

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра підтримання льотної придатності повітряних суден

**ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри

канд. техн. наук, доц.

\_\_\_\_\_ О. В. Попов

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

**ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ**

**«МАГІСТР»**

**ЗА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ**

**«ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГУВАННЯ ТА РЕМОНТ**

**ПОВІТРЯНИХ СУДЕН І АВІАДВИГУНІВ»**

**Тема: «Модернізація системи вібраційного контролю турбогвинтового  
двигуна транспортного літака»**

**Виконав: \_\_\_\_\_ П. П. Шабанов**

**Керівник: канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_ Е. П. Ясиницький**

**Консультанти з окремих розділів пояснювальної записки:**

**охорона праці: канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_ О. М. Гунченко**

**охорона навколишнього середовища:**

**канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_ Є. О. Бовсуновський**

**Нормоконтролер: \_\_\_\_\_**

**Київ 2021**

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Аерокосмічний факультет

Кафедра авіаційних двигунів

Освітній ступінь «Магістр»

Спеціальність: 272 «Авіаційний транспорт»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

канд. техн. наук, доц.

\_\_\_\_\_ О. В. Попов

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

## ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

ШАБАНОВА ПАВЛА ПАВЛОВИЧА

1. Тема роботи: **«Модернізація системи вібраційного контролю турбогвинтового двигуна транспортного літака»** затверджено наказом ректора від 11 жовтня 2021 р. № 2196/ст.
2. Термін виконання роботи: з 21 жовтня 2021 р. по 31 грудня 2021 р.
3. Вихідні дані до роботи: структурні схеми і статистичні дані по результатам досвіду експлуатації вітчизняного літака, відмови і несправності, статистичні дані літаків-аналогів.
4. Зміст пояснювальної записки: аналіз досвіду експлуатації військово транспортних літаків, підходи для вирішення завдань вібраційного контролю з врахуванням експлуатаційного навантажування та стану військово-транспортних літаків, вибір устаткування, удосконалення обладнання, методи та засоби експериментальних досліджень вібраційного контролю розробка заходів з охорони праці та навколишнього середовища.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: аналіз бойових задач і тактико-технічних даних сучасних військово транспортних літаків. Модернізація апаратури контролю та запровадження апаратури вібраційного контролю на сучасні військово транспортні літаки що експлуатуються.

## 6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Літературний огляд матеріалів за темою дипломної роботи	14.08–30.08. 2021 р.	
2	Аналіз досліджень Бойових задач і тактико технічних даних сучасних ВТЛ	30.08 – 19.09. 2021 р.	
3	Аналіз методів вібраційного контролю. Методи модернізації апаратури вібраційного контролю.	19.09 – 01.10. 2021 р.	
4	Розробка математичних моделей процесів, які досліджуються в дипломній роботі	01.10 – 16.10. 2021 р.	
5	Моделювання характеристик, які впливають на якість технологічних процесів та оптимізація їх параметрів	16.10 – 01.11. 2021 р.	
6	Виконання окремих розділів пояснювальної записки	01.11 – 15.11. 2021 р.	
7	Оформлення пояснювальної записки	15.11 – 06.12. 2021 р.	

### Консультанти з окремих розділів

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

Дата видачі завдання: « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_

(підпис)

Е.П. Ясиницький

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_

(підпис)

П.П. Шабанов

(ПІБ)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: «Модернізація системи вібраційного контролю турбогвинтового двигуна транспортного літака» включає:

83 с., 16 рис., 2 табл., 15 джерел.

Об'єкт дослідження – військово транспортний літак Ан-26 ПС ЗСУ.

Предмет дослідження – турбогвинтовий двигун військово транспортного літака з штатною системою контролю вібрації.

Мета кваліфікаційної роботи – збільшення можливості діагностиці технічного стану двигуна за допомогою вібраційних методів контролю.

Метод дослідження – аналіз результатів льотної експлуатації штатної системи контролю вібрацій турбогвинтового двигуна, а також статистичні методи обробки польотних даних.

Практичне значення результатів кваліфікаційної роботи визначається підвищенням довговічності літака, та використання за технічним станом шляхом детального дослідження і аналізу вібраційного контролю.

Матеріали кваліфікаційної роботи рекомендується використовувати в навчальному процесі і практичній діяльності фахівців конструкторських бюро.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ ....	7
ВСТУП.....	9
Розділ 1. АНАЛІЗ БОЙОВИХ ЗАДАЧ І ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ДАНИХ СУЧАСНИХ ВІЙСЬКОВО-ТРАНСПОРТНИХ ЛІТАКІВ .....	12
1.1. Загальні відомості про військово-транспортну авіацію.....	12
1.2. Можливості спеціального застосування літака Ан-26.....	13
1.3. Транспортування військових вантажів та техніки .....	14
1.4. Парашутне десантування вантажів.....	15
1.5. Підготовка розрахункових даних для парашутного десантування.....	23
1.6. Робота штурмана в районі десантування та на бойовому шляху.....	27
1.7. Транспортування поранених та хворих.....	29
1.8. Застосування літака із зовнішніми підвісками озброєння.....	31
1.9. Особливості підготовки екіпажу до польоту на бомбометання.....	33
Висновки до розділу 1 .....	36
Розділ 2. СУЧАСНІ МЕТОДИ ВІБРАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ .....	37.
2.1. Контроль за перевантаженням вібрації двигунів при експлуатації літаків Ан-26 .....	37
2.2. Реєстрація перевантажень вібрації двигуна .....	39
2.3. Роботи що виконуються при перевищенні норм перевантажень вібрації. ....	43
2.4. Методика визначення причин сигналізації «ОПАСНА ВІБРАЦІЯ».....	44
2.5. Головна мета технічної діагностики .....	47
Висновки до розділу 2 .....	47
Розділ 3. МОДЕРНІЗАЦІЯ АПАРАТУРИ КОНТРОЛЮ.....	48
3.1. Мета модернізації апаратури контролю вібрації ІВ-41.....	48
3.2 Методи модернізації.....	49
3.3. Результат модернізації.....	53
Висновки до розділу 4 .....	55

4 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА .....	56
4.1 Вплив авіаційного транспорту на навколишнє середовище.....	56
4.1.1 Акустичне забруднення атмосфери .....	56
4.1.2 Якість повітря в аеропортах.....	57
4.1.3 Емісія авіаційних двигунів.....	59
4.2 Конструктивні та організаційні заходи по зниженню шкідливих факторів.....	60
4.2.1 Методи і засоби зниження авіаційного шуму .....	60
4.2.2 Шляхи вирішення проблеми забруднення повітря .....	63
Висновки до розділу 4 .....	66
5 ОХОРОНА ПРАЦІ .....	67
5.1 Шкідливі і небезпечні фактори при обслуговуванні ПС .....	67
5.2 Конструктивні та організаційні заходи по зниженню впливу шкідливих факторів .....	70
5.2.1 Загальні вимоги до охорони праці.....	71
5.2.2 Вимоги охорони праці перед початком роботи .....	72
5.2.3 Вимоги охорони праці під час виконання робіт .....	74
5.2.4 Вимоги охорони праці при виниканні аварійної ситуації .....	74
5.3 Технічне обслуговування планера.....	75
Висновки до розділу 5 .....	80
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	81
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ	
ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	83

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК, ОДИНИЦЬ І  
ТЕРМІНІВ

БРЕО – бортове радіоелектронне обладнання  
ВНА – вхідний направляючий апарат  
ВО – вертикальне оперення  
ГО – горизонтальне оперення  
ДР – деформаційних рельєф  
ДСТУ – державний стандарт України  
ДСУ – допоміжна силова установка  
ЕПМА – Електронно-променевий мікроаналіз  
ЗПЗ – земля-повітря-земля  
ЗПС – злітно-посадкова смуга  
КМ – композиційні матеріали  
ЛА – літальний апарат  
МПС – місцеві повітряні сполучення  
ОП – охорона праці  
ОТК – оптико-телевізійний комплекс  
ПВП – правила візуальних польотів  
ППП – правила польотів за приладами  
ПС – повітряне судно  
РК – робоче колесо  
РЛС – радіолокаційна станція  
РСБН – радіотехнічна система ближньої навігації  
СА – сопловий апарат  
САХ – середня аеродинамічна хорда  
СЗМ – скануюча зондова мікроскопія  
ТГВД – турбогвинто-вентиляторні двигуни  
ТГД – турбогвинтовий двигун  
AFM – Atomic force microscopy  
CAEP – Committee on Aviation Environmental Protection

ICAO – International civil aviation organization

SEM – Scanning electron microscopy

SFM – scanning force microscopy

SHM – structural health monitoring

STM – Scanning tunneling microscopy

ВТЛ – Військово транспортний літак

СУ – Силова установка



## ВСТУП

З аналізу досвіду Операції Об'єднаних сил (ООС) та Антитерористичної операції (АТО), військово транспортний літак Ан-26 успішно виконував такі задачі:

- повітряне десантування особового складу військових частин;
- посадкове десантування військових вантажів, озброєння, бойової і інженерної техніки;
- евакуація поранених і хворих;
- виконання спеціальних завдань по РЕБ;
- управління військами та ретрансляція.

Військово-транспортна авіація є однією з основних складових Повітряних Сил Збройних Сил України і призначена для своєчасного забезпечення життєдіяльності і боєготовності військових підрозділів, виконання місій і завдань, необхідних для проведення мирних і військових операцій на регіональному, міжрегіональному і стратегічному рівнях. Тому сучасний військово-транспортний літак (ВТЛ) повинен характеризуватися великою дальністю польоту з максимальним корисним навантаженням, забезпечувати можливість десантування на малих висотах, здійснювати зліт і посадку на невідготовлені ґрунтові смуги обмежених розмірів.

Як видно, такі вимоги є суперечливими, а деколи і взаємовиключними. Крім того, силові установки (СУ) мають параметри шуму і викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище, які перевищують міжнародні вимоги. Все це в сукупності приводить до недостатньої ефективності військово-транспортної авіації в цілому, а літальні апарати (ЛА) стають не конкурентоздатними на сучасному авіаційному ринку.

Створення нового покоління ЛА вимагає вирішення складних економічних завдань в умовах суперечливої безлічі різних ситуацій, пошуку

раціональних компромісів. Тому, враховуючи економічний стан України, що створився, розвиток військово-транспортної авіації в основному здійснюється у напрямі модернізації існуючої авіаційної техніки і додання нею деяких властивостей техніки наступного покоління.

Одним із способів такого підходу є заміна двигуна в системі СУ, яка є найважливішою складовою частиною ЛА. Технічну досконалість СУ зумовлює досягнення авіацією якісно нових показників льотно-технічних характеристик (ЛТХ) і сфер застосування, що особливо важливе при постійному розширенні діапазону бойових завдань.

Застосування тієї або іншої авіаційної СУ визначається вимогами, які пред'являються до даного ЛА. При цьому СУ є об'єктом оцінки, а ЛА виступає як засіб оцінки ухвалених технічних рішень. Таке завдання вирішується шляхом проведення льотних випробувань. Проте, з огляду на те, що випробування потребують фінансових витрат, доцільно провести попередні дослідження за допомогою чисельних розрахунків. Найважливішою перевагою чисельних розрахунків є їх відносно невелика вартість, а розрахункові дослідження можна провести швидше, ніж експериментальні. При цьому, отримати значення параметрів близьких до реальних умов.

У зв'язку з підвищенням вартості авіаційного палива актуальним стає застосування на дозвукових літаках двигунів, які мають високу паливну економічність. Тому основними типами двигунів, які застосовуються в підсистемі "силова установка" для ВТЛ є ТРДД, ТГД і ТГВД

При підборі двигуна до ЛА можливі два варіанти: на ЛА будуть використані серійні двигуни або буде розроблений двигун спеціально для даного ЛА. Другий варіант більш сприятливий з погляду отримання найкращих ЛТХ, оскільки в цьому випадку можливо найповніше поєднання характеристик ЛА і силової установки.

Діапазон двигунів можна істотним чином скоротити, не проводячи спеціальних досліджень, коли відоме призначення ЛА. Наприклад, якщо розглядається дозвуковий транспортний літак, то немає сенсу розглядати інші двигуни, окрім ТРДД з високим ступенем двухконтурності, ТГД, або ТГВД. Це очевидно по попередньому досвіду створення транспортних літаків і порівняльного аналізу основних характеристик двигунів.

Застосування схеми з використанням чотирьох ТРДД є найбільш імовірним варіантом силової установки з погляду безпеки польотів.

## РОЗДІЛ 1

# АНАЛІЗ БОЙОВИХ ЗАДАЧ СУЧАСНИХ ВІЙСЬКОВО-ТРАНСПОРТНИХ ЛІТАКІВ

### 1.1. Загальні відомості про військово-транспортну авіацію

Військово-транспортна авіація є однією з основних складових Повітряних Сил Збройних Сил України і призначена для своєчасного забезпечення життєдіяльності і боєготовності військових підрозділів, виконання місій і завдань, необхідних для проведення мирних і військових операцій на регіональному, міжрегіональному і стратегічному рівнях. Тому сучасний військово-транспортний літак (ВТЛ) повинен характеризуватися великою дальністю польоту з максимальним корисним навантаженням, забезпечувати можливість десантування на малих висотах, здійснювати зліт і посадку на невідготовлені ґрунтові смуги обмежених розмірів.



Рисунок 1.1. Військово транспортний літак Ан-26

У відповідності з призначенням військово-транспортної авіації (ВТА), її з'єднання і частини виконують основні задачі:

- десантування повітряних десантів;
- доставка військам, діючим в тилу супротивника, озброєння, боєприпасів та інших матеріальних засобів;
- евакуація поранених і хворих із тилу супротивника;
- виконання спеціальних задач (радіоелектронне подавлення засобів управління військами, зброєю противника та ін.);
- перевезення повітряними шляхами військ, озброєння, боєприпасів та інших матеріальних засобів;
- забезпечення маневрування військ та авіації;
- дозаправка в повітрі літаків дальньої і фронтової авіації.

Умова виконання основних задач визначається здійсненням польотів на далекі відстані, переважно вночі, на малих і середніх висотах, необхідністю всебічного забезпечення подолання ППО на всіх етапах польоту, можливістю посадки літаків на захоплені аеродроми в тилу ворога.

При виконанні основних бойових задач в інтересах фронту або з'єднання ВТЛ повинні долати ППО противника. В даний час противник має достатньо складну систему ППО, в склад якої входять: зенітна артилерія, зенітно-ракетні комплекси, винищувачі-перехоплювачі. Тому умови виконання основних задач екіпажами, підрозділами і частинами визначаються:

- театром військових дій, на яких виконуються задачі, застосованими засобами ураження і зростання дій;
- складом сил ВТА залученого до виконання задачі, застосованими засобами ураження і ракетно-технічними характеристиками літаків;
- дальністю і глибиною дій;
- станом аеродромів, маневрів і віддалення їх від основних аеродромів і лінії фронту;
- розміром району десантування і кількістю ділянок приземлення в ньому;
- об'ємом доставляючих матеріальних засобів;

- заданими способами і строком виконання задач;
- характером протидії ППО противника;
- часом доби, метеорологічними, наземними і повітряними радіаційними обставинами;
- чіткою організацією взаємодії.

На озброєнні військово-транспортної авіації на теперішній час знаходяться літаки Іл-76 і Ан-26. Ан-26 один із військово-транспортних літаків, який здатний виконувати поставлені задачі. Цей літак, що має максимальне навантаження 24000 кг, нормальне 23000 кг та дальність польоту близько 1240 км(з максимальним навантаженням), 2660 км з максимальним запасом палива (перегоночна) виявився придатним і ще й доволі корисним при виконанні не лише військових, але і цивільних завдань.

## **1.2. Можливості спеціального застосування літака Ан-26**

Літак забезпечує:

- транспортування особового складу у кількості до 38 осіб;
- транспортування поранених та хворих у кількості 38 осіб на сидіннях, або 24 на уніфікованих ношах;
- транспортування військових вантажів та бойової техніки з габаритами, що дозволяють вести завантаження через вантажний люк, та загальною вагою, що не перевищує максимальної ваги десантного навантаження (5500кгс разом з обладнанням, встановленим у рахунок десантного навантаження);
- транспортування спеціальних вантажів або бомб на зовнішніх підвісках (по дві з кожного боку фюзеляжу вагою кожна від 50 до 500 кг.) та скидання їх у заданій точці .Крім того, літак виконує бойові завдання такі як :
- парашутне десантування парашутистів-десантників у кількості до 30 осіб;
- парашутне десантування військових вантажів з транспортера П 157 (П 157ГП) у штатній тарі ПГС 500 (7шт.), ПДСБ 1 (16шт.), ПДУР 47 20 (27шт.) загальною вагою до 4550кгс;

- парашутне десантування ПГС 200 та членів бойового розрахунку у складі до 20 парашутистів зі зброєю у штатному спорядженні слідом за вантажами.

**ПОПЕРЕДЖЕННЯ:** Транспортування та десантування агресивних та токсичних рідин забороняються.

### **1.3. Транспортування військових вантажів та техніки**

Навантаження та вивантаження військових вантажів та техніки проводиться під керівництвом командира екіпажу або за його вказівкою бортовим техніком або помічником командира екіпажу.

Помічнику командира екіпажу спільно з бортовим техніком згідно з обраною для розміщення вантажів схемою визначити центрування літака на зльоті та посадці.

Бортовий технік зобов'язаний:

а) під час підготовки до навантаження:

- отримати вказівки від командира екіпажу щодо порядку навантаження вантажів;
- підготувати навантажувальне та швартовочне обладнання;
- переконатися, що питоме навантаження на підлогу не перевищує допустиме;
- опустити рампу вантажного люка (при завантаженні вантажів із платформи автомашини рампу зрушити під фюзеляж);
- встановити упорний домкрат під шпангоут №33;
- встановити колодки під колеса головних опор шасі;
- перед завантаженням самохідної техніки на рампу вантажного люка та підлогу вантажної кабіни укласти мотуз'яні настили;

б) під час навантаження:

- уважно стежити та чітко виконувати команди, що подаються керівником навантаження;
- спільно з членами вантажної команди закріпити техніку та вантажі у вантажній кабіні за допомогою ременів та сіток;

- після закінчення вантажно-розвантажувальних робіт зупинити каретку електролебідки;
- прибрати затятий домкрат та закрити рампу;
- в) у польоті:
  - перебувати на робочому місці;
  - виходити у вантажну кабіну через кожні 30хв польоту для перевірки стану кріплення вантажів;
  - доповідати про всі виявлені дефекти у кріпленні вантажів та вживати заходів щодо усунення цих дефектів
- г) при розвантаженні:
  - опустити рампу вантажного люка (при розвантаженні вантажів на машину зрушити рампу під фюзеляж);
  - Встановити завзятий домкрат;
  - розшвартувати техніку або вантаж та зробити вивантаження;
  - Закрити вантажний люк.

#### **1.4. Парашутне десантування вантажів**

Парашутне десантування вантажів у штатній упаковці за допомогою транспортера виконувати з висот, що забезпечують надійну роботу парашутних систем на наступних швидкостях польоту:

$V_{пр}=270\ 350\text{км/год}$  при  $\delta z=0^\circ$  незалежно від ваги;

$V_{пр}=250\ 270\text{км/год}$  при  $\delta z=15^\circ$ ;

$V_{пр}=230\ 250\text{км/год}$  при  $\delta z=25^\circ$ ;

$V_{пр}=210\ 230\text{км/год}$  при  $\delta z=38^\circ$ ;

У польоті із закрилками, випущеними на  $15^\circ$ ,  $25^\circ$  і  $38^\circ$ , менші значення швидкостей відповідають ваги менше 21тс, а більші – 21тс і більше.

Під час підготовки до польоту на десантування вантажів екіпаж повинен знати:

- Завдання на політ;- злітне та посадкове центрування літака при даному варіанті завантаження та завдання на політ;



- Зміна центрування в процесі скидання вантажів;
- мінімальну висоту та максимально допустиму швидкість польоту при скиданні вантажів, а також дані для прицілювання при скиданні вантажів з вибраних висот та швидкостей десантування;
- центрування літака та дії екіпажу у разі виникнення аварійних ситуацій.

Перед завантаженням вантажів у літак штурман спільно з бортовим техніком перевіряє справність та працездатність:

- механізму управління рампою вантажного люка та системи сигналізації;
- електричних ланцюгів тактичної та аварійної систем скидання вантажів та приладу групового скидання.

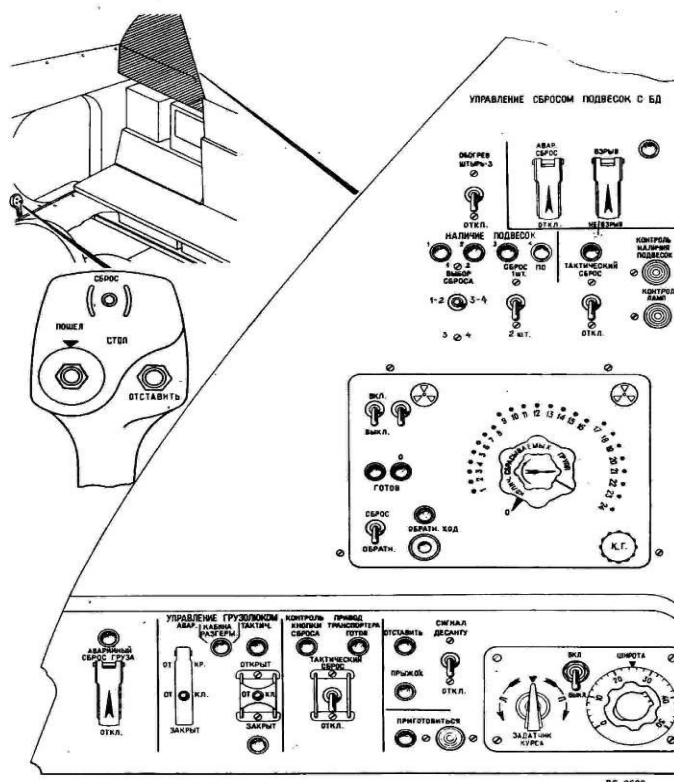
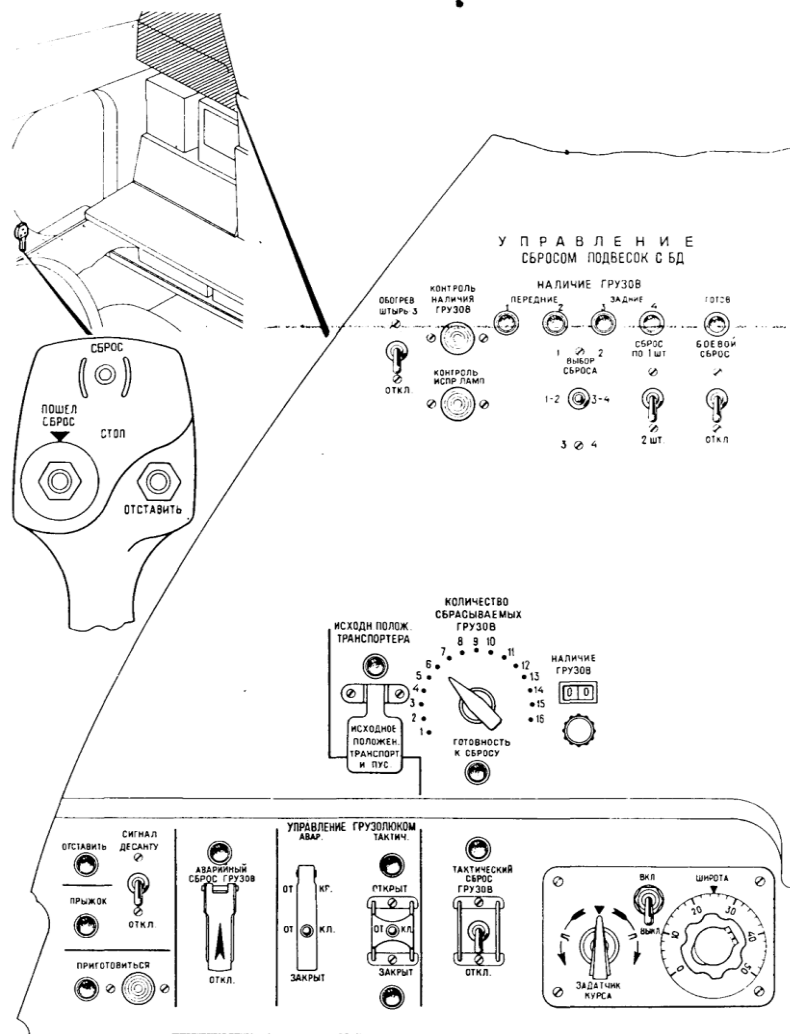


Рисунок 1.2. Розташування органів управління вантажним люком та скиданням вантажів на робочому місці штурмана (для літаків з електроприводом транспортера П 157)



26. 8588-1

Рисунок 1.3. Розташування органів управління вантажним люком на місці штурмана (для літаків з гідроприводом транспортера П 157ГП)

Після перевірки:

- вимкнути всі включені для перевірки вимикачі та АЗС;
- встановити перемикач "СКИДАННЯ-ОБРАТН." в положення "СКИДАННЯ" і вимкнути живлення ПГС 24;
- доповісти командирі екіпажу про закінчення перевірки транспортера та про виявлені в процесі перевірки недоліки.

Бортовий технік під час перевірки повинен перебувати у вантажній кабіні та доповідати по СПУ штурману про роботу транспортера та сигналізації.

Перевірка транспортера

Для підготовки:

- зняти колонку ручного приводу із похідного становища;
- відкрити лючок у панелі вантажної підлоги між шпангоутами № 10 та 11;
- Вставити колонку в гніздо на корпусі редуктора;
- перемістити вантажний ланцюг у крайнє заднє положення;
- Встановити вантажні упори на ланцюги;
- закріпити карабіни швартувальних лямок за валики на вантажних упорах;
- перемістити ланцюги у крайнє переднє положення, встановлюючи з однаковими проміжками шістнадцять пряжок швартувальних лямок, вибравши слабіну лямок, шістнадцять сигналізаторів під пряжки та один додатковий сигналізатор перед рухомим вантажним упором. Переміщення ланцюгів має бути без ривків та заїдань;
- зняти колонку ручного приводу та встановити її в похідне положення;
- встановити рукоятку механізму передач у положення "МЕДЛ";
- Закрити лючок.

Завантаження вантажів у штатному впакуванні на транспортер

Завантаження вантажів у штатній упаковці на транспортер здійснюється за допомогою бортового вантажно-розвантажувального пристрою з кузова автомашини під керівництвом командира екіпажу або за його вказівкою під керівництвом бортового техніка (помічника командира екіпажу).

Передполітний огляд вантажної кабіни літака перед польотом на парашутне десантування вантажів у штатній упаковці

Перед польотом на парашутне десантування вантажів у штатному впакуванні бортовим технік зобов'язаний перевірити:

- правильність завантаження транспортера згідно із завданням на політ;
- правильність та надійність кріплення вантажів швартовачними лямками до магістралей транспортера;
- правильність встановлення сигналізаторів групового скидання вантажів;

## Виконання польоту на десантування вантажів із транспортера

Перед початком десантування бортовим технік повинен за командою штурмана зайняти місце в отворі дверей у вантажну кабіну біля пульта з вимикачем аварійного зупинки транспортера (шпангоути № 9, 10). У процесі десантування бортовий технік тримає зв'язок із СПУ зі штурманом.

### Обов'язки членів екіпажу

#### Командир екіпажу зобов'язаний:

- Виконувати команди штурмана для виведення літака в точку скидання;
- на бойовому курсі дати команду штурману відкрити рампу на швидкості, зазначеній у завданні на політ;
- витримувати задану швидкість і висоту польоту на бойовому курсі під час відкриття рампи та скидання вантажу;
- у процесі скидання вантажів утримувати літак у горизонтальному польоті, не допускати доворотів за курсом та кренів літака.

#### Бортовий технік зобов'язаний:

- під час відкриття вантажного люка доповісти штурману: "Люк відкритий, до скидання готовий";
- у момент скидання слідкувати за положенням вантажу та у разі завалу або зачеплення вантажу у вантажній кабіні негайно припинити скидання, встановивши вимикач аварійного зупину у включене положення та доповісти про це штурману;
- після закінчення десантування доповісти штурману: "Вантаж вийшов. Забираю витяжні мотузки";
- прибрати витяжні мотузки та доповісти штурману про готовність до закриття вантажного люка.

Під час скидання вантажів бортовий технік повинен працювати у вантажній кабіні з одягненим парашутом.

При скиданні повної серії вантажів на початку руху виникає момент, що кабриює, який досягає максимального значення при виході з літака половини вантажів. Потім момент, що кабриює, зменшується, і після виходу всіх вантажів виникає пікіруючий момент. Ці моменти легко паруються відповідними відхиленнями штурвалу. У процесі скидання вантажів літак легко утримується у горизонтальному польоті та на бойовому шляху

Парашутне десантування особового складу виконувати з десантними парашутами, що мають стабілізуючий пристрій.

Стрибки виконувати один потік на швидкостях польоту, рисунок 1.3. Зі спортивно-тренувальними парашутами дозволяється виконувати лише одиночні стрибки. Випускаючий та помічник випускаючого (призначаються з числа найбільш досвідчених парашутистів.)

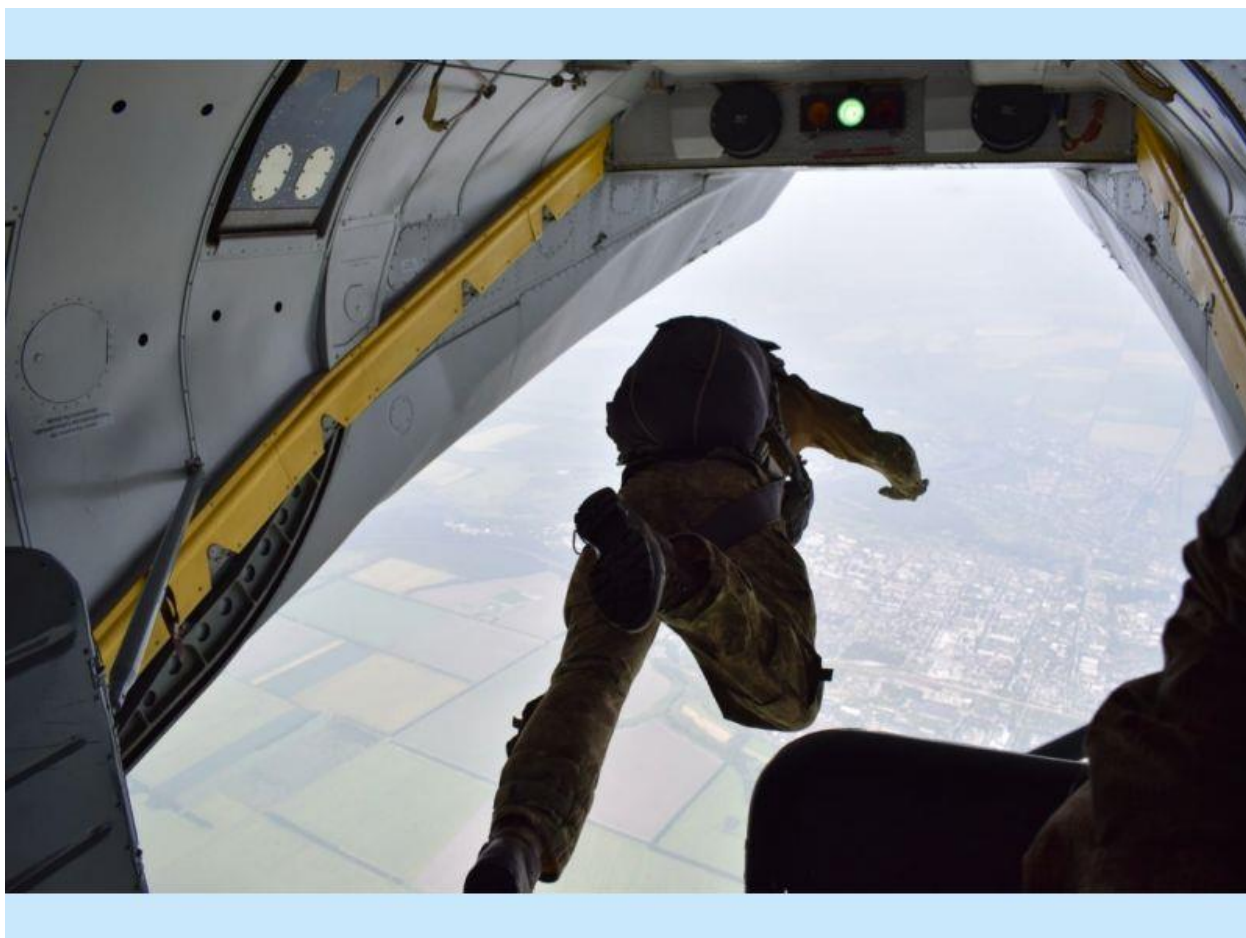


Рисунок 1.4- Стрибок парашутиста

При десантуванні особового складу з парашути, що мають стабілізуючі пристрої типу Д 5, уловлювачі фалів не встановлювати.

#### Підготовка літака та обладнання

Для підготовки літака до парашутного десантування особового складу:

- встановити два троси для зачеплення карабінів камер стабілізуючих систем (карабінів витяжних мотузок);
- Встановити огорожу випускаючого;
- зняти електролебідку;
- Зсунути каретку вантажно-розвантажувального пристрою в крайнє заднє положення;
- Змотати на барабани механізму МПШ 8 швартовні лямки;
- зняти вантажні упори з ланцюгів транспортера;
- встановити ланцюги транспортера у положення, у якому їх високі ланки розташуються під підлогою вантажної кабіни;

#### Порядок посадки парашутистів



Рисунок 1.5- Парашутисти в кабіні літака

Перед посадкою парашутистів у літак старший групи (випускаючий) інструктує їх про правила виконання стрибків, визначає порядок посадки рисунок 1.4., та розміщення у вантажній кабіні літака, вказує черговість

виконання стрибків та повідомляє командира екіпажу про готовність групи до посадки в літак.

Максимальна кількість парашутистів, що розміщуються в літаку, 30 осіб (по 15 осіб вздовж лівого та правого борту).

Випускаючий розташовується на найближчому до вантажного люку сидінні правого борту, помічник випускає - біля лівого борту навпроти нього. Якщо літак завантажений парашутистами не повністю, для забезпечення необхідного центрування вони розміщуються відповідно до вказівок бортового техника літака

### 1.5. Підготовка розрахункових даних для парашутного десантування



Рисунок 1.6- Десант у повітрі

У табл. 1. наведено середні дані швидкості зниження вантажів на основних парашутах і граничні висоти їх скидання.

Розрахунки для десантування виконуватимуть у такому порядку.

1. Отримати на метеостанції напрямок та швидкість середнього вітру, показані вектором на аеро-метеорологічному планшеті.

2. Визначити час зниження парашутистів (вантаж) на основному куполі за формулою

$$t_{CH} = \frac{H_{ДЕС} - h_{СТАБ}}{V_{CH}} \quad (1.1)$$

Де :

- Ндес – висота десантування;
- V<sub>сн</sub> - швидкість зниження парашутиста (вантажу);
- h<sub>стаб</sub> - втрата висоти при зниженні на парашуті, що стабілізує.

3. Визначити знос парашутиста (вантажу) при його зниженні на основному куполі за формулою

$$Z_{сн} = V_{ср} \times t_{сн} \quad (1.2)$$

де:

Z<sub>сн</sub> - знос вантажу під дією вітру при зниженні його на основному куполі;

V<sub>ср</sub> - швидкість середнього вітру в шарі зниження;

t<sub>сн</sub> - час зниження вантажу на основному куполі.

Таблица 1.1

Найменування	вага, кг	Скорость зниження, м/с	Минималъна висота скидання, м	Максималъна висота скидання, м	Скорость снижения на стабилизирующем парашюте, м/с
ПГС-200	200	7-9	250	6000	25
ПГС-500	360-600	12-15	150	8000	50
ПДСБ-1	245	11	150	8000	65
ПДУР-47	140	7	150	4000	55

4. Визначити знос парашутиста (вантажу) Z<sub>стаб</sub> при його зниженні на стабілізуючому парашуті за формулою

$$Z_{стаб} = V_{ср.стаб} \times t_{стаб} \quad (1.3)$$



де  $V_{\text{ср.стаб}}$  - швидкість середнього вітру в шарі зниження вантажу на парашуті, що стабілізує;

$t_{\text{стаб}}$  - час зниження на стабілізуючому парашуті.

5. За величиною повітряної швидкості, висотою польоту і характеристиками вантажу визначити величину початкового відношення  $A_0$ .

6. За вітром на висоті десантування визначити шляхову швидкість, кут зносу та бойовий курс.

7. Визначити довжину серії вантажів та парашутистів за формулою

$$l = W \times \Delta t_i \times (n-1), \quad (1.4)$$

де  $l$  – довжина серії;

$W$  – колійна швидкість на висоті десантування;

$\Delta t_i$  - часовий інтервал між вантажами (парашутистами) у серії;

$n$  – число вантажів (парашутистів) у серії.

8. Визначити шлях  $S_{\text{вих}}$ , пройдений літаком від моменту натискання на кнопку "ПОШЛ" (або від моменту подачі сигналу "ПОШЛ") до моменту виходу першого вантажу (парашутиста), за формулою

$$S_{\text{вих}} = W \times t_{\text{вих}}, \quad (1.5)$$

де:

$W$  - колійна швидкість на бойовому шляху;

$t_{\text{вих}}$  - час від моменту натискання кнопки до моменту виходу першого вантажу (парашутиста). Після виконання цих розрахунків на карті великого масштабу (фотопланшеті чи схемі майданчика десантування) графічно визначити точку початку викиду (ТНО) вантажів або парашутистів, як показано на схемі (рис. 1.3.). Поблизу ТНО вибрати характерний орієнтир (точку прицілювання). Якщо ТНВ знаходиться до орієнтира, виміряти за схемою відстань до нього від ТНВ та розрахувати кут прицілювання за формулою

$$\text{tg } \varphi = \frac{ГД}{H}$$

(1.6)

де ГД – горизонтальна дальність від точки прицілювання до ТНВ.

Якщо ТНВ знаходиться за орієнтиром, визначити тимчасову витримку

$$t_{н.в} = \frac{ГД}{W}$$

(1.7)

Приклад: Здійснити розрахунок точки початку викиду 30 парашутистів з висоти 1000м на майданчик розміром 2500×400м. Умови десантування:

- політ виконується вдень у простих метеорологічних умовах на швидкості 320 км/год за приладом;
- середній вітер у шарі до 1000м має напрямок метеорологічне  $\delta_m=300^\circ$  та швидкість  $V=10\text{м/с}$ , швидкість вітру біля землі  $V=5\text{м/с}$ ;

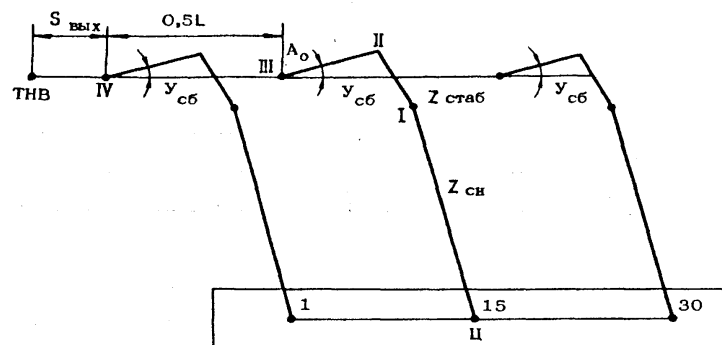


Рисунок 1.7. Схема визначення точки початку десантування за картою великого масштабу або за схемою майданчика десантування

- на висоті викиди  $\delta_m = 325^\circ$ ;  $V=15\text{м/с}$ ;
- Напрямок заходу БМПУ =  $80^\circ$ ;
- час виходу першого парашутиста після сигналу "Пішов"  $t_{вих} = 1,5\text{с}$ ;
- тимчасовий інтервал залишення літака парашутистами  $\Delta t_i=0,7\text{с}$ ;
- час стабілізації парашутиста 5 с, втрата висоти за час стабілізації (5 с) близько 150м;
- швидкість зниження парашутиста на основному парашуті 5м/с;
- штильовий віднос  $A_0 = 200\text{м}$ ;
- температура на висоті 1000м  $t_H = 5^\circ\text{C}$ ;

- магнітне відмінювання  $+10^\circ$ .

Порядок виконання розрахунку:

1. Визначити час зниження парашутистів на основних парашутах

$$t_{CH} = \frac{1000 - 150}{5} = 170 \text{ с} \quad (1.8)$$

2. Визначити величину зносу парашутистів при зниженні на основних парашутах  $Z_{CH} = 10 \times 170 = 1700 \text{ м}$

3. Визначити величину зносу парашутистів під час стабілізації  $Z_{\text{стаб}} = 15 \times 5 = 75 \text{ м}$

4. Розрахувати по навігаційній лінійці справжню повітряну швидкість:

$V_{\text{іст}} = 327 \text{ км/ч ІС}$

5. Залежно від параметрів вітру на висоті викиди та істинної швидкості  $327 \text{ км/год ІС}$  визначити БМК, УС та W на бойовому шляху: БМК =  $72^\circ$ ; УС =  $+8^\circ$ ; W =  $353 \text{ км/год}$ .

6. Визначити довжину серії  $l = 99 \times 0,7 \times 29 = 2010 \text{ м}$ .

## **1.6. Робота штурмана в районі десантування та на бойовому шляху**

При прицілюванні НКПБ 7. За 10 хв до виходу початку бойового шляху (НБШ):

- включити підсвічування прицілу та відрегулювати яскравість перехрестя;
- встановити приціл за рівнем;
- уточнити розрахункові дані для десантування та нанести точку прицілювання на карту чи схему;
- встановити на прицілі розрахункові дані – кут прицілювання та бойовий кут розвороту прицілу (БУРП).



Рисунок 1.8-Кабіна штурмана

За 5 хвилин до виходу на НБШ дати команду по СПУ "Бортовому техніку зайняти робоче місце у вантажній кабіні".

- встановити на лічильнику кількості вантажів, що скидаються задану кількість скиданих вантажів.

Вивести літак на НБШ, взяти розрахунковий бойовий курс, включити на щитку управління скиданням вимикач "СИГНАЛ ДЕСАНТУ".

На бойовому шляху:

- встановити на висотомірі тиск майданчика десантування та зайняти висоту десантування;

- на відстані 15км від ТНО дати команду по СПУ "Приготуватися", на щитку скидання натиснути кнопку "ПРИГОТУВАТИСЯ";

- на відстані 10км від ТНВ відкрити вантажний люк (перевірити відкриття по загорянню зеленої лампи "ВІДКРИТИЙ" та доповіді бортового техніка), увімкнути вимикач "ТАКТИЧНИЙ СКИД" і переконатися, що лампа "ПРИВІД ТРАНСПОРТЕРА ГОТІВ" горить (для транспортера "ГОТОВНІСТЬ ДО СКИДАННЯ", якщо лампа не горить, натиснути на 3 5с кнопку "ВИХІДНЕ ПОЛОЖЕН. ТРАНСПОРТ. І ПУС". Після відпускання кнопки сигнальна лампа повинна загорітися);

- упізнати точку прицілювання та доповісти по СПУ: "Мета бачу", уточнити бічне наведення;

- на відстані 3км від ТНВ по СПУ дати команду "Приготуватися" та включити вимикач "СБРОС" на переносному тангенті;
- встановити на НКПБ 7 кут візування, що дорівнює куту прицілювання;
- натиснути кнопку "ПОШЛ" (для транспортера П 157ГП - "ПОШЛ СКИД") в момент суміщення точки прицілювання з перехрестям і включити секундомір для відліку

При аварійному скиданні вантажів, що виконують десантування, встановити перемикач аварійного скидання в положення "УВІМКНЕНО". Після відкриття рампи загоряться червоні сигнальні лампи аварійного скидання на щитку штурмана та командира екіпажу, транспортер ввімкнеться на скидання.

Після закінчення скидання червоні сигнальні лампи згаснуть.

## **1.7. Транспортування поранених та хворих**

Загальні відомості

Санітарне обладнання літака є знімним та зберігається в одиночному комплекті літака.

Санітарне обладнання на літаку забезпечує:

- навантаження та вивантаження поранених та хворих при транспортуванні їх у тиліві шпиталі (минаючи проміжні етапи медичної евакуації) при одному супроводжуючому медпрацівнику;
- доставку медичного та обслуговуючого персоналу, медикаментів, перев'язувального матеріалу та інших термінових медичних вантажів;
- перебазування до місць нової дислокації особового складу, оснащення військових, армійських, фронтових та тилівих госпіталів.

Переобладнання літака на санітарний варіант

Переобладнання здійснюється екіпажем літака. При цьому можливі три варіанти переобладнання:

- I варіант – для нош;

- II варіант – для сидінь;
- III варіант – для нош та сидінь.

Для транспортування поранених та хворих у вантажній кабіні літака по секціях встановлюються санітарні стійки та стрічки.

При встановленні в робоче положення дотримуватись наступного порядку:

- відстебнути санітарні стрічки від стійок;
- встановити верхню опору стояків у відповідній кронштейн на стелі кабіни;
- ввести нижню опору стійки в гніздо швартувального вузла біля борту та повернути її;
- закріпити санітарні стрічки кульками скоб у кронштейнах на борту кабіни.

Перед завантаженням усі замки на стійках встановити у відкрите положення. Правильність переобладнання літака та його укомплектованість перевіряє супроводжуючий медпрацівник разом із бортовим техніком літака.

#### Завантаження та розміщення поранених у літаку

Вантажна кабіна літака має чотири секції, у кожній з яких може бути встановлені три яруси нош: нижній, середній і верхній.

Щоб уникнути травмування поранених, завантаження слід починати з секцій, найбільш віддалених від вантажного люка. У секціях насамперед встановлювати носилки верхнього ярусу, потім середнього та нижнього.

При завантаженні носильних поранених у літак розгортати носилки так, щоб підхід до літака та безпосереднє навантаження поранених здійснювалося головним кінцем нош вперед.

Вивантаження поранених із літака Перед розвантаженням поранених: - встановити рампу люка у робоче положення; - визначити готовність санітарного транспорту до прийому поранених та вказати йому місце та порядок під'їзду до літака. Вивантаження поранених (за відсутності протипоказань) починати з місць, розташованих безпосередньо біля розвантажувального люка, у порядку, зворотному завантаженні: спочатку знімаються ноші нижнього ярусу, потім середнього та верхнього.

## Догляд за пораненими у польоті

Обов'язки супроводжуючого медпрацівника:

- підтримувати зв'язок із командиром екіпажу;
- стежити за температурою повітря в кабіні літака та доповідати командирю екіпажу у разі її відхилення від заданої або про необхідність зміни заданого режиму вентиляції кабіни;
- стежити за зручністю розміщення та станом здоров'я поранених;
- надавати необхідну медичну допомогу;
- стежити за витратою кисню та забезпечувати кисневим харчуванням поранених на місцях;
- дотримуватися світломаскування та забезпечувати поранених необхідними предметами догляду. Після вивантаження поранених зробити прибирання вантажної кабіни літака, а при необхідності її дезінфекцію або дезактивацію.

### **1.8. Застосування літака із зовнішніми підвісками озброєння**

Загальні відомості

Літак Ан-26 з бомбардувальним озброєнням рисунок 1.8. може застосовуватися для прицільного бомбометання з горизонтального польоту за наземними цілями за їх візуальної видимості з висот польоту літака від 600 до 5000м при швидкостях польоту від 300 до 420км/год.

Підготовка бомбардувального озброєння до польоту

Підготовку бомбардувального озброєння до польоту проводить штурман спільно з фахівцями з авіаційного озброєння відповідно до НДАС, Інструкцією з технічної експлуатації літака Ан-26, а також Варіантами завантаження авіаційними бомбами літаків та вертольотів, фронтової авіації (випуск № 2745 71г.) з дотриманням усіх необхідних рекомендацій.

Таблица 1.2

Летные характеристики	Четыре держателя БДЗ-34	Четыре авиабомбы весом по 100 кгс	Четыре авиабомбы весом по 500 кгс
Максимально допустимый взлетный вес в стандартных условиях на уровне моря, кгс	23700	23500	23300
Практический потолок при работе трех двигателей на номинальном режиме при максимально допустимом весе, м	7100	7050	7000
Время набора высоты (при работе трех двигателей на номинальном режиме при максимально допустимом взлетном весе и $V_{пр}=310$ км/ч), мин:			
высота 6000м	22	23	25
высота практического потолка	35	37	38
Максимальная скорость горизонтального полета при работе двух двигателей АИ-24ВТ на номинальном режиме при среднем полетном весе, км/ч ИС:			
на высоте 5000м	445	435	425
на высоте 6000м	430	420	410
Увеличение километрового расхода топлива, %	2-4	4-9	5-11
Практический потолок (двигатель РУ19А-300 на номинальном режиме, один двигатель АИ-24ВТ не работает) при работе двигателя АИ-24ВТ:			
на максимальном режиме, м	2850	2500	2200
на взлетном режиме, м	3600	3300	3000



## 1.9. Особливості підготовки екіпажу до польоту на бомбометання

Підготовка екіпажу до польоту на бомбометання поділяється на попередню та передполітну.

У процесі попередньої підготовки екіпаж зобов'язаний:

- Вивчити завдання на політ;
- вивчити мету та орієнтири в районі мети;
- вибрати маршрут польоту та напрямок заходу на мету;
- підготувати польотну карту та карту району мети;
- Скласти штурманський план польоту.

В результаті вивчення завдання екіпаж повинен знати:

- за якою метою і в який час має бути проведено бомбометання і який результат має бути досягнуто;
- Якими засобами забезпечується вихід на мету;
- хто та якими засобами забезпечує придушення ППО противника.

У процесі передполітної підготовки екіпаж повинен: провести огляд та перевірку справності бомбардувального озброєння;

- визначити злітну вагу літака залежно від аеродромних умов та поставленого бойового завдання, а також злітне та посадкове центрування.
- перевірити правильність підвіски авіабомб та спорядження їх підриивниками;
- уточнити завдання на політ;
- Отримати метеозведення району бомбометання.



Рисунок 1.9- Підвіска бомби

#### Передполітний огляд бомбардувального озброєння

Командир екіпажу зобов'язаний:

- перевірити правильність підвіски, тип та калібр авіабомб відповідно до завдання на політ;
- дати команду штурману (фахівцям з авіаозброєння) зі зняттям запобіжних чек з підричників.

Після посадки в літак на робочому місці:

- перевірити контрєння вимикачів "Аварійний скидання" і "ВИБУХ";
- якщо на балкових утримувачах підвішені авіабомби калібру 250 або 500кгс, перевести тример РВ із положення по центрівці на кабрування (на 1 1,5 розподілу), що практично відповідає нейтральному положенню.

Штурман зобов'язан:

- перевірити надійність закріплення авіабомб на балкових утримувачах, правильність контрєння підриєвників та встановлення уповільєнення відповідно до завдання на політ;
- за командою командира екіпажу спільно зі спеціалістами з авіаційного озброєння зняти запобіжні чеки або перевернути запобіжні гвинти підриєвників.

Всі запобіжні чеки, ковпачки від механізмів МДВ і підриєвників штурман повинен зберігати до кінця польоту.

#### Виконання польоту на бомбометання

Командир екіпажу зобов'язаний:

- після зльоту виконати політ за маршрутом;
- у районі мети витримувати задані швидкість та висоту;
- по команді штурмана виконувати бічне наведення. Доворот на кут до  $\pm 3^\circ$  виконувати відхиленням педалей, а на кут понад  $\pm 3^\circ$  – координованим відхиленням РН та елеронів;
- на бойовому шляху курс витримувати за показаннями ГПК та пілотувати літак вручну або за допомогою автопілоту.

#### Заходи безпеки під час роботи з бомбардувальним озброєнням

1. При роботі з бомбардувальним озброєнням необхідно за допомогою блокувальних вимикачів відключити електричні ланцюги керування скиданням авіабомб.
2. При підвісці авіабомб та спорядженні їх підриєвниками всі вимикачі бомбової зброї на щитках льотчика та штурмана повинні бути вимкнені.
3. Перед підвіскою авіабомб ретельно перевірити лебідку, місця її кріплення, стан троса, роликів та інших підвісних пристроїв.
4. Підвіску авіабомб проводити на літаки з справним бомбардувальним озброєнням, перевіреним штурманом літака спільно з фахівцями з авіаційного озброєння.

5. Роботу з бомбардувальним озброєнням у повітрі дозволяється виконувати лише над полігоном або місцевістю, спеціально відведеною для цієї мети, з дотриманням заходів безпеки.

6. При неможливості скинути завислі авіабомби слід проводити посадку з дотриманням запобіжних заходів, щоб авіабомби не могли зірватися з балочних тримачів. Після посадки літака з авіабомбами, що не зійшли, льотчик повинен вирулити літаком на спеціально відведений майданчик. З'ясування технічних причин посадки літака з непохитними авіабомбами провадиться старшим інженером частини з авіаційного озброєння у присутності штурмана літака.

### **Висновок по розділу 1**

1. Розглянуто призначення і основні задачі, які вирішує літак військово-транспортної авіації.
2. Зроблено аналіз спеціальних можливостей ВТЛ: десантування грузив та особового складу, транспортування хворих та тяжко поранених за допомогою санітарного устаткування літака. Використання авіаційного озброєння за призначенням.

## РОЗДІЛ 2

### СУЧАСНІ МЕТОДИ ВІБРАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ ДЛЯ ДІАГНОСТИЦІ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

#### 2.1. КОНТРОЛЬ ЗА ВІБРОПЕРЕВАНТАЖЕННЯМ ДВИГУНІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЛІТАКІВ Ан-26.

На Ан-24,26,30 встановлена апаратура ИВ-41, на її показниках індикуються рівень вібрації двигунів. Обмеження: в польоті не більше 6.0, на землі не більше 4.5 од. відповідно. А так кожен двигун має свою вібрацію (це залежить від демпферів, від розношеності двигуна, навіть від самого планера. У польоті і на землі дані відрізняються, у наборі і на зниженні вібрація різна. стабільна кожному за двигуна(бортовим техніком ведуться графіки вібрації на  $H=0$ , менше  $=4800$  і більше  $=4800$ ).

Контроль перевантажень вібрації двигунів Аи-24ВТ на землі та в польоті.

Загальні відомості:

Бортова апаратура ИВ-41Б



Комплект аппаратуры ИВ-41АМ

Рисунок .2.1- Индикаторы ИВ - 41

призначена для контролю рівня перевантаження вібрацій двигунів на всіх експлуатаційних режимах їх роботи при рівноважній частоті обертання 103-105%.

Перевищення допустимого рівня перевантажень вібрації у польоті контролюється із загоряння табло "ОПАС. ВИБР. ЛЕВ. ДВИГ." ("ОПАС. ВИБР. ПРАВ. ДВИГ.") і відхилення стрілки показує приладу вище механічного показника, що встановлюється на величину 6,0. Допустимий рівень перевантажень вібрації на землі не більше 4,5.

Допустимі коливання стрілки показника приладу ИВ-41Б на землі і в польоті становлять  $\pm 0,75$  без перевищення максимального рівня вібрацій 4,5 землі і 6,0 в польоті.

Вмикання апаратури ИВ-41Б проводити після запуску двигуна та підключення до бортової мережі змінного струму напругою 115В частотою 400Гц, вимкнення - перед зупинкою двигуна,

Перевірка ИВ-41Б перед польотом

Перевірку ИВ-41Б перед польотом проводити після її прогріву (протягом 3 хв) натисканням кнопки "КОНТРОЛЬ" . Якщо після натискання кнопки "КОНТРОЛЬ" стрілка показника приладу відхиляється в зоні дуги (6,0-7,5) і загоряється сигнальне табло "ОПАС. ВИБР. ЛЕВ. ДВИГ." ("ОПАС. ВИБР. ПРАВ. ДВИГ."), апаратура справна.

Експлуатація апаратури вібрації у польоті:

У всіх випадках, коли загоряється табло "ОПАС.ВИБР.ЛЕВ. (ПРАВ.) ДВИГ." і стрілка індикатора досягає величини 6,0 або відхилиться до зони дуги (6.0-7.5), вимкнути двигун. Командиру екіпажу ухвалити рішення про посадку літака на найближчому аеродромі або на аеродромі призначення.

Якщо стрілка індикатора досягла величини 6,0 або встановилася у зоні дуги (6.0-7.5), а табло "ОПАС. ВИБР. ЛЕВ. (ПРАВ.) ДВИГ." не горить або горить табло, а стрілка не досягла величини 6,0 - перевірити справність апаратури натисканням кнопки "КОНТРОЛЬ". Якщо апаратура справна – вимкнути двигун, а якщо несправна – двигун не вимикати до кінця польоту.

Контроль за поточною зміною перевантажень вібрації Для підвищення ефективності контролю перевантажень вібрацій з метою виявлення несправностей двигуна на ранній стадії їх розвитку проводити реєстрацію перевантажень вібрацій у карті контролю при роботі двигуна на землі та в польоті:

- перед вильотом літака та при технічному обслуговуванні двигуна на землі; - через 5-10 хв після виходу на ешелон;
- за 5-10 хв на початок зниження з ешелону до виконання посадки. Зміна поточних значень перевантаження вібрації при роботі двигуна на землі і протягом одного польоту не повинна перевищувати 1,0.

Протягом трьох останніх польотів одностороння зміна (збільшення або зменшення) поточних значень перевантаження вібрації двигуна не повинна перевищувати 2,0. Одностороння зміна рівня перевантажень вібрації визначаються як різниця останнього заміряного значення та мінімального (максимального) значення, заміряного у двох попередніх польотах.

Протягом відпрацювання ресурсу до чергового ремонту двигуна одностороння зміна величини перевантаження вібрації на землі та у польоті не повинна перевищувати 2,5 щодо середніх значень перевантажень вібрації, заміряних на землі або у польоті на початку експлуатації двигуна. Середнє значення визначається за першими п'ятьма польотами на початку експлуатації двигуна.

## **2.2. Реєстрація перевантажень вібрації двигуна.**

Реєстрацію поточних значень перевантажень вібрації двигуна необхідно проводити регулярно:

- при роботі двигуна на землі перед кожним вильотом літака та при випробуванні двигуна в процесі технічного обслуговування;
- у кожному польоті на ешелонах до висоти 4800 м включно;

– у кожному польоті на ешелонах понад 4800 м-коду.

Для аналізу зміни поточних значень перевантажень вібрацій двигуна рекомендується вести графічний облік реєстрованих величин перевантажень вібрацій у трьох картах контролю (рис. 2.2, 2.3, 2.4):

1. "Карта контролю перевантажень вібрацій двигуна землі".
2. "Карта контролю перевантажень вібрацій двигуна в польоті на висотах до 4800 м".
3. "Карта контролю перевантажень вібрацій двигуна в польоті на висотах понад 4800 м".

Карти контролю складаються експлуатаційним підприємством і є графіки, по вертикальній осі яких вказується величина перевантажень вібрацій від 0 до 6,0 g, а по горизонтальній осі - напрацювання планера.

Початкова точка поточних значень перевантажень вібрацій у кожній карті контролю визначається як середньоарифметична величина за результатами роботи двигуна на землі та в повітрі при виконанні перших п'яти польотів у діапазонах висот до 4800 м та понад 4800 м; проводяться лінії гранично допустимої зміни поточних значень перевантажень вібрацій ресурс двигуна. Якщо при цьому гранично допустимі зміни поточних значень перевантажень вібрацій перевищують максимально допустимі величини перевантажень вібрацій (4,5 g – на землі; 6 g – у польоті), на карту контролю наноситься лінія, що відповідає максимально допустимій величині перевантажень вібрацій



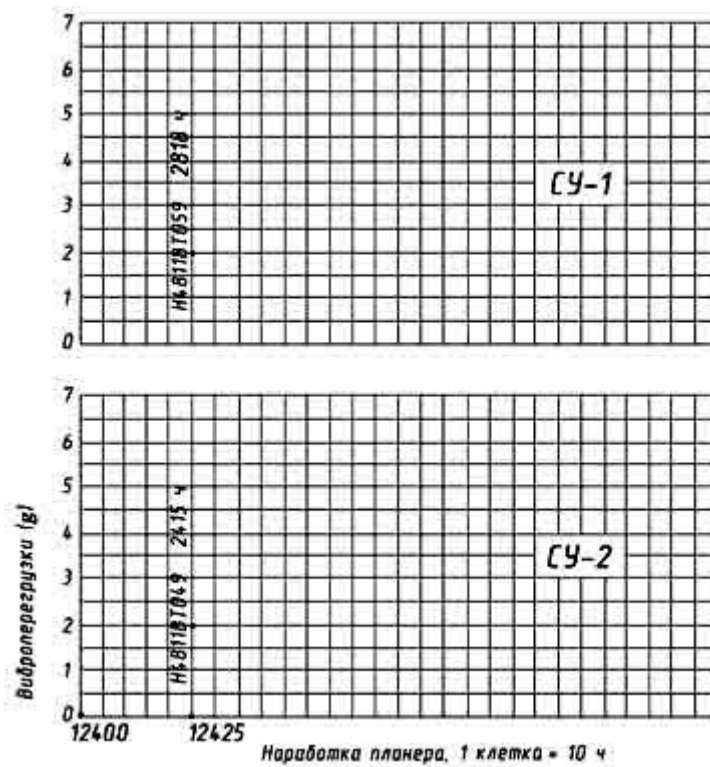


Рисунок 2.2- Зразок заповнення картки контролю перевантажень вібрацій двигуна на землі

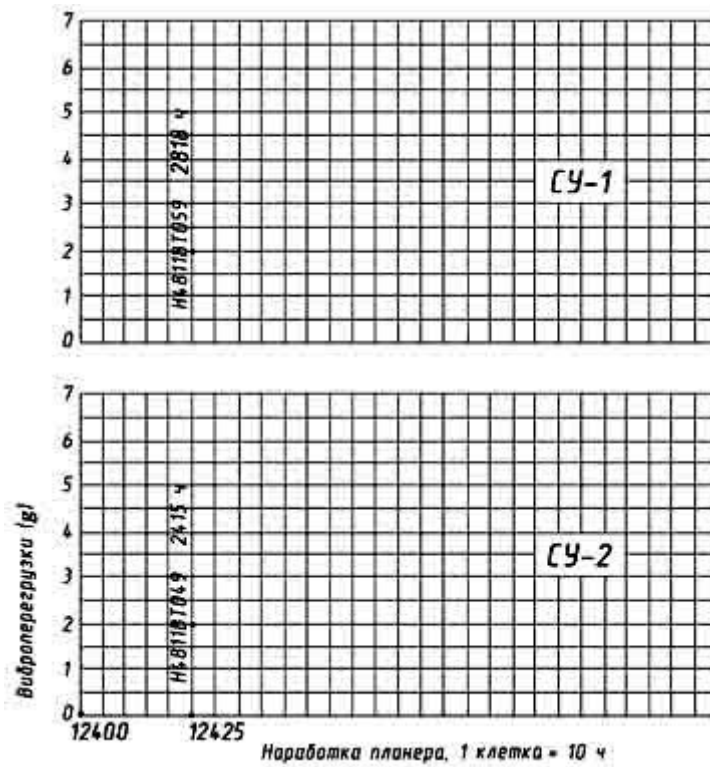


Рисунок 2.3-Зразок заповнення картки контролю перевантажень вібрацій двигуна у польоті на висоті до 4800 м

При виконанні робіт, пов'язаних з регулюванням або заміною апаратури контролю вібрацій, а також з виконанням регулювань або заміни елементів кріплення двигуна (підкосів, амортизаторів, регулювальних елементів) на картах контролю вказати стрілкою

навпаки відповідного напрацювання двигуна момент виконання цих робіт.

При напрямку двигуна дослідження карти контролю перевантажень вібрацій прикладаються до формуляру двигуна.

На землі реєстрація перевантажень вібрацій проводиться один раз перед кожним вильотом літака, а також при випробуванні двигуна в процесі технічного обслуговування.

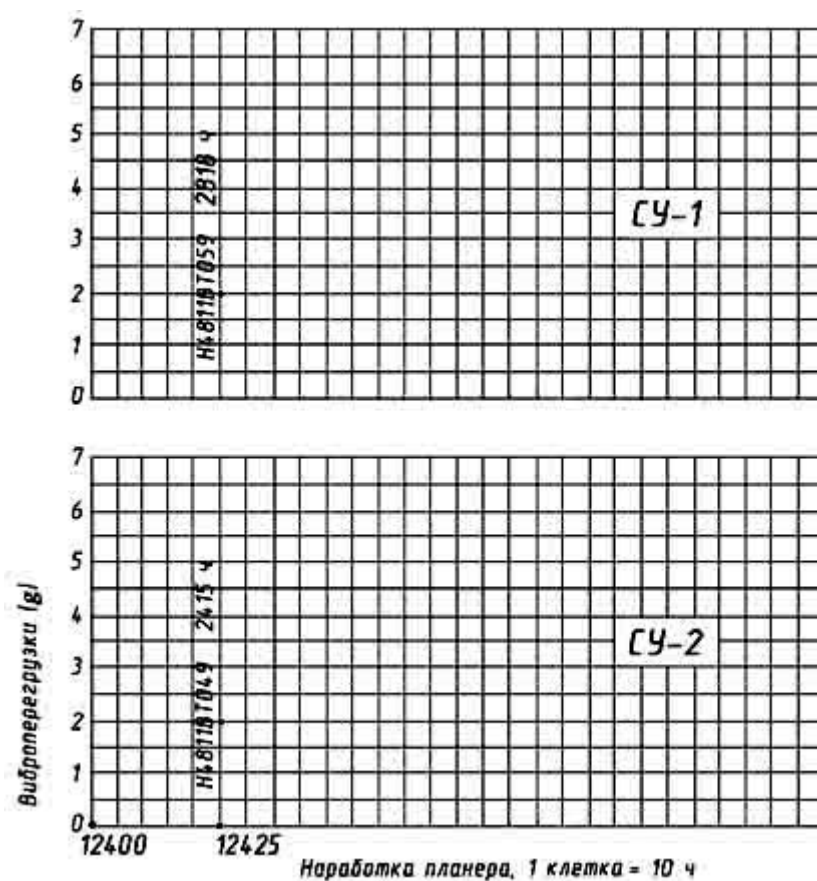


Рисунок 2.4-. Зразок заповнення картки контролю перевантажень вібрації двигуна в польоті на висотах понад 4800 м

У польоті реєстрація перевантажень вібрації проводиться двічі за політ при роботі двигуна на крейсерському режимі: через 5...10 хв після виходу на ешелон і безпосередньо перед зниженням з ешелону, а також у разі зміни

перевантажень вібрації двигуна в процесі польоту на величину 1 g і більше по порівняно із виміром, виконаним через 5...10 хв після виходу літака на ешелон. При цьому облік зміни поточних значень перевантажень вібрації (зарєєстрованих у польоті) повинен вестись окремо для двох діапазонів висот: для висот до 4800 м включно та для висот понад 4800 м.

### **2.3. Роботи, що виконуються при перевищенні норм перевантажень вібрації .**

1. Перевірити справність бортової апаратури контролю вібрацій двигуна згідно з експлуатаційно-технічною документацією з обслуговування цієї апаратури.

2. Якщо при виконанні робіт за п. 1 цього розділу виявиться несправність апаратури контролю вібрацій, необхідно усунути виявлену несправність, після чого запустити двигун і перевірити величину перевантажень вібрацій на наступних режимах:

– на мінімальному режимі роботи двигуна, у якому забезпечується рівноважна частота обертання;

- на режимі  $51 \pm 2^\circ$  по УПРТ; - на режимі  $63 \pm 2^\circ$  по УПРТ.

#### **Увага.**

1. Якщо при випробуванні двигуна перевантаження вібрації перевищує норму, двигун негайно вимкнути.

2. При задовільних результатах перевірки перевантажень вібрацій необхідно оглянути масляний фільтр лобового картера, лопатки ВНА, робочі лопатки першого ступеня компресора та третього ступеня турбіни.

За позитивних результатів огляду двигун допускається до подальшої експлуатації.

1. Якщо при виконанні робіт за п. 1 цього розділу буде встановлено, що бортова апаратура контролю вібрацій справна або перевантаження вібрації

двигуна після усунення несправності бортової апаратури перевищують норму, двигун до подальшої експлуатації не допускається.

## **2.4. МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПРИЧИН СИГНАЛІЗАЦІЇ "ОПАСНАЯ ВИБРАЦИЯ"**

### **2.4.1. Порядок проведення робіт.**

1.1) Після посадки літака для з'ясування причин спрацювання сигналізації "Небезпечна вібрація" необхідно:

1.2) Здійснити аналіз розшифрування записів МСРП-12-96, а також зафіксованих екіпажем параметрів роботи двигуна та умов польоту в момент прояву несправності.

1.3) Провести аналіз правильності ведення технічної документації двигуна та апаратури за контролем вібрації, виконаних робіт при усуненні дефектів, виявлених у процесі експлуатації двигуна та апаратури за контролем вібрації.

1.4) Перевірити легкість обертання двигуна.

1.5) Оглянути лопатки ВНА, робочі лопатки I ступені компресора.

Оглянути лопатки III ступеня турбіни. Перевірити рівномірність зазору між торцями робочих лопаток та робочими кільцями III ступеня турбіни за допомогою щупа у чотирьох діаметрально протилежних точках (по вертикалі та горизонталі).

1.7) Оглянути маслофільтр лобового картера, магнітну пробку, (термічно стружкові-сигналізатори).

1.8) Оглянути датчик вібрації МВ-25Г та вузли його кріплення перевіркою затягування гвинтів кріплення датчика до кронштейна та гайок кріплення кронштейна до двигуна.

1.9) Оглянути раму підвіски двигуна, демпфери, вузли кріплення та з'єднання. Правий задній демпфер на цапфу двигуна повинен встановлюватись вільно від руки.

1.10) Перевірити справність блоку фільтрів та показуючого приладу перевантажень вібрації натисканням кнопки вбудованого контролю на зупиненому двигуні.

1.11) Перевірити працездатність вібраційної апаратури та точність її тарування за допомогою установки УПВ-41 відповідно до інструкції з її експлуатації.

2. Якщо за результатами виконаних робіт за п. 1 причина спрацьовування сигналізації "Небезпечна вібрація" не встановлена, необхідно:

2.1) Запустити сусідній з досліджуваним двигун цього літака і на режимах руд  $= 22 \pm 2^\circ$ , руд  $= 52 \pm 2^\circ$ , руд  $= 65 \pm 2^\circ$  за УПРТ зафіксувати рівень перевантажень вібрації .

2.2) Перевірити працездатність вібродатчика МВ-25Г досліджуваного двигуна, для чого:

- Встановити цей вібродатчик на сусідній з досліджуваним двигун цього літака;

– провести тарування блоку фільтрів сусіднього двигуна з цим вібродатчиком та повторити замір рівня перевантажень вібрації під час роботи двигуна па режимах, зазначених у п. 2.1.

2.3) Якщо різницю між рівнями перевантажень вібрації , вимірними за п. 2.1 і 2.2, більше 1,2 g, вібродатчик досліджуваного двигуна направити на дослідження постачальнику вібродатчика.

Встановити на досліджуваний двигун вібродатчик МВ-25Г, знятий із сусіднього двигуна цього літака, здійснити тарування блоку фільтрів досліджуваного двигуна з цим вібродатчиком, запустити досліджуваний двигун і на режимах, зазначених у п. 2.1, виміряти рівень перевантажень вібрації. Якщо рівень перевантажень вібрації не перевищує 4,5 g, двигун допустити до подальшої експлуатації.

2.4) Якщо різниця між рівнями перевантажень вібрації , вимірними по п.п. 2.1 та 2.2, менше 1,2 g або рівень перевантажень вібрації , вимірний за п. 2.3, перевищує 4,5 g, перевірити працездатність комплекту апаратури (блок фільтрів, що показує прилад, вібродатчик МВ-25Г) досліджуваного двигуна,

для чого підключити цей комплект апарату до сусіднього з досліджуваним двигуном цього літака та на режимах роботи двигуна, зазначених у п. 2.1 зробити замір рівня перевантажень вібрації .

2.5) Якщо різниця між рівнями перевантажень вібрації , вимірними по п.п. 2.1 та 2.4 більше 1,2 g, комплект апаратури вібрації зняти та направити на дослідження постачальнику апаратури. Підключити до досліджуваного двигуна комплект апаратури вібрацій сусіднього двигуна, запустити досліджуваний двигун і на режимах, зазначених у п. 2.1, виміряти рівень перевантажень вібрації .

Якщо рівень перевантажень вібрації не перевищує 4,5 g, двигун допустити до подальшої експлуатації.

2.6) Якщо різниця між рівнями перевантажень вібрації , вимірними по п.п. 2.1 та 2.4, менше 1,2 g або рівень перевантажень вібрації , заміряний за п. 2.5 перевищує 4,5 g, двигун від експлуатації усунути та направити на дослідження та ремонт. Комплект апаратури вібрації припустити до подальшої експлуатації.

3) Якщо на підставі виконаних робіт за п. 1 та 2 двигун допускається до подальшої експлуатації, необхідно:

3.1) Скласти технічний акт і відзначити у формулярі двигуна виконання робіт.

3.2) Якщо в процесі виконання робіт були виявлені несправності двигуна або апаратури вібрації , необхідно їх усунути і, при роботі двигуна на режимах, зазначених у п. 2.1, виміряти рівень перевантажень вібрації , який не повинен перевищувати 4,5 g.

3.3) Протягом трьох наступних польотів екіпажу фіксувати рівень перевантажень вібрації двигуна на тому етапі польоту, на якому було зафіксовано спрацювання сигналізації "ОПАСНАЯ ВИБРАЦИЯ".

3.4) Якщо в одному з трьох польотів спрацювання сигналізації " ОПАСНАЯ ВИБРАЦИЯ " повториться, двигун від експлуатації усунути і направити на дослідження та ремонт.

## **2.5. Головна мета технічної діагностики.**

Головною метою технічної діагностики є попередження, пошук і локалізація аварійних станів обладнання

Вибір вібраційних явищ як джерела інформації про технічний стан силового обладнання зумовлений такими причинами:

–вібрація відбиває найбільші статні фізичні процеси, що відбуваються всередині обладнання, такі, як деформація і напруга в деталях;

– вібрація обладнання свідчить про процеси взаємодії деталей, при чому вібраційні параметри характеризують як обладнання в цілому, такі властивості його окремих вузлів;

– вібрація має широкий спектр частот, характеризується значною швидкістю поширення та великою ємністю як носія інформації;

– параметри вібрації можуть реєструватися в природних умовах роботи обладнання.

### **Висновок по розділу 2**

3. Розглянуто комплекс елементів штатної системи вібраційного контролю турбогвинтового двигуна транспортного літака.
4. Зроблено аналіз надійності і технічних можливостей штатної системи вібраційного контролю турбогвинтового двигуна транспортного літака, котрий показав на необхідність модернізації цієї системи з урахуванням сучасних методів

## РОЗДІЛ 3

### МОДЕРНІЗАЦІЯ АПАРАТУРИ КОНТРОЛЮ ВІБРАЦІЇ ТУРБОГВИНТОВОГО ДВИГУНА АІ- 24ВТ

#### 3.1 Мета модернізації апаратури контролю вібрації ІВ-41.

Метою модернізації апаратури контролю вібрації є заміна старої апаратури яка вже за часом поступається сучасним вимогам вібраційного контролю на більш сучасні. Сучасні системи вібраційного контролю є більш надійнішими, чутливими, мають більш широкий спектр виявлення несправностей, мають збільшений ресурс використання на авіаційній техніці. Вібрація виникає, в основному, від наявності неврівноважених відцентрових сил, викликаних дисбалансом частин двигуна, що обертаються руйнування, підвищеного зношування частин конструкції двигуна ведуть до зростання вібрації, тому, контролюючи в процесі експлуатації амплітуди вібрації, можна судити про його технічний стан.

Завдання апаратури експлуатаційного вібраційного контролю зводиться, в основному, до вимірювання амплітуди низькочастотної вібрації досить малого рівня (менше 10 g) з її виділенням з широкосмугового процесу вібрацій високого рівня (до 400 g).

Інформативність системи контролю визначається місцем встановлення датчиків вібрації. Вибір типу датчиків та їх характеристики визначають достовірність та точність вимірювання параметрів вібрації у необхідному діапазоні частот. Першими в системах контролю вібрації знайшли застосування електромеханічні датчики, що є класичними віброметрами з низькою (близько 10 Гц) власною частотою. До них відносяться індукційні датчики вібрації типів МВ-25 МВ-26 МВ-27 МВ-28 МВ-30 МВ-31.

Недоліками датчиків вібрації типів МВ-25 МВ-26 МВ-27 МВ-28 МВ-30 МВ-31. є обмеження величини 1 кГц частотного діапазону. Проблема низької надійності та обмеженого ресурсу .

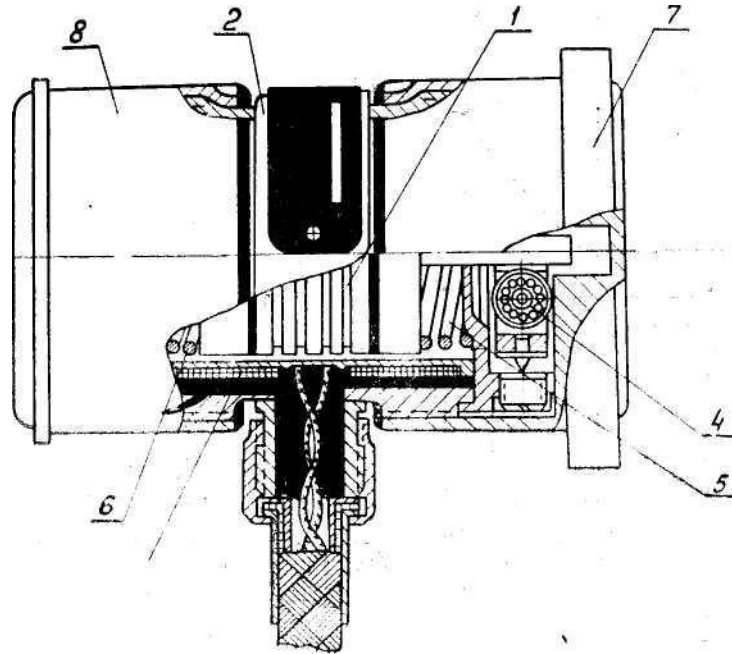


### 3.2. Методи модернізації

Для вирішення питання проблем модернізації обмежень є необхідним створення п'єзоелектричних датчиків вібрації (п'єзоакселерометрів), що мають підтвержену напрацювання на відмову понад 200000 год. при тривалій роботі в жорстких умовах (температура 250...400 °С, вібраційні навантаження до 400 g). Це дозволить створити досить різноманітні датчики з коефіцієнтами перетворення від 1 до 5 пКл·с<sup>2</sup>/м та частотами настановного резонансу від 16 до 35 кГц за дуже високої добротності (порядку 80). Труднощі адаптації цих датчиків до двигунів є адже частота резонансу датчика повинна лежати поза області кратних частот обертання двигуна. Отже, перед встановленням таких датчиків потрібно проведення вібрографувань місць їх встановлення, інакше не уникнути порушення п'єзоакселерометрів на частоті їх настановних резонансів. Це може вести не тільки до порушення лінійності перетворення каналу контролю та видачі хибної інформації про рівень контрольованої низькочастотної вібрації, але й до суттєвої тимчасової зміни власних параметрів. Зокрема, може відбуватися зменшення частот настановного резонансу через перебудову доменної структури поляризованої кераміки під впливом великих знакозмінних навантажень і зменшення її механічної жорсткості. Час релаксації структури п'єзокераміки до початкового стабільного стану визначається рівнем та тривалістю дестабілізуючого впливу. У жорстких матеріалів цей ефект виражений слабкіше. Для успішного вирішення задач контролю вібрацій різних типів ТГД необхідний ретельний підхід до вибору конкретного датчика з необхідними параметрами з ряду розроблених компресійних п'єзоакселерометрів МВ-04, МВ-26, МВ-38. Такий підбір повинен вестися за частотою настановного резонансу, коефіцієнтом перетворення та амплітудним діапазоном роботи. При цьому перевага повинна надаватися датчикам з п'єзоелементами із жорсткій кераміки (наприклад, МВ-26Г та МВ-26В).

## Опис конструкції. Датчики вібрації

Датчик вібрації МВ-26В (рис. 4.1) складається з інерційної маси (постійного магніту) 1, поміщеної всередині корпусу 2, в якому розташована котушка 3



Електрична схема датчика

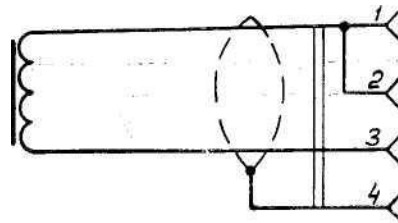


Рисунок. 3.1. Конструкція датчика МВ-26В. 1 – постійний магніт; 2 – корпус датчика; 3 – катушка; 4 – підшипник кочення; 5 і 6 – пружини; 7 – фланець; 8 – кришка

Постійний магніт пов'язаний з корпусом датчика спеціальним пристроєм підшипників кочення 4, виконаних конструктивно таким чином, що вони забезпечують переміщення рухомої частини системи з малим тертям і дозволяють проводити її центрування,

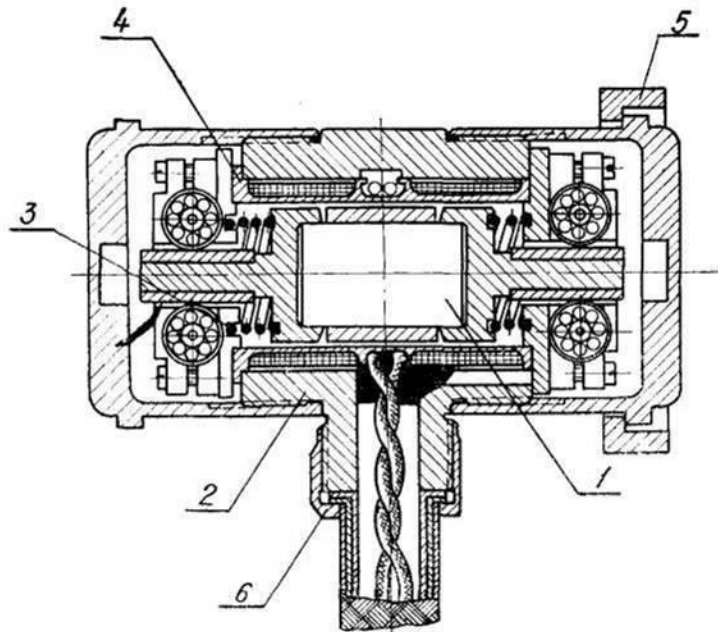
Середнє положення магніту в напрямку осі датчика забезпечується двома циліндричними пружинами 5 та 6.

Механізм датчика закривається двома кришками 8.

Датчик кріпиться до об'єкта спеціальним фланцем 7.

У датчику застосовано повітряне демпфування.

Датчик вібрації МВ-27 (рис. 4.2) складається з інерційної маси (постійного магніту) 1, поміщеної всередині корпусу 2, в якому розташована котушка 4



*Электрическая схема датчика*

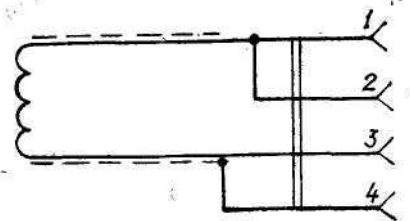


Рисунок. 3.2. Конструкція датчика МВ-26. 1 – постійний магніт; 2 – корпус датчика; 3 – пружини; 4 – котушка; 5 – фланець; 6 – гайка

Постійний магніт пов'язаний з корпусом датчика спеціальним пристроєм підшипників кочення, виконаних конструктивно таким чином, що вони забезпечують переміщення рухомої частини системи з малим тертям і дозволяють проводити її центрування.

Середнє положення магніту в напрямку осі датчика забезпечується двома пружинами циліндричними 3.

Механізм датчика закривається двома кришками.

Датчик кріпиться до об'єкта спеціальним фланцем 5.

У датчику застосовано повітряне демпфування.



Рисунок 3.3. Датчик MB-26

Датчик MB-26 Рисунок 3.3., не відрізняються типом штепсельного роз'єму. не потребує змін конструкції двигуна літака, що, в свою чергу, не потребує великих матеріальних витрат

Спрощення задач адаптації датчиків вібрації до конкретного ТГД вимагає розширення базового ряду шляхом впровадження п'єзоакселерометрів зсувного типу, п'єзоелементи яких поляризовані вздовж пластин у напрямку, перпендикулярному нормалі до електродів.

Перевагами зсувних п'єзоелементів є менша механічна добротність і більш високе значення п'єзомодуля.

Досвідчені п'єзоакселерометри типу MB-26 коефіцієнтного перетворення  $5 \text{ пКл} \cdot \text{с}^2/\text{м}$ , частотою настановного резонансу  $20 \text{ кГц}$ , відносним коефіцієнтом поперечного перетворення  $<5\%$ , розрахованих на робочу температуру  $250 \text{ }^\circ\text{C}$  і забезпечують дуже високе відношення будь-яких робочих умов.

### 3.3. Результат модернізації

В результаті модернізації обґрунтована можливість заміни датчиків МВ-25Г, МВ-25В., рисунок 3.4



Рисунок 3.4. Датчик МВ-25В

апаратури контролю вібрації ИВ 41М., на датчики МВ- 26Г, МВ-26Г., військово-транспортного літака типу Ан-26 з метою покращення його льотно-технічних характеристик. Заміна датчиків МВ-25Г, МВ-25В на датчики МВ-26Г, МВ-26Г., не потребує змін конструкції двигуна літака, що, в свою чергу, не потребує великих матеріальних витрат та годин роботи.

Військово транспортні літаки – найбільш наукомісткий, технологічний і коштовний вид озброєння будь-якої армії світу. Вартість сучасного літака вимірюється сотнями мільйонів доларів, а робота над його створенням – мільярдами. І навіть, маючи достатній фінансовий ресурс, існує цілий комплекс складових, який країна must have, аби створити бойовий літак: необхідний науковий потенціал, технологічні можливості та виробничі потужності. Саме тому у світі існує лише з десяток виробників бойових літаків.

Але навіть найбагатші держави світу не поспішають переозброювати свої ВПС новими літаками винищувальної, ударної чи штурмової авіації –

занадто дорого. Звісно, робота над створенням нових поколінь літаків не припиняється. Вони надходять у війська, але в обмеженій кількості. Основну ж ставку роблять на модернізацію наявних, постійно покращуючи їхні характеристики.

Наприклад, основні бойові винищувачі ВПС США F-15 Eagle та F-16 Fighting Falcon, прийняті на озброєння у 1976 та 1978 роках відповідно. Завдяки низці вдалих модернізацій розробникам вдалося підняти покоління літаків до 4++. А вдалі й надійні конструкції планерів забезпечили майже півстолітню експлуатацію...

Ставку на модернізацію наявного парку авіатехніки зробила і Україна. Суттєво наростивши авіапарк з початком війни, постала необхідність підвищити їх бойові характеристики. Розпочалася робота одразу в кількох напрямках: розробка нових засобів ураження, забезпечення захисту літаків від сучасних засобів ураження ворога та модернізація авіоніки.

Авіоніка це – сукупна назва всіх електронних систем, що забезпечують процес польоту літака та виконання бойових завдань. Сюди входять системи зв'язку, навігації, індикації, управління польотом, попередження зіткнень, метеоспостереження, керування літаком, виявлення цілей, управління озброєнням, електронно-оптична система, а також радары і сонари. По суті, це мозок літака разом із п'ятьма органами чуття.

Першим викликом для вітчизняних підприємств у 2014 році стало налагодження процесу модернізації літаків під час ремонтно-відновлювальних робіт на вітчизняних авіаремонтних заводах. До цієї роботи залучили цілу групу підприємств оборонно-промислового комплексу України.

Завдяки плідній співпраці й конструктивному діалогу між апаратом головного інженера Повітряних Сил та конструкторськими бюро оборонних підприємств вдалося досягти успіхів у певних напрямках роботи щодо покращення

характеристик літаків Повітряних Сил. В апараті головного інженера авіації Командування Повітряних Сил зазначають: курс модернізації літаків – на повне оновлення авіоніки.

### **Висновки до розділу 3**

1. Обґрунтовано мету модернізації системи віброконтролю турбогвинтового двигуна AI-24BT, яка дозволяє розширити можливості діагностики його технічного стану.
2. Представлено конструкція сучасних датчиків вібрації, які встановлюють на ТВД AI-24BT без зміни його конструкції.
3. Наведено характеристики модернізованої системи віброконтролю, яка за рахунок сучасних методів вібродіагностики дозволяє не тільки запобігти серйозних руйнувань двигунів, але й перейти від експлуатації двигуна за ресурсом до його за фактичним станом.

## РОЗДІЛ 4.

### ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

#### 4.1 Вплив авіаційного транспорту на навколишнє середовище

Одним з найактивніших джерел забруднення атмосфери є транспорт. Хоча сьогодні авіація істотно (приблизно в 15 разів) поступається автомобільному транспорту за кількістю забруднюючих речовин, що викидаються в повітря, вона щодня впливає на екологію верхньої тропосфери і нижньої стратосфери. На відміну від інших видів транспорту авіація покриває величезні відстані, впливаючи на якість повітря в локальному, регіональному і глобальному відношенні. При цьому вплив авіації на атмосферу можна розділити на акустичний та хімічний(емісійний). З 1983 року працює CAEP (Committee on Aviation Environmental Protection) - технічний комітет Ради ІКАО щодо захисту навколишнього середовища від впливу авіації. Комітет допомагає Раді формулювати політику і приймати нові регламентуючі документи ІКАО - «Стандарти та Рекомендована Практика» (SARPs), пов'язані з авіаційним шумом, емісіями авіаційних двигунів і більш загальним впливом авіації на навколишнє середовище. В основному ці документи оформлені у вигляді Додатку 16 «Охорона навколишнього середовища» до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію.

##### 4.1.1 Акустичне забруднення атмосфери

Авіаційний шум - найважливіший фактор негативного ставлення до авіації населення на прилеглих територіях з аеропортом. Під його вплив потрапляє порівняно велике число людей, що проживають в околицях, а також працівники аеропорту і пасажери. Авіаційний шум негативно впливає на здоров'я людей (найчастіше це погіршення слуху, стресові стани, проблеми, пов'язані з концентрацією уваги). Політика ІКАО з проблеми авіаційного шуму передбачає розвиток заходів щодо пом'якшення акустичного забруднення: впровадження технологій скорочення шуму, наземне планування (наприклад, заборони на польоти в нічний час), жорсткість



стандартів по шуму для існуючого парку літаків і розробку стандартів для нових моделей повітряних суден (ПС). В даний час розробляються принципово нові конструкції ПС і концепції двигунів, виробники прагнуть до того, щоб їх продукція відповідала найвищим вимогам екологічних стандартів. Стандарти і рекомендована практика по авіаційному шуму викладені в першому томі Додатки 16. Тут сформульовані допустимі рівні шуму і методика їх вимірювання для ПС різних категорій (враховується рік випуску, кількість двигунів і їх тип, значення максимальної сертифікованої злітної маси ПС). Для розвитку технологій зниження шуму Група незалежних експертів, створена CAEP, сформулювала середньострокові (до 2020 року) і довгострокові (до 2030 року) технологічні цілі. Вони являють собою стандарти, які в 2030 році будуть обов'язковими для чотирьох категорій повітряних суден. Цілі показані у вигляді значень зниження рівнів шуму щодо граничних параметрів номінальної і максимальної злітної маси. Рівень шуму вимірюється в одиницях EPNдб - ефективно сприймається рівень шумів в децибелах. З огляду на, що в 2014 році ці рівні, в залежності від типу ПС, становили 89–106 EPNдб, стає очевидним, наскільки радикально ІКАО збирається боротися з акустичним забрудненням атмосфери.

4.1.2 Якість повітря в аеропортах Інтерес до забруднення повітря в аеропортах почав зростати з початку 1970-х років, коли різко активізувалися комерційні перевезення з використанням турбогвинтових літаків. Хімічне забруднення повітря в аеропортах представлено такими авіаційними емісіями як оксиди вуглецю (CO, CO<sub>2</sub>), азоту (NO<sub>x</sub>), сірки (SO<sub>x</sub>), вуглеводнями (CH) і зваженими частинками, що утворюються в результаті роботи двигунів і спалювання авіаційного палива. Джерела емісій, пов'язані з авіацією, здатні поширюватися і приводити до погіршення якості повітря в прилеглих населених пунктах. Ці емісії представляють потенційний ризик громадському здоров'ю та навколишньому середовищу, оскільки можуть викликати збільшення концентрації приземного озону, приводити до випадання

кислотних дощів. Національні та міжнародні програми моніторингу якості повітря постійно вимагають від уповноважених авіаційних і урядових організацій проводити контроль якості повітря поблизу аеропортів. Особлива увага також приділяється впливу авіації на навколишнє середовище, пов'язаного з якістю води, прибиранням відходів, споживанням енергії, і впливу на локальну екологію поблизу аеропортів (особливо актуально запобігання витокам палива). За останні кілька десятиліть були досягнуті значні успіхи в питанні скорочення емісій в зв'язку з підвищенням екологічності авіаційних палив (часткова заміна гасу на скраплений природний газ або біопаливо) і технічними удосконаленнями авіаційних двигунів (збільшенням їх тягової ефективності, який передбачає зменшення споживання палива). Однак цей прогрес може нівелюватися в майбутньому зростанням активності повітряних перевезень. Для оцінки якості повітря в аеропорту ще в 2007 році був розроблений «Командний матеріал по зборах за авіаційну емісію, пов'язану з місцевим якістю повітря», який мав на увазі введення мит, що стягуються державою, конкретно призначених та застосовуваних для запобігання або зменшення впливу на навколишнє середовище на місцеве якість повітря, що чиниться при експлуатації цивільних повітряних суден. Методологія оцінки емісій авіаційних двигунів була викладена в розробленому згодом Документі 9889 «Керівництво за якістю повітря в аеропортах». У ньому були сформульовані методи оцінки емісій авіаційних двигунів в аеропорту, засновані на врахуванні трьох параметрів. Перший параметр – час в хвилинах, яке ВС дійсно витрачає на встановлення одного з режимів злітно-посадкового циклу (ВПЦ): при роботі двигуна на режимі малого газу, при заході на посадку, при наборі висоти і зльоті. Другий параметр – індекс емісії EI (маса речовини, що виділяється при згорянні одиниці маси палива) і третій – витрата палива. обумовлено, що з метою сертифікації двигунів повітряних суден здійснюється нормування наступних видів емісії: диму, незгорілих вуглеводнів (НС), окису вуглецю (CO), оксидів азоту (NO<sub>x</sub>). Створений ІКАО банк даних про емісії двигунів

(EEDB – ICAO Engine Emission Bank) містить інформацію про значеннях EI для сертифікованих двигунів (в грамах забруднювача на кілограм палива для NO<sub>x</sub>, CO та HC), а також про витрату особливих видів палива (в кілограмах в секунду ) для різних режимів роботи різних типів двигунів. Крім того, тут вказується число димності – безрозмірний параметр, який обчислюється за 10-бальною шкалою і характеризує емісію диму як «непрозорість» вихлопної струменя.

4.1.3 Емісія авіаційних двигунів[50] Спалювання основної частини авіаційного палива відбувається не в приземному шарі поблизу аеропортів, а в більш високих шарах атмосфери. Фахівці вважають, що щорічно зростаюча емісія вуглекислого газу, води і метану двигунами комерційних літаків змінює хімічний і радіаційний баланс атмосфери, що поряд з емісією сажових сульфатних аерозолів може впливати на клімат. Особливе значення мають такі компоненти, як двоокис вуглецю і оксиди азоту. Оксиди азоту беруть участь в хімії озону (його збільшення може призводити до нагрівання верхньої тропосфери) та збільшення кількості гідроксильних радикалів (OH), основного атмосферного окислювача. Збільшення OH призводить до скорочення часу життя метану CH<sub>4</sub>, результатом чого може стати охолодження, паралельно - на масштабах десятиліть - скорочення тропосферного озону. Оксиди сірки і сажа призводять до утворення аерозолів. Аерозолі і їх попередники (сажа та сульфати) збільшують хмарність у формі лінійних конденсаційних слідів і перистих хмар. Залежно від стану навколишньої атмосфери ці сліди можуть існувати іноді кілька хвилин, а іноді - годин, розтікаючись в ширину на кілька кілометрів і нагадуючи перисті чи високо хмари. Особливу увагу серед продуктів спалювання авіаційного палива займають парникові гази, чий емісії можуть вносити вклад в процес глобального потепління. Для їх зменшення у авіакомпаній є по суті всього дві можливості. Перша - збільшення зростання паливної ефективності (тобто питомої витрати палива). Друга - використання альтернативних палив:

синтетичного пального з кам'яного вугілля, природного газу або біомаси. Природне паливо не містить сірки і ароматичні вуглеводні, що значно скорочує емісії летких аерозолів і хмарних ядер конденсації, послаблюючи таким чином вплив на радіаційний баланс. Крім того, модельні експерименти показали, що застосування палива, очищеного від сірки, призводить до значного екологічного «одужання» тропосфери з точки зору концентрацій озону, сульфатів і нітратів.

## **4.2 Конструктивні та організаційні заходи по зниженню шкідливих факторів**

4.2.1 Методи і засоби зниження авіаційного шуму Зниження шуму літальних апаратів – частина важливої проблеми захисту навколишнього середовища. Шум, що створюється літаками, справляє шкідливий фізіологічний вплив на населення, яке проживає поблизу аеродромів, на персонал, який обслуговує авіаційну техніку, на пасажирів, які перебувають на борту. За своєю природою звук – це коливальний процес у пружному середовищі, що характеризується певною частотою (або довжиною хвилі), тобто певним тоном. Звуки створюються різними джерелами, мають різні частоту і амплітуду коливань. Для аналізу звукових збуджень будуються акустичні спектри (залежності амплітуди від частоти). Якщо спектр звукового впливу є практично безперервний, тобто містить коливання практично всіх частот усередині певного діапазону, то така його дія сприймається як шум. Часто шумом називається будь-який звук, що подразливо впливає на слухові органи та психіку людини. Отже, шумовий вплив треба контролювати й обмежувати. Зниження рівня шуму ТГД Проблема зниження рівня шуму літальних апаратів з повітряно реактивними двигунами може розглядатися тільки як комплексна проблема, складовими якої є: створення нових малошумних двигунів; удосконалення машин, що експлуатуються; раціональне компонування літального апарата; оптимізація режимів його польоту та ін.. Конструктивні заходи, які застосовуються під час проектування

і модифікації авіаційних силових установок, мають спрямовуватися на зниження рівня шуму, що генерується елементами проточної частини двигуна. Різноманітність існуючих підходів, відсутність загальних рекомендацій, суперечливий характер експериментальних даних свідчать про складність проблеми. Деякі з можливих шляхів її вирішення наведені нижче. До заходів щодо зниження рівня шуму струменів відноситься встановлення на двигун приладів, які дають змогу інтенсифікувати процес змішування. До них належать турболізатори потоку, розташовані всередині сопла і на його зрізі. З метою зменшення шуму в певних напрямках використовують асиметричні сопла та сопла з екранами. Застосування шумопоглинальних сопел різної конструкції дає змогу знизити рівень шуму, що створюється струменем. Практично шумоглушники такого типу є безпосереднім продовженням реактивної насадки і можуть мати гофровану поверхню з центральним тілом та без нього, багато-трубчасту, пелюсткову, або інші структури. Кількість гофрів і труб може варіюватися у широкому діапазоні. Звичайно, застосування шумоглушників збільшує гідравлічний опір сопла (зменшується коефіцієнт швидкості  $\phi$ ), що призводить до зниження питомої тяги двигуна та зростання питомої витрати палива. Тому перед конструктором постає складне завдання – розроблення шумопоглинального пристрою, який значно зменшував би акустичну потужність струменя при невеликому збільшенні гідравлічного опору. В добре відпрацьованих шумопоглинальних пристроях зменшення потужності шуму завдяки зміні форми сопла може становити 7...10 дБ на кожні 1...2 % зниження ефективної тяги двигуна. Подовження каналів застосовується разом з їх облицюванням звукопоглинальними матеріалами. Облицювання виконується у вигляді панелей, в яких пористий шар 4 б), що прилягає до потоку, з'єднується з великою кількістю сотових структур 3, обмежених твердою стінкою 2. Саме у цих структурах розсіюється акустична енергія звукових хвиль 1. Існують звукопоглиначі, що застосовуються для послаблення дискретних тонів, або широкосмугового шуму. При їх конструюванні враховується співвідношення висоти каналу та довжини

звукової хвилі. Недоліком такого досить простого способу шумо поглинання, що не потребує зміни конструкції двигуна, є можливість руйнування звукопоглинача в процесі експлуатації. З метою зниження рівня шуму, що створюється лопатевими апаратами вентилятора, застосовуються спеціальні заходи. На відміну від двоконтурних авіаційних двигунів 60-х років, вентилятори яких мали кілька ступенів, оснащених вхідним направляючим апаратом (ВНА), малі осьові зазори між вінцями, короткий канал зовнішнього контуру, компресор внутрішнього контуру, а також звукопоглинальне покриття, сучасні двигуни мають одноступеневий вентилятор без ВНА з оптимально віддаленими від нього. Ретельно підбираються співвідношення кількості лопатей, що обертаються, та нерухомих лопатей. Застосування соплового апарату з кількістю лопатей, що більш ніж удвічі перевищує кількість лопатей робочого колеса (РК), що дає змогу досягти ефекту відсікання шуму взаємодії ротора і статора. Правильний вибір співвідношення кількості лопатей може привести до зниження рівня акустичної потужності на 5...7 дБ. Певного зниження шуму можна також досягти і при встановленні нахилених лопатей. Навіть невелике зменшення колової швидкості кінців лопатей може дати істотне зниження шуму. Так, перехід від колової швидкості 400 м/с до 375 м/с знижує рівень акустичної потужності приблизно на 10 дБ. Просторове профілювання лопатей вентилятора дає змогу оптимізувати кути натікання потоку. Прагнення до збільшення потужності вентиляторів і подальшого підвищення ступеня двох контурності сприяло появі ТГВД різних типів. Порівняно з традиційним гвинтом турбогвинтового двигуна, гвинтовентилятор має більшу кількість лопатей, менший діаметр і вищу частоту обертання. Шаблеподібна (зігнута назад) у кінці форма лопаті створює такий самий ефект, що й стріловидна форма крила надзвукового літака. Вона дає змогу знизити нормальну (відносно вхідної кромки) складову відносної швидкості потоку. Це сприяє зменшенню рівня максимальних швидкостей на профілі, даючи змогу або уникнути появи ударних хвиль, або знизити їхню інтенсивність, а значить, зменшити рівень шуму, що генерується. Збільшення

кількості лопатей гвинтовентилятора (порівняно з повітряним гвинтом) знижує навантаження на одну лопать і підвищує частоту тонів. Наслідком цього є швидше згасання звукових коливань в атмосфері. Акустична взаємодія вінців, які обертаються у протилежних напрямках, при оптимально вибраних 81 осьових зазорах між роторами приводить до зниження рівня шуму, що поширюється від вентилятора за рухом потоку та проти нього. Шум, який створюється літальним апаратом і контролюється відповідно до стандартів ІСАО, може значно відрізнитися від шуму, що створюється власне силовою установкою. Раціональне компонування двигуна на літальному апараті може знизити шум, який генерується. Таке компонування передбачає використання позитивних ефектів екранування прямого акустичного випромінювання або корисної інтерференції. Наприклад, встановлення двигуна під крилом або на фюзеляжі (за крилом і вище від нього) зменшує шум компресора, особливо на посадковому режимі. Аналогічний ефект зниження шуму досягається на літаках з трьома двигунами, при встановленні середнього двигуна у хвостовій частині фюзеляжу, коли вхідний пристрій має S-подібну форму. У разі компактного розташування двигунів зменшується шум, що поширюється у площині їх компонування. Характеристики випромінювання та поширення шуму можуть бути істотно знижені застосуванням асиметричних вхідних і вихідних пристроїв. Оскільки до землі доходять лише звукові хвилі, які випромінюються під час польоту в нижню півсферу, для зниження рівня шуму використовують будь які засоби, що відбивають більшу частину звукової енергії вгору та вбік. Такими засобами є сопла не круглого перерізу, повітрозабірники з висувними елементами та поворотними сегментами, вихідні пристрої з неконцентричним розташуванням сопел, тощо.

4.2.2 Шляхи вирішення проблеми забруднення повітря Проблема забруднення атмосфери авіаційним транспортом не обмежується лише вивченням і оцінкою впливу газових і аерозольних продуктів згоряння

авіаційних двигунів на озоновий шар. Існує кілька аспектів прояву наслідків такого забруднення:

- фотохімічний: виражений у зміні співвідношення між концентраціями малих, але важливих складових атмосферного повітря внаслідок протікання фотохімічних реакцій. Тобто ріст одних атмосферних газів (а також аерозолів) супроводжується зменшенням інших газових компонентів повітря;

- радіаційний: коливання в складі парникових газів (вуглекислого газу CO<sub>2</sub>, водяної пари H<sub>2</sub>O, озону O<sub>3</sub>, метану CH<sub>4</sub> і ін.), аерозолів і особливо утворення перистих хмар ведуть до зміни теплового і радіаційного балансів системи Земля-атмосфера, а отже, і до зