

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА КОНСТРУКЦІЇ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
докт.техн.наук, проф.
Ігнатович С.Р.

« _____ » _____ 2021р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)
ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ
"МАГІСТР"**

**Тема: «Забезпечення чистоти гідравлічних систем
далекомагістральних пасажирських літаків в процесі експлуатації та
ремонту»**

Виконав: _____ М. М. Ковальчук

Керівник: канд.техн.наук., доц. _____ С. В. Хижняк

Консультанти з окремих розділів пояснювальної записки:

Охорона праці: канд.техн.наук., доц. _____ О.М. Гунченко

Охорона навколишнього середовища:
канд.техн.наук., доц. _____ Є.О. Бовсуновський

Нормоконтролер з ЄСКД (ЄСПД):
канд.техн.наук., доц. _____ С.В. Хижняк

Київ - 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Аерокосмічний факультет

кафедра конструкції літальних апаратів

Освітній ступень «Магістр»

Спеціальність 272 «Авіаційний транспорт»

Освітньо-професійна програма «Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден та авіадвигунів»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
докт.техн.наук, проф.
Ігнатович С.Р.

«__» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Ковальчука Миколи Миколайовича

1. Тема кваліфікаційної роботи: "Забезпечення чистоти гідравлічних систем далекомагістральних пасажирських літаків в процесі експлуатації та ремонту"

Затверджена наказом ректора від "11" жовтня 2021 р. № 2196/ст.

2. Термін виконання роботи: з 25 жовтня 2021 року по 31 грудня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи: статистичні дані про відмови авіаційної техніки, розрахунковий матеріал вихідних даних літака-прототипу, аналіз проблематики надійності гідросистем ПС і методів очищення їх та їхніх робочих рідин.

4. Зміст пояснювальної записки: аналіз надійності парку пасажирських далекомагістральних літаків; аналіз методів промивки гідросистем та очищення гідрорідин.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: кресленник загального виду транспортного літака, принципова схема гідравлічної системи літака; схеми конструкції очисника; інформативні графіки та рисунки факторів впливу на процес очищення

6.Календарний план

№ п/п	Етапи виконання проекту (роботи)	Термін виконання етапів	Примітка
1.	Уточнення завдання	11.10.21	Виконано
2.	Розподіл теми на основні частини	25.10.21 - 29.10.21	Виконано
3.	Пошук необхідних даних та літератури по літакам прототипам	1.11.21 – 5.11.21	Виконано
4.	Визначення параметрів проектованого літака та виконання креслення	8.11.21 – 20.11.21	Виконано
5.	Виконання аналізу конструкцій гідравлічної системи літака	22.11.21 – 26.11.21	Виконано
6.	Пошук інформації та ознайомлення з методами очищення робочої рідини ГС ПС	29.11.21 – 4.12.21	Виконано
7.	Пошук інформації та ознайомлення з методами промивки гідросистеми ПС	6.12.21 – 11.12.21	Виконано
8.	Пошук інформації про вплив АМГ-10 на здоров'я спеціалістів ІАС та зовнішнє середовище	13.12.21 – 14.12.21	Виконано
9.	Підведення висновків	14.12.21	Виконано
10.	Попередній захист	15.12.21	
11.	Остаточна перевірка	15.12.21 – 22.12.21	

7.Консультанти з окремих :

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	канд.техн.наук., доц. О.М. Гунченко		
Охорона навколишнього середовища	канд.техн.наук., доц. Є.О. Бовсуновський		

8.Дата видачі завдання: " 11 " жовтня 2021 р.

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ С.В. Хижняк

Завдання прийняв до виконання

_____ М.М.Ковальчук

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи “ Забезпечення чистоти гідравлічних систем далекомагістральних пасажирських літаків в процесі експлуатації та ремонту ”:

64- сторінок, 8- рисунків, 8 -таблиць, 16- використаних джерел.

Об’єкт дослідження – процес технічного обслуговування літаків на періодичних та трудомістких формах технічного обслуговування,

Предмет дослідження – це процедури управління надійністю та процесами періодичного технічного обслуговування для забезпечення льотної придатності та якості технічного обслуговування повітряних суден.

Мета кваліфікаційної роботи – підвищення надійності конструктивних елементів гідравлічної системи і управління процесом технічного обслуговування дальномагістрального літака на основі оптимізації режимів технічного обслуговування та забезпечення льотної придатності на періодичних видах технічного обслуговування.

Методи досліджень- аналітичні на підставі техніко-експлуатаційних даних обраного літака-прототипу Boeing-777-300, обробці статистичних даних про відмови гідравлічних систем дальномагістральних пасажирських літаків, опрацювання літературних даних щодо методів та способів промивання гідросистем та очищення робочої рідини, та підведення висновків щодо ефективності опрацьованих методів.

ЛІТАК, ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, НАДІЙНІСТЬ, ГІДРАВЛІЧНА СИСТЕМА, РОБОЧА РІДИНА, ФІЛЬТРАЦІЯ, ПРОМИВАННЯ, ОЧИЩЕННЯ, ЕЛЕКТРИЧНИЙ ОЧИСНИК

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ	5
ВСТУП.....	6
1 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЄКТОВАНОГО ЛІТАКА	8
1.1 Параметри літака-прототипу.....	8
1.1.1 Короткий опис літака прототипу	8
1.1.2 Короткий опис гідравлічної системи	9
1.1.3 Обробка статистичних даних літаків прототипів	10
1.2 Визначення основних конструкторських параметрів літака	12
1.2.1 Розрахунок геометричних характеристик крила	12
1.2.2 Визначення геометричних і конструктивно-силових параметрів фюзеляжу	14
1.2.3 Нормальні і аварійні виходи, аварійні засоби.....	15
1.2.4 Розрахунок основних параметрів шасі	15
1.2.5 Компонування і розрахунок основних параметрів оперення.....	16
1.2.6 Розрахунок центрівки	18
1.2.7 Висновки.....	22
2 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЧИСТОТИ ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ	23
2.1 Необхідність збереження чистоти гідравлічної рідини.	23
2.2 Проведення аналізу існуючих методів очистки робочих рідин.....	24
2.3 Проведення аналізу існуючих методів очищення та промивання гідросистеми повітряного судна.	25
2.4 Вибір типу рідини.....	28
2.5 Фактори забруднення гідравлічної системи та робочої рідини.	28
2.6 Сили, які діють на частку в потоці.....	29
2.7 Сила адгезії та фактори, які впливають на неї.....	31
2.8 Фактори, які впливають на процес відриву часточок забруднювача.	33
2.8.1 Вплив температури рідини при промиванні	33
2.8.2 Вплив режиму течії рідини	34
2.9 Умови осідання та відривання часточок в електроочиснику.	34
2.10 Аналіз систем електродів у електроочисниках.....	36
2.11 Аналіз факторів при промивці гідросистеми ПС із застосуванням електроочисника .	40
2.12 Висновок.....	40
3 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	42
3.1 Вступ	42
3.2 Визначення та проведення аналізу шкідливих та небезпечних факторів при обслуговуванні гідравлічної системи повітряного судна.	42

3.3 Організаційні та конструктивно-технологічні заходи щодо зменшення рівня впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників	43
3.4 Пожежна безпека при обслуговуванні гідросистеми ПС	45
3.5 Основні правила з техніки безпеки при роботі з гідросистемою ПС	49
3.6 Висновки.....	52
4 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	53
4.1 Робочі рідини гідросистеми.....	53
4.2 Основні характеристики гідравлічної рідини	55
4.3 Зберігання, транспортування, та утилізація відпрацьованих РР	58
4.4 Розрахунок вартості утилізації відходів після очищення гідрорідини електроочисником	59
4.5 Висновок.....	60
Висновки.....	61
Список використаної літератури.....	63

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

ПС – повітряне судно;

АМГ – авіаційне гідравлічне мастило;

АТ-авіаційна техніка;

ПММ- паливо-мастильні матеріали;

РР- робоча рідина;

W_k – кінетична енергія;

W_e – електрична енергія;

u - напруга на електродах;

$E_{це}$ -електричне число Ейлера;

$E_{ц}$ - число Ейлера;

E -напруженість електричного поля;

$d_{ч}$ –діаметр часточки забруднювача

ε - діелектрична проникність.

ВСТУП

Проблема з підтримання чистоти гідросистем та збереження параметрів гідрорідин у них не втрачає своєї актуальності і сьогодні, адже, як показує практика, значна кількість авіаційних подій пов'язана з відмовою гідравлічної системи літака.

Одним із найголовніших напрямків є підвищення надійності агрегатів та вузлів повітряних суден (ПС), вдосконалення наявних та розробка нових методів діагностування їх технічного стану.

Відомо, що найважливішими діагностичними ознаками для визначення технічного стану вузлів і агрегатів гідравлічної системи виступають параметри робочої рідини. До основних функцій якої належить: змащування поверхонь тертя, відвід з них продуктів (часток) зношування, і також пониження робочої температури поверхонь до потрібних значень. До основних параметрів робочої рідини гідравлічної системи є ступінь її забруднення, температура, в'язкість, тиск, витрата.

Щодо найбільшого впливу на працездатність гідроагрегатів, найважливішим параметром є рівень забруднення. З вітчизняного та зарубіжного досвіду, підвищена забрудненість робочої рідини є у 70-90% випадків причиною відмов агрегатів гідросистем. Окрім того, забрудненість гідрорідини призводить до зниження довговічності агрегатів у декілька разів.

Зміна характеристик агрегатів гідросистеми або робочої рідини призводить до повної або часткової відмови самої гідросистеми. Так, при надмірному забрудненні гідравлічної рідини підвищується ризик виходу з ладу фільтруючих елементів гідросистеми, що у свою чергу може призвести до прориву самого фільтра та подальшого забруднення гідросистеми. Це не призведе до миттєвої та повної відмови гідросистеми, проте, через певний час, через забруднення рідини, що збільшилося, золотниковий розподільник заклинить, і відбудеться повна відмова

гідросистеми. А в разі виходу з ладу насоса відбудеться миттєвий та повний відмова у роботі гідросистеми. Отже надійність і довговічність гідросистеми, гідроприводів та гідроагрегатів знаходяться в прямій залежності від чистоти внутрішніх порожнин гідравлічної системи та стану робочої рідини, а також і від чистоти навколишнього середовища.. Для надійної і справної роботи гідравлічної системи, приводів і агрегатів потрібно забезпечити чистоту на всіх етапах: при виготовленні деталей та вузлів; при складанні; при заправці рідини; при проведенні контрольних випробувань та роботі гідросистеми. Забруднення відбувається у таких випадках: якщо для ущільнення різьбових з'єднань застосовують неправильно обрані матеріали; якщо при збиранні елементів гідросистеми, а також при налагодженні та регулюванні проводяться роботи у запиленних приміщеннях та на забруднених робочих місцях;. якщо елементи, що збираються, є погано очищеними від консерваційних мастил і наявних на їх поверхнях забруднень. Також, коли при проведенні монтажу трубопроводів їх доводиться підгинати або випрямляти за допомогою неправильно підібраних інструментів або за допомогою місцевого нагрівання. У таких випадках від поверхні труб можуть відокремлюватись металеві частинки або окалини. При роботі гідросистем всі ці забруднення, а, особливо, продукти використання для притирки і доводки деталей, що з'єднуються, поступово вимиваються робочою рідиною і починають разом із нею циркулювати у гідросистемі, збільшуючи механічне зношування поверхонь тертя. Також, при зношуванні елементів гідросистеми робоча рідина забруднюється різними видами забруднень.

1 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЄКТОВАНОГО ЛІТАКА

1.1 Параметри літака-прототипу

1.1.1 Короткий опис літака прототипу

Літак представляє собою вільнонесучий суцільнометалевий моноплан з низько розміщеним стрілоподібним крилом та з двома турбореактивними двигунами, які розташовані на пілонах під крилом, з нормальною схемою фюзеляжу та з трьохопорною схемою шасі.

Значною особливістю конструктивної схеми літака є установка двигуна під крилом, що дає ряд своїх переваг таких як:

- двигун розвантажує тонке крило та зменшує момент вигину при навантаженні у польоті;

- маса двигуна виступає демпфером для крила у ситуації бовтанки;

- легше обслуговування двигуна завдяки його меншій висоті розміщення;

- зручність в установці реверсивного пристрою;

- зменшення рівня шуму у салоні завдяки дальності розміщення двигунів від борту літака.

Також таке розміщення має і ряд певних недоліків, а саме:

- при відмові двигуна зростає ймовірність крену літака;

- при заході на посадку з надмірним кутом крену зростає ймовірність пошкодження корпусу двигуна;

- через близькість до землі виростає ймовірність потрапляння та засмоктування посторонніх предметів під час роботи двигуна;

-при руйнуванні робочих лопаток турбокомпресора можливе пошкодження баків і фюзеляжу.

