін.), що широко застосовуються у виробництві, експлуатації і ремонті системи;
- падаючий літак;
- витікання рідини і газів із ємностей, що працюють під тиском, зруйнованих трубопроводів;

Для запобігання можливої дії вище перелічених шкідливих і небезпечних факторів на працюючий персонал в дипломному проекті передбачено:

а) Суворе дотримання правил і техніки безпеки при експлуатації, технічному обслуговуванні і ремонті системи;

б) Випробування мережі джерел тиску на міцність герметичність повинні виконуватися у повній відповідності з діючими нормами і правилами випробувань ємностей, що працюють під тиском. Випробування передбачено виконувати на спеціальних стендах, в спеціально обладнаних приміщеннях. Щоб запобігти впливу шуму на працюючий персонал, що виникає в процесі випробування системи, рекомендовано виконувати випробування системи взагалі (або окремих її агрегатів) в спеціальних звукоізолюваних кімнатах.

в) В гідравлічній системі для запобігання розриву трубопроводів, що працюють під тиском, штокових порожнин циліндрів, передбачена установка в

системі запобіжних клапанів, що спрацьовують при досягненні граничного значення тиску (0,43 Мпа), датчика тиску і сигналізатор тиску передбачені для блокування по тиску в амортизаторах.

Якщо в одному з циліндрів стійок під час прибирання тиск підвищиться більше $15 \text{ Мпа} \pm 1,5 \text{ Мпа}$, сигналізатор тиску несправної стійки вимикає насосну станцію і рідина запирається в рідинних порожнинах амортизатора (після перекачки з гідробаків в циліндри всіх стійок об'єму рідини, що була витиснута);

г) Щоб запобігти можливої дії на працюючий персонал токсичних та шкідливих речовин при експлуатації, технічному обслуговуванні і ремонті мережі передбачено такі заходи;

- застосування персоналом засобів індивідуального захисту;

- заміна шкідливих речовин, що використовуються в виробничих процесах, найменш шкідливими;

- спеціальна підготовка і інструктаж робочого персоналу;

- проведення попередніх і періодичних медичних оглядів людей, що мають контакт з шкідливими речовинами.

- застосування прогресивних технологій виробництва (замкнений цикл, дистанційне керування і контроль);

д) При експлуатації, технічному обслуговуванні і ремонті мережі передбачено суворе додержання техніки безпеки і технології виконання робочих процесів. Передбачено виконання трубопроводів лінії високого тиску з високоміцної нержавіючої сталі 12Х18Н10Т, а трубопроводи ліній низького тиску виробляються з алюмінієвого сплаву АМ-2М. В системі передбачена установка запобіжного клапана, що спрацьовує при граничному значенні тиску в порожнині циліндру, який запобігає руйнуванню циліндра від надлишкового тиску.

4.2.1. Розрахунок освітлення робочого місця конструктора

“Розрахунок проведений згідно державних будівельних норм” [14].

“При проектуванні штучного освітлення необхідно вирішити наступне: вибрати систему освітлення, тип джерела світла, тип світильників, визначити розташування світлових приладів, виконати розрахунки штучного освітлення та визначити потужності світильників та ламп” [15].

«Штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне, охоронне, чергове.

Аварійне освітлення поділяється на освітлення безпеки і евакуаційне.

Для загального штучного освітлення приміщень слід використовувати, як правило, розрядні джерела світла, віддаючи перевагу за однакової потужності джерелам світла з найбільшою світловою віддачею і строком служби.

Штучне освітлення може бути двох систем - загальне та комбіноване.

З гігієнічної точки зору система загального освітлення більш досконала, оскільки ї дає можливість більш рівномірно розподілити світлову енергію.

Загальне освітлення - освітлення, за якого світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно (загальне рівномірне освітлення) або відносно розміщення обладнання (загальне локалізоване освітлення).

Комбіноване освітлення - освітлення, за якого до загального освітлення додається місцеве.

Вибираючи джерела світла, слід надавати перевагу люмінесцентним лампам, які енергетично більш економічні. Окрім того, вони за спектральними характеристиками максимально наближаються до природного світла, що важливо при використанні суміщеного освітлення.»[20]

Згідно таблиці К. І (Нормовані показники освітлення основних приміщень громадських, житлових, допоміжних будинків) додатку К ДБН В.2.5-28-2006 для проектних залів, кімнат, конструкторських, креслярських мінімальне значення освітлення $E=500$ (лк).

Розміри приміщення: $A \times B = 30 \times 15$ (м).

Висота підвісу світильників: $H_2 = 4.2$ (м).

Висота площини нормування освітленості над підлогою: $H_1=0.8$ (м)

Найменший розмір об'єкту розрізнення: від 0.5 до 1.0 (мм).

В залежності від розмірів об'єкту розрізнення встановлюємо розряд зорової роботи – 4, підрозряд – б).

Контраст об'єкту розрізнення з фоном – середній.

Характеристика фону – середня.

Визначимо індекс приміщення:

$$\varphi = \frac{A \cdot B}{(H_1 - H_2) \cdot (A + B)};$$

$$\varphi = \frac{30 \cdot 15}{(4.2 - 0.8) \cdot (30 + 15)} = 2.941, \text{ тоді } \varphi = 3.$$

Обираємо люмінесцентні лампи Breeze 236 B35, $\Phi_L = 3250$ лм

«Прийmemo коефіцієнт запасу освітлення $k_z = 1.4$ згідно таблиці 3 ДБН В.2.5-28-2006.

Коефіцієнт використання освітлювальної установки $U=60$ (коефіцієнт відбивання стелі – 50, стін – 30, підлоги – 10).

Визначимо потрібну кількість світильників:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot 100 \cdot k_z}{U \cdot n \cdot \Phi_L},$$

де Φ_L - світловий потік від однієї лампи (люмен);

n – число ламп в одному світильнику;

S – площа робочої поверхні (m^2);

$$S = A \cdot B = 30 \cdot 15 = 450 m^2.$$

$$N = \frac{500 \cdot 450 \cdot 100 \cdot 1.4}{60 \cdot 2 \cdot 3250} = 80.77$$

Приймаємо кількість світильників 80.»[20]

4.3. Пожежна і вибухова безпека при технічному обслуговуванні гальмівної системи літака

“Розділ виконано у відповідності з ГОСТ 12.1.004-98ССБТ.

