

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

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
_____ Бадах В. М.
“___” _____ 2021р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

Тема: «Система гальмування пасажирського літака місцевих повітряних ліній»

Виконавець: студент(ка) 4-го курсу Куценко Юрій Володимирович _____
(підпис)

Керівник: к.т.н., доцент, Бадах Валерій Миколайович _____
(підпис)

Нормоконтролер: к.т.н., проф., Сивашенко Терентій Іванович _____
(підпис)

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Аерокосмічний
Кафедра Гідрогазових систем
Освітній ступінь Бакалавр
Спеціальність 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»
Освітньо-професійна програма «Літаки і вертольоти»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Бадах В. М.
“ ____ ” _____ 2021р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи студента

Куценко Юрій Володимирович
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи: «Система гальмування пасажирського літака місцевих повітряних ліній».
2. Затвердження наказом ректора від “ 29 ” квітня 2021р. № 684/ст
3. Термін виконання роботи: з 24.05.2021 по 20.06.2021
4. Вихідні дані до роботи: пасажирський літак місцевих повітряних ліній, система гальмування.
5. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці): загальні характеристики літака прототипу, аналіз системи гальмування коліс літака, гідравлічний розрахунок системи гальмування коліс літака, розрахунок на міцність вузлів СГК.
6. Перелік обов'язкового графічного матеріалу: загальний вигляд літака(A1); компонування літака (A1), структурна схема гідравлічної системи (A1).

Календарний план

№ п/п	Етапи виконання роботи	Терміни виконання етапів	Відмітка про виконання (підпис)
1.	Уточнення завдання	24.05.2021	
2.	Розподіл теми на основні частини	26.05.2021	
3.	Початок роботи, визначення мети та завдань роботи	28.05.2021	
4.	Пошук необхідних даних та літератури по літакам прототипам	30.05.2021	
5.	Аналіз гальмівної системи в основній частині проекту	31.05.2021	
6.	Розрахунок гідравлічної СГК	01.06.2021	
7.	Розрахунок вузлів СГК	10.06.2021	
8.	Підведення висновків	14.06.2021	
9.	Перевірка, внесення правок та підписання роботи	15.06.2021	
10.	Захист	16.06.2021	

Дата видачі завдання “ 03 ” травня 2021р.

Керівник: _____ Бадах В.М.
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи: «Система гальмування пасажирського літака місцевих повітряних ліній»

ЛІТАК, СИСТЕМА ГАЛЬМУВАННЯ КОЛІС, ГАЛЬМІВНЕ КОЛЕСО, КОНСТРУКЦІЯ, ХАРАКТЕРИСТИКА, ВИМОГИ НОРМ ЛЬОТНОЇ ПРИДАТНОСТІ, АНАЛІЗ....

Об'єкт дослідження – системи гальмування пасажирського літака місцевих повітряних ліній.

Предмет дослідження – процес гальмування коліс.

Метою справжніх досліджень є підвищення конкурентоспроможності літаків шляхом підвищення якості системи гальмування за рахунок оптимізації параметрів при зменшенні циклу проектування і більш точному описі його роботи, а також зменшення обсягів стендових і льотних випробувань при її доведенні й сертифікації.

ЗМІСТ

Завдання до дипломної роботи

Реферат

Перелік умовних скорочень.....	6
Вступ.....	7
1. Основна частина.....	8
1.1 Короткий технічний опис літака прототипу Ан-24.....	8
1.2 Основні геометричні характеристики.....	10
1.3 Пасажирське обладнання.....	12
1.4 Очікувані умови експлуатації.....	14
1.5 Сертифікація літака.....	15
1.6 Порівняння літака Ан-24 літаками аналогами.....	17
1.7 Загальні відомості по системі гальмування коліс.....	18
1.8 Складові системи гальмування літака Ан-24.....	20
1.9 Технічні вимоги до СГК.....	23
1.10 Аналіз функціональних відмов системи гальмування коліс.....	24
2. Спеціальна частина.....	26
2.1 Розрахунок гідравлічної системи гальмування коліс.....	26
2.2 Розрахунок на міцність механізму системи гальмування коліс.....	33
Висновки.....	40
Список використаної літератури.....	41

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ТЕ – технічна експлуатація

АП-25 – авіаційні правила (норми льотної придатності літаків
транспортної категорії)

FAR-25 – федеральні авіаційні правила (Federal Aviation Regulations)

ІСАО – міжнародна організація цивільної авіації (International Civil
Aviation Organization)

САХ – середня аеродинамічна хорда

ВПС – злітно-посадкова смуга

ТРЛП – технічне керівництво по льотній придатності

ТРДД – турбореактивний двухконтурний двигун

ПЗК – післязлітне загальмовування коліс

СГК – система гальмування коліс

КН – кермо напрямку

БСТО – бортова система технічного обслуговування

ВТК – відділ технічного контролю

КІЛС – комплексний індикатор літакових систем

БФІ – багатофункціональний індикатор

ВСК – вбудована система контролю

ЕЗІ – електронні засоби інформації

ПОШ – передня опора шасі

ОС – основна система

РС – резервна система

ООШ – основна опора шасі

ВСТУП

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) в складну систему. Гальмівна система літака забезпечує після посадкове гальмування, екстрену зупинку літака при випадках відмов, маневрувальне підгальмовування, стояночне та післязлітне загальмовування коліс.

Жорсткі вимоги, що пред'являються до гальмівних коліс і системи в цілому диктуються в першу чергу стрімким ростом, як злітних, так і посадкових мас літаків, а також бажанням розширити сферу застосування, збільшивши кількість аеродромів на котрі може сісти літак. Процес гальмування це сукупність як конструктивних так і природних факторів.

Темою даної дипломної роботи являється дослідження системи гальмування коліс пасажирського літака місцевих повітряних ліній.

РОЗДІЛ 1 ОСНОВНА ЧАСТИНА

1.1 Короткий технічний опис літака прототипу Ан-24.



Рис. 1.1 Зовнішній вигляд АН-24

АН-24 побудований по аеродинамічній схемі вільнонесучого високоплану. Фюзеляж герметичний круглого перерізу, типу напівмонокок.

Крило високого розміщення, вільнонесуче, трапецієподібне в плані. Конструкція крила — кесонного типу, складається з двох лонжеронів і 23 нервюр.

Хвостове оперення — вільнонесуче, однокільове. Складається із двох консолей стабілізатора з кермом висоти, кіля з кермом напряду і форкіля. Стабілізатор і кіль дволонжеронної конструкції.

Шасі даного літака трьохопорне, з двома головними і одною передньою опорами. Мінімальний радіус розвороту — 11250 мм. При польоті усі три опори прибираються вперед, основні у відсік в мотогондолах, під двигуном, а передня у відсік під кабіною екіпажу. Відсіки стійок шасі закриваються, як при польоті, так і при рулінні. При випущеному шасі відкритими залишаються

					НАУ210711001000ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Куценко Ю.В.			Літ.	Арк.	Акрушів
Керівник		Бадах В.М.				8	
Консультант					Основна частина		
Н. Контр.		Сивашенко Т.І.			401 АКФ		
Зав. кафедри							

маленькі стулки навпроти амортизаційних стійок. На кожній опорі встановлені два колеса з пневматиками і з дисковими гальмами на основних стійках. Передня опора не має гальмів, при рулінні вона повертається на кут $\pm 45^\circ$ і на кут $\pm 9^\circ$ при розгоні та пробігу. Випуск та прибирання шасі здійснюється за допомогою гідравлічного циліндру. У випадку виходу з ладу гідравлічної системи замки стійок шасі, які знаходяться в прибраному положенні, можна відкрити власноруч. В цьому випадку шасі опускаються і фіксуються в замках опущеного положення за рахунок своєї маси і зустрічного потоку повітря.

встановлено два турбогвинтових двигуна AI-24BT зі злітною потужністю 1900кВт. Двигуни розташовані в мотогондолах на центроплані. AI-24BT оснащений десятиступеневим компресором і трьохступеневою турбіною.

Камера згоряння кільцева із 8 форсунками. Також до складу двигуна входять: стартер-генератор, генератор змінного струму, аеродинамічні датчики, детектор обледеніння, система передачі крутного моменту, масляний фільтр та регулятор обертів гвинта. Для живлення двигунів використовується паливо марок Т-1 і ТС-1. Двигун кріпиться на центроплані крила за допомогою швидкоз'ємної рами з амортизаторами і силової ферми з переднім силовим шпангоутом.

Гідравлічна система складається з основної і аварійної. Основна система призначена для прибирання і випуску шасі і закрилків, повороту коліс передньої опори шасі; гальмування коліс основних опор шасі, приводу склоочисників, аварійного флюгування повітряних гвинтів і зупинки двигунів. Аварійна система використовується при виході з ладу основної системи для випуску закрилків і гальмування коліс шасі.

Харчування споживачів електроенергією здійснюється постійним струмом 27,5 В, змінним однофазним струмом 115 В, 400 Гц. і трифазним струмом 36 В, 400 Гц. В якості основних джерел електроенергії постійного струму на літаку використовуються два стартер-генератора СТГ-18ТМ. Аварійним джерелом постійного струму є дві акумуляторні батареї 12САМ-28, основними джерелами змінного струму 115 В, 400 Гц на літаку є два генератора ГО-16ПБ8.

1.2 Основні геометричні характеристики.