1.1.2 Короткий опис гідравлічної системи

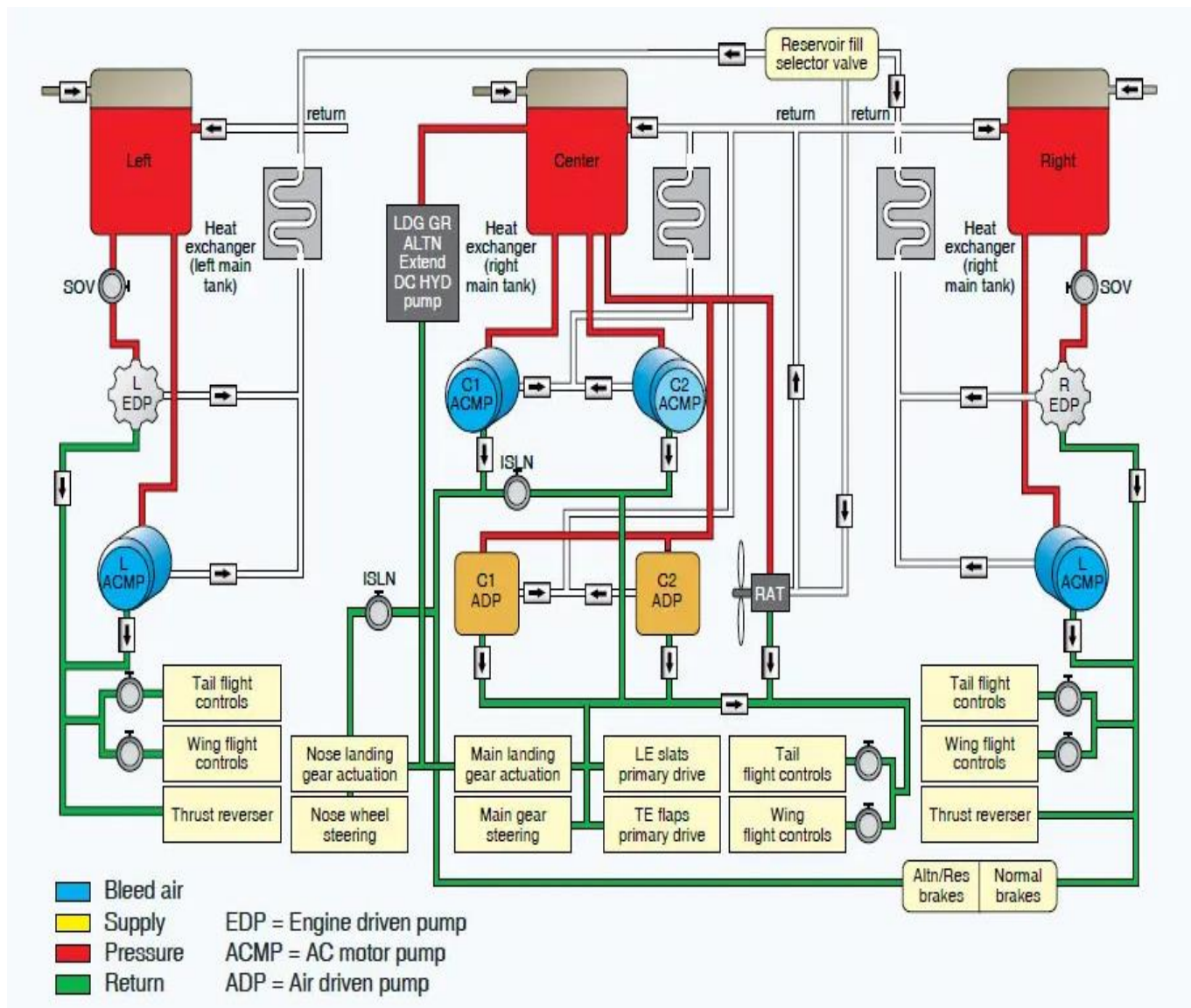


Рисунок 1-Принципова схема гідравлічної системи Boeing 777-300

Boeing 777-300 оснащений трьома гідравлічними системами. Ліва, центральна та права системи подають гідравлічну рідину під номінальним тиском 207 бар для керування органами керування польотом, системами закриття, приводами, шасі та гальмами. Основна гідравлічна потужність для лівої та правої систем забезпечується двома привідними насосами і доповнюється

двома електропривідними насосами на вимогу. Основна гідравлічна потужність для центральної системи забезпечується двома електромоторними насосами змінного струму і доповнюється двома насосами з приводом від турбіни на вимогу. Центральна система забезпечує роботу реверсів тяги двигуна, первинних органів управління польотом, шасі та закрилок.

В аварійних ситуаціях джерелом тиску є насос змінного об'єму який приводиться у дію автоматично та забезпечує подачу в центральну систему управління польотом.

1.1.3 Обробка статистичних даних літаків прототипів

Для подальшого проектування необхідно проаналізувати дані літаків – прототипів (таблиця 1). За прототип було взято Boeing-777-300.

Спроекований літак призначений для здійснення далекомагістральних пасажирських перевезень. Він здатен вмщувати понад 53 тони комерційного навантаження, а його максимальна злітна маса становить 284759 кг при дальності польоту понад 10000км. Його крейсерська швидкість становить 845км/год на висоті 10,8 км.

Таблиця 1- Статистичні дані літаків прототипів

Літак	Проекований літак	Літак-прототип
Характеристика		
Екіпаж, чоловік	2	2
Максимальне платне навантаження, т <i>к.тах, КГ</i>	53437,5	52530
Крейсерська швидкість $V_{кр. Эк.}$, км / ч	845	892
Висота польоту $с_{Нкр. Эк.}$, м	10,8	10,5

Продовження таблиці 1- Статистичні дані літаків прототипів

Характеристика \ Літак	Проектований літак	Літак-прототип
Дальність польоту $Mk.max$, км	8500	11135
Питоме навантаження на крило, кПА	6,464	6,5
Тяго (Енерго-) озброєність, Н/кг	2,86	2,8
Злітна дистанція, $L_{взл.д.}$, м	2157	3230
Посадкова дистанція, $L_{пос.д.}$, м	1317	1350
Швидкість відриву $V_{отр.}$, км / ч	295,15	300
Посадкова швидкість $V_{пос.}$, км / ч	243,39	252
Злітна маса літака, т (кг)	284759	299370
Кількість і тип двигунів	2 ТРДД	2 ТРДД
Ступінь підвищення тиску	40	40
Еквівалентний діаметр фюзеляжу, м	6,19	6,19
Подовження фюзеляжу	11,9	11,9
Стрілоподібність крила по 1 / 4 хорд, °	25	31,6
Подовження крила по повній площі	8,7	8,7
Звуження крила по повній площі	4,2	4,2
Середня відносна товщина профілю крил	0,1	0,1
Розмах горизонтального оперення, м	24,527	24,58
Звуження горизонтального оперення (ГО)	2,5	2,5
Подовження ГО	4	4
Стрілоподібність ГО по 1 / 4 хорд, °	35	35
Висота вертикального оперення (ВО), м	10,424	10,53

Продовження таблиці 1- Статистичні дані літаків прототипів

Характеристика \ Літак	Проектований літак	Літак-прототип
Стрілоподібність ВО по 1 / 4 хорд, °	40	40
Подовження вертикального оперення	1,2	1,2
Звуження вертикального оперення	2,0	2
База шасі, м	26,51796	27,52
Коля шасі, м	7,428	7,456

1.2 Визначення основних конструкторських параметрів літака

1.2.1 Розрахунок геометричних характеристик крила

– площа крила:

$$S_{кр} = \frac{m_0 \cdot g}{P_0} ; \quad (1.1)$$

де: m_0 – злітна маса літака, кг; g – прискорення вільного падіння, м/с²;

P_0 – питома навантаження на крило, Па;

$$S_{кр} = 432,1605 \text{ (м}^2\text{)}$$

– розмах крила: $l = \sqrt{S_{кр} \cdot \lambda_{кр}}$; (1.2)

де: $\lambda_{кр}$ – подовження крила; $l = 61,31718$ (м)

– хорда коренева: $b_0 = \frac{2S_{кр} \cdot \eta_{кр}}{(1 + \eta_{кр}) \cdot l}$; (1.3)

де: $\eta_{кр}$ – звуження крила;

$$b_0 = 11,38515 \text{ (м)}$$

– хорда кінцева: $b_k = \frac{b_0}{\eta_{кр}}$; (1.4)

$$b_k = 2,710751 \text{ (м)}$$

– відносне положення лонжеронів в крилі по хорді рівно:

$$\bar{x}_i = \frac{x_i}{b_i}; \quad (1.5)$$

x_i – відстань і-го лонжерона від носка крила; b_i – хорда крила і-го перетину.

– лонжерон передній: $\bar{x}_i = 0,2$

– лонжерон задній: $\bar{x}_i = 0,6$

– середня відносна товщина профілю: $\bar{c}_{\text{ср}} = 0,704795$

$$\text{Визначаємо величину САХ: } b_A = \frac{4}{3} \cdot \frac{\eta_{\text{кр}}^2 + \eta_{\text{кр}} + 1}{(\eta_{\text{кр}} + 1)^2} \cdot \frac{S_{\text{кр}}}{l_{\text{кр}}}; \quad (1.6)$$

$$b_A = 7,937634 \text{ (м)}$$

Геометричні параметри елеронів:

$$\text{– розмах елерона: } l_{\text{ел}} = 0,3 \cdot \frac{l}{2}; \quad (1.7)$$

$$l_{\text{ел}} = 9,197577 \text{ (м)}$$

$$\text{– площа елерона: } S_{\text{ел}} = 0,06 \cdot \frac{S_{\text{кр}}}{2}; \quad (1.8)$$

$$S_{\text{ел}} = 12,96482 \text{ (м}^2\text{)}$$

-аеродинамічна компенсація елерона:

$$\text{а) осьова } S_{\text{к.ел.}} \leq (0,25 \dots 0,28) S_{\text{ел}}$$

$$S_{\text{к.ел.}} \leq 3,5 \text{ м}^2;$$

$$\text{б) внутрішня осьова компенсація } S_{\text{вн.к.ел.}} = (0,3 \dots 0,81) S_{\text{ел}}$$

$$S_{\text{вн.к.ел.}} = 6,9 \text{ м}^2;$$

$$\text{-площа тримера крила } S_{\text{тр.кр.}} = (0,04 \dots 0,06) S_{\text{ел.}}$$

$$S_{\text{тр.кр.}} = 0,648241 \text{ м}^2$$

-діапазон відхилення елеронів:

$$\text{вверх } \delta_{\text{эл}} \geq 25^\circ \quad \text{вниз } \delta_{\text{эл}} \geq 15^\circ$$

1.2.2 Визначення геометричних і конструктивно-силових параметрів

фюзеляжу

$$\lambda_{\phi} = 11,9$$

$$D_{\phi} = 6,19$$

$$l_{\phi} = D_{\phi} \cdot \lambda_{\phi} = 73,661 \text{ (м)}$$

$$l_{\text{н.ч.}} = D_{\phi} \cdot \lambda_{\text{н.ч.}} = 9,904 \text{ (м)}$$

$$l_{\text{хв.ч.}} = D_{\phi} \cdot \lambda_{\text{хв.ч.}} = 14,856 \text{ (м)}$$

Основним параметром моделі пасажирського літака є висота пасажирського салону, яка для дальномагістрального літака становить:

- висота салону $h_1 = 1,9 \text{ м}$;
- ширина проходу $b_{\text{пр.}} = 0,5 \text{ м}$;
- відстань від вікна до підлоги $h_2 = 1 \text{ м}$;
- відстань від вікна до підлоги $h_3 = 1 \text{ м}$.

$$\begin{aligned} l_{\text{каб}} &= 1200 + \left(\frac{n}{m} - 1\right) \cdot t_{\text{кр}} + (235 \dots 250) = 1200 + \left(\frac{450}{8} - 1\right) \cdot 750 + 235 = \\ &= 42872,5 \text{ (мм)} = 42,88 \text{ (м)} \end{aligned}$$

де: n – кількість пасажирів; t – крок крісел; m – кількість сидінь у ряді.

$$V_{\text{каб}} = l_{\text{каб}} \cdot \frac{\Pi(D_{\phi} - 0,24)^2}{4}$$

$$V_{\text{каб}} = 1191,468 \text{ (м}^3\text{)}$$

$$V_{\text{пас}} = \frac{V_{\text{каб}}}{n} = 2,647707 \text{ (м}^3\text{)}$$

Об'єм багажних приміщень вираховуємо за формулою

$$V_{\text{б}} = (0,24 \dots 0,28) \cdot n_{\text{пас}};$$

$$V_{\text{б}} = 117 \text{ (м}^3\text{)};$$

$$\text{Площа гардеробу становитиме } S_{\text{гард}} = (0,035 \dots 0,04) \cdot n_{\text{пас}} = 22,5 \text{ м}^2;$$

Площа туалету становить $1,9 \text{ м}^2$ у кількості 8 шт.

Об'єм кухні та буфету вираховуємо за формулою

$$V_k = (0,1 \dots 0,12) \cdot n_{\text{пас}};$$

$$V_k = 49,5(\text{м}^3);$$

Площа становитиме

$$S_k = \frac{V_k}{h_k}$$

де: $h_k = 1,9(\text{м})$ – висота кухні

$$S_k = 26,05263(\text{м}^2);$$

1.2.3 Нормальні і аварійні виходи, аварійні засоби

У носовій і хвостовій частинах літака знаходяться основні двері – 890*1800(мм) у кількості 4 штуки.

По лівому борту розміщено двоє службових дверей розміром 1350*1162(мм).

По правому борту двоє дверей розміром 1400*1500(мм).

Є четверо аварійних дверей розміром 510*1100(мм).

Вікна приймаємо прямокутної форми із заокругленими кутами розмірами 260*350(мм).

1.2.4 Розрахунок основних параметрів шасі

– колія шасі: $K = 1,2 \cdot D_{\phi} = 7,428 (\text{м})$

– база шасі: $B = 0,36 \cdot l_{\phi} = 26,51796 (\text{м})$

– винос основної опори: $e = 0,1 \cdot B = 2,651796 (\text{м})$

– винос передньої опори: $d = B - e;$ (1.9)

$$d = 23,86616 (\text{м})$$

– положення центру мас: $Y_{\text{цм.}} = (0,18 \dots 0,2) \cdot D_{\phi} = 1,1761 \text{м}^2$

– кількість головних опор і коліс на одній опорі: $n=2, z=6.$

– навантаження на колесо основної опори:

$$P_{\text{осн}} = \frac{(B-e) \cdot m_0 \cdot g}{B \cdot n \cdot z}, \quad (1.10)$$

$$P_{\text{осн}} = 209,5114 \text{ (кН)}$$

– навантаження на колесо передньої опори:

$$P_{\text{нос}} = \frac{e \cdot m_0 \cdot g \cdot k_d}{B \cdot z}$$

де k_d – коеф. динамічності ($k_d = 2$); (1.11)

$$P_{\text{нос}} = 93,1162 \text{ (кН)}$$

Підбираємо колеса для носової і основної опор на основі виконаних розрахунків із каталогів сучасних виробників комплектуючих авіаційної техніки.

Підбір коліс (обираємо за злітною і посадковою швидкостями пневматики високого тиску):

-не гальмівні колеса 1000*280В;

-гальмівні колеса 1260*390В.

1.2.5 Компонування і розрахунок основних параметрів оперення

Приймаємо площі вертикального і горизонтального оперення рівними:

$$S_{\text{ГО}} = (0,18 \dots 0,25) S_{\text{кр}}; \quad (1.12)$$

$$S_{\text{ГО}} = 86,43211 \text{ (м}^2\text{)}$$

$$S_{\text{ВО}} = (0,12 \dots 0,2) \cdot S_{\text{кр}}; \quad (1.13)$$

$$S_{\text{ВО}} = 64,82408 \text{ (м}^2\text{)}$$

Визначаємо площу руля висоти:

$$S_{\text{РВ}} = (0,3 \dots 0,4) S_{\text{ГО}}; \quad (1.14)$$

$$S_{\text{РВ}} = 30,25124 \text{ (м}^2\text{)}$$

Визначаємо площу руля напрямку:

$$S_{\text{РН}} = (0,35 \dots 0,45) S_{\text{ВО}}; \quad (1.15)$$

$$S_{PH} = 23,98491 \text{ (м}^2\text{)}$$

Площа тримерів руля висоти:

$$S_{TR.PB} = 0,1S_{PB}; \quad (1.16)$$

$$S_{TR.PB} = 3,02512 \text{ (м}^2\text{)}$$

Площа тримерів руля напрями:

$$S_{TR.PH} = 0,05S_{PH}; \quad (1.17)$$

$$S_{TR.PH} = 1,199246 \text{ (м}^2\text{)}$$

Приймаємо розмах горизонтального оперення:

$$l_{ГО} = (0,32 \dots 0,5)l_{кр}; \quad (1.18)$$

$$l_{ГО} = 24,52687 \text{ (м)}$$

Приймаємо висоту вертикального оперення:

$$h_{ВО} = (0,14 \dots 0,2)l_{кр}; \quad (1.19)$$

$$h_{ВО} = 10,42392 \text{ (м)}$$

$$\text{звуження ГО: } \eta_{ГО} = 2,5$$

$$\text{звуження ВО: } \eta_{ВО} = 2,0$$

$$\text{подовження ГО: } \lambda_{ГО} = 4$$

$$\text{подовження ВО: } \lambda_{ВО} = 1,2$$

Визначення хорд оперення:

- горизонтального оперення:

$$B_{кін.ГО} = \frac{2S_{ГО}}{(\eta_{ГО} + 1) \cdot l_{ГО}} = 2,014 \text{ (м)}; \quad (1.20)$$

$$B_{кор.ГО} = B_{кін.ГО} \cdot \eta_{ГО} = 5,034 \text{ (м)}$$

- вертикального оперення:

$$B_{кін.ВО} = \frac{2S_{ВО}}{(\eta_{ВО} + 1) \cdot h_{ВО}} = 4,1458 \text{ (м)}; \quad (1.21)$$

$$B_{кор.ВО} = B_{кін.ВО} \cdot \eta_{ВО} = 8,29 \text{ (м)}$$

Коефіцієнти статичних моментів:

$$A_{го} = 0,75, A_{во} = 0,1.$$

Відносна товщина профілю для ГО та ВО в першому наближенні приймаємо рівною:

$$\bar{C}_{on} = 0,09$$

На основі проведених розрахунків та аналізу даних літаків прототипів підбираємо проектні двигуни для силової установки проектного літака

(таблиця 2).

Таблиця 2- Підбір двигунів силової установки

Тип двигуна(проект)	Проект001
Тяга, кгс	17400
Питома витрата палива на крейсерському режимі, кг/Н·ч	54,2
Кількість двигунів	2
Ступінь підвищення тиску при крейсерському польоті	40
Ступінь двоконтурності	8
Маса двигуна, кг	7550
Довжина двигуна, мм	7200
Діаметр двигуна, мм	3420
Країна виробник	Україна

1.2.6 Розрахунок центрівки

Під час експлуатації ПС положення центра мас може змінюватися. Задня центрівка повинна бути такою, щоб забезпечувати потрібний запас стійкості ПС гранично допустиме переднє центрування має визначатися ефективністю органів поздовжнього керування.

Таблиця 3 - Центр мас спорядженого крила

№ п / п в зведеній відомості	Найменування об'єкта	Маса m_i'		Координата центра мас X_i , м	Момент мас $m_i \cdot X_i$, кг·м
		Одиниці, %	Загальна маса, кг		
1	Крило	0,09277	13624,48	2,63	34109,15
2	Паливна система	0,007	1028,041	2,75	2782,58
3	Управління літаком, 30 %	0,0044	646,1972	3,75	635,20
4	Противокригова система	0,0129	1894,533	0,63	421,06
5	Електрообладнання	0,0169	2481,985	0,63	690,54
6	Гідросистема	0,0128	1879,846	3,75	4311,64
	Споряджений крило без палива	0,14677	21555,08	2,51	42950,17
7	Паливо	0,23305	34226,42	2,75	93463,08
8	Передня опора шасі	0,01117	1640,46	-12,23	-17477,17
9	Основна опора шасі	0,03346	4914,036	5,34	22881,83
	Всього	0,42445	62336	2,50	141817,92

Визначаємо координати центра ваги спорядженого крила:

$$X'_k = \frac{\sum m'_i \cdot X'_i}{\sum m'_i} = \frac{141817,92}{56802,98} = 2,5 ; \quad (2.22)$$

Визначення центру ваги спорядженого фюзеляжу:

Початок координат вибираємо в проекції носка фюзеляжу на горизонтальну вісь. За вісь X приймаємо будівельну вісь фюзеляжу. Складаємо центральними відомість спорядженого фюзеляжу:

Таблиця 4 - Центр мас спорядженого фюзеляжу

№ п / п в зведеній відомості	Найменування об'єкта	Маса m'_i		Координата центра мас X_i , м	Момент мас $m'_i \cdot X_i$, кг·м
		Одиниці, %	Загальна маса, кг		
1	2	3	4	5	6
1	Фюзеляж	0,13922	17841,60	23,60	421021,79
2	ГО	0,01328	1701,89	47,70	81175,84
3	ВО	0,01539	1972,29	45,19	89122,27
4	Приладова дошка	0,00930	1191,83	3,11	3706,60
5	Аеронавігаційне обладнання	0,00800	1025,23	1,12	1148,26
6	Силова установка	0,09657	12375,83	28,89	357537,78
7	Радіообладнання	0,00400	512,62	2,52	1291,79
8	Туалет	0,00281	360,00	29,35	10566,00
9	Керування літаком	0,00308	394,71	25,10	9908,91
10	Електрообладнання	0,01225	1569,89	25,10	39410,43
11	Гідросистема	0,00384	492,11	30,12	14824,76
12	Хім. Рідина	0,00312	400,00	29,35	11740,00
13	Протиобліднювальна система	0,00369	472,89	35,15	16619,94
14	Аварійно-рятувальні засоби	0,00780	1000,00	25,80	25800,00
15	Сидіння екіпажу	0,00115	147,00	4,85	712,95

16	Споряджений фюзеляж без комерційного навантаження	0,38731	49635,82	26,08	1294493,13
17	Пасажири	0,16535	21190,20	25,80	387000,00
18	Екіпаж	0,00410	525,00	4,85	2546,25
19	Споряджений фюзеляж з комерційним навантаженням	0,55676	71351,02	25,77	1838794,38

Визначаємо координати центра ваги спорядженого фюзеляжу:

$$X_{\phi} = \frac{\sum m'_i \cdot X'_i}{\sum m'_i} = \frac{1838794,38}{71351,02} = 25,77 ;$$

Складаємо рівняння рівноваги моментів щодо носка фюзеляжу:

$$m_{\text{CH.}\phi} \cdot X_{\phi} + m_{\text{CH.}\text{KP}} (X_{\text{CAH}} + X'_{\text{K}}) = m_0 (X_{\text{CAH}} + C)$$

з цього рівняння визначаємо положення носка САХ крила щодо носка

фюзеляжу:
$$X_{\text{CAH}} = \frac{m_{\text{CH.}\phi} \cdot X_{\phi} + m_{\text{CH.}\text{KP}} \cdot X'_{\text{KP}} - m_0 \cdot C}{m_0 - m_{\text{CH.}\text{KP}}}; \quad (2.23)$$

$$X_{\text{CAH}} = 24,6$$

Таблица 5 - Зведена таблиця мас літака

Найменування об'єкта	Маса, кг	Координата	Момент
		Ц.М., м	маси, кг·м
Споряджене крило без палива	17082,93	27,11	463190,20
Передня опора шасі (випущена)	1428,60	12,37	17666,31
Основна опора шасі (випущена)	4285,79	29,94	128312,27
Паливо	34005,66	27,35	930002,42
Споряджений фюзеляж без комерційного навантаження	49635,82	26,08	1294493,13
Вантаж	15000,00	25,80	387000,00
Екіпаж	525,00	4,85	2546,25
Основна опора шасі (прибрана)	4285,79	29,94	128312,27
Передня опора шасі (прибрана)	1428,60	11,17	15952,00
Паливо при посадці	8501,42	27,35	232500,60

Таблиця 6 - Центрівка літака

№	Варіанти завантаження	Маса, кг	Момент мас, кг·м	Центр мас, м	Центрівка, %
1	Основний злітна, шасі випущено	128154,00	3377965,59	26,36	28,10
2	Основний злітна, шасі прибрано	128154,00	3376251,27	26,35	27,89
3	Посадковий шасі випущено	102649,75	2680463,77	26,11	24,17
4	Перегінний, шасі прибрано	106963,80	2834496,27	26,50	30,35
5	Стоянковий порожній споряджений	72433,14	1903661,92	26,28	26,87

1.2.7 Висновки

У цьому розділі проведено розрахунки усіх головних геометричних параметрів пасажирського далекомагістрального літака .

Отримані результати є задовільними, а також наближеними до геометричних параметрів літака-прототипу, а саме Boeing 777-300 . Обрана схема аеродинамічного компонування при розрахунку центрівки повністю відповідає вимогам забезпечення потрібної керованості та повздовжньої стійкості.

Згідно до тематики кваліфікаційної роботи, було проаналізовано конструкцію ПС та визначено основні навантажені частини повітряного судна.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЧИСТОТИ ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ

2.1 Необхідність збереження чистоти гідравлічної рідини.

Таблиця 7- Статистичні дані.

Дата	Бортовий номер	Короткий опис причини та наслідків
1.11.2011	SP-LPC	Через відмову гідросистем не вийшли шасі, здійснив посадку «на черево»
1.12.2013	UR-GAQ	Сталася втрата управління носовою опорою шасі.
9.10.2012	UR-AAM	При наборі висоти спрацювала сигналізація низького тиску гідравлічної помпи через відмову клапана стравлювання тиску повітря з гідробаку гідросистеми.
24.11.2011	UR-AAL	Несправність модуля ручного перекриття кранів лінії подачі гідрорідини до органів управління хвостовим оперенням, що призвело до втрати рівня робочої рідини
30.11.2011	UR-GAU	Внаслідок потрапляння твердої механічної частинки між тарілкою клапану та сідлом, відбулося заклинювання зворотного клапану у лінії прибирання передньої опори шасі(ПОШ) гідросистеми та не прибирання самої ПОШ

Виходячи з аналізу надійності парку повітряних суден України за останні роки можна відзначити що частка авіаційних подій, які пов'язанні із частковою або повною відмовою агрегатів гідросистем дальномагістральних літаків у польоті, за деякі роки може сягати позначки 8%. Дані ситуації здебільшого виникають через недопустиму забрудненість робочої рідини гідросистеми, що негативно впливає на ресурс та справність гідросистеми в цілому. Правильна експлуатація

гідросистем у літаках із дотриманням необхідних стандартів чистоти гідравлічної рідини відповідно до ДСТУ ГОСТ 17216:2004 вимагає постійного контролю за нею на етапах виробництва, транспортування та експлуатації, а також дорого вартісного та трудомісткого технічного обслуговування самої гідравлічної системи та підтримання її чистоти. Найбільше чистота гідравлічної рідини та відповідність її усім вимогам повинна зберігатися на багатомісних пасажирських далекомагістральних повітряних суднах. Для досягнення необхідної чистоти використовують очищення гідросистеми, яке складається з двох етапів: очищення робочої рідини та промивання внутрішніх порожнин гідравлічної системи.

2.2 Проведення аналізу існуючих методів очистки робочих рідин.

Очищення робочої рідини гідравлічної системи зводиться до видалення домішок води та механічних часточок. Для цього використовуються різні методи та конструкторські варіанти очисників гідрорідин.

Найпоширенішим методом є метод фільтрації, завдяки якому можна мати ряд таких переваг, як:

- висока тонкість очистки (від 5мкм та вище);
- низький гідравлічний опір на початку роботи;
- простота конструкції;
- експлуатаційна технологічність.

Проте недоліки даного методу змушують задуматися про необхідність його використання, адже сюди варто віднести малу грязеємність, збільшення гідравлічного опору з моменту відловлювання домішок, дороговизну фільтруючих елементів та неможливість їх багаторазового використання. Усі ці фактори призводять до того, що даний метод є малодієвим при сильно забруднених великих об'ємах рідини.

Також поширеним є метод із застосуванням центробіжних очисників, основними перевагами яких є висока тонкість очистки(5 мкм і менше),

можливість багаторазового використання, великою грязеємністю, мало змінний гідравлічний опір в процесі використання, а також можливість його використання у якості підкачувального насосу. Проте цей метод очищення гідрорідини також має і ряд недоліків, що ускладнюють його використання через великі габаритні розміри та конструктивну складність. Також для проведення очищення даним методом є необхідність зовнішнього приводу і споживання додаткової потужності, що відповідно негативно впливає на фінансову складову даного методу, оскільки робить його дороговартісним.

Найбільш оптимальним та найменш затратним є метод очищення за допомогою використання електростатичних очисників. До основних переваг даного методу належать:

- найвищу тонкість очищення з існуючих методів (від 1мкм і більше);
- велику грязеємність;
- можливість багаторазового використання без розбирання очисника;
- низький гідравлічний опір протягом всього процесу очищення;
- конструктивна простота без використання дорогих матеріалів;
- використання низької потужності.

Для застосування даного методу необхідно мати високовольтне джерело живлення, а застосування такого очисника буде актуальним лише для діелектричних гідравлічних рідин, тобто для тих які виготовленні за допомогою нафтопереробки.

2.3 Проведення аналізу існуючих методів очищення та промивання гідросистеми повітряного судна.

Для очищення та промивання гідравлічних систем використовують застосовують такі методи очистки:

- змивання;
- розчинення;

- хімічний вплив;
- механічний вплив.

Проте, як показує практика найбільшої ефективності можливо досягти при комбінуванні декількох методів. Так найпопулярнішим є метод змивання відкладень за допомогою використання спеціальним хімічних миючих засобів і допоміжних засобів, які запобігають повторному забрудненню та утворенню відкладень внутрішніх стінок та порожнин гідравлічної системи.

Для очищення використовують лужні солі та поверхнево активні засоби, а також їх суміші та емульсії. В результаті використання миючих речовин відбувається зміщення забруднення з подальшим розчиненням його або омиленням, і утворення захисної поверхневої плівки.

Є такі способи очищення гідравлічних систем та їх агрегатів:

- опускання деталі у ванну;
- струменеве очищення;
- очищення водою або водяною парою у поєднанні з миючим засобом;
- очищення циркуляцією миючого засобу;
- електролітичне очищення;
- ультразвукове очищення;
- очищення щітками чи абразивом.

Усі ці способи мають ряд переваг:

- чудово видаляють як розчинні так і нерозчинні тверді або жирові відкладення;
- можливість застосування широкого спектру миючих розчинів;
- незаймистість і нетоксичність миючих засобів;
- мають високу економічність.

Недоліками цих методів є:

- тривалість процесу;
- застосування гарячих розчинів;

-шкідливий вплив на поверхню.

При ремонті агрегатів та трубопроводів гідравлічних систем на етапі збирання та монтажу їх на літак найбільш поширеним є метод струменевого очищення та метод циркуляції миючого розчину. Ці методи в свою чергу можна розділити на такі:

- прокачування рідини через об'єкт з певною швидкістю;
- вприскування газу в рідину, що рухається;
- створення кавітаційного режиму течії рідини;
- прокачування рідини зі створенням ультразвукових коливань;
- струменевий вплив рідини на об'єкт;
- прокачування рідини з одночасним створенням пульсації потоку.

Порівняння позитивних і негативних якостей того чи іншого методу необхідно розглядати стосовно до об'єкту який промивається.

Для промивання агрегатів та трубопроводів гідросистеми застосовуються методи прокачування рідини з ламінарним або турбулентним режимом течії з вприскуванням газу в потік рідини або прокачування рідини з пробудженням потоку ультразвуковою установкою.

Найпоширенішим та найпростішим є метод прокачування рідини через об'єкт, проте найкращого результату можливо досягти при великих швидкостях встановленого незбудженого потоку.

Практика показує що вприскування газу у рідину є більш ефективним методом, проте при повторному використанні розчину необхідно використовувати газовідділяючі пристрої для дегазації.

Метод ультразвукових коливань є досить ефективним, проте його використання є неможливим при промиванні та очищенні трубопроводів та агрегатів гідросистеми які розташовані на повітряному судні.

Також використання поверхневоактивних миючих засобів можливий лише на демонтованих деталях та магістралях, оскільки постає важкість вимивання залишків миючих засобів з гідравлічної системи.

З огляду на вище описане, можна стверджувати що промивання неустановленим потоком рідини є не лише ефективнішим, але і менш трудомісним та економічним.

2.4 Вибір типу рідини.

Здебільшого весь парк дальномагістральних пасажирських літаків використовує у якості робочої рідини гідравлічної системи гідравлічне мастило типу АМГ-10. Зовні воно виглядає як в'язка прозора рідина, яка має червоне забарвлення завдяки органічному барвнику для кращої його ідентифікації при експлуатації та обслуговуванні повітряних суден. Гідравлічні мастила даного типу виробляються шляхом нафтопереробки із фракцій низької температури застигання, що і дає можливість отримати такі робочі характеристики у яких найнижча температурна точка сягає до -60°C . А завдяки антиокиснювальним присадкам, які запобігають окисненню вуглеводів, дане мастило зберігає довше робочі характеристики та не виділяє осаду як в процесі експлуатації, так і при тривалому зберіганні.

Використання цього мастила в авіації поширюється не лише як робочої рідини гідросистеми, а і у якості рідини для остаточного промивання агрегатів та гідросистем. Хоча, використання мастила типу АМГ-10 у якості рідини для остаточного промивання, не цілком задовольняє протипожежні і санітарні норми, проте воно не зможе задати ніякого впливу на властивості робочої рідини так, як це зможуть спричинити поверхневоактивні хімічні речовини.

2.5 Фактори забруднення гідравлічної системи та робочої рідини.

Внаслідок експлуатації та обслуговування гідравлічної системи до неї потрапляє та генерується у ній значна кількість різних домішок твердих механічних

часточок та води. А застосування гідрообладнання високого класу точності, що має зазори між рухомими деталями в межах 1-24 мкм, висуває підвищені вимоги до очищення гідросистеми повітряного судна і до чистоти робочої рідини. Забруднення, що містяться у гідравлічній системі, відрізняються як по своєму складу, так і за розмірами. Відповідно, відрізняється і ступінь їхнього впливу на працездатність обладнання. Так, наприклад, суміш твердих часточок кварцевого пилю продуктів зношування та іржі має найбільший негативний вплив. А суміш оксидів сталі, латуні, бронзи та алюмінію, які потрапляють до гідравлічної системи під час обслуговування, у вигляді атмосферного пилю також має значний негативний вплив на надійність та довговічність роботи гідросистеми. Також негативного впливу на технічний стан гідравлічної системи завдають і волокна та частинки ущільнень та гуми з рукавів високого тиску.

Забруднення робочої рідини дуже негативно впливає на надійність і довговічність гідросистеми. Механічні домішки, з потоком рідиною, потрапляють в зазори рухомих деталей, на поверхні плоских пар тертя, на фаски клапанів, в щілини та отвори дроселів та демпферів, викликають підвищене зношування та відмови .

Найбільшу небезпеку становлять тверді частинки розмірами, порівнянними з розмірами робочих проміжків для плунжерних і золотникових пар. Незважаючи на свої порівняно невеликі розміри, механічні забруднення можуть спричинити прискорене старіння масла, сильне зношування деталей, їх псування і навіть вихід окремих гідравлічних вузлів з ладу.

2.6 Сили, які діють на частку в потоці.

У відповідності до класичної структури турбулентного режиму потоку рідини встановлено, що при промиванні трубопроводів гідравлічної системи процес відривання часток мікронних розмірів відбувається в межах в'язкого підшару.

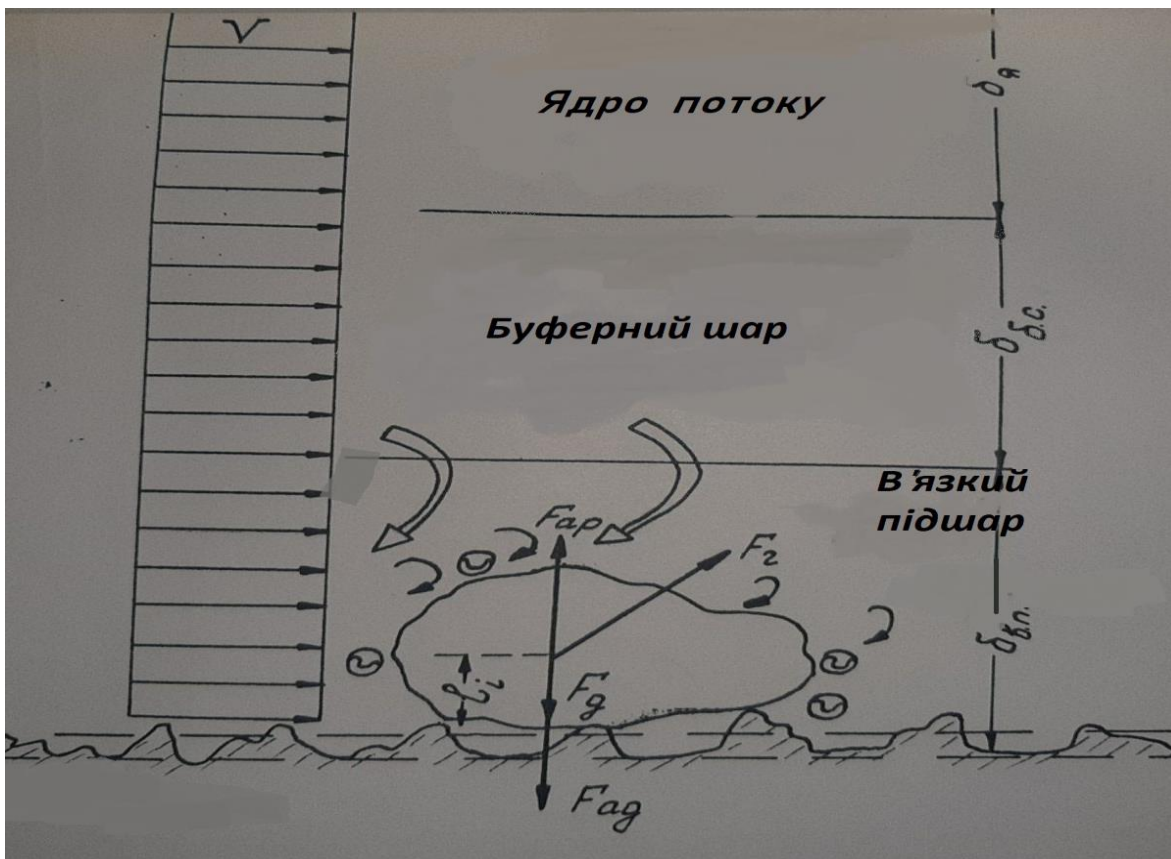


Рисунок 2-Сили, які діють на часточку у потоці.

Гідродинамічна сила, яка виникає у в'язкому підшару турбулентного режиму протікання рідини, зможе здійснити процес відриву часточки лише завдяки:

- ламінарному протіканню потоку рідини з лінійною або степеневою залежністю швидкості до перерізу потоку;
- імпульсу, який утворений вихором, який проник з буферного шару або який утворився за рахунок зриву потоку з поверхні трубопроводу;
- локальному гідравлічному удару, який утворився внаслідок зіткнення вихору з поверхнею часточки або внутрішньої поверхні трубопроводу, або через розрив суцільності потоку і виникненням явища кавітації.

Так завдяки першому та другому варіантам можна легко отримати відрив часточок з невеликими силами адгезії величина яких не перевищує $1 \cdot 10^{-7} \dots 1 \cdot 10^{-8} \text{Н}$. А, завдяки, третьому- з великими силами адгезії, величина яких більша за $1 \cdot 10^{-3} \dots 1 \cdot 10^{-4} \text{Н}$

2.7 Сила адгезії та фактори, які впливають на неї.

На взаємодію часточок забруднювача із внутрішніми стінками або поверхнями гідравлічної системи впливає багато факторів та умов, при яких відбувається забруднення та промивання, а також стан самих поверхонь та стінок гідравлічної системи, їхнього хімічного складу, шорсткістю, наявності плівок, розмірами, формою.

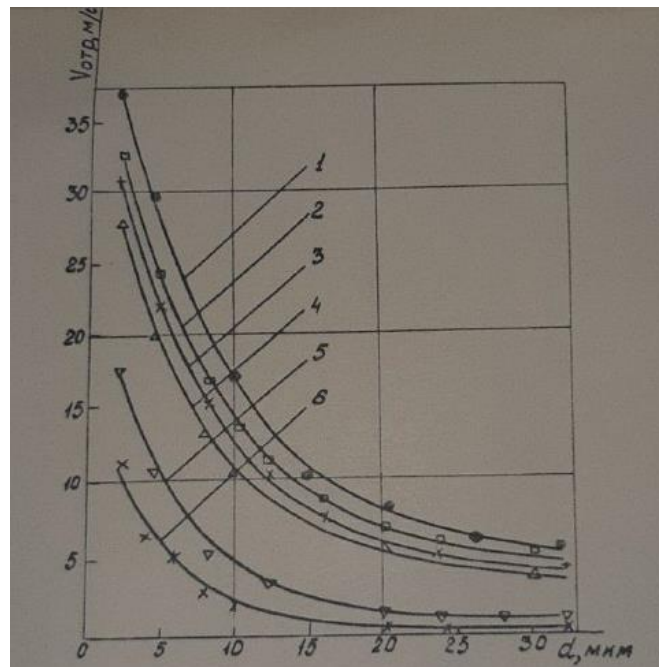


Рисунок 3-залежність швидкості відриву металевих часточок (відповідно до її розміру) та матеріалу магістралі ГС (1-титан, 2-дюраль, 3-сталь, 4-нержавіюча сталь, 5- фторопласт, 6-скло).

Також багато залежить і від складу самої часточки, від типу обраної рідини для промивання, температури та від деяких інших факторів. Усі ці фактори мають свій вплив на силу адгезії, яка може бути обумовлена іонним, Ван-дер-Вальсовим,

молекулярним, електричним, хімічним або іншим типом зв'язку. На практиці досить важко визначити конкретний тип зв'язку, оскільки не вдається визначити справжню площу контакту часточок із поверхнею через сукупність усіх вищеперерахованих факторів, тому у реальних умовах процес взаємодії часточок забруднювача та внутрішніх поверхонь гідросистеми є змішаним.

З рисунка 3 можна сказати, що найсильнішою силою адгезії володіє металева часточка забруднювача з металевою поверхнею, проте, уже при взаємодії цієї ж часточки з пластмасовою поверхнею сила адгезії зменшується у декілька разів.

Така ж ситуація і мінеральної часточки забруднювача, з металевою поверхнею зв'язок сильніший, аніж з пластмасовою, проте він все одно набагато слабший, аніж сила адгезії металевої часточки з металевою поверхнею. Наявність рідини при взаємодії металевої пари значного впливу не має, проте цей фактор значно впливає при утворенні зв'язків на пластмасових поверхнях.

Також з рисунка 3 видно, що значним фактором, який впливає на силу адгезії є розмір часточки забруднювача. Зі збільшенням розміру частки забруднювача зростає і її сила адгезії, а також вона сягає більших значень у часточок форма яких є більш неправильною, аніж у часточок, форма яких є подібною до сфери.

З рисунка 4 бачимо, що шорсткість внутрішніх поверхонь гідравлічної системи також відіграє значну роль, адже на гладенькій поверхні та поверхні з мікрошорсткістю сила адгезії є значно меншою, аніж на поверхні з макрошорсткістю.



Рисунок 4-Випадки контактування часточки забруднювача з поверхнею.

Сила адгезії також залежить і від матеріалу з якого виконано агрегат або трубопровід гіросистеми, так відповідно до результатів проведених досліджень найбільша сила адгезії виникає у тієї часточки забруднювача, яка контактує із поверхнею, виготовленою із титанового сплаву, проте сила адгезії буде значно меншою у тієї ж часточки у трубопроводі з нержавіючої сталі. Дана ситуація відбувається завдяки атомно – молекулярній структурі кожного матеріалу.

2.8 Фактори, які впливають на процес відриву часточок забруднювача.

2.8.1 Вплив температури рідини при промиванні.

Як показує практика, зі збільшенням температури рідини для промивання необхідна швидкість відриву часточок забруднювача зменшується, а сам процес відриву відбувається при меншій інтенсивності відриву. Даний фактор виникає внаслідок змін в'язкості рідини, характеристик матеріалу трубопроводу, а також послаблення взаємодії між часточкою забруднювача та стінкою трубопроводу.

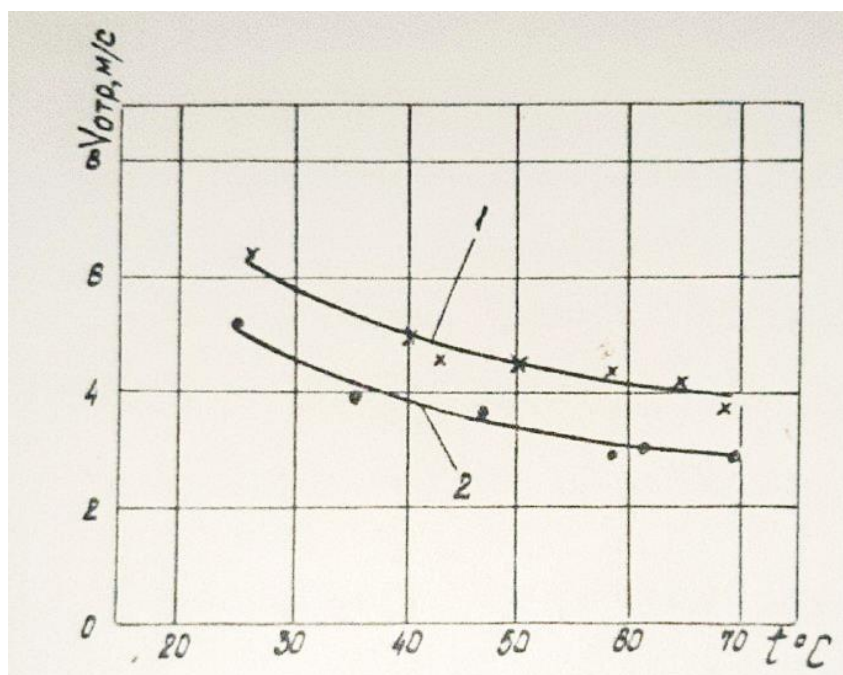


Рисунок 5-Залежність відриву часточок металу від температури робочої рідини (матеріали магістралей ГС: 1-дюраль, 2-нержавіюча сталь) .

2.8.2 Вплив режиму течії рідини

Для змивання часточок забруднювача розміром 2...30мкм встановленим режимом течії необхідно досягнути досить великих швидкостей протікання рідини. Тому більш ефективним є використання промивання трубопроводів або агрегатів гідросистеми зі застосуванням гідроудару. Основною причиною зниження швидкості відриву часточок при гідроударі є послаблення взаємодії між часточкою та стінкою трубопроводу. Послаблення сил адгезії супроводжується дією ударної хвилі, яка рухається вздовж елемента гідросистеми, а також завдяки порушення суцільності рідини і виникнення явища кавітації. Варто зазначити, що для промивання елементів малої довжини краще використовувати власне кавітаційний режим промивання, оскільки він є більше ефективнішим та менше ризикованим для самого елемента. Кавітаційний процес промивання описується виникненням бульбашок розчиненого повітря різної інтенсивності та випарів рідини промивання.

2.9 Умови осідання та відривання часточок в електроочиснику.

Очищення діелектричної рідини в електричному полі електроочисника відбувається завдяки наступним процесам:

- осідання часточок на поверхню електродів або наповнювача;
- утримання часточок забруднювача на поверхні електродів або наповнювача;
- видалення часточок забруднювача з поверхні електродів або наповнювача при регенерації.

Для очистки робочої рідини використовують систему електродів у електроочиснику. Розташування електродів електроочисника відбувається або горизонтально, або вертикально. Відповідно, при горизонтальному розташуванні, осіданню часточок забруднювача сприятиме сила тяжіння, яка доповнюватиме електричну. Проте для процесу самоосідання до відстійника без електричного поля відловлених забруднень вертикальне розташування є

кращим за горизонтальне, оскільки не потребує будь-яких спеціальних методів видалення забруднень.

Очищення рідини зазвичай виконується при її русі крізь електроочисник, тому швидкість течії рідини завдає великого впливу на ефективність вловлювання часточок забруднювача. Сам процес очищення рухомої рідини від забруднювача в електричному полі очисника можна описати за допомогою взаємодії двох енергій- електричної(W_e) та кінетичної(W_k). W_e описує електричну енергію поля, а W_k – кінетичну енергію рухомої рідини та часточок забруднювача. Якщо $W_e > W_k$ то часточки забруднювача не зможуть вийти за межі електричного полі.

Електроочисник за своєю будовою та принципом дії сил у ньому має схожість із конденсатором. Для очисника з плоскими паралельними електродами енергію поля можна подати як: $W_e = \frac{1}{2} cu^2$; (2.1).

$$\text{Тоді вираз набуде значення: } \frac{1}{2} cu^2 = \frac{m_p v_p^2}{2}; \quad (2.2).$$

Для будь-якого поля існує поняття про щільність енергії у точці при якому $W_e = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta W}{\Delta V}$, де ΔW – енергія, яка зосереджена в об'ємі ΔV .

У зв'язку з тим, що електричне поле діє на часточки мікронних розмірів, їхня енергія в одиниці об'єму складатиме: $W_e = \frac{1}{2} E_0 E_q E$; (2.3).

Якщо E – напруженість в об'ємі ΔV , то формула (2.3) є дійсною для будь-якого поля.

Також енергію електричного поля, що діє на часточку, можна виразити:

$$W_e = -\frac{1}{2} \pi d_q^3 E_0 E_p \frac{E_p - E_q}{2E_p + E_q} E_0^2; \quad (2.4).$$

Умова, яка запобігатиме винесенню часточок за межі електричного поля, виглядатиме так: $\frac{1}{12} \pi d_q^3 E_0 E_p \frac{E_p - E_q}{2E_p + E_q} E_0^2 > \frac{1}{12} \pi d_q^3 \rho_q V_q^2$; (2.5).

Відношення енергії електричного поля до енергії руху рідини та часточок можна назвати електричним числом Ейлера, яке для будь-якого

$$\text{електроочисника можна записати у вигляді: } E_{\text{це}} = \frac{cu^2}{mV^2}; \quad (2.6).$$

$$\text{Для очисника із прямокутними електродами: } E_{\text{це}} = \frac{S_e u^2}{m_p V_p^2 H} E_0 E_i; \quad (2.7).$$

$$\text{Для мікро об'єму середовища та часточок: } E_{\text{це}} = \frac{E_0 E_i}{\rho_c V_c^2} E_0^2; \quad (2.8),$$

$$\text{або } E_{\text{це}} = \frac{E_0^2}{\rho_c V_c^2} E_0 E_p \frac{E_p - E_c}{2E_p + E_c}; \quad (2.9).$$

Отже, можемо побачити, що ефективність очисника будь-якого типу залежить від напруги, площі або довжини електродів, геометричних параметрів елементів електродів, а саме радіусу проводу, голки, міжелектродного зазору, діелектричної проникності міжелектродного простору, а також маси рідини та швидкості її при процесі очищення. Для підвищення ефективності електроочисника варто збільшувати довжину електродів, а також зменшувати радіус електрода та міжелектродний зазор.

Від розташування і конструкції електродів залежить різниця між напрямками силових ліній поля та ліній течії рідини. Відношення між напрямками цих ліній виражають завдяки $\cot \alpha = \frac{W_e}{W_k}$, де α - кут між векторами енергіями електричною та кінетичною, оптимальне значення якого належить проміжку від 45 до 90 градусів.

2.10 Аналіз систем електродів у електроочисниках

При проведенні аналізу сил, які діють на процес осідання часточки забруднювача в електричному полі, стало відомо що немалий вплив мають такі фактори як:

- швидкість протікання рідини;
- розміщення електродів у очиснику;
- напруженість електричного поля;

- діелектричні проникності часточки забруднювача та гідравлічної рідини;
- розмір часточки забруднювача.

Для підвищення ефективності ні в якому разі не можна зменшувати швидкість течії рідини, оскільки це призведе до збільшення габаритних розмірів електроочисника, а саме збільшення прохідного перерізу та довжини електродів.

Тому, правильним варіантом буде зміна напруженості поля завдяки підбору найоптимальнішого розташування електродів в електроочиснику.

Таблиця 8- Відношення напруженості електричних полів в електродах

Системи електродів	$E_i / E_{пл}$	
	$R_{max} = R_1 + H$	$R_{min} = R_1$
«площина-площина»	1	1
«провід-площина»	0,23	9,7
«провід-провід»	0,13	4,85
«коаксіальні циліндри»	0,6	25
«голка-площина»	0,39	16

Для проведення аналізу стосовно найоптимальнішого розташування електродів можна використати відношення напруженості різних систем електродів E_i до системи «площина-площина» $E_{пл}$. Існують такі системи електродів електроочисників як: «площина-площина», «провід-площина», «провід-провід», «коаксіальні циліндри» та «голка-площина». Як видно з таблиці 8, при максимальному радіусі R_{max} , де $R_{max} = R_1 + H$, найбільшу напруженість поля ми отримаємо при системі електродів «площина-площина». А при мінімальному радіусі R_{min} , де $R_{min} = R_1$ найбільшу напруженість поля ми отримаємо при системі «коаксіальні циліндри». Проте всі способи форсування електроочисників, лише завдяки методу збільшення напруженості електричного поля, обмежуються відсутністю або надто великими габаритними розмірами стабілізованого джерела напруження. Тому при конструюванні та розробці

електроочисників варто керуватися технологічністю виготовлення, вагою, габаритами, вартістю та зручністю у користуванні.

Чинником, який може збільшити ефективність електроочисників, є швидкість течії рідини. Кінематичні, електричні і геометричні параметри визначаються електричним числом Ейлера $E_{це}$. Знаючи дане число, при якому забезпечиться необхідний коефіцієнт очистки для будь-якої фракції часточок забруднювача, можна вирахувати швидкість течії рідини, попередньо задавшись напруженням та геометричними параметрами очисника. Варто зазначити, що число Ейлера має бути однаковим для всіх систем електродів, проте різною для кожної фракції часточок забруднювача. Електричне число Ейлера можна визначити опираючись на експериментальні дані.

Беручи до уваги що з двох процесів осідання часточки на поверхню і її утримання найбільше енергії потребує саме перший, то, для покращення ефективності електроочисника, до міжелектродного простору встановлюють різні за своєю формою, діелектричною проникністю і щільністю наповнення наповнювачі. Вони зменшують відстань між поверхнями осідання, збільшують енергію, напруженість і неоднорідність електричного поля, створює рівномірний характер течії рідини, що значно збільшує якість очищення рідини від часточок забруднювача. При застосуванні наповнювача, з високими значеннями діелектричної проникності, типу конденсаторної кераміки, сегнетоелектриків та металу значно підвищує степінь очищення рідини.

Найбільшу якість очищення робочої рідини здатний забезпечити електроочисники з системами електродів «сітка-голка-площина» та «площина-наповнювач-сітка». У електроочисниках із наповнювачами, зазвичай викорисовуються декілька типів наповнювачів з різними характеристиками та властивостей, для, як змога, більшого відловлення різнорідні та різнокаліберних часточок забруднювача.

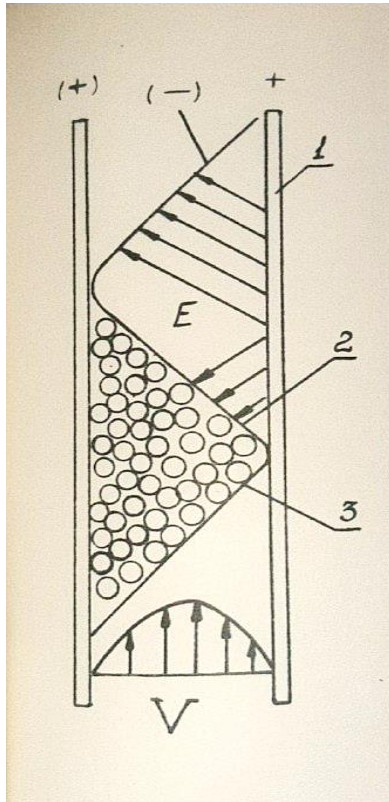


Рисунок 7-Схема моделі системи електродів «площина-гранулометричний наповнювач-сітка»(1-ізолюваний електрод,2-сітчастий електрод, 3-гранули наповнювача) .

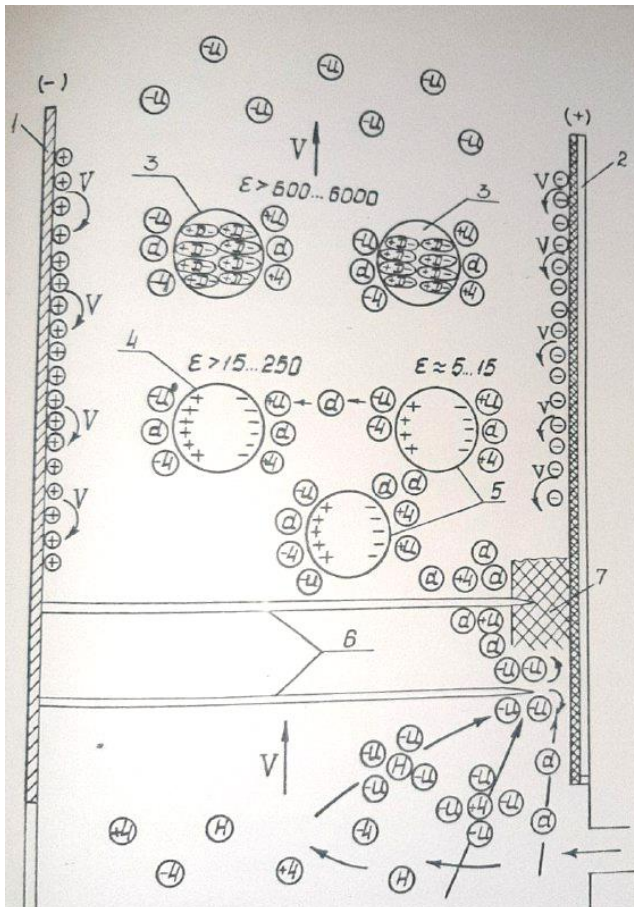


Рисунок 8-Схема електроочисника та дії що відбуваються в ньому (1-негативний електрод,2-позитивний електрод, 3-наповнювач з сегнетоелектрика, 4-наповнювач з конденсаторної кераміки, 5-наповнювач з капрону,6-голчасті електроди, 7-пористий ізолятор, u-іон, ч-часточка забруднювача-нейтральна часточка, d-диполь).

2.11 Аналіз факторів при промивці гідросистеми ПС із застосуванням електроочисника

Рівень забруднення гідросистеми після її промивання залежить від:

- початкового забруднення системи;
- ефективності очищення;
- витрати рідини, при якій забезпечується необхідний рівень чистоти робочої рідини на виході із установки для промивання;
- тривалості процесу;
- об'єму рідини.

Витрата рідини через електроочисник визначається його конструктивними характеристиками та режимом його роботи. Тривалість процесу промивання можна зменшити, завдяки збільшенню витрати робочої рідини та при збереженні необхідної інтенсивності очищення.

Весь процес промивання гідросистеми ПС можна описати наступним циклом: очищення початково забрудненої робочої рідини з баку- промивання ГС очищеною робочою рідиною- очищення забрудненої робочої рідини після промивання- подача очищеної рідини до системи. Даний цикл повторюється до того часу, доки не буде отримано необхідного рівня чистоти робочої рідини у гідросистемі.

2.12 Висновок

Отже, існує багато методів з очищення робочої рідини та промивання гідравлічної системи повітряних суден. Проте, метод з використанням електроочисників є найбільш ефективним та менше затратним, оскільки в якості рідини для промивки ГС використовується та ж рідина, яка виконує функції робочої рідини у даній системі, що запобігає надмірному потраплянню до внутрішніх порожнин різних агресивних хімічних речовин, які використовуються при інших методах промивки.

Також використовуючи даний метод виникає можливість значної економії експлуатанту, яка представлена у відсутності необхідності закупівлі поверхнево-активних речовин, дорогих фільтрувальних установок, а також закупівлі тонн нової робочої рідини, яка використовується для остаточного промивання внутрішніх порожнин гідросистеми та агрегатів, а також для заправки гідравлічної системи літака. Проте при використанні електроочисників не відкидається необхідність закупівлі гідравлічної рідини типу АМГ-10, адже вона може знадобитися під час обслуговування гідравлічної системи ПС, а саме для таких випадків як: дозаправка до необхідного рівня гідравлічної системи, а також для покращення робочих характеристик авіаційного гідравлічного мастила, в тому числі і для антиокислювальних присадок, які містяться в ньому.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Вступ

Кваліфікаційна робота теми: «Забезпечення чистоти гідравлічних систем далекомагістральних пасажирських літаків». Дана робота описує процес промивки гідросистеми літака авіаційною гідравлічною рідиною типу АМГ-10 та подальше її очищення за допомогою електроочисника.

3.2 Визначення та проведення аналізу шкідливих та небезпечних факторів при обслуговуванні гідравлічної системи повітряного судна.

«Визначення шкідливих і небезпечних факторів проводилось відповідно до ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ, і правилами безпеки праці при технічному обслуговуванні і поточному ремонті авіаційної техніки ДНАОП 5.1.30-1.06-98.» [9]

Із переліку шкідливих і небезпечних факторів, які наведено у відповідних нормативних документах до найбільш характерних для експлуатації гідравлічних систем варто віднести наступні:

- хімічні речовини, які представлені у вигляді гідравлічних рідин, які мають здатність потрапляти до організму людини крізь органи дихання, шлунковий тракт, а також через шкіру та слизові оболонки;
- самозаймання і пожежна небезпека використовуваної робочої рідини;
- витікання рідини з трубопроводів, що працюють під високим тиском;
- ударна хвиля внаслідок вибуху вузлів і агрегатів, що працюють під тиском;
- загострені кромки, заусениці та шорсткість робочих поверхонь;
- вплив електростатичних полів на організм суб'єкта;
- недостатнє чи неякісне освітлення робочої зони.

З усіх вищеперерахованих небезпечних факторів і чинників, як можуть завдати найбільшої шкоди здоров'ю суб'єкту КФ, тобто спеціалісту ІАС з промивання гідросистем, є авіаційне гідравлічне мастило типу АМГ-10. Воно використовується у якості робочої рідини та рідини для промивки гідросистеми повітряного судна ,

відноситься до 4 класу небезпеки відповідно з ГОСТ 12.1.007.-76. Дана речовина здатна виділяти випари вуглеводнів до 9 мг/м³, що при тривалому впливі на людський організм через дихальні шляхи та слизові оболонки може призвести до невикорисних наслідків, які проявляються у вигляді змін світлочутливості сітківки очей та електромагнітної зміни кори головного мозку, а також це може проявитися у подразненнях шкіри таких як дерматити та враження шкіри.

Зважаючи на пожежну небезпеку рідини, яка використовується, потрібно забезпечити умови запобігання витоків рідини із трубопроводів.

При розробці рекомендацій з охорони праці важливим є забезпечення ізоляції рідин від повітря та максимально механізувати процес технічного обслуговування.

3.3 Організаційні та конструктивно-технологічні заходи щодо зменшення рівня впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників

«Роботи по експлуатації гідравлічних систем проводяться в приміщеннях призначених для технічного обслуговування та ремонту систем літака. Вимоги до організації робочого місця персоналу, який проводить експлуатацію гідравлічних систем зумовлюються характеристиками гідравлічних рідин та їх впливом на умови праці технічного персоналу та визначається нормативними документами (ГОСТ 12.2.061-80 ССБТ)» [7].

У приміщеннях, в яких проводяться роботи з гідравлічними рідинами, зазвичай як правило, стіни повинні бути покриті на висоту не менше ніж 2 м від лінії підлоги вогнетривкими матеріалами, які б дозволяли проводити їхнє очищення від забруднень. Двері по обидва боки мають бути обшиті склопластиком чи іншим негорючим матеріалом та який має здатність легко очищуватися від забруднень.

Підлога приміщень, зазвичай, виконується з непроникного для гідравлічних рідин матеріалу. У підлозі ж повинні бути наперед передбачені стічні канавки

для швидкого відведення розливої гідравлічної рідини у спеціально заготовлені ємності, з яких вони потім або повинні пройти процес очищення або утилізації.

Приміщення, у яких використовується гідравлічна рідина, повинно бути обладнаним примусово припливно-витяжною вентиляцією. Вона має бути автономною і незалежною від загальної вентиляції спільної з іншими виробничими приміщеннями.

«Вантажно-розвантажувальні роботи при застосуванні гідравлічних рідин, повинні бути механізовані, використання ручної праці необхідно максимально обмежити.

Для надання першої допомоги при нещасних випадках в доступному для всіх працівників місці слід розміщувати аптечку із відповідним складом медикаментів. Аптечка повинна бути укомплектована перев'язочним матеріалом і медикаментами, у яких не закінчився термін реалізації. В аптечку вкладається опис вмісту із зазначенням рекомендацій щодо застосування медикаментів.

Цехи і ділянки, в яких застосовується гідравлічна рідина, слід обладнати телефонним або іншим місцевим зв'язком та сигналізацією.

У цехах і на ділянках слід мати спеціальні насоси та інше устаткування, необхідне для перекачування і переливання рідин. Не допускається переливати гідравлічні рідини шляхом засмокування їх ротом.

Приміщення, в яких зберігаються і застосовуються гідравлічні рідини, а також робочі місця необхідно утримувати в чистоті та порядку. Як правило, регулярно в кінці зміни повинне проводитися ретельне прибирання приміщень, очищення обладнання, підлог і стін. Джерела газових виділень в гідравлічних рідинах повинні бути закриті. Використаний матеріал для обтирання слід виносити в спеціально відведені місця. Після закінчення роботи приміщення закриваються і вживаються заходи по виключенню допуску в них сторонніх осіб»[5].

Електрообладнання, яке використовується у приміщеннях, що призначені для робіт із гідравлічними рідинами та їх зберіганням, повинне бути вибухобезпечним.

«На об'єктах організацій цивільної авіації, в яких застосовуються або зберігаються гідравлічні рідини, повинен бути встановлений суворий протипожежний режим, відповідний ГОСТ 12.1.044 ССБТ» [6].

Для спеціалістів ІАС з промивання гідросистем ПС у доступних місцях, із врахуванням зручності ознайомлення із ними, мають бути розміщені інструкції з охорони праці відповідно із конкретними умовами даного виробництва.

При вході в цех, на огорожах і стінах, в проходах і на видних місцях варто вивішувати написи попереджувального характеру: "Вогненебезпечно", "Легко займисті речовини", "Не палити" тощо.

«Зберігання на робочих місцях запасу гідравлічних рідин дозволяється тільки в кількостях, необхідних для проведення технологічного процесу протягом зміни, у спеціально відведених місцях, без доступу до них сторонніх осіб.

Контроль наявності і правильності використання гідравлічних рідин необхідно здійснювати протягом всієї робочої зміни» [5].

3.4 Пожежна безпека при обслуговуванні гідросистеми ПС

«Для характеристики пожежної небезпеки гідравлічних рідин застосовуються такі показники (ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ)» [6]:

- а) верхні та нижні температурні границі вибуху насичених парів у повітрі;
- б) температура самостійного займання випарів у повітрі;
- в) здатність самозаймання гідравлічних рідин.

Верхньою та нижньою температурною границею вибуху називається саме та найвища і та найнижча температурні точки гідравлічної рідини, при яких її

насичені пари у суміші з повітрям мають здатність зайнятися у замкнутому об'ємі від стороннього джерела запалення.

Вимоги до пожежної безпеки при експлуатації гідросистеми літака даного типу обумовлюється характеристикою пожежної небезпеки матеріалів, які використовуються, та робочого приміщення. Гідравлічна рідина типу АМГ-10 є легкозаймистою, проте не є вибухонебезпечною. Вона має такі параметри (ГОСТ 6794):

- температура спалаху – не нижче 920°C;
- температура самозаймання – не нижче 2500°C;
- температура розпеченої поверхні, що викликає спалах – не вище 3100°C.

Експлуатація гідросистеми, зазвичай, проводиться в ангарних приміщеннях категорії В – пожежонебезпечні, у яких використовуються рідини з температурою спалаху вище 61°C, речовини які здатні горіти, але у контакті з повітрям, водою чи один з одним не вибухають. Вибір категорії приміщення проводиться відповідно до норм технологічного проектування і спеціальним перелікам виробництва.

До ангарних авіаційних приміщень висуваються такі вимоги пожежної безпеки (СНиП 2.01.02-85).

«Ворота ангарних споруд повинні бути обладнані механічним приводом, вільно відкриватися і мати пристосування для відкривання їх вручну зусиллями одного-двох чоловік. Конструкція воріт повинна бути захищена від займання (оброблені спеціальним розчином або покриті вогнезахисною фарбою). Матерчаті утеплювачі воріт (мати, завіси, тощо) повинні бути оброблені вогнезахисним складом, а на теплу пору року повинні прибиратися. Утеплення ангарних споруд горючими пластиками та органічними матеріалами не дозволяється [8].

Усі повітряні судна, які розміщені у ангарних приміщеннях, мають бути заземлені у двох точках.

Монтажні майданчики, драбини і помости мають бути виготовлені з незаймистих матеріалів та мати можливість швидкого прибирання чи демонтажу з робочої зони або ПС. Дерев'яні настили ділянок, стрем'янок і помостів повинні бути оброблені вогнезахисними речовинами, а дошки, насичені мастилом, повинні вчасно замінюватись на нові.

Введення ПС до ангарного приміщення може бути здійсненим лише не раніше ніж через 20 хв. після повної зупинки двигунів, зі спустошеними паливними баками та з демонтованими акумуляторними батареями. Окрім того, повинні бути демонтовані і кисневі балони, а сама киснева система бути зі стравленим киснем.

«У ангарних приміщеннях в безпосередній близькості від літального апарату повинні встановлюватися прямі телефони або електрична кнопкова сигналізація для зв'язку з черговими на випадок екстреного повідомлення про пожежу. Повітряні судна повинні бути забезпечені буксирувальними пристосуваннями і засобами для швидкої їх евакуації. Повітряні судна, які неможливо евакуювати, мають захищатися стаціонарними установками пожежогасіння» [5].

Для приміщень ангарного типу розробляється план евакуації та захисту повітряного судна при пожежі, який розміщують на видному місці і у якому відображають:

1. порядок виклику пожежної охорони;
2. порядок та черговість евакуації НД;
3. дії щодо захисту ПС, які не можуть бути евакуйованими;
4. гасіння пожежі та захисту конструкцій будівельного типу;
5. евакуаційні засоби, їхнє місцезнаходження і порядок виклику;

- б. розрахунок кількості людей для евакуації ПС та спосіб їх оповіщення у робочий, а також і в неробочий час.

Тренування щодо відпрацювання дій Спеціалістів ІАС при пожежі мають проводитися не рідше ніж раз у квартал.

У ангарних спорудах заборонено:

- а) встановлення антресолей та перестінків із горючих конструкцій та матеріалів;
- б) проводити заправку ПС ПММ;
- в) проводити підігрів, запуск чи випробування двигунів;
- г) виконання малярних робіт;
- д) використання відкритого вогню чи проведення зварювальних робіт на ПС;
- е) зберігання ПММ та кислот;
- ж) в'їзд техніки, яку не обладнано іскрогасниками на вихлопних трубах;
- з) блокування воріт та евакуаційних виходів;

Тушіння пожеж у таких приміщеннях виконують ті спеціалісти ІАС, які виявили пожежу, використовуючи ручні вогнегасники, пісок, покривала та інші первинні засоби пожежогасіння. Гасіння великих пожеж виконується пожежною командою аеропорту, а потім- пожежними міськими командами, які прибули за викликом. Найефективніше при пожежогасінні є використання пожежних автомобілів, установок пожежогасіння та ручних вогнегасників.

При ліквідації пожеж необхідним є використання системи виявлення і сповіщення пожежних команд. Пожежний зв'язок розділяється як на зовнішній так і на внутрішній. Зовнішній слугує для оперативного управління пожежною групою, встановлення зв'язку із пожежною станцією міста, міськими службами водоканалу і відділу електричної мережі.. Внутрішній зв'язок необхідний для оперативного керування локальним пожежним складом. Для двостороннього зв'язку пожежні укомплектовуються радіостанціями, котрі вмонтовані у пожежні

автомобілі. Зв'язок сповіщення про пожежі презентують собою систему пожежної сигналізації як ручної так можуть бути і автоматичної дії.

3.5 Основні правила з техніки безпеки при роботі з гідросистемою ПС

Задля запобігання отруень і професійних захворювань серед спеціалістів або працівників ІАС, які мають безпосередній контакт із гідравлічними рідинами має проводитися санітарно-гігієнічний контроль на робочих місцях.

Досить особливу увагу в проведенні організації праці потрібно приділяти механізації та автоматизації технологічних процесів – починаючи від прийому гідрорідин на склад організації та до їхнього безпосереднього використання на робочих місцях. На самих робочих місцях, а також на місцях зберігання гідравлічних рідин варто розміщувати інструкції, плакати та попереджувальні написи щодо дотримання вимог безпеки при роботі з даними речовинами.

Заправку, дозаправку гідросистем та гідроагрегатів рідиною АМГ-10 треба виконувати лише закритим способом.

Уся тара, інвентар, а також і інструмент, які необхідні для проведення робіт та використовуються у процесі роботи з гідрорідиною, мають бути виготовлені з матеріалу, який не виділяє іскор при ударі та не акумулює статичного заряду.

При проведенні робіт з гідрорідинами особливу увагу треба приділити справності заземлюючих пристроїв, які запобігають акумулюванню зарядів статичної електрики.

«Тривалість дії на працівників протягом зміни хімічних речовин у концентрації, що дорівнює максимальній разовій ГДК, не повинна перевищувати 15 хвилин для газоподібних хімічних речовин роботи в даних умовах допускається не частіше 4 разів у зміну (згідно з гігієнічними критеріями оцінки

та класифікації умов праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу)» [6].

Робота з гідравлічними рідинами в умовах перевищення гігієнічних нормативів можлива тільки при використанні засобів індивідуального захисту або при скороченні часу дії шкідливих речовин. Визначення допустимого часу контакту зі шкідливими хімічними речовинами за робочу зміну здійснюють органи та установи державної санітарно-епідеміологічної служби України за поданням керівництва організації (ГОСТ 19605-74).

Особи, що допущені до роботи з гідравлічними рідинами, повинні попередньо пройти професійний відбір, у якому передбачається обов'язковий медичний огляд та встановлення професійної придатності до безпечного виконання необхідних робіт. До роботи з гідрорідинами допускаються лише ті особи, які пройшли попередній та періодичний медичні огляди і які не мають протипоказань.

Навчання та перевірка знань із безпеки праці працівників проводяться в установленому порядку з урахуванням орієнтовної програми навчання з охорони праці при роботі із гідравлічними рідинами.

«Повторна перевірка знань проводиться не рідше 1 разу в 12 місяців. Інструктажі з безпеки праці на робочому місці повинні проводитися не рідше одного разу на три місяці і завершуватися перевіркою знань працівником, який проводив інструктаж. Особи, які показали незадовільні знання, до самостійної роботи не допускаються і зобов'язані пройти інструктаж і перевірку знань повторно.

При роботі із гідравлічними рідинами використовуються наступний спецодяг та засоби індивідуального захисту. При роботі із рідиною АМГ-10 застосовується одяг для авіатехніків, що виконують заправку літальних апаратів на стоянках» [8].

«Керівництво організації зобов'язане стежити за тим, щоб працівники дійсно користувалися виданими їм спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами

індивідуального захисту. Працівники при одержанні спецодягу, спецвзуття та інших засобів індивідуального захисту повинні бути проінструктовані про правила користування та догляду за ними. Спецодяг, забруднений гідравлічними рідинами, повинен попередньо піддаватися дегазації та знешкодженню і здаватися в хімчистку та прання окремо від іншого спецодягу. Спільне зберігання спецодягу та особистого одягу не допускається (ГОСТ 12.4.011-75 ССБТ та ГОСТ 12.4.103-80 ССБТ)» [6,7].

У тих приміщеннях, де проводять роботи із гідравлічними рідинами, забороняється зберігати та приймати їжу, а також палити. Перед кожним прийомом води (або іншої питної рідини) чи палінням обов'язково необхідно вимити руки та обличчя гарячою водою з милом, а також прополоскати рот.

Перед кожним прийомом їжі, у кімнаті чи у їдальні, потрібно зняти з себе спецодяг, вимити руки та обличчя з милом, та прополоскати рот.

В процесі роботи не варто доторкатися та розтирати відкриті ділянки шкіри, а також потрібно якомога менше доторкатися слизових оболонок очей, носа і порожнини рота аби уникнути дратівної дії хімічних сполук гідравлічних рідин.

«У разі виявлення порушень вимог охорони праці, які створюють загрозу здоров'ю або особистій безпеці, працівник повинен повідомити про це керівника робіт; до усунення загрози слід припинити роботу і залишити небезпечну зону» [6].

У разі нещасних випадків, отруєння, чи раптового захворювання потрібно негайно надати першу допомогу потерпілому, із врахуванням всіх характерних та явних симптомів отруєння і ураження гідрорідинами.

При потраплянні гідравлічної рідини АМГ-10 на шкіру починає відбуватися почервоніння, свербіж та печіння. Першочергово треба: ліквідувати рідину зі шкіри використовуючи вату чи тампон, котрі змочені у бензині, після чого потрібно промити водою з милом.

«При виявленні пожежі або ознак горіння (задимлення, запах гару, підвищення температури тощо) необхідно негайно повідомити про це пожежну охорону в установленому порядку. До прибуття пожежної охорони потрібно вжити заходів щодо евакуації людей, майна і приступити до гасіння пожежі. Слід організувати зустріч підрозділів пожежної охорони і надати допомогу у виборі найкоротшого шляху для під'їзду до осередку пожежі. Для забезпечення безпеки особового складу працівник повинен повідомити підрозділам пожежної охорони, що залучаються для гасіння пожежі, необхідні відомості про наявність небезпечних (вибухонебезпечних), вибухових, сильнодіючих отруйних речовин. Працівники повинні сприяти пожежній охороні при гасінні пожежі» [5].

3.6 Висновки.

Розділ «Охорона праці» виконано згідно до чинного законодавства України та відповідних нормативних документів. Згідно з метою кваліфікаційної роботи та завдань розділу «Охорона праці» виконано:

- аналіз умов праці і робочого місця спеціалістів ІАС та розроблення рекомендацій по його організації;
- визначення та проведення аналізу основних шкідливих і небезпечних факторів, котрі виникають при експлуатації гідросистем ПС;
- проаналізовано характеристики, котрі обумовлюють пожежну небезпеку гідрорідин, а також розроблено рекомендації щодо забезпечення пожежної безпеки при обслуговуванні гідравлічної системи літака у відповідних приміщеннях;
- наведено основні рекомендації та правила з техніки безпеки і охорони праці при використанні гідравлічних рідин.

4 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Робочі рідини гідросистеми

Робоча рідина (у гідросистемі) – це та рідина, яка використовується в ролі носія енергії. В якості робочої рідини може застосовуватися мінеральне, синтетичне та напівсинтетичне мастило, або рідина на силіконовій основі.

Основною функцією робочої рідини є передача гідростатичного тиску у гідравлічній системі. Робоча рідина також виконує: функцію змащування поверхонь тертя, деталей і елементів гідравлічної системи; функцію захисту деталей гідросистеми від корозії, завдяки антикорозійним присадкам; функцію теплообміну між елементами та агрегатами гідросистеми, а також самої гідросистеми в цілому з навколишнім середовищем.

Пружні властивості РР необхідні для функції передачі енергії, і це дозволяє розглядати РР як елемент самої гідросистеми. Для ефективного виконання даної функції необхідною є повна герметизація всіх магістралей гідросистеми і облік взаємодії РР із матеріалами пристроїв ущільнення.

«Працездатність і надійність всіх вузлів гідроприводу забезпечується виконанням гідравлічної рідини функцій змащувального і охолоджуючого агента, захисту деталей від корозії, видалення продуктів зносу. Гідравлічна рідина є носієм не тільки енергії, але і інформації про технічний стан гідроприводу, тому що в процесі експлуатації її властивості змінюються. Робочий процес гідромашини визначається властивостями РР, такими як мала стисливість, здатність витримувати практично будь-який тиск і не розпадатися при протіканні в дроселюючих щілинах, витримувати великі розрідження без кавітації, та не спінюватися»[15].

Універсальної робочої рідини досі ще і не створено, оскільки РР повинна задовольнити широкий ряд суперечливих вимог. Одними з важливих експлуатаційних вимог, які відносяться до робочих рідин, є:

- густина у потрібному діапазоні значень;
- високий індекс в'язкості, який буде мінімально залежним від температури;
- необхідно задовільні змащувальні властивості;
- мінімальний вплив на матеріали гідросистеми;
- максимально високий об'ємний модуль пружності;
- висока стійкість до хімічного та механічного розпаду;
- чим змога вищий коефіцієнт теплопровідності та питомої теплоємності;
- мінімальний коефіцієнт теплового розширення;
- нетоксичність.

Отже, до кожного конкретного випадку потрібно врахувати сукупність властивостей РР, котрі найкраще відповідатимуть тим завданням, які будуть вирішуватися гідросистемою, а також відповідатимуть передбачуваним умовам експлуатації.

Властивості РР, які використовуються у гідросистемах, можемо розподілити на великі чотири групи:

- фізичні;
- екологічні;
- реологічні;
- експлуатаційні.

У відповідності до такого розподілення і формуються і самі вимоги до РР, які експлуатуються в необхідних умовах. Відповідність характеристик РР необхідним умовам їх експлуатації і визначає можливості самих гідравлічних систем.

Беручи до уваги основні властивості РР і сфери їхнього застосування, можна сформулювати деякі вимоги до них, до прикладу:

- хороша змащувальна здатність ;
- мала здатність до стискання;

- правильні властивості реології ;
- потрібна термічна та окислювальна здатність;
- неагресивність компонентів РР до матеріалів гідравлічної системи;
- висока щільність;
- відсутність значного піноутворення.

Також є великий перелік і інших вимог до гідравлічних рідин у авіації, наприклад:

- хороша стійкість як до механічної так і до хімічної деструкції , а саме те, що пониження температури ніяк не повинне призводити до розшарування рідини, а також до виділення із неї складних компонентів, які можуть мати вигляд опадів або кристалів;

- якнайменша залежність в'язкості РР від температури роботи в допустимому робочому діапазоні температур;
- високі показники об'ємного модуля пружності;
- низька точка температура застигання;
- низькі значення коефіцієнт теплового розширення;

4.2 Основні характеристики гідравлічної рідини

«Кінематична в'язкість» - це відношення динамічної в'язкості до щільності рідини. При русі рідини виникає внутрішнє тертя. Величина цього тертя залежить від природи рідини і називається динамічною в'язкістю. Кінематична в'язкість виражається в $\text{см}^2/\text{сек}$, або стоксах . На практиці частіше користуються сантискосом - однією сотою долею стокса (сСт) В'язкість рідини залежить від температури і тиску. Це зв'язано, передусім, з хімічною природою рідини.

Температура спалаху гідравлічної рідини, це температура, при якій її пари утворюють з навколишнім повітрям суміш, що спалахує при наявності відкритого 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 сталевною 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 їдкою 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 вміст в рідині як мінеральних кислот, що мають велику корозійну активність, так і органічних, корозійна активність яких значно нижча, а іноді надзвичайно мала» [15].

Зовнішній вигляд РР має характеризуватися прозорістю, однорідністю і забарвленням. Рідини, зазвичай, містять у своєму складі барвники. Рідини, які не мають у своєму складі барвника, є безбарвними або можуть мати від слабко-жовтого до бурштинового забарвлення. Під час процесу експлуатації початкове

забарвлення гідравлічної рідини може зберегтися лише при зрівняно низьких температурах (800÷1000°C) та відсутності окислювальних процесів. За високих температур колір робочої рідини змінюється через хімічні процеси компонентів. Але зміна забарвлення не є свідченням про непридатність, бо основні характеристики, а саме кислотне число, температура спалаху, в'язкість та інші чинники, які мають вплив на працездатність, зазвичай при цьому, залишаються в нормі.

Вода у РР може бути як в розчиненому так і в нерозчиненому стані.

Розчинена вода, зазвичай, завжди є присутньою в РР. Вона має здатність бути як у виді технологічної домішки, від якої звільнитися звичайними методами майже не вдасться, так вона може бути і у виді гігроскопічної води, котра потрапила до системи під час експлуатації внаслідок контакту з повітрям. Допуск розчиненої води може бути в межах, які обумовлені обмеженнями головних параметрів гідрорідини при експлуатації (у специфікаціях та технічних умовах), або у специфікаціях фірм, які виробляють літаки.

Нерозчинена вода, що міститься у рідині, представлена у виді окремої фази. Присутність нерозчиненої води у гідрорідині є неприпустимим явищем. Нерозчинена вода здатна призвести до різких змін фізико-хімічних характеристик робочої рідини в результаті зміни якостей присадок і збільшенню корозії металів всередині агрегатів і елементів. Нерозчинена вода здатна, кристалізуючись у вузьких ділянках гідросистеми за низьких температур при експлуатації, призводити до катастрофічних відмов.

Гідролітична стійкість охарактеризовує прихильність гідравлічної рідини до гідролізу при контакті з водою. Дана характеристика може визначатися якісними та кількісними змінами, які здійснюються у рідині внаслідок дії води при температурі 30°C протягом 48 годин і супроводжуються зміною вигляду РР, кислотного числа, наявністю підвищеного числа корозії.

Старіння РР або зміна його характеристик і складу може залежати від типу рідини, режимів, умов і термінів експлуатації. Старіння гідравлічного мастила може прискорюватися при збільшенні експлуатаційного тиску, концентрації повітря розчиненого в ньому, та температури роботи. Іншу групу факторів створюють забруднення, а також домішок і води, котрі назбируються у гідравлічній рідині під час експлуатації. Продукти старіння здатні призводити в неробочий стан та можуть навіть зруйнувати компоненти клапанів, а також засмічувати фільтри та теплообмінники. Старіння РР здатне супроводжуватися зниженням придатності до деемульгування, а також може погіршуватися корозійна стійкість, що призводитиме до збільшення зносу.

Гідравлічна рідина, яка містить у своєму складі водорозчинні луги чи кислоти, не може бути використовувана у гідросистемі літака. Навіть маленька кількість вологи, які міститиметься у гідрорідині, особливо ті рідини, які схильні до гідролізу, при наявності водорозчинних кислот і/або лугів, може призвести до надмірної корозії металів та покриттів внутрішніх стінок агрегатів і елементів гідросистеми.

4.3 Зберігання, транспортування, та утилізація відпрацьованих РР

При проведенні дій із відпрацьованими гідрорідинами необхідно дотримуватися тих же запобіжних заходів, що і для спеціальних рідин, які не використовувалися.

Відпрацьовані гідрорідини повинні групуватися окремо по типах, марках та сортах. Забороняється змішування відпрацьованих гідрорідин.

Пусті металеві бочки з-під гідравлічних рідин мають зберігатися із щільно закритими пробками, на спеціально відведених для цього майданчиках, котрі розміщено на відстані не менше 50м від складів, чи інших будівель та споруд.

Мастило АМГ-10 тримають у бідонах виготовлених із білої жести, та закриті металевими кришками. Бідони мають місткість 1-2м³ відповідно до

ГОСТ 6794-75. На кришках бідонів по діагоналі або/чи по діаметру повинна бути нанесена червона смуга. Самі вкладиші бідонів мають бути запаяними.

При настанні останньої етапу життєвого циклу авіаційних гідравлічних мастил постають питання, які пов'язані із утилізацією. Ця проблема давно віднесена до розряду «вічних питань». Відпрацьовані авіаційні гідравлічні мастила, котрі не можна регенерувати, піддаються використанню у наземній техніці, а також піддають спалювані методом додавання до котельного палива. Розглядаються та вивчаються шляхи організації виробництва ПММ із відпрацьованих та некондиційних мастил. Проте дані методи не завжди є вигідним, тому аби продовжити термін використання відпрацьованого мастила його можна застосувати для консервації АТ.

4.4 Розрахунок вартості утилізації відходів після очищення гідрорідини електроочисником

Забруднювач представлений у вигляді різних за формою та розмірами часточок різних матеріалів та утворень, які потрапили до гідросистеми ПС під час її експлуатації чи ТО.

Найпопулярнішими часточками матеріалів та сполук є такі:

- мідь;
- молібден;
- оксид заліза;
- оксид хрому;
- оксид кремнію;
- гума.

Найбільшою щільністю із даних матеріалів володіє мідь, значення якої сягає 89200 кг/м^3 , а найменшою- гума, з показниками щільності 710 кг/м^3 . Під час очищення РР може знадобитися неодноразове спустошування резервуару електроочисника.

Вирахуємо об'єм середньої часточки забруднювача із розміром 10мкм за формулою:

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 = 4188,8 \text{ мкм}^3 = 0,004188 \text{ м}^3 \quad (4.1).$$

Для електроочищувача з грязеемністю 20 см^3 тобто $20 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$ розрахуємо величину маси вмістимого забруднення найважчим – міддю, та найлегшим гумою застосувавши формулу :

$$m = \rho V \quad (4.2)$$

Для міді $m = 89200 \cdot 20 \cdot 10^{-5} = 17,85 \text{ кг}$.

Для гуми $m = 710 \cdot 20 \cdot 10^{-5} = 0,142 \text{ кг}$.

Вартість віддачі міді на вторсировину становить за 1 кг близько 200грн, а при віддачі гуми-3 грн за 1кг. Тому, наскільки видно, при утилізації відходів даний метод очищення рідини дозволяє частково себе окупляти у еквівалентному грошовому діапазоні одного повного забруднення грязевідловлювача від 50 коп.(лише при насиченні однією гумою) до 3570грн(лише при насиченні міддю).

4.5 Висновок

Метод очищення з використанням електроочисника не лише є одним із найменш енергозатратним, а відповідно і менш фінансово навантажених, а ще й здатен скоротити колосальні витрати на ПММ при їх оновленні та вилити тонни відпрацьованих ПММ у навколишнє середовище, забруднюючи екологію, а ще й при правильному сортуванні та утилізації відходів забруднень дає можливість частково себе окупити.

Висновки

Гідросистема сучасного ПС є сукупністю різних високотехнологічних функціональних агрегатів надійність та ефективність яких залежить характеристик та якостей робочої рідини наявної в них.

Саме чистота гідравлічної рідини вказує про справний стан літака, адже детальному аналізу якої завжди можна взнати чи є якісь небезпечні фактори у гідросистемі повітряного судна чи ні. Кожен фактор, який буде не поміченим через високий рівень забруднення робочої рідини, потім може призвести до настання авіаційних пригод результати яких можуть бути катастрофічними. Тому дана робота була присвячена даній тематиці. А саме забезпеченню чистоти гідравлічних систем далекомагістральних пасажирських літаків, які вміщують велику кількість пасажирів та здійснюють перельоти на далекі відстані в тому числі і над океанами.

У даній кваліфікаційній роботі було:

- проаналізовано методи , які дозволяють прискорити процес промивки елементів гідравлічних систем повітряних суден.
- розглянута теорія відриву часточки забруднювача з поверхні виробу під дією гідравлічного удару, який виникає у в'язкому підшарі потоку рідини.
- розглянуто і проаналізовано метод очищення гідравлічного мастила під дією електростатичного поля, під час проходження якого у робочій рідині прискорюється процес сепарації з неї різнорідних механічних домішок. Проаналізовано умови осідання, утримання та відриву часточок забруднювача відповідно до наявного комплексу факторів.
- проаналізовано можливі конструкції електроочисників, а саме різні способи розміщення у них електродів. Розглянута ефективність використання у конструкціях електроочисників різних наповнювачів із різними характеристиками.

Також була проаналізована трудова та фінансова затратність методів по промиванню ГС ПС та плюси регенерації робочої рідини даним способом

Список використаної літератури

1. Адамчевский И. С., Электрическая проводимость жидких диэлектриков. – Л.: Энергия, 1972. – 296 с.
2. Башта Т.М., Бабанская В.Д., Головки Ю.С. и др. Надежность гидравлических систем воздушных судов. – М.: Транспорт, 1986. – 279с.
3. Бербер В.А. Обеспечение и контроль промышленной чистоты изделий авиационной техники.: Дисс.докт.техн.наук. 05.02.03.- Киев: 1983.-422с., ил.- Библиогр: С. 392-412.
4. Буриченко Л.А., Ененков Н.П. «Охрана окружающей среды в гражданской авиации». М., 1982.
5. Буріченко Л. А., Гулевець В. Д. Охорона праці в авіації. – К: НАУ, 2003. – 448с
6. ГОСТ 12.1.044-89 ГОСТ 12.1.044-89 Система стандартов безопасности труда ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТЬ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ
7. ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам
8. ГОСТ 6794-75. Масло АМГ-10. Технические условия
9. ДНАОП 5.1.30-1.06-98 (НПАОП 63.23-1.06-98). ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ И ТЕКУЩЕМ РЕМОНТЕ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

10. 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.
11. Матвеевко А. М., Пейко Я. Н., Комаров А. А. Расчет и испытания гидравлических систем летательных аппаратов: – М.: Машиностроение, 1974. – 180с.
12. Рыбак Б.М. Анализ нефти и нефтепродуктов / Б. М. Рыбак. – М.: Государственнонаучно-техническоеиздательствонефтянойигорно-топливнойлитературы, 1962. – 347 с
13. СтепаненкоН. В. Регенерація моторних олиф природними сорбентами / Н. В. Степаненко, Л. Л. Гурець // Сучасні технології в промисловому виробництві: мат. ІІВсеукр. міжвуз. наук.-техн. конф. – Суми: СумДУ, 2012. – Ч. 2. – С. 85.
14. Сергиенко С.П., Черненко Ж.С., Чирков С.В. Влияние износа цилиндрических золотниковых пар распределителей на их защемление при работе на загрязненной жидкости.// Очистка рабочих жидкостей, деталей и внутренних полостей агрегатов от технологических загрязнений: Сб.матер.конф. – Саратов: НИТИ, 1970. - С. 83-88
15. Трофимом В. А., Яхно О. М., Губарев А. П., Солонин Р. И. Рабочие жидкости систем гидропривода. – К.: НТУУ «КПІ», 2009. – 184с.
16. ШашкинП. И. Регенерация отработанных нефтяных масел / П. И. Шашкин, В. И. Брай. – М.: Химия, 1970. – 307 с