В дипломному проекті передбачено проведення ряду заходів, що спрямовані на забезпечення пожежної та вибухової безпеки мережі джерел тиску гідросистеми.

Передбачено: виконання мережі з рядом конструктивних особливостей, що забезпечують безпеку мережі в пожежному відношенні; підбір вибухобезпечної робочої рідини; суворе виконання інструкції з техніки безпеки під час стендових випробувань.

Звичайна причина виникнення пожежі на повітряному судні - займання рідин, що витікає. Основними засобами запобігання пожеж служать: ретельне дренавання рідини із можливих місць займання, як у польоті, так і на землі; забезпечення вентиляції, яка призведе до збіднення паливо-повітряної суміші, а також ізоляцію, по можливості, потенційних джерел запалювання” [15].

Конструктивні особливості системи.

«В дипломному проекті передбачено виконання мережі джерел тиску з рядом конструктивних особливостей, що спрямовані на забезпечення пожежної та вибухової безпеки:

- електричні компоненти, що використовуються в зонах можливих витоків робочої рідини, відповідають вимогам з пожежної і вибухової безпеки. А також вони не можуть бути джерелом запалювання в результаті іскрення, а їх температура поверхні нижче, ніж температура самозапалення рідини:

- між трубопроводами з робочою рідиною і електричною проводкою витримано максимально можливу відстань (для запобігання іскрення між електричною проводкою і металічними трубопроводами);

- зона розміщення мережі добре вентилується, що збіднює паливо-повітряну суміш;

- джерела можливих витоків рідини з штокових порожнин амортизатора усуваються шляхом встановлення гумових ущільнень;

- у справній системі цілком відсутні умови запалення робочої рідини, температура поверхонь, з якими стикається рідина, менше температури samozapalennya робочої рідини;

- передбачено не розташовувати трубопроводи систем у відділеннях, де робоча рідина може потрапляти на гарячі деталі, що здатні викликати samozapalennya.

Існує чотири способи припинення горіння: охолодження зони горіння або самих речовин, які горять; ізоляція реагуючих речовин від зони реакції; розбавлення реагуючих речовин в зоні реакції негорючими речовинами; хімічне гальмування реакції горіння.

В авіації застосовують такі вогнегасні речовини: воду, повітряно-механічну і хімічну піни, інертні гази, галоїдовуглеводневі суміші, вогнегасні порошки, комбіновані суміші (поєднання порошкових і пінних сумішей, водяно-галоїдовуглеводневі емульсії тощо).

Найпоширенішим пожежним устаткуванням водяного пожежогасіння підприємств є: гідранти пожежні, гідранти-колонки, крани пожежні, насоси, рукава пожежні і т. ін.

Повітряно-пінні вогнегасники бувають переносні: ОВП-5, ОВП-10 і стаціонарні - ОВП-100, ОВПУ-250. Принцип його дії заснований на створенні надмірного тиску в корпусі вогнегасника вуглекислим газом, який подається з балона високого тиску. Під тиском заряд поступає в піногенератор, де розпилений струмінь, ежектуючи повітря, створює на сітці повітряно-механічну піну, яка викидається у вогнище (в осередок пожежі).

Для гасіння пожеж газовими вогнегасними сумішами використовують такі суміші: двоокис вуглецю, інертні гази, легкокипарні суміші "З,5" і "Ж-Б" та інші. Їх застосовують, коли гасіння іншими вогнегасними речовинами малоефективне або неможливе. Установки об'ємного газового гасіння: переносні - ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8 і пересувні ОУ-25 (УП-1М), ОУ-80 (УП-2М), ОУ-400 та інші. Вони застосовуються при гасінні різних речовин, а також електроустановок під напругою до 10 кВ.

Установки порошкового гасіння за конструкцією аналогічні установкам газового гасіння. Порошок в таких установках подається в пожежні рукави стиснутим газом - повітрям, азотом.

Випускаються порошкові вогнегасники типів: ОПС-10А, ОПС-10, ОП-100, ОППС-10, СП-120. Вогнегасники хімічні пінні - ОХП-10, ОП-М, ОП-9ММ та аерозольні - ОА-1, ОА-3, ОА-5, ОА-10, ОА-50, СОТ-1, СОТ-5, СОТ-5М, СОТ-6.

Ручні вогнегасники використовують для ліквідації невеликих вогнищ на початку їхнього виникнення в разі заpalення горючих рідин і твердих горючих матеріалів. При застосуванні ручних вогнегасників необхідно керуватись основним принципом - вогнегасна речовина ефективна тільки в тому випадку, коли вона вступає в безпосередній контакт з вогнем.

Вогнегасники з CO_2 (наприклад, ОУ-2) являють собою балони, які заповнені зрідженим двоокисом вуглецю.

Вуглекислотно-брометилові вогнегасники заправляються сумішшю, яка містить в собі 97 % бромистого етилу і 3 % двоокису вуглецю.

Порошкові ручні вогнегасники містять в собі в тонкостінному десятилітровому балоні порошок ПС-1 або ПС-2.»[19]

4.4. Інструкція з безпеки праці

Перед початком робіт необхідно:

- заземлити літак;
- поставити на стоянкові гальма; поставити під колеса противідкатні пристрої;
- перевірити наявність тиску в гідросистемі;
- розташувати засоби гасіння пожежі біля літака;

Під час роботи необхідно:

- дотримуватись інструкцій по виконанню даних робіт;
- під час роботи системи наявність персоналу в кабіні пілотів;
- використовувати стандартне обладнання;

- при роботі з гідравлічною системою стравити тиск в системі при зливі рідини не допускати її проливання;

Спеціальні вимоги.

Після ТО та ремонту системи її необхідно випробувати на функціонування, для цього передбачуються наступні правила по техніці безпеки:

- при виконанні робіт необхідно дотримувати вказівки по техніці безпеки, які викладені в інструкції по експлуатації системи та вимоги по техніці безпеки при виконанні робіт на об'єкті та при відпрацюванні об'єкту під струмом;

- до виконання відпрацювання системи СКПК допускаються працівники, які вивчили документацію по системі та здавши залік по техніці безпеки;

- при проведенні робіт, пов'язаних з відпрацюванням поворотів опори, встановлюється огорожа з попереджувачим червоними прапорцями;

- забороняється знаходитись стороннім особам всередині літака та в зоні огороження під час поворотів опори та виконувати роботи не пов'язані з відпрацюванням;

- між особами, які проводять відпрацювання, повинен бути забезпечений чіткий зв'язок по переговорному пристрою.

Таким чином, при виконанні всіх правил та інструкцій, дана розробка зводить до мінімального вплив шкідливих та небезпечних виробничих факторів на людей.

4.4.1. Інструкція по техніці безпеки при роботі з НГЖ-5У

- Після закінчення роботи усі ємності з рідиною НГЖ-5У Загальні стани.

- До виконання робіт з рідиною НГЖ-5У допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли медичний огляд, навчання, інструктаж і стажування, ознайомлені з цією інструкцією по охороні праці, атестовані посвідчення, що мають, на право допуску до цих робіт.

- Періодичність проведення повторної атестації і медоглядів - 1 раз в 12 місяців.

- Робоча рідина НГЖ-5У призначена для роботи в гідравлічних пристроях в інтервалі температур від мінус 60 °С до 150 °С і є суміш ефірів фосфорної кислоти з присадками.

- Гранично-допустима концентрація пари рідини НГЖ-5У в повітрі робочої зони виробничих приміщень складає 0,5 міліграм/м³.

- По мірі дії на організм відповідно до класифікації шкідливих речовин робоча рідина НГЖ-5У відноситься до 2-го класу небезпеки.

- Робоча рідина НГЖ-5У відноситься до важкозаймистих речовин і є висококиплячим продуктом з температурою займання 202 °С; температурою спалаху у відкритому тиглі вище 155 °С і температурою самозаймання вище 590 °С.

- При нагріванні рідини НГЖ-5У до температур 125-250 °С в повітря виділяються леткі продукти її термоокисленої деструкції: феноли, альдегіди, спирти, кетон, фосфороорганічні з'єднання, окисел вуглецю і інші, що мають дратівливу і загальнотоксичну дію.

- Рідина НГЖ-5У має загальнотоксичні властивості, розчиняється в жирах, що може привести до її проникнення в організм через неушкоджену шкіру і слизові оболонки.

- При роботі з рідиною НГЖ-5У слід застосовувати індивідуальні засоби захисту : захисні окуляри, універсальні респіратори, захисні чоботи, захисні рукавички, стійкі до дії рідини НГЖ-5У, а також поліетиленові або гумові фартухи і нарукавники.

- Для захисту відкритих шкірних покривів рекомендується застосовувати захисні пасти.

- Рідина НГЖ-5У в стані постачання і відпрацьована може перевозитися на автотранспорті, автотранспортувачі, електрокарі і інших видах транспорту в закритих герметичних місткостях.

Вимоги до виробничих приміщень:

«- Виробничі ділянки, мають бути ізольовані від інших приміщень.

- Стіни приміщень виробничих ділянок і випробувальних камер, мають бути покриті керамічною або глазурованою плиткою до висоти 1,8 м або можна використовувати поліуретанову емаль і акриловий ґрунт.

- Підлоги виробничих ділянок і випробувальних камер рекомендується настилати керамічною плиткою. Підлоги мають бути герметичними, мати рівну, не слизьку поверхню, зручну для очищення при попаданні на них рідини.

- До виробничих ділянок і випробувальних камер має бути підведена холодна і гаряча вода і встановлені електрорушники.

- На виробничих ділянках випробування гідроагрегатів і гідросистем рекомендується передбачати резервну витяжну вентиляцію, яка повинна забезпечувати спільно із загальнообмінною восьмикратний повітрообмін в годину за внутрішнім обсягом приміщення.

- Природне і штучне освітлення у виробничих приміщеннях, повинно відповідати вимогам ДБН В.2.5-28-2006.

- Виробничі приміщення мають бути оснащені первинними засобами пожежогасінні, пінними або вуглекислотними вогнегасниками.»[20]

Вимоги безпеки до початку роботи:

- Отримати завдання і інструктаж по охороні праці у керівника робіт (майстра, начальника ділянки).

- Надіти спецодяг і інші засоби індивідуального захисту.

- Перевірити справність припливно-витяжної вентиляції і включити її за 10-15 хвилин до початку роботи.

- Перевірити справність заземлення устаткування.

- Перевірити загальний стан робочого місця : наявність засобів пожежогасінні, необхідних для роботи матеріалів, інструменту і устаткування, їх справність.

Вимоги безпеки в процесі роботи:

- Виконувати тільки ту роботу, яка доручена керівником робіт (майстром, начальником ділянки, адміністрацією підрозділу).
- Розпайку і запаювання кришок банок з рідиною НГЖ-5У виробляти під місцевою вентиляцією.
- Розбирання агрегатів, злив і зміну рідини виробляти при температурах, що не перевищують +40 °С.
- При виконанні робіт по демонтажу гідроагрегатів і гідросистем, заповнених рідиною НГЖ-5У, вона має бути злита в спеціальні ємності по можливості закритим способом.
- При роботі з рідиною НГЖ-5У забороняється:
 - Зливати рідину НГЖ-5У в каналізацію, водоймища і ґрунт. Відпрацьована рідина НГЖ-5У підлягає збору і зберіганню в закритих місткостях для наступної відправки на утилізацію або регенерацію.
 - Зберігати і приймати їжу, палити в приміщеннях, де проводяться роботи з рідиною НГЖ-5У.
 - Працювати з рідиною НГЖ-5У поблизу відкритих металевих поверхонь, нагрітих до 200 °С і вище.
 - Заливати рідину НГЖ-5У в гідроагрегати, стенди або гідросистеми, що раніше працювали на іншій гідравлічній рідині, без попередньої перегородки і промивання.
 - Тримати відкритими ємності з рідиною НГЖ-5У.
 - За наявності тиску в системі від'єднувати шланги пристосувань від системи, роз'єднувати або підтягувати з'єднання трубопроводів і агрегатів для усунення течі рідини.
 - Пролиту на підлогу рідину НГЖ-5У необхідно засипати тирсою і прибрати в спеціально пристосовану тару.
 - При попаданні рідини НГЖ-5У на устаткування, вертикальні і похилі поверхні необхідно видалити її чистим сухим дрантям, потім протерти дрантям,

змоченим теплою водою, що містить 1,5-2,0 г прального порошку на 1 л води. Очищене місце протерти сухою серветкою.

- При попаданні рідини НГЖ-5У на відкриті шкірні покриви забруднені ділянки необхідно промити спочатку холодною, а потім теплою водою з милом.

- При попаданні рідини НГЖ-5У р. очі необхідно негайно рясно промити їх теплою водою. За наявності больових відчуттів в очах слід звернутися до лікаря-окуліста.

- Мити руки теплою водою з милом слідє під час перерв, після закінчення роботи, а також після випадкового забруднення їх рідиною НГЖ-5У.

Вимоги безпеки після закінчення роботи:

мають бути прибрані з робочого місця і здані в комору для зберігання.

- Використані посудини з-під рідини НГЖ-5У промити і просушити з відкритими кришками у виділеному для цих цілей приміщенні.

- Використаний обтиральний матеріал і інші відходи складати в металеві ящики і щодня виносити з цеху, лабораторії у відведені місця.

- Робоче місце привести в порядок: видалити обтиральний матеріал, вату, сміття; вимити посуд з-під рідини НГЖ-5У; здати на зберігання в комору тару з робочою і відпрацьованою рідиною НГЖ-5У і інші матеріали.

- Через 15 хвилин після прибирання робочого місця відключити вентиляцію.

- Перевірити спецодяг (фартухи, халати, рукавички, взуття). У разі забруднення рідиною НГЖ-5У спецодяг слід промити теплою водою з милом, при сильному забрудненні - здати в пральню для прання з попередньою хімчисткою.

- Ретельно вимити теплою водою з милом відкриті ділянки тіла.

4.5. Висновки

Аналізуючи конструктивні особливості, що передбачені при проектуванні системи, властивості робочої рідини, можна зробити висновки про те, що спроектована система є безпечною у пожежному відношенні і придатна для експлуатаційних та ремонтних робіт.

Водночас варто відмітити, той факт, що при безпосередньому встановленні системи на літак, ремонті, обслуговуванні роботи проводяться в цехах які мають свою специфіку. Під цим розуміється, що освітлення опалення вентиляція зручність доступу до агрегатів роблять свій внесок в безпечність робіт, котрі проводяться.

В цьому розділі було проведено розрахунок освітлення робочого місця конструктора згідно державних будівельних норм (ДБН В.2.5-28-2006).

При роботі з гідравлічною рідиною НГЖ-5У, яка являється робочою рідиною гальмівної системи, потрібно дотримуватись інструкції в зв'язку з загальнотоксичними властивостями. Так як робоча рідина НГЖ-5У відноситься до важкозаймистих речовин і є висококиплячим продуктом з температурою займання 202 °С; температурою спалаху у відкритому тиглі вище 155 °С і температурою самозаймання вище 590 °С, то це знижує можливість виникнення пожежі в гальмівній системі за рахунок гальмівної рідини.

В авіації застосовують такі вогнегасні речовини: воду, повітряно-механічну і хімічну піни, інертні гази, галоїдовуглеводневі суміші, вогнегасні порошки, комбіновані суміші (поєднання порошкових і пінних сумішей, водяно-галоїдовуглеводневі емульсії тощо).

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1. Класифікація робочих рідин

“Гальмівна рідина - це робоче тіло гідравлічної гальмівної системи. Оскільки більшість рідин, на відміну від газів, практично не стискаються, тиск передаватиметься по рідині, і після закінчення нікчемно малого часу буде однаковим в усьому об'ємі, займаному цією рідиною. При різкому гальмуванні тиск в системі може досягати великих значень” [8].

Робочі рідини гідроприводів значною мірою визначають можливі робочі параметри, ресурс і надійність експлуатації конструкцій. Причому із зростанням тисків і розширенням діапазону температур і інших параметрів значущість властивостей істотно зростає. Тому облік характеристик робочих рідин при проектуванні сучасних конструкцій гідроприводів є необхідною умовою забезпечення необхідних експлуатаційних показників виробів.

Робочих рідин універсального призначення доки не створено, і це може бути тому, що вони повинні задовольняти широкому ряду, частенько суперечливих вимог. Основними експлуатаційними вимогами, що пред'являються до робочих рідин, є:

- передача енергії і імпульсу з можливо мінімальними втратами;
- відведення тепла від пар тертя, достатній для підтримки оптимальних температур;
- високі, протизадирні і антифрикційні властивості протизносу;
- хороша термічна стабільність і стабільність термоокиснення;
- здатність захищати змащувані поверхні від корозійної дії агресивних речовин;
- стійкість до утворення емульсій з водою і до піноутворення;
- висока фізична і хімічна стабільність в умовах тривалого зберігання;

- здатність не чинити шкідливої дії на гумові і інші матеріали ущільнювачів, лаки, фарби і пластмаси.

Тому у кожному конкретному випадку необхідно враховувати комплекс властивостей рідин, які якнайкраще відповідають завданням, що вирішуються гідроприводом, і відповідають передбачуваним умовам експлуатації.

Властивості робочих рідин, використовуваних в гідравлічних системах, зокрема в системах гідроприводу, можна розділити на чотири великі групи:

- властивості реологій,
- експлуатаційні,
- екологічні
- фізичні (теплові).

Відповідно до такого розподілу, формуються вимоги до робочих рідин, експлуатованих в тих або інших умовах. Відповідність характеристик робочих рідин умовам їх експлуатації визначає можливості робочих конструкцій.

Враховуючи основні характеристики робочих рідин і сфери їх застосування, формулюються конкретні для систем вимоги, наприклад:

- мастильна здатність, що задовольняє систему;
- відсутність агресивних дій на матеріали гідравлічної системи;
- відповідні характеристики реологій;
- висока термічна і окислювальна здатність навантаження;
- незначна стисливість;
- відсутність істотного піноутворення;
- висока щільність;
- податливість до регенерації;
- досить висока теплоємність.

На додаток до цих вимог, виникають і інші, пов'язані із специфікою експлуатації рідин (дорожні машини, автотранспорт, верстатобудування, корабельні гідравлічні системи, авіація, георозвідка, металургія та ін.). Наприклад, для гідравлічних систем в авіації необхідно ще, щоб робочі рідини задовольняли і таким вимогам:

- хороші змащуючі властивості по відношенню до вживаних матеріалів пар, що труться;
- мінімальна залежність в'язкості від температури в робочому діапазоні температур;
- низька температура застигання;
- нейтральність до вживаних матеріалів;
- висока стійкість до механічної і хімічної деструкції (пониження температури не повинне викликати розшаровування рідини і виділення з неї складених компонентів у вигляді опадів або кристалів);
- мала пружність насиченої пари;
- високий об'ємний модуль пружності;
- високі коефіцієнти теплопровідності і питомої теплоємності;
- невисокий коефіцієнт теплового розширення;
- висока деаеруюча здатність.

5.2. Основні властивості рідин

“Зовнішній вигляд гідравлічної рідини характеризується прозорістю, однорідністю і кольором. Рідини, як правило, містять барвники. Рідини, що не містять барвника, зазвичай безбарвні або мають забарвлення від слабо-жовтої до бурштинової. В процесі експлуатації початковий колір рідини зберігається тільки при порівняно низьких температурах ($800\div 1000^{\circ}\text{C}$) і відсутності окислювальних процесів. При високих температурах колір рідини міняється із-за хімічних перетворень компонентів рідини (наприклад, інгібіторів окислення і корозії, барвника). Проте зміна кольору не є відбраковочним ознакою, оскільки основні характеристики - кислотне число, в'язкість, температура спалаху і інші, рідини, що впливають на працездатність, можуть залишатися в нормі” [8].

Температура спалаху гідравлічної рідини, це температура, при якій її пари утворюють з навколишнім повітрям суміш, що спалахує при тому, що піднесло полум'я. Ця температура є основою для класифікації рідин за мірою їх пожежної небезпеки.

Температура самозаймання - це найменша температура нагрітої поверхні, при зіткненні з якої відбувається займання пари рідини без внесення полум'я ззовні. Температура самозаймання визначається при контакті рідини з нагрітою сталевією плитою в обмеженому повітряному об'ємі над нею. Процес окислення суміші пари горючої рідини з повітрям в умовах сильного нагріву супроводжується виділенням великої кількості тепла. При досягненні в пароповітряному середовищі температури, при якій теплота, що виділяється в процесі реакції, перевищує тепловий потік, що відводиться в довкілля, відбувається самонагрівання суміші і її займання.

Температура застигання - це температура втрати *плинності*, яка в лабораторних умовах визначається по мірі *нерухомості* рівня рідини в пробірці при *нахилі* її після витримки при негативній температурі впродовж 1 хвилини під кутом 45°. При цьому не повинно спостерігатися утворення кристалів або розшарування рідини. Для забезпечення працездатності гідросистеми температура застигання має бути значно нижча температури, при якій забезпечується працездатність гідроагрегатів з рідиною.

Кислотне число виражається у кількості міліграм їдкоого калію, необхідного для нейтралізації 1 грама рідини. Кислотне число характеризує середовище гідравлічної рідини. По зміні кислотного числа нарівні з іншими показниками можна судити про зміни, що відбуваються в рідині. Кислотне число може характеризувати зміст в рідині як мінеральних кислот, що мають велику корозійну активність, так і органічних, корозійна активність яких значно нижча, а іноді нікчемно мала.

Кінематична в'язкість - це відношення динамічної в'язкості до щільності рідини. При русі рідини виникає внутрішнє тертя.

Величина його залежить від природи рідини і називається *динамічною* в'язкістю. Кінематична в'язкість виражається в см²/сек, або стоксах. На практиці частіше користуються сантистоксом - однією сотою долею стокса (сСт) В'язкість рідини залежить від температури і тиску. Це зв'язано, передусім, з хімічною природою рідини.

Щільність робочої рідини не лише безпосередньо впливає на вагу гідросистеми, але і побічно - на вагу конструктивних елементів, що є істотним показником для мобільних систем. Є і її вплив на динамічні характеристики приводу. Щільність рідини визначається рівнянням:

$$\rho = \frac{m}{W},$$

де m і W відповідно маса і об'єм рідини.

Вимірюється щільність, як правило, в г/см³ (кг/м³) і визначається пікнометром або ареометром. Щільність гідравлічної рідини змінюється залежно від температури і тиску. Залежність щільності гідравлічної рідини від температури і тиску (при тисках 1, 100, 200, 300 кгс/см²) виражається формулою:

$$\rho = \rho^0(1 - \alpha t),$$

де:

ρ – щільність при цій температурі і тиску

ρ^0 – щільність за нормальних умов

α – коефіцієнт об'ємного розширення при цьому тиску

t - температура, °С.

Вміст води. Вода в гідравлічних рідинах може знаходитися в розчиненому і нерозчиненому стані.

Розчинена вода майже завжди є присутньою в робочих рідинах. Вона може бути як у вигляді технологічної домішки, звільнитися від якої звичайними методами практично неможливо, так і у вигляді гігроскопічної води, що потрапила при експлуатації з газу, що контактує з рідиною. Вміст розчиненої води допускається в межах, обумовлених експлуатаційними

обмеженнями основних параметрів гідравлічної рідини (специфікаціях, технічних умовах), або в специфікаціях фірм - виробників літаків.

Нерозчинена вода знаходиться в рідині у вигляді окремої фази (емульсія або шар води, що відокремився). Наявність не розчиненої води в гідравлічній рідині неприпустимо. Не розчинена вода може привести до різкої зміни фізико-хімічних властивостей рідини в результаті вимивання присадок, корозії металів усередині агрегатів і магістралей. Не розчинена вода, кристалізуючись в тупикових зонах при низьких температурах експлуатації, може призводити до відмов.

Гідролітична стійкість характеризує схильність рідини до гідролізу у контакті з водою. Ця характеристика визначається якісними і кількісними змінами, що відбуваються в рідині під дією води при температурі^{°3} впродовж 48 годин(зміною зовнішнього вигляду, кислотного числа, корозії зразка міді, поміщеного в шар рідини, і кислотності водного шару).

Деаеруюча здатність олії визначається методом Імпенгера. За методикою визначається час, впродовж якого повітря, що диспергує в рідині, виділяється настільки, що його зміст не перевищує 0,2% об'єму.

Стабільність до окислення. Старіння гідравлічної олії або зміна його складу і властивостей залежить від типу рідини, умов, режимів і термінів експлуатації. Старіння олії прискорюється при збільшенні тиску, концентрації розчиненого повітря, температури. Іншу групу чинників складають забруднення, домішки і вода, що накопичуються в рідині в процесі експлуатації. Продукти старіння можуть приводити в неробочий стан і руйнувати елементи клапанів, засмічувати фільтри і теплообмінники. Старіння супроводжується зниженням здатності до деемульгування, погіршенням корозійної стійкості, збільшенням зносу.

Зміст водорозчинних кислот і лугів. Гідравлічна рідина, що містить водорозчинні луги або кислоти, використовуватися в гідросистемі літака не може. Навіть невелика кількість вологи, що міститься в гідравлічній

рідині, особливо рідини схильної до гідролізу, за наявності водорозчинних кислот або лугів, призводить до підвищеної корозії металів і покриттів агрегатів і трубопроводів гідросистем.

5.3. Гідравлічна рідина НГЖ-5У: характеристика, деградація та вплив на людину

Рідина НГЖ-5У є сумішшю ефірів фосфорної кислоти з присадками, що покращують в'язкісні, антигідролізні, антиокисленні і антиерозійні властивості. Її доцільно експлуатувати в інтервалі температур - 60°З до + 150°С.

На зовнішній вигляд НГЖ-5У - це прозора рідина від фіолетового до синього кольору. При нагріванні рідини НГЖ-5У до температур 125-250 °С в повітря виділяються леткі продукти її термоокисленої деструкції: феноли, альдегіди, спирти, кетон, фосфороорганічні з'єднання, окисел вуглецю і інші, що мають дратівливу і загальнотоксичну дію. Рідина НГЖ-5У має загальнотоксичні властивості, розчиняється в жирах, що може привести до її проникнення в організм через шкіру і слизові оболонки.

Фосфорна кислота згубно впливає на організм людини. Фосфорна кислота (вона виникає в результаті реакції продуктів горіння фосфору з водою, яка є в повітрі) згубно впливає на організм людини. У людський організм кислота може потрапити трьома шляхами:

- через дихальні шляхи (вдихаючи її мікрочастки)
- через шкіру (кислота контактують з шкірою)
- через шлунково-кишковий тракт (із забрудненою їжею або водою).

Залежно від цього, яким саме шляхом стався контакт, страждають різні органи. Приміром, якщо кислота потрапляє через шлунок, першою по удар потрапляє печінка - на другий день у людини виникає жовтяниця.

Якщо через шкіру, то фосфор потрапляє на м'язи, що викликає їх сіпання, яке може перерости в параліч. Якщо потрапляє на голову, швидко відбувається поразка

центральної нерівної системи. Саме тому найголовніше – не дати фосфорній кислоті потрапити в людський організм. Для цього, виходячи на вулицю треба обов'язково надівати респіратори або марлеві пов'язки, які змочені в розчині соди (луг нейтралізує кислоту). Пов'язки необхідно міняти 3-4 рази в день. Це необхідно, щоб захистити дихальні шляхи. Щоб кислота не потрапляла на шкіру, при виході на вулицю, треба надівати одяг, який повністю закриває тіло. Також не рекомендується виходити на вулицю без головного убору.

Робоча рідина в гідравлічній системі літака періодично потребує заміни з ряду причин. Наприклад, в результаті забруднення твердими частками, іншими рідинами (моторним мастилом, водою, миючими рідинами, розчинниками для очищення). Рідини на основі ефірів фосфорної кислоти можуть потребувати заміни також і унаслідок деградації. Відомі три механізми деградації ефірів фосфорної кислоти :

- піроліз або термічне розкладання;
- гідроліз або реакція з водою;
- окислення під дією кисню з повітря.

Процеси деградації приводять до утворення кислих фосфатів, які є найбільш шкідливими продуктами деградації.

Найзначнішим механізмом розкладання рідини є гідроліз, оскільки ця реакція протікає навіть при помірних температурах. Ефіри фосфорної кислоти дуже гігроскопічні, вони швидко поглинають воду з атмосфери. Тому, незважаючи на технічні і експлуатаційні заходи, що робляться, в гідравлічній рідині зазвичай міститься деяка кількість води, якої, як правило, досить для реакції розкладання ефіру. При підвищенні температури рідини гідроліз протікатиме ще з більшою швидкістю.

Наступним за значенням механізмом деградації є піроліз. Піроліз стає значним чинником при високих температурах, вище 150°C. Такі температури в авіаційних системах можуть зустрічатися у блоках гальм коліс.

І, нарешті, третім є механізм окислення. Оскільки гідравлічні системи літака є закритими системами з обмеженим доступом кисню з повітря, а ефіри

фосфорної кислоти досить стійки до окислення, той вплив цього механізму не є значним.

Як відзначалося, одним з механізмів деградації робочої рідини є реакція окислення. Термін життя рідини визначається нормативними показниками, у тому числі межею, коли кислотне число досягає значення 1,5. При розробці нових типів рідини це знайшло відображення у вимозі збільшення часу праці до заміни і підвищення стабільності характеристик.

5.5. Висновки

В цьому розділі було розглянуто вплив робочих рідин на стан навколишнього середовища. Робочі рідини з самого початку виробництва і до утилізації негативно впливають на стан навколишнього середовища. Деякі з них виробляють з нафти, інші – за допомогою штучних речовин, але в будь-яких з них присутні різні присадки, які покращують властивості рідини.

З часом властивості робочої рідини погіршуються і вона потребує заміни.

Заміна робочих рідин проводиться в середньому раз в 1,5-2 роки. Але постійно тільки замінити відпрацьовану рідину на нову не можна, потрібно щось робити з відпрацьованими рідинами. Їх регенерують, а в разі неможливості регенерації утилізують.

НГЖ-5У, як і всі інші робочі рідини, регенерують. Виходячи зі стану основних властивостей до відпрацьованої рідини застосовують різні методи очищення. Якщо рідина засмічена твердими частками забруднень, то застосовують фізичні методи. В разі окислення рідини, взаємодії з іншими рідинами використовують хімічні методи очищення. Вони засновані на взаємодії речовин, що забруднюють відпрацьовані рідини, і реагентів, що вводяться в ці рідини. При цьому в результаті хімічних реакцій утворюються сполуки, що легко видаляються з рідини.

В разі розливу рідини, місце розливу засипають тирсою та витирають. Всі матеріали спалюють, що згубно впливає на стан навколишнього середовища.

Рідина НГЖ-5У має загальнотоксичні властивості, розчиняється в жирах, що може привести до її проникнення в організм через шкіру і слизові оболонки.

Фосфорна кислота згубно впливає на організм людини. У людський організм кислота може потрапити трьома шляхами:

- через дихальні шляхи (вдихаючи її мікрочастки)
- через шкіру (кислота контактує з шкірою)
- через шлунково-кишковий тракт (із забрудненою їжею або водою).

Але зрештою рідина не може регенеруватися, тоді її затарюють в бочки і проводять утилізацію.

Проводити утилізацію можна, але до яких пір? З часом утилізовані рідини заповнюють не один склад, не два, а набагато більше. З плином часу бочки можуть прийти в непридатний стан і небезпечні рідини виллюються на землю. Тому постає питання що робити далі?

Всі методи регенерації, присадки використовуються для збільшення часу використання робочих рідин, Але жоден з методів не дає можливості використовувати робочу рідину вічно.

ВИСНОВКИ

Як найголовніша система літака, гальмівна, вона забезпечує:

- гальмування після посадки;
- різкий стоп літака у випадку відмов;
- торможення під час маневрування;
- паркувальне та дозлітне гальмування коліс;
- регулювання гальмами коліс, міняючи величину гальмівного моменту;
- автоблокування (юз) коліс.

Система гальм сучасного літака є комплексом різноманітних функціональних пристроїв типу: гідравлічних, пневматичних, електричних і механічних, поєднаних між собою зв'язками по типу: трубопроводами, електропроводкою, механічними зв'язками.

Основними вимогами до гальмівних систем коліс літака приведені в розділі Шасі частини АП-25 «Норми льотної придатності літаків транспортної категорії» Міждержавного авіаційного комітету.

Суворі правила, що висуваються до системи гальмування коліс і систем в цілому, нав'язані по-перше стрімким ростом, і злітних, і посадкових мас літаків. Також стрімке бажанням збільшити сферу використання, методом збільшення кількості аеродромів на яких має базуватися літак. Сам по собі, процес гальмування це на сам перед сполучення як конструктивних так і природних факторів.

Корінь проблеми створення систем гальмування, на даний момент, це тільки час їхнього спроектування. Випробування є досить значним, і тільки тому в основну задачу вкладається зменшення часу проектування та зменшення кількості цілісних випробувань за рахунок проведення випробувань ітеративної моделі системи безпосередньо в спеціалізованому програмному забезпеченні.

Метою належних досліджень є підвищення конкурентності літаків шляхом вдосконалення систем гальмування, методом оптимізації даних одночасно зменшуючи цикл проектування, та більш точному описі його роботи, також скорочення об'єму стендових і льотних випробувань при її доведенні й подальшій сертифікації.

В процесі досягнення результату прийнято рішення, с приводу ряду завдань:

– обрано основні системні параметри;

– підтверджено схему і основні данні гальмівної системи коліс;

– запроваджено проект гальмівної системи;

– проведена робота по розрахунку на міцність механізму керування основним гальмуванням коліс;

– розроблено інтерактивну модель гальмівної системи;

– показана задовільна збіжність результатів моделювання та експерименту;

– вираховано час загальмовування;

– зроблено параметричний аналіз впливу на час загальмовування конструктивних і експлуатаційних параметрів.

Розроблена система – гідравлічна з прямим управлінням, оснащена протиюзовою автоматикою релейного типу. Головні і резервні канали гальмування функціонують від незалежних джерел енергопостачання і гідропостачання.

Для головної опори шасі було обрано колесо КТ 263А з дисковим гальмом відповідно до навантаження, діючого на колесо P_{st} , та гальмівної кінетичної енергії W_k , що поглинається ним.

Проведений розрахунок місткості гідроаккумулятора для гальмування у випадку відмови насосної станції. В результаті розрахунку місткість гідроаккумулятора складає 1,3 літрів.

Розрахунок на міцність механізму керування основним гальмуванням коліс був проведений відповідно до вимог АП-25. В зв'язку з цим до педалі прикладене розрахункове навантаження $P_n^p = P_n^e \cdot 1.5 = 113 \text{ кгс}$ ($P_n^e = 75 \text{ кгс}$ – експлуатаційне навантаження згідно розділу 25.405(b*) АП-25), коефіцієнт безпеки 1,5.

Обчислення гідравлічних гальмівних систем приводить до визначення швидкодії системи: часу її загальмовування і розгальмовування. Також був проведений гідравлічний розрахунок гальмівної системи. Час загальмовування в результаті гідравлічного розрахунку склав 1,31 секунд.

На основі вірахованих результатів була описана модель основного режиму гальмування коліс для однієї з стійок основної опори шасі в середовищі AMESim. Час загальмовування в результаті моделювання склав 1,4 секунд.

У графіку льотних випробувань було вираховано, що час загальмовування при максимальному ході педалей льотчика складає 1,5 секунд.

Різниця між результатами часу загальмовування в гідравлічному розрахунку та льотних випробуваннях складає 12,7%. Можна зробити висновок, що гідравлічний розрахунок не точно описує роботу основного режиму гальмування коліс так як він не включає імітацію стиснення гальмівних дисків на відміну від моделі в середовищі AMESim.

Різниця між результатами часу загальмовування в моделі та льотних випробуваннях складає 6,7%.

Отже можна зробити висновок, що дана модель досить точно описує роботу основного режиму гальмування коліс.

На основі отриманих результатів був проведений параметричний аналіз величини часу загальмовування в залежності від конструктивних та експлуатаційних параметрів:

- величини витрати;
- діаметру трубопроводів;
- динамічної в'язкості в залежності від температури робочої рідини.

До конструктивних параметрів відноситься величина витрати та діаметр трубопроводів.

На основі отриманих результатів параметричного аналізу величини часу загальмовування в залежності від величини витрати можна зробити висновок, що оптимальним варіантом являється витрата в 8 л/хв.

На основі отриманих результатів параметричного аналізу величини часу загальмовування в залежності від величини діаметру трубопроводів можна зробити висновок, що оптимальним варіантом являється величина діаметру трубопроводів в діапазоні від 8 мм до 18 мм. Так як діаметр трубопроводу пов'язаний з кількістю рідини, а це в свою чергу вага гальмівної системи, то потрібно вибирати якомога

менший діаметр трубопроводу. З цих міркувань оптимальним варіантом являється діаметр трубопроводу 8 мм.

На основі отриманих результатів параметричного аналізу величини часу загальмовування в залежності від величини динамічної в'язкості в залежності від температури робочої рідини оптимальним варіантом являється величина динамічної в'язкості в діапазоні температур від 50°C до 0°C для не прогрітої гідросистеми.

Всі отримані дані були вираховані для «холодної» гідросистеми. При експлуатації для того, щоб увійти в часові норми гальмування 1,5 секунд на літаку передбачено прогрів гідросистеми перед польотом шляхом неодноразового спрацьовування системи.

Обрана модель може бути використана літакобудівними ДКБ при проектуванні систем гальмування коліс, доведенню при стендових і льотних випробуваннях, сертифікації й дослідженні особливих ситуацій в експлуатації.

Особисто мною, в середовищі AMESim розроблена модель основного режиму гальмування коліс, проведений розрахунок на міцність для спроектованого механізму керування основним гальмуванням коліс. За допомогою програмного забезпечення середовища AMESim проведений параметричний аналіз.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Решения компании LMS для разработки аэрокосмической техники, 11с.
2. Коконин С.С., Краменко Е.И., Матвеевко А.М. Основы проектирования авиационных колес и тормозных систем. – М.: Издательство МАИ, 2007. – 264с.
3. Калашников В. А., Пейко Я. Н. Классификация колесных тормозных систем. – М.: Труды ГосНИИ ГА, выпуск 183, с. 23 – 26.
4. Матвеевко А. М., Пейко Я. Н., Комаров А. А. Расчет и испытания гидравлических систем летательных аппаратов: – М.: Машиностроение, 1974. – 180с.
5. Житомирский Г. И. Конструкция самолетов: Учебник для студентов авиационных специальностей вузов. – М.: Машиностроение, 1991. – 400с.
6. Зверев И. И., Коконин С. С. Проектирование авиационных колес и тормозных систем. – М.: Машиностроение, 1972. – 224с.
7. Александров М. П., Лысяков А. Г., Федосеев В. Н., Новожилов М. В., Тормозные устройства: справочник. – М.: Машиностроение, 1985. – 312с.
8. Трофимов В. А., Яхно О. М., Губарев А. П., Солонин Р. И. Рабочие жидкости систем гидропривода. – К.: НТУУ «КПИ», 2009. – 184с.
9. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. Гидравлика, гидромашины и гидропроводы: Учебник для машиностроительных вузов. – М.: Машиностроение, 1982. – 423с.
10. Каталог решений от LMS, 161с.
11. Aircraft Landing Gear Design: Principles and Practices AIAA Education SERIESJ. S. PrzemienieckiSeries Editor-in-ChiefAir Force Institute of Technology Wright-Patterson Air Force Base, Ohio Norman S. Currey Lockheed Systems Company Marietta, Georgia 1988, 373с.
12. Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолета транспортной категории. С поправками по 5-ю включительно. Межгосударственный авиационный комитет.

13. Ісаєнко В. М., Криворотько В. М., Франчук Г. М. Екологія та охорона навколишнього середовища. Дипломне проектування: Навч. посіб. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2005. – 192с.
14. Державні будівельні норми В.2.5-28, – 2006с.
15. Буріченко Л. А., Гулевець В. Д. Охорона праці в авіації. – К: НАУ, 2003. – 448с.
16. Запольський А.К., Самок А.І. Основи екології – К.: Вища школа, 2001. – 385с.
17. Абрамом Е. И., Колесниченко К. А., Маслов В. Т. Элементы гидро-привода. – К.: Техника, 1977.– 319с.
18. Заіченко В. І. Курс лекцій Охорона праці в галузі, 2014 – 160с.
19. Наказ Міністерства Оборони України №685 Про затвердження Положення про пожежну безпеку в системі Міністерства оборони України 2014.
20. ДБН В.2.5-28-2006 Міністерство будівництва України 2006 – 96
21. Мушинська Б.А. Гальмівні механізми кар'єрного самоскида, 2005 – 11с.
22. <https://antonov.com/an-148-201>, 2020