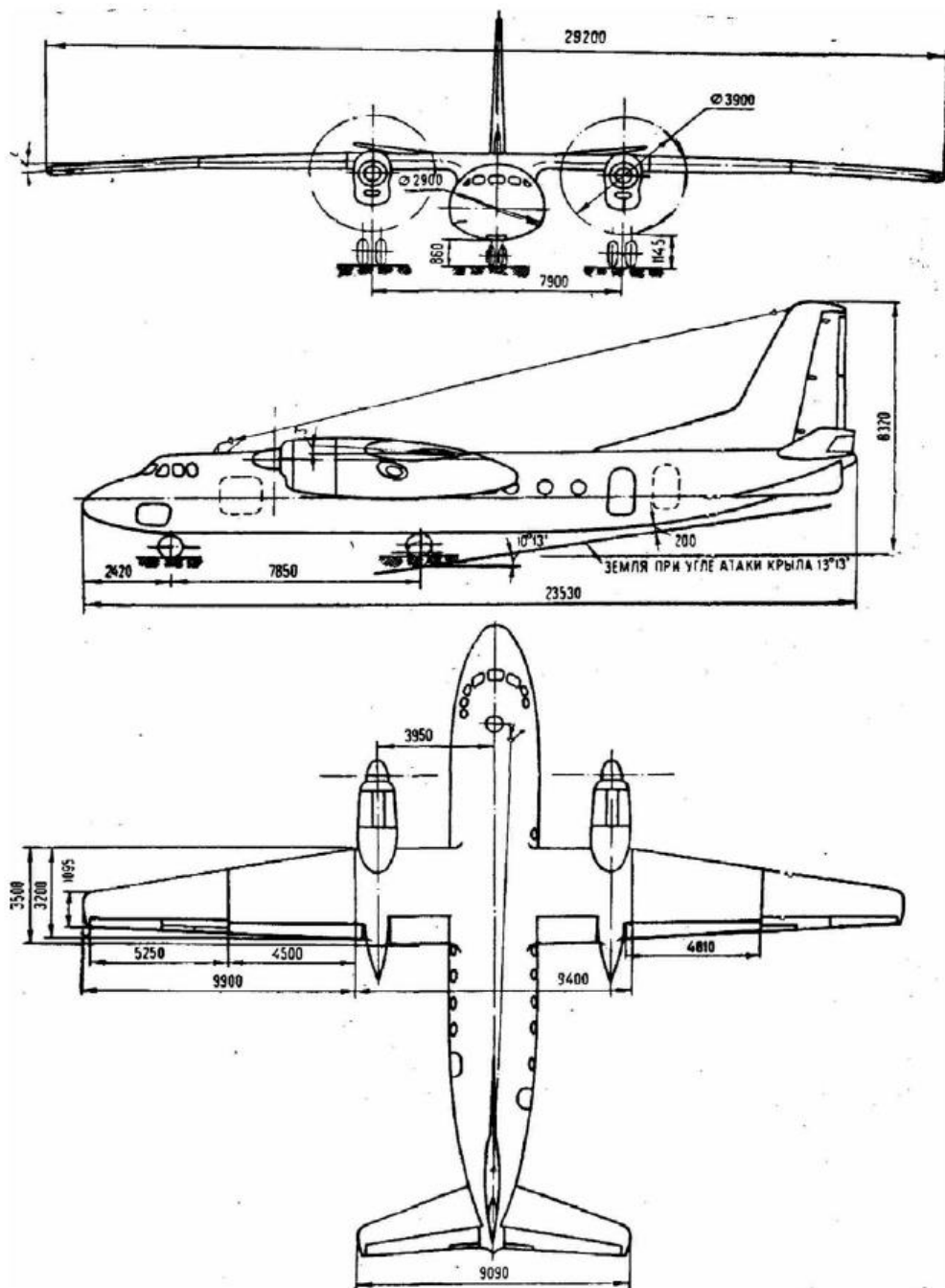


Рис. 1.2 Загальний вигляд літака Ан-24

Основні характеристики:

Екіпаж.....	3 чоловік;
Пасажиромісткість.....	44-52 чоловіка;
Вантажопідйомність.....	4200 кг;
Довжина.....	23,53 м;
Висота.....	8,32 м;
Розмах крила.....	29,20 м;
Площа крила.....	74,98 м ²
Крило у плані.....	трапецієвидне;
Подовження.....	11.37
Середня аеродинамічна хорда.....	2.813
Розмах елерона.....	5.25м
Маса спорядженого.....	13750 кг;
Нормальна злітна маса.....	18000 кг;
Максимальна злітна маса.....	19200 кг;
Маса палива у внутрішніх баках.....	3950 л;
Рухова установка.....	2 × Турбогвинтовий АІ-24 2550 к.с. (1875 кВт);
Повітряний гвинт.....	АВ-72Т;
Діаметр гвинта.....	3,9 м;

Горизонтальне оперення

Розмах.....	9.08
Площа.....	17.23м ² (23.8%S _{кр})
Звуження.....	2.33
Подовження.....	4.92
Середня аеродинамічна хорда.....	1.98м
Площа руля висоти.....	5.16м ²
Осьова компенсація руля висоти.....	28%
Профіль горизонтального оперення.....	0012М, симетричний

Вертикальне оперення

Висота кіля.....	4.9м
------------------	------

Звуження.....	2.5
Площа (без форкіля).....	13.38м ²
Подовження.....	1.8
Середня аеродинамічна хорда.....	1.9м
Площа руля напрямку.....	5м ²
Площа форкіля.....	2.57м ²

Шасі

Колія по осям амортизаційних стійок.....	7.9м
База.....	7.89

Колеса:

основних опор шасі.....по два тормозних 900*300*370мм

передньої опри шасі.....два нетормозних 700*250мм

Льотні характеристики:

Крейсерська швидкість.....	420 км/год
Практична дальність.....	990 км
Перегінна дальність.....	2820 км
Довжина розгону.....	500 м
Довжина пробігу.....	500 м



Рис. 1.3 Кабіна пілотів Ан-24 та пасажирський салон Ан-24

1.3 Пасажирське обладнання.

До складу пасажирського обладнання відносяться крісла, полицки для ручної поклажі, аварійно-рятувальне та побутове обладнання.

Компонування пасажирської кабіни повинно відповідати вимогам забезпечення величини питомого об'єму кабіни, що приходить на одного пасажирів. Цей параметр є важливим з огляду на вимоги щодо забезпечення необхідного рівня комфорту як для пасажирів, так й для членів екіпажу. Значення цих величин повинні бути не менш тих, що вказані у табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Мінімальні значення питомого об'єму пасажирських кабін, м³/чол.

Діаметр фюзеляжа	Тривалість польоту, год.					
	до 1	1...2	2...4	4...6	6...8	8 і більше
до 4 м	0,84	0,85	0,92	0,98	1,2	1,2
4 м і більше	0,96	0,98	1,06	1,13	1,27	1,36

Розміри пасажирської кабіни визначаються кількістю пасажирів при стандартних варіантах розміщення крісел. В даний час при авіаційних перевезеннях використовуються три класи пасажирських кабін (салонів): перший (зазвичай на далекомагістральних літаках), бізнес-клас (на літаках, де відсутній перший клас) та економічний. Ці класи відрізняються комфортом для пасажирів та умовами обслуговування. Часто авіакомпанії практикують власні класи обслуговування пасажирів, котрі можуть поєднувати властивості сусідніх класів. Наприклад, часто практикуються класи економ-комфорт або економ-преміум, що знаходяться між бізнес-класом та економічним. Пасажирські салони першого класу можуть обладнуватися кріслами, що розкладаються на 180°, або невеликими диванами, а все більше авіакомпаній обладнують літаки окремими купе. Крісла бізнес-класу бувають двох типів: зі спинками, що розкладаються до 160° або на 180°, утворюючи міні-дивани, паралельні підлозі. Крісла економічного класу можуть бути зі спинками, що не відхиляються, або відхиляються на кут до 360.

В салонах першого класу встановлюються тільки блоки з двох крісел, а в інших класах – блоки з двох або трьох крісел. Кількість блоків крісел у поперечному ряду та проходів вибирається на підставі статистичних даних, близьких за пасажиромісткістю та призначенням літаків.

Якщо під підлогою пасажирського салону передбачається розміщення вантажних відсіків, то для формування обводів нижньої частини фюзеляжу необхідно спочатку визначитися з типом стандартних авіаційних контейнерів, при цьому необхідно задати товщину підлоги приблизно 5% від ширини кабіни. На кресленні перетину фюзеляжу треба зобразити у відповідному масштабі контури обраного контейнеру з урахуванням зазору (зверху та з боків) між контейнером та конструктивними елементами вантажного відсіку не менш ніж 50 мм.

У випадку безконтейнерного перевезення вантажу з метою забезпечення зручності роботи обслуговуючого персоналу необхідно задати висоту вантажного відсіку 900...1100 мм.

При відсутності розташування у підлоговому просторі вантажних відсіків обводи нижньої частини фюзеляжу визначаються виходячи із міркувань призначення літака, обраної аеродинамічної схеми тощо.

1.4 Очікувані умови експлуатації

Параметри дії зовнішнього середовища

Температура зовнішнього повітря на землівід -55 до 45 °С

Відносна вологість зовнішнього повітря при $t=+35^{\circ}\text{C}$ <98%

Напрямок і допустима швидкість вітру на зльоті і при посадці:

- зустрічна складова25 м/с
- попутна складова.....5 м/с
- бічна складова (під кутом 90 ° до ВПС при $\mu \geq 0,5$).....15 м/с
- при рулюванні (зі всіх напрямів).....20 м/с

Експлуатаційні чинники

Міцність ґрунту для підготовлених ґрунтових ВПС не менше 9 кгс/см^2 .

Висота аеродрому над рівнем моря..... від 300 до 3000 м

Допустимі стани ВПС:

- суха;
- мокра з ділянками води;
- покрита шаром сльоти до 15 мм;
- засніжена при коефіцієнті зчеплення $\mu > 0,3$.

Особливостями застосування є виконання польотів:

- за правилами візуального польоту і польоту по приладах;
- вдень і вночі, в складних і простих метеоумовах;
- з ешелонуванням у вертикальній площині через 300 м у всьому діапазоні висот;
- по міжнародних повітряних трасах і лініях, де розриви в полях МВ-радіозв'язку, визначені для 80% ефективного радіо горизонту, не ревищують 5 хв., але не більше 1 год.;
- над рівнинною, гористою і місцевістю без орієнтирів, в діапазоні географічних широт до 73° північної і 55° південної;
- над водними просторами.

Метеомінімум літака для зльоту і посадки.....ША

Максимальна тривалість польоту до запасного аеродрому.....90 хв.

Склад екіпажа:

- командир повітряного судна (КПС);
- другий пілот;
- бортпровідники – 2 чол.

1.5 Сертифікація літака.

Вимоги до льотної придатності

Сертифікація літака і його компонентів повинна здійснюватися в відповідності з процедурами частини 21 Авіаційних правил України (АПУ-

21) і частини 21 Авіаційних правил Міждержавного авіаційного комітету (АП-21) «Процедури сертифікації авіаційної техніки» по наступному сертифікаційному базису:

літак: - АП-25 «Норми льотної придатності літаків транспортної категорії», частина 25 Авіаційних правил МАК (АП-25) з поправками по 4-у включно;

- технічне керівництво по льотній придатності (ТРЛГ) ІКАО Doc. №9051-AN/896 (з поправками по 11 включно), частина III, розділ 5, розділ 1 «Оцінка технічних характеристик і надійності систем для польотів збільшеної дальності літаків з двома газотурбінними силовими установками»;

двигуни: - АП-33 «Норми льотної придатності двигунів повітряних суден»;

ДСУ: - АП-ВД «Норми льотної придатності допоміжних двигунів повітряних суден»;

вироби: - АП-25 «Норми льотної придатності літаків транспортної категорії»;

Додаток до розділу 8 ЕНЛГ-С «Устаткування літака».

По шуму на місцевості літак повинен задовольняти вимогам наступних документів:

- міжнародним стандартам «Охорона навколишнього середовища», додатки 16 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію, тому 1 «Авіаційний шум» (з поправками по 7-у включно), розділ 4;

По емісії літак повинен задовольняти вимогам наступних документів:

- міжнародних стандартів «Охорона навколишнього середовища», додатки 16 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію, тому 2 «Емісія авіаційних двигунів» (з поправками по 4-у включно, частина II «Викид палива»). Частина 34 Авіаційних правил МАК «Емісія авіаційних двигунів». На вимогу авіакомпаній літак може бути сертифікований по нормам FAR-25 і CS-25.

Вимоги по захисту від актів незаконного втручання

Літак повинен задовольняти вимогам додатку 6 до Конвенції ІКАО «Експлуатації повітряних суден» (частина I «Міжнародний комерційний повітряний транспорт». Літаки, з поправками по 27-у включно, розділ 13 «Безпека»), а також додатки 8 до Конвенції ІКАО «Льотна придатність повітряних суден» (з поправками по 98-у включно, частина ШВ, розділ «Авіаційна безпека») і повітряного кодексу України (стаття 8)

1.6 Порівняння літака Ан-24 з літаками аналогами.

Таблиця 1.2

Найменування і розмірність	Ан-24	Ан-72	Ан-24В	
Екіпаж, чоловіків	3-5	3-5	3	
Супроводжуючі	2	2	1	
Пасажири	44	-	52	
Навантаження на крило, кН/м ²	2,6	2,65	2,715	
Середня крейсерська якість	14	16	14,52	
Дальність польоту з $m_{кн\ max}$, км	1100	1000	1800	
Діапазон крейсерських висот, км	6	9	6,7	
$V_{кр\ max}/H$, км/г/км	435	550	470	
$V_{кр\ екон}/H$, км/г/км		515		
Енергоозброєність, кВт/кг(тягозаб. кВт)	2,7	2,6	2,7	
Продуктивність, ткм/год			2263,8	
Питома витрата палива, г/т.км			327,983	
Дані силової установки				
Кількість і тип двигунів	2	2	2	
Злітна тяга, кН(потужність кВт)	1650	65	1900	
Крейсерська тяга. кН	1350	36	1400	
Питома витрата палива зльотна, кг/кН (кВт),(кг/кВт*ч)	0,25	34,55	0,2463	
Питома витрата палива крейсерська, кг/кН (кВт)	0,26	48,41	0,2441	
Ступінь підвищення тиску	21	20	28	
Ступінь двоконтурності	0	5,6	0	
Клас аеродрому базування	В	Г	В	
Швидкість заходу на посадку, км/год	176,7	165,73	181,09	
Посадкова швидкість, км/год	161,4	150,73	165,79	
Швидкість відриву, км/год	177,54	168,06	179,86	

Довжина розгону, м		870	724	666
Довжина пробігу, м		650	320	484
Дистанція злітна, м		1400	1303	1244
Дистанція посадкова, м		1200	790	974

Основні геометричні параметри		Ан-24	Ан-72	А1Н
Розмах крила, м		29,2	35,8	30,29
Стрілоподібність по 1/4 хорд, град		6,5	17	6
Середня геометрична хорда, м		3,18	3,55	2,865
Подовження крила		11,37	10,32	11,4
Звуження крила		2,92	3,3	2,9
Довжина фюзеляжу, м		23,78	30,8	23,519
Діаметр фюзеляжу, м		2,9	3,1	2,9
Подовження фюзеляжу		8,2	9	8,11
Ширина кабіни, м		2,7	2,15	2,7
Довжина кабіни, м		13	10,5	13
Висота кабіни, м		2,38	2,2	2,1
Об'єм кабіни, м*		310	280	280
Розмах ГО, м		10	9,69	9
Стрілоподібність ГО по 1/4 хорд, град		15	35	25
Відносна площа ГО, %				
Подовження ГО		4,065	3,45	4,025
Звуження ГО		2,5	3	2,5
Відносна площа РВ, %				
Висота ВО, м		4,68	4,93	4,0
Стрілоподібність ВО по 1/4хорд, град.		21,3	40	30
Відносна площа ВО, %				
Подовження ВО		1,41	1,29	1,25
Звуження ВО		3	1	3
Відносна площа РН, %				
База шасі, м		8,56	11,2	8,56
Коля шасі, м		11,196	3,92	11,196

1.7 Загальні відомості по системі гальмування коліс.

Система гальмування коліс гідравлічна, прямої дії з антиюзовою автоматикою релейного типу, призначена для управління гальмами коліс основного шасі і виконує ряд функцій.

Основне гальмування відбувається з допомогою гальмівних педалей лівого або правого пілотів. Лівою педалью лівого або правого пілотів загальмовується колеса лівої основної стійки шасі, правою педалью – колеса правої основної стійки.

Резервне гальмування від рукоятки. Переміщенням рукоятки загальмовуються колеса, одночасно лівої і правої основних стійок шасі.

Гальмування стоянки від електроперемикача.

Післязлітне загальмовування коліс (ПЗК) – автоматичне, в процесі прибирання шасі.

Захист від посадки на загальмовані колеса, при основному і резервному гальмуванні, за рахунок примусового розгальмовування коліс до їх розкручування при приземленні або обжимання амортизацій основного шасі.

Захист від юза коліс при швидкості руху по землі вищій 30 км/год., з управлінням антиюзом автоматикою:

- 1) індивідуально кожного колеса основного шасі при основному гальмуванні;
- 2) індивідуально парою коліс лівої або правої стійки основного шасі при резервному гальмуванні.

Примусове розгальмовування коліс по основному каналу гальмування, якщо ввімкнене резервне гальмування.

Примусове розгальмовування коліс по резервному каналу від спеціального електроперемикача (застосовується у разі відмови електрогідрокрана гальмування стоянки в положенні «загальмовано»).

Автоконтроль антиюза. Запуск циклу авто контролю здійснюється від системи СУЗСО в двох випадках:

- автоматично у польоті після випуску шасі;
- при натисненні кнопки «анти юз-контроль» (при технічному обслуговуванні).

Сигналізація і індикація екіпажу про нормальні і небезпечні режими роботи СГК.

Видача сигналів в аварійний реєстратор про включення основного, резервного гальмувань стоянки, а також про величину тиску в гальмі кожного гальмівного колеса.

Система гальмування коліс відповідає всім вимогам сертифікаційного базису Ан-24 в частині, що відноситься до вказаної системи.

1.8 Складові системи гальмування літака Ан-24.

У систему входять (рис. 1.7), (Додаток А):

-чотири редуційних (гальмівних) клапана УГ-92/2;

-(УГ-149), призначені для регулювання тиску в гальмах коліс в залежності від ходу гальмівних педалей. Максимальний тиск на виході при натисканні педалей до упору 95 ± 5 кгс / см². Вони встановлені за приладової дошкою по одному над гальмівними педалями і управляються ними;

-два електрогідравлічних крана УЕ-24 / 1-2 б, призначені для автоматичного розгальмовування і загальмування коліс, є виконавчими агрегатами противоюзової автоматики. Являють собою двохпозиційні електрогідравлічні крани прямої дії. Управляються від датчиків юза УА-28А. При подачі електричного сигналу від датчиків крани замикають трубопроводи підведення рідини від редуційних клапанів і з'єднують гальма коліс із зливними магістралями, при відсутності сигнал від УА-28А - забезпечують подачу рідини до гальм. Встановлено в відсіках основних опор шасі;

-два електрогідравлічних вимикача УГ-34/2 4, призначені для підведення живлення до елементів антиюзової автоматики (УЕ-24 / 1-2 і сигнальними лампами) при тиску за редуційним клапаном УГ-92/2 більше 4 ... 8 кгс / см². Крім того, вони захищають обмотки електромагнітів кранів УЕ-24 / 1-2 від перегорання при відмові хоча б одного з датчиків юза (спеканий контактів мікрвимикача датчика). Встановлено на стелі відсіків основних опор шасі;

-чотири дроселя 5, 7, призначені для плавного гальмування та расторможування коліс за рахунок гідравлічного опору отворів в шайбах дроселів. Час повного гальмування та растормаживання коліс при цьому становить 1,5 с. Встановлено на стелі відсіків основних опор шасі;

-два човникових клапана УГ-97/7, 8, призначені для автоматичного підключення гальм коліс основної або аварійної мережі гальмування при включенні в роботу одного з них. Встановлено на задніх стінках відсіків основних опор шасі;

-чотири дозатора ГА-172-00-2 9, призначені для запобігання втрати рідини у разі порушення герметичності трубопроводів на ділянці між дозаторами і гальмами коліс. При герметичному трубопроводі витрата рідини через дозатор становить менше 0,4 л, і дозатор в цьому випадку відкритий, тому що для загальмування одного колеса потрібно 0,2 л рідини. При витраті рідини через дозатор більше 0,4 л (розрив трубопроводу), дозатор закривається, втрата рідини при цьому становить 0,4 ... 0,7 л. Дозатори встановлені на задніх стінках відсіків основних опор шасі;

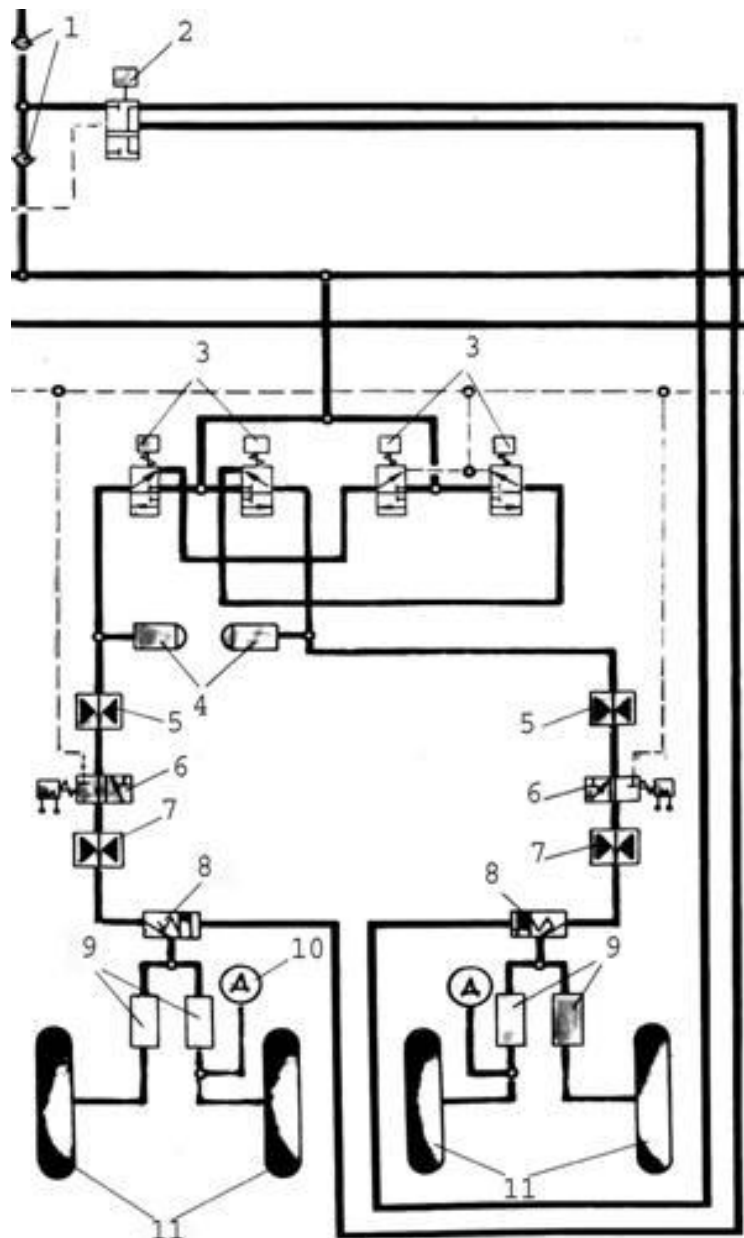


Рис. 1.7 Схема системи гальмування

1 - зворотні клапани; 2 - редуктор тиску УГ-100У; 3 - редукційні клапани УГ-92/2; 4 - електрогідравлічний вимикач УГ-34/2; 5,7 - дросель; 6 - електрогідравлічний кран УЕ-24 / 1-2; 8 - човниковий клапан УГ-97/7; 9 - дозатор ГА-172-00-2; 10 - датчик манометра ВД-150; 11 - гальмівне колесо КТ-157.

-два редукційних клапана УГ-100У 2, призначені для регулювання тиску в гальмах коліс при аварійному гальмуванні. Зібрані в одному корпусі, встановлені на центральному пульті і управляються вручну рукояткою "Аварійне Гальмування". Максимальний тиск при повному натисканні рукояток 95 ± 5 кгс / см²;

-чотири інерційних датчика УА-28А 5, призначені для подачі електричних

імпульсів на електрогідравлічні крани УЕ-24 / 1-2 для розгальмовування коліс в момент настання прослизання їх щодо ґрунту. Фактично юза коліс не буває, для спрацьовування датчика досить, щоб колесо отримало негативне кутове прискорення 450 ± 50 рад / с². Встановлено на корпусі гальм коліс і через шестерні пов'язані з барабанами коліс;

-два датчика дистанційного манометра 2ДІМ-150 10 (див. рис. 5.10), призначені для виміру тиску в гальмах коліс і видачі сигналу на покажчики. Встановлено в відсіках основних опор шасі.

1.9 Технічні вимоги до СГК.

СГК повинна відповідати вимогам конструкторської документації.

Технічні характеристики.

Робоча рідина НГЖ-5 У ТУ38.401-58-57-93.

Робочий тиск рідини в гальмах коліс при гальмуванні, МПа (кгс/см²):

- 1) основному..... 10 ± 1 (100+1);
- 2) резервному..... 10 ± 1 (100±10);
- 3) стоянці протягом 1 години.....15 (150);
- 4) післявзлітному.....15 (150);

Робочий тиск рідини в лініях зливу, МПа (кгс/см²):

- статичне.....не більше 0,8 (8);
- динамічнене більше 1,5 (15);
- короткочасно (не більше 1 с.)3,0 (30).

Електроживлення по ГОСТ 19705-89 постійним струмом, номінальною напругою 27В.

Час загальмовування і час розгальмовування коліс (швидкодія системи), при основному і резервному гальмуванні, повинен бути не більше 1,5 с.

При температурах зовнішнього середовища нижче мінус 30°C задана швидкодія досягається після шестикратного натиснення гальмівних педалей для прогрівання робочої рідини. Холостий хід гальмівних педалей і рукоятки резервного гальмування повинен бути 20...25% їх повного ходу.

1.10 Аналіз функціональних відмов системи гальмування коліс

Перелік видів стану відмов, імовірність їх виникнення і попередня експертна оцінка наслідків функціональних відмов

Найменування відмови Формула відмови	Код и зовнішній прояв., індик. повід.	Зовнішній прояв відмови, індикатор повідомлення	Усереднена імовірність відмови 1 год. польоту	Ступінь безпеки відмови	Імовірність ступеню безпеки	Дії екіпажу по парированню відмови	Признач. вид перевірки
1	2	3	4	5	6	7	8
Система гальмування коліс							
Нерозгальмування коліс однієї з стійок при гальмуванні від основної системи (антиюзова автоматика працює)	045003	Органолептична	4.4e-08	УУП	1.9e-07	Направлення на пробігу витримувати відхиленням РН, елеронами, управлінням передньої опори, асиметричним гальмуванням	ЛІ
Немає основного гальмування коліс однієї з стійок від ОС	122003	Органолептична	1.3e-07	УУП	5.7e-07	Направлення на пробігу витримувати відхиленням РН, елеронами, управлінням передньої опори При необхідності використовувати аварійне гальмування	ЛІ

	011	Інформація на ЕЗІ					
	032	МФІ					
	001	Немає повідомлення величини тиску в гальмах					
Немає основного і резервного гальмування коліс обох стійок	122 003	Органолептична	2.0e-09	СС	8.5e-09	Направлення на пробігу витримувати відхиленням РН, управлінням ПОШ	
	011	Інформація на ЕСІ					
	032	МФІ					
	001	Немає повідомлення величини тиску в гальмах					
Нерозгальмування коліс обох стійок від резервної системи гальмування (антиюзова автоматика працює)	045 003	Органолептична	1.8e-10	УУ П	7.8e-10	Не потребує	
Відсутнє антиюзове розгальмування одного з коліс при гальмуванні від ОС	121 003	Органолептична	4.9e-05	БС	2.1e-04	Не потребує	

РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1. Розрахунок гідравлічної системи гальмування коліс

Розрахунок гідравлічних 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 гальмах.

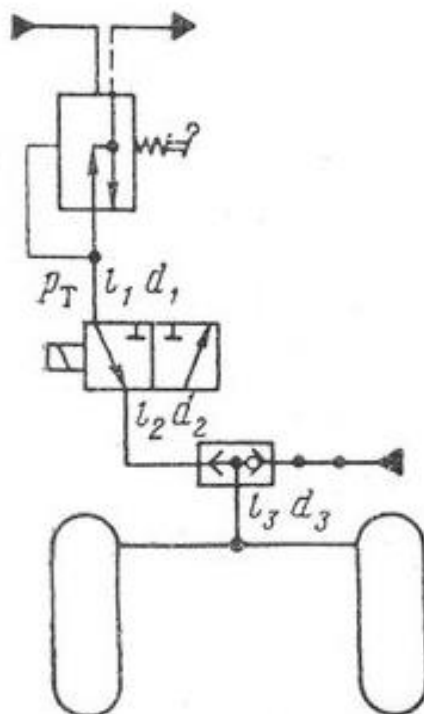


Рис.2.1 Розрахункова схема гідравлічної гальмівної системи.

Для розрахунку приймаємо наступні позначення:

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

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

$d = 0,008 \text{ м}$ - діаметр трубопроводу;

$V_H = 1,96 \text{ л}$ - початковий геометричний об'єм;

$V_{II} = 0,099 \text{ л}$ - приріст початкового геометричного об'єму;

					НАУ210711001000ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Куценко Ю.В.			Спеціальна частина	Літ.	Арк.	Акрушів
Керівник		Бадах В.М.					26	
Консультант						401 АКФ		
Н. Контр.		Сивашенко Т.І.						
Зав. кафедри								

$P'_T = 1,5 \text{ МПа}$ – тиск в гальмах при загальмовуванні;
 $Q_{ж1} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{хв.}$ – витрата рідини;
 $\gamma = 1020 \text{ Н/м}^3$ – питома вага НГЖ-5У;
 $\nu = 20,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ – кінематичний коефіцієнт в'язкості;
 $P_{Tmax} = 10 \text{ МПа}$ – максимальний гальмівний тиск;
 $\delta_{тр} = 0,0006 \text{ м}$ – товщина стінок трубопроводу;
 $E = 200000 \text{ МПа}$ – модуль пружності матеріалу трубопроводу;
 $E_1 = 1,5 \cdot 10^9 \text{ Па}$ – модуль пружності робочої рідини
 $Q_{ж2} = 8.652 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с.}$

Початковий об'єм V_H гальма і системи це об'єм, коли всі рухомі елементи гальма знаходяться в початковому положенні і надлишковий тиск в системі дорівнює нулю. Цей об'єм завжди заповнений рідиною. Приріст початкового геометричного об'єму дорівнює об'єму рідини, яка подається в гальма через редукційний клапан і забезпечує зміщення рухомих частин гальма до моменту дотику поверхонь тертя.

При розрахунку системи прохідний переріз редукційного клапана приймаємо постійним і він дорівнює F_D . Прохідний переріз всіх інших агрегатів приймаємо не менше прохідного перерізу трубопроводу, який відходить від редуктора.

Розрахунок системи проводимо по спрощеній схемі (рис. 2.2), який включає в себе визначення часу заповнення об'єму V_{II} до тиску P'_T , який необхідний для зміщення рухомих частин гальма до повного дотику поверхонь тертя гальма, і визначення часу наростання тиску від P'_T до P_{Tmax} , коли поверхні тертя притиснуті з розрахунковою силою.

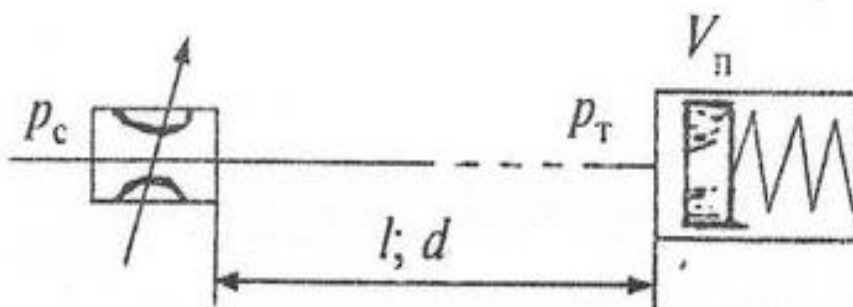


Рис.2.2
Спрощена
схема.

Приріст геометричного об'єму при збільшенні тиску у зв'язку з деформацією елементів гальма (при збільшенні тиску від P'_T до P_{Tmax}) не враховується.

Розглянемо перший етап розрахунку – визначення часу заповнення об'єму V_{Π} до тиску P'_T .

Знаходимо приведенний коефіцієнт витрат:

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

де $k_p=0,6$ – коефіцієнт витрат; $g=9,81$ м/с².

$$A_d = 0,6 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81}{1020}} = 0,083.$$

В гальмівній системі роль дроселя виконує редуційний клапан. Розглянемо процес загальмовування при максимально відкритому редуційному клапані. В цьому випадку середній перепад тиску в дроселі дорівнює:

$$\Delta_p = P_c - \left(P_{\Pi} + \frac{P'_T}{2} \right),$$

де P_{Π} - втрати тиску в еквівалентному трубопроводі від клапану до гальма.

Зміна тиску при зміщенні рухомих елементів відбувається за лінійним законом.

Для випадку ламінарного потоку рідини величина втрати тиску в трубопроводі визначається за наступною формулою:

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

де l - довжина трубопроводу;

d – діаметр трубопроводу.

$$\lambda \approx \frac{75}{R_e}.$$

$$R_e = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{4 \cdot Q_{ж}}{v \cdot \pi \cdot d},$$

де R_e – число Рейнольдса;

v – швидкість потоку рідини в трубопроводі;

ν - кінематичний коефіцієнт в'язкості.

Виконавши відповідні перетворення, отримаємо:

$$P_{II} = 48 \cdot \frac{v \cdot \gamma}{g} \cdot \frac{l}{d^5} \cdot Q_{жс} = 48 \cdot \frac{20,5 \cdot 10^{-6} \cdot 1020}{9,81} \cdot \frac{45}{0,008^5} \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 1,124 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Таким чином, рівняння із врахуванням витрат в трубопроводах системи і середнього протитиску в циліндрах буде мати вигляд:

$$Q_{жс1} = \sqrt{\left(\frac{A_D^2 \cdot F_D^2 \cdot D}{2}\right)^2 + A_D^2 \cdot F_D^2 \cdot \left(P_c - \frac{P_T'}{2}\right) - \frac{A_D^2 \cdot F_D^2 \cdot D}{2}},$$

$$\text{де } D = 48 \cdot \frac{v \cdot \gamma}{g} \cdot \frac{l_i}{d^4} = 48 \cdot \frac{20,5 \cdot 10^{-6} \cdot 1020}{9,81} \cdot \frac{45}{0,008^4} = 1,124 \cdot 10^9 \text{ кг/м}^4 \cdot \text{с}$$

Площа прохідного перерізу редукційного знайдемо наступним шляхом:

$$F_D = \frac{Q_{жс}}{A_D \cdot \sqrt{P_{T\max}}} = \frac{6 \cdot 10^{-3}}{0,083 \cdot \sqrt{10}} = 3,801 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2.$$

$$Q_{жс} = \sqrt{\left(\frac{0,083^2 \cdot (3,801 \cdot 10^{-7})^2 \cdot 1,124 \cdot 10^9}{2}\right)^2 + 0,083^2 \cdot (3,801 \cdot 10^{-7})^2 \cdot \left(10 - \frac{1,5}{2}\right) - \frac{0,083^2 \cdot (3,801 \cdot 10^{-7})^2 \cdot 1,124 \cdot 10^9}{2}} = 9,562 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с.}$$

Знаючи приріст початкового об'єму V_{II} і середню витрату на цій ділянці, отримаємо час заповнення об'єму:

$$\tau_1 = \frac{V_{II}}{Q_{жс1}} = \frac{0,099}{9,562 \cdot 10^{-5}} = 1,03 \text{ с.}$$

Після заповнення об'єму V_{II} зміна тиску P_T за часом визначається наступною залежністю:

$$K_0 \frac{d_{PT}}{d_\tau} = Q_{жс.ср.},$$

де $Q_{жс.ср.}$ - середня витрата за увесь процес;

K_0 - коефіцієнт пружності системи.

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

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

l - довжина трубопроводу;

d – діаметр трубопроводу;

$\delta_{\text{тр}}$ - товщина стінок трубопроводу;

E – модуль пружності матеріалу трубопроводу;

E_1 - модуль пружності робочої рідини;

V_c – загальний (сумарний) об'єм.

Спочатку знаходимо площу прохідного перерізу трубопроводу:

$$F_{mp} = \frac{(d - \delta_{mp})^2}{4} = \frac{(0,008 - 0,0006)^2}{4} = 1,369 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2.$$

Визначимо загальний (сумарний) об'єм:

$$V_c = V_H + V_{II} = 1,96 + 0,099 = 2,059 \text{ л.}$$

Далі згідно формули, знаходимо коефіцієнт пружності системи

$$K_0 = 1,369 \cdot 10^{-5} \cdot 45 \cdot \left(\frac{0,008}{0,0006 \cdot 200000} + \frac{1}{1,5 \cdot 10^9} \right) + \frac{2,059}{1,5 \cdot 10^9} = 1,824 \cdot 10^{-12} \text{ м}^4 \cdot \text{с}^2 / \text{кг}.$$

Якщо система складається із трубопроводів різних довжин і діаметрів, то l і d беруться еквівалентними, тобто такими, які при витраті $Q_{\text{ж}}$ створюють такий же самий опір, $\sum_{i=1}^n \frac{l_i}{d_i^4}$ · що й

При лінійній зміні тиску від P'_T до P''_T

$$Q_{\text{ж}1} = \sqrt{\left(\frac{A_D^2 \cdot F_D^2 \cdot D}{2} \right)^2 + A_D^2 \cdot F_D^2 \cdot \left[P_c - \left(\frac{P'_T + P''_T}{2} \right) \right]} - \frac{A_D^2 \cdot F_D^2 \cdot D}{2} = K_0 \frac{d_{PT}}{d_\tau},$$

звідси
$$\frac{d_{PT}}{d_\tau} = \frac{Q_{\text{ж}2}}{K_0},$$

де $\frac{d_{PT}}{d_\tau}$ - швидкість зміни тиску в системі.

Визначимо тиск P''_T :

$$P''_T = \frac{1}{3} \cdot P_{T \text{ max}} = \frac{1}{3} \cdot 10 = 6,667 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

$$Q_{\text{ж}1} = \sqrt{\left(\frac{0,083^2 \cdot (3,801 \cdot 10^{-7})^2 \cdot 1,124 \cdot 10^9}{2} \right)^2 + 0,083^2 \cdot (3,801 \cdot 10^{-7})^2 \cdot \left[10 - \left(\frac{1,5 + 6,667 \cdot 10^6}{2} \right) \right]} - \frac{0,083^2 \cdot (3,801 \cdot 10^{-7})^2 \cdot 1,124 \cdot 10^9}{2} = 9,562 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 / \text{с.}$$

Час зростання тиску від P'_T до P''_T дорівнює:

$$\Delta_{\tau 2} = \frac{P_T'' - P_T'}{\frac{Q_{ж2}}{K_0}} = \frac{6,667 \cdot 10^6 - 1,5}{8,652 \cdot 10^{-5}} = 0,039c.$$

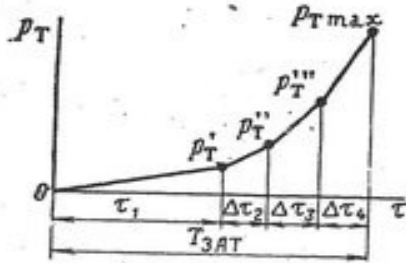


Рис.2.3 Графік зміни тиску в гальмі при загальмовуванні

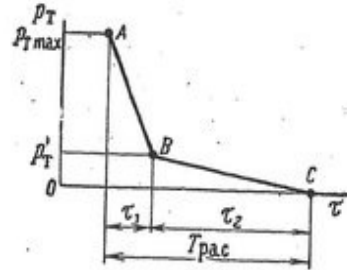


Рис.2.4 Графік зміни тиску в гальмі при розгальмовуванні

Аналогічно знаходяться $\Delta_{\tau 3}$ і $\Delta_{\tau 4}$ для інших участків.

$$\Delta_{\tau 3} = \frac{P_T''' - P_T''}{\frac{Q_{ж3}}{K_0}} = 0,087c.$$

$$\Delta_{\tau 4} = \frac{P_{Tmax} - P_T'''}{\frac{Q_{ж4}}{K_0}} = 0,151c.$$

Графік зміни тиску в гальмі за часом при загальмовуванні визначається як

$$T_{зат} = \tau_1 + \Delta_{\tau 2} + \Delta_{\tau 3} + \Delta_{\tau 4};$$

Значення P_T'' і P_T''' умовно приймаються рівними 1/3 і 2/3 від P_{Tmax} .

Для визначення часу розгальмування системи знайдемо кількість рідини, яка входить в систему при підвищенні тиску від P_T' до P_{Tmax} . Ця кількість знаходиться як сума об'ємів, підрахованих для кожної ділянки окремо.

Тоді
$$\Delta V = \Delta V_2 + \Delta V_3 + \Delta V_4 + \dots + \Delta V_i,$$

де
$$\Delta V_i = Q_{жi} \cdot \Delta V_i.$$

Знаходимо ΔV_i для кожної ділянки.

$$\Delta V_2 = Q_{ж2} \cdot \Delta_{\tau 2} = 8,652 \cdot 10^{-5} \cdot 0,039 = 3,374 \cdot 10^{-6} m^3.$$

$$\Delta V_3 = Q_{ж3} \cdot \Delta_{\tau 3} = 7,015 \cdot 10^{-5} \cdot 0,087 = 6,103 \cdot 10^{-6} m^3.$$

$$\Delta V_4 = Q_{ж4} \cdot \Delta \tau_4 = 4.027 \cdot 10^{-5} \cdot 0.151 = 6.081 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

$$\Delta V = 0,337 \cdot 10^{-5} + 0,610 \cdot 10^{-5} + 0,608 \cdot 10^{-5} = 1.556 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

Знайшовши ΔV і знаючи коефіцієнт пружності системи, визначаємо витрату рідини через клапан 1 (див. рис. 2.1), прохідний переріз на злив якого дорівнює F_D .

Отже,
$$Q_{ж} = A_D \cdot F_D \sqrt{\Delta P_{ср}},$$

де
$$\Delta P_{ср} = \frac{P_{T_{\max}} - P_T'}{2} = \frac{10 - 1,5}{2} = 4,25 \text{ МПа}.$$

$$T_{зат} = 0.239 + 0.039 + 0.087 + 0.151 = 0.516 \text{ с}.$$

Час розгальмовування в результаті гідравлічного розрахунку складає 0,561с. Цей результат задовольняє час загальмовування для сучасних літаків.

При розгальмовуванні крива падіння тиску має вигляд, показаний на рис. 2.4. На ділянці АВ із системи виштовхується об'єм ΔV , а на ділянці ВС – виштовхується об'єм V_{II} . На ділянці АВ коефіцієнт пружності системи $K_0 = const$. Процес витікання можемо розглядати таким, який відбувається при постійному перепаді, рівному середньому перепаду $\Delta P_{ср}$ (опором зливного трубопроводу нехтуємо). Тоді

$$Q_{ж} = 0,083 \cdot 3,801 \cdot 10^{-7} \sqrt{4,25} = 6.504 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Час спороження об'єму ΔV

$$\tau_1 = \frac{\Delta V}{Q_{ж}} = \frac{1.556 \cdot 10^{-5}}{6.504 \cdot 10^{-5}} = 0.239 \text{ с}.$$

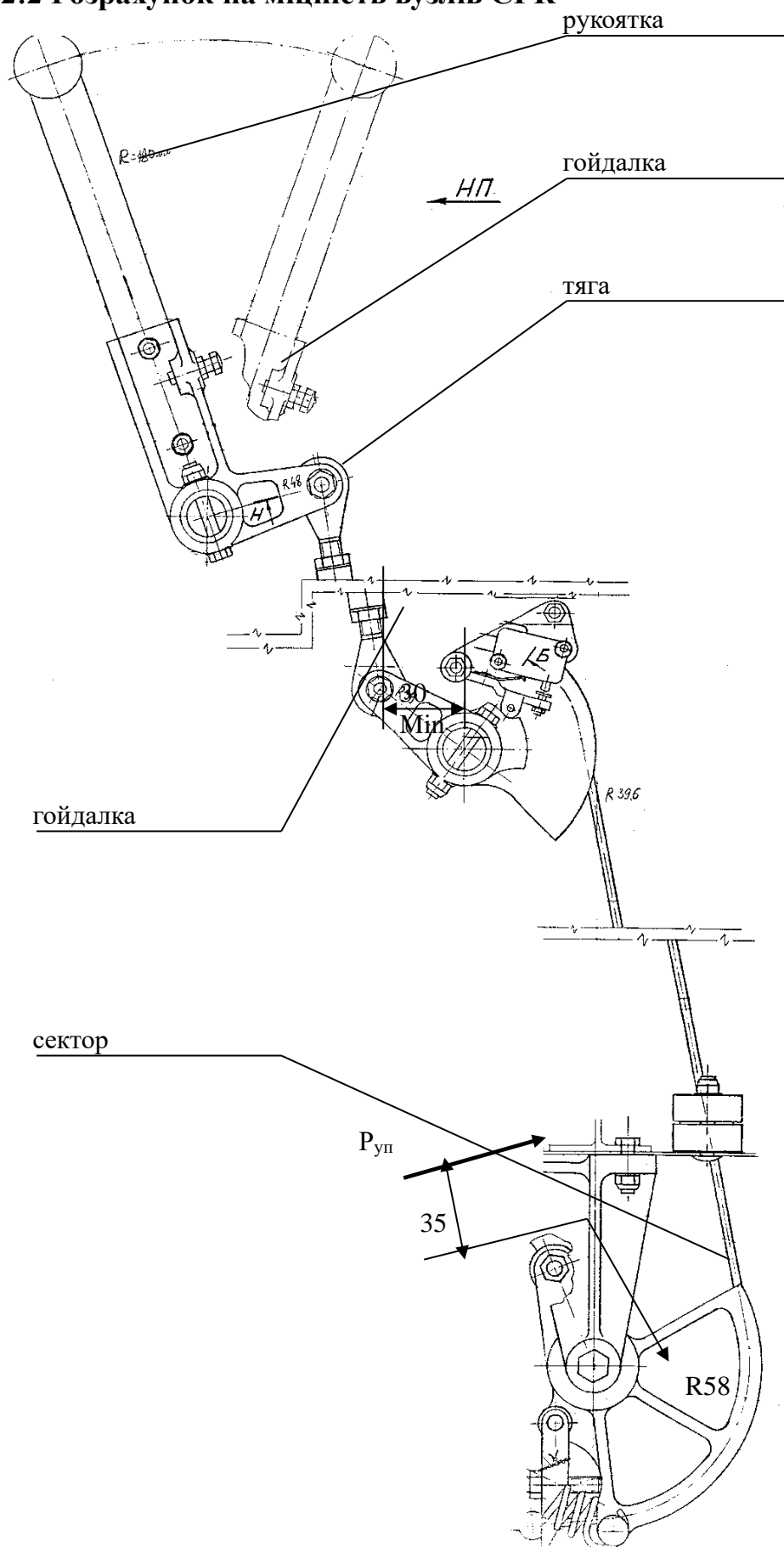
Для ділянки ВС отримаємо

$$Q_{ж2} = A_D \cdot F_D \sqrt{\frac{P_T'}{2}} = 0.083 \cdot 3.801 \cdot 10^{-7} \sqrt{\frac{1.5 \cdot 10^6}{2}} = 2.732 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 / \text{с},$$

звідси
$$\tau_2 = \frac{V_{II}}{Q_{ж2}} = \frac{0.099 \cdot 10^{-3}}{2.732 \cdot 10^{-5}} = 1.248 \text{ с}.$$

Повний час розгальмовування: $T_p = \tau_1 + \tau_2 = 0.239 + 1.248 = 1.487 \text{ с}.$

2.2 Розрахунок на міцність вузлів СГК



Розрахункове навантаження, яке діє на рукоятку від пілота у відповідності з Нормами льотної придатності [1]:

$$P_{рук} = 1,5 \cdot \frac{1 + 0,39 \cdot R}{3} \times 22,7; \quad R = 18 \text{ см};$$

$$P_{рук} = 90 \text{ кгс};$$

$$\text{Зусилля в тязі: } P_{тяги} = \frac{90 \cdot 18}{4,8} = 340 \text{ кгс};$$

$$\text{Зусилля в тросі: } P_{тр} = \frac{340 \cdot 3,9}{3,96} = 335 \text{ кгс};$$

Розривне зусилля троса

$$P_{тр} = 600 \text{ кгс};$$

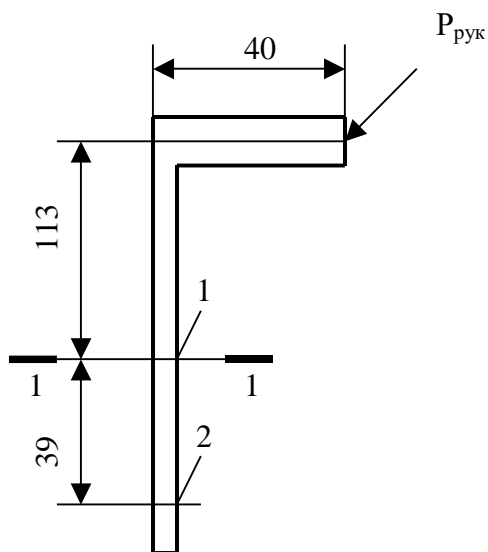
Зусилля в тязі:

$$P_{тяги} = \frac{600 \cdot 3,96}{3} = 800 \text{ кгс};$$

$$P_{уп} = \frac{P_{тр} \cdot 5,8}{3,5} = 1000 \text{ кгс};$$

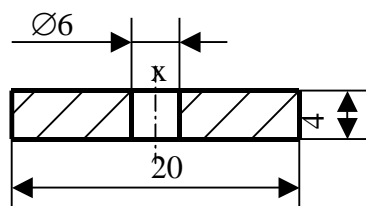
Рукоятку рахуємо від $P_{рук}$, а решта механізму від руйнуючого зусилля тросу.

Матеріал рукоятки 30ХГСА $\sigma_B = 11000 \text{ кгс/см}^2$;



$$P_{рук} = 90 \text{ кгс};$$

Перетин 1-1



$$W_x = 0,26 \text{ см}^3$$

$$W_{кр} = 0,29 \cdot 2 \cdot 0,42 = 0,1 \text{ см}^3;$$

$$M_i = 90 \cdot 11,3 = 1020 \text{ кгс} \cdot \text{см};$$

$$M_{кр} = 90 \cdot 4 = 360 \text{ кгс} \cdot \text{см};$$

$$\sigma = \frac{1020}{0,26} = 3900 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\tau_{кр} = \frac{360}{0,1} = 3600 \text{ кгс/см}^2$$

$$\sigma_{пр} = \sqrt{3900^2 + 4 \cdot 3600^2} = 8200 \text{ кгс/см}^2$$

$$\eta = 1,35$$

Болти $\varnothing 6$

$$P_{ср} = \frac{90 \cdot (11,3 + 3,9)}{3,9} = 350 \text{ кгс}; \quad [P_{ср}] = 1970 \text{ кгс}$$

Зім'яло під болтом (без кручення)

$$F_{см} = 0,4 \cdot 0,6 = 0,24 \text{ см}^2$$

$$B = \frac{350}{0,26} = 1500 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\eta > 1$$

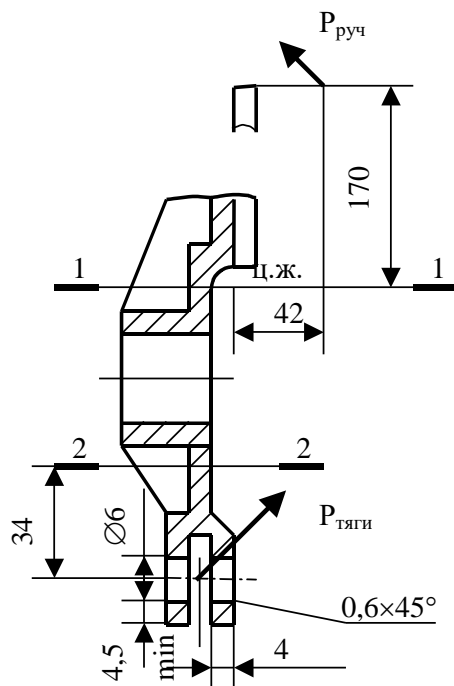
Гойдалка

матеріал Ам 4,5 кд (ВАЛ-10)

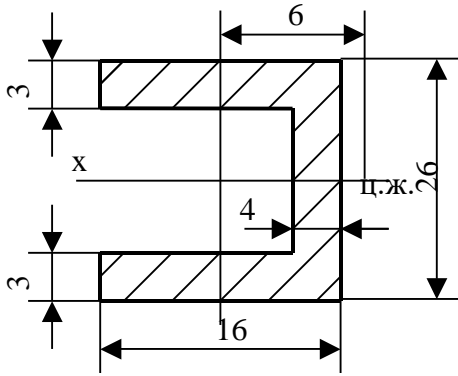
$$\sigma_B = 3000 \text{ кгс/см}^2$$

$P_{рук} = 90 \text{ кгс}$

$P_{тяги} = 800 \text{ кгс}$ (в запас)



Перетин 1-1



$$W_x = 1,2 \text{ см}^3;$$

$$x_{\text{ц.ж.}} = 0,6 \text{ см}$$

$$W_{\text{кр}} = 0,23 \text{ см}^3;$$

$$M_x = 90 \cdot 17 = 1530 \text{ кгс} \cdot \text{см}$$

$$M_i = 90 \cdot 4,2 = 380 \text{ кгс} \cdot \text{см}$$

$$\sigma = \frac{1530}{1,2} = 1300 \text{ кгс/см}^2; \quad \tau = \frac{380}{0,23} = 1650 \text{ кгс/см}^2$$

$$\sigma_{\text{пр}} = \sqrt{1300^2 + 3 \cdot 1650^2} = 3000 \text{ кгс/см}^2$$

$$\eta = 1$$

Провушина кріплення тяги

Руйнуючі зусилля

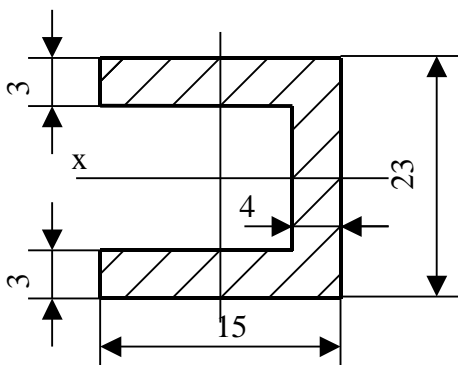
$$P_p = 0,9 \cdot 3000 \cdot 4 \cdot 0,45 \cdot 0,4 = 1950 \text{ кгс}$$

$$P_{\text{ср}} = 0,4 \cdot 3000 \cdot 4 \cdot 0,4 \cdot \sqrt{0,75^2 - 0,3^2} = 1320 \text{ кгс}$$

$$P_{\text{см}} = 3000 \cdot 0,6 \cdot (0,4 + 0,34) = 1330 \text{ кгс}$$

$$\eta_{\text{ср,см}} = 1,5$$

Перетин 2-2



$$W_x = 0,93 \text{ см}^3;$$

$$M_x = 800 \cdot 3,4 = 2720 \text{ кгс} \cdot \text{см}$$

$$M_{кр} = 0 \text{ кгс} \cdot \text{см}$$

$$\sigma_i = \frac{2720}{0,93} = 2920 \text{ кгс/см}^2$$

$$\eta = 1,03$$

Зімі'яло під болтом $\varnothing 6$

$$F = 0,29 \cdot 0,6 = 0,17 \text{ см}^2$$

$$R_{см} = 350 \text{ кгс}$$

$$\sigma_i = \frac{350}{0,17} = 2060 \text{ кгс/см}^2$$

$$\sigma_{пр} = \sqrt{1300^2 + 3 \cdot 1650^2} = 3000 \text{ кгс/см}^2$$

$$\eta = 1$$

Провушина кріплення тяги

Руйнуючі зусилля

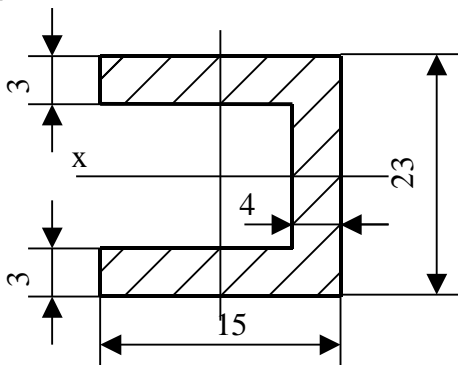
$$R_p = 0,9 \cdot 3000 \cdot 4 \cdot 0,45 \cdot 0,4 = 1950 \text{ кгс}$$

$$R_{ср} = 0,4 \cdot 3000 \cdot 4 \cdot 0,4 \cdot \sqrt{0,75^2 - 0,3^2} = 1320 \text{ кгс}$$

$$R_{см} = 3000 \cdot 0,6 \cdot (0,4 + 0,34) = 1330 \text{ кгс}$$

$$\eta_{ср,см} = 1,5$$

Перетин 2-2



$$W_x = 0,93 \text{ см}^3;$$

$$M_x = 800 \cdot 3,4 = 2720 \text{ кгс} \cdot \text{см}$$

$$M_{кр} = 0 \text{ кгс} \cdot \text{см}$$

$$\sigma = \frac{2720}{0,93} = 2920 \text{ кгс/см}^2$$

$$\eta = 1,03$$

Зім'яло під болтом $\varnothing 6$

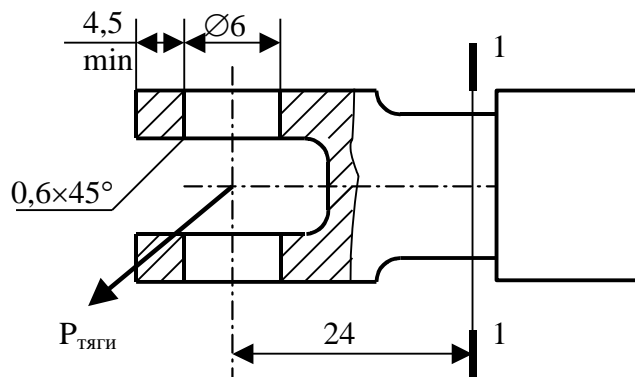
$$F = 0,29 \cdot 0,6 = 0,17 \text{ см}^2$$

$$P_{\text{см}} = 350 \text{ кгс}$$

$$\sigma = \frac{350}{0,17} = 2060 \text{ кгс/см}^2$$

матеріал Ам 4,5 кд (ВАЛ-10)

$$\sigma_B = 3000 \text{ кгс/см}^2$$



$$P_{\text{тяги}} = 800 \text{ кгс}$$

Провушина

Руйнуючі зусилля

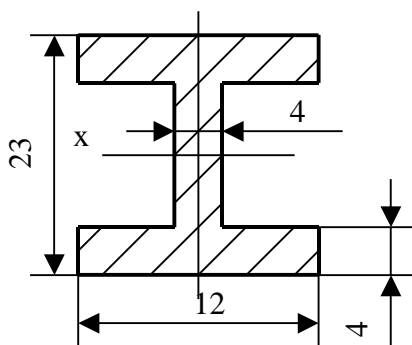
$$P_p = 0,9 \cdot 3000 \cdot 4 \cdot 0,45 \cdot 0,4 = 1950 \text{ кгс}$$

$$P_{\text{ср}} = 0,4 \cdot 3000 \cdot 4 \cdot 0,4 \cdot \sqrt{0,75^2 - 0,3^2} = 1320 \text{ кгс}$$

$$P_{\text{см}} = 3000 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 0,34 = 1220 \text{ кгс}$$

$$\eta_{\text{ср,см}} = 1,5$$

Перетин 1-1



$$W_x = 0,77 \text{ см}^3;$$

$$M_i = 800 \cdot 2,4 = 1920 \text{ кгс} \cdot \text{см}$$

$$\sigma = \frac{1920}{0,77} = 2490 \text{ кгс/см}^2$$

$$\eta = 1,1$$

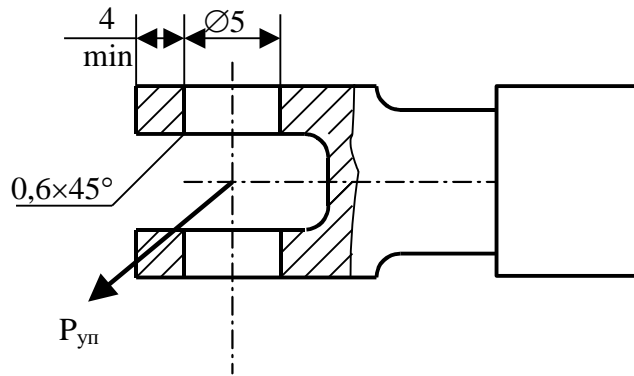
Навантаження в т. А

$$P_A = 800 + 600 = 1400 \text{ кгс}$$

$$c\eta > 2$$

Гойдалка

матеріал Ам 4,5 кд (ВАЛ-10) $b_v = 3000 \text{ кгс/см}^2$



Провушина

$$P_{уп} = 1000 \text{ кгс}$$

Руйнуючі зусилля

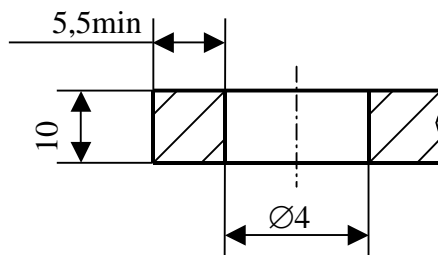
$$P_p = 0,9 \cdot 3000 \cdot 4 \cdot 0,4 \cdot 0,6 = 2600 \text{ кгс}$$

$$P_{cp} = 0,4 \cdot 3000 \cdot 4 \cdot 0,6 \cdot \sqrt{0,65^2 - 0,25^2} = 1800 \text{ кгс}$$

$$P_{cm} = 3000 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 0,54 = 4000 \text{ кгс}$$

$$\eta_{cp,cm} = 1,8$$

Провушина кріплення фіксатора $P_p \approx P_{тр} = 600 \text{ кгс}$



$$P_p = 0,9 \cdot 3000 \cdot 1 \cdot 0,55 \cdot 2 = 3000 \text{ кгс}$$

$$P_{cp} = 0,4 \cdot 3000 \cdot 1 \cdot 2 \cdot \sqrt{0,75^2 - 0,2^2} = 1730 \text{ кгс}$$

$$P_{cm} = 3000 \cdot 1 \cdot 0,4 = 1200 \text{ кгс}$$

Ролик

матеріал БраЖН-10-4-4НВ = 200.300

[б] = 11000 кгс/см² (для НВ = 160); Контакт: циліндр R9 – площа

$$P_{уп} = 1000 \text{ кгс}$$

$$L_p = 0,4$$

$$b = 0,418 \cdot \sqrt{\frac{1000 \cdot 1 \cdot 10^6}{0,4 \cdot 0,9}} = 22000 \text{ кгс/см}^2 \quad \eta \approx 1$$

ВИСНОВКИ

За результатами розробки дипломної роботи можна зробити такі висновки:

1. Подано опис літака Ан-24, його технічні характеристики, порівняння літака з літаками аналогами. Детально подані загальні відомості про систему гальмування.
2. Креслення механізму гальмування коліс розроблені за допомогою системи автоматизованого проектування AUTOCAD 2017.
3. Виконано гідравлічний розрахунок СГК, зокрема знайдено час розгальмовування та загальмовування системи.
4. Проведено розрахунок на міцність вузлів системи гальмування коліс.
5. Матеріали можуть бути використані при проектуванні та виробництві гальмівної системи Ан-24.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Авіаційні правила. Частина 25. Норми льотної придатності літаків транспортної категорії. Схвалені рішенням ради МАК, ЛІИ ім. М. М. Громова, М. 1994, 322 с. З розрахунком поправок по 6-включно.
2. Матвієнко А. М., Пейко Я. Н., Комаров А.А.. Розрахунок і випробування гідравлічних систем ЛА. М., Машинобудування, 1974, 180 с.
3. Матвієнко А. М., Зверев І. І. Проектування гідравлічних систем ЛА. М., Машинобудування, 1982, 296 с.
4. Надійність гідравлічних систем повітряних суден (Під ред. Башта Т. М.) М., Транспорт, 1986, 279 с.
5. Башта Т. М. Розрахунок і конструкція літакових гідравлічних пристроїв. М. 1961, 745 с.
6. С.С. Коконін «Проектування авіаційних коліс і гальмівних систем».
7. Система гальмування літака Ан-24 «Технічна специфікація».
8. Т.З. на розробку системи гальмування коліс літака Ан-24.
9. Керівництво по технічній експлуатації СГК літака Ан-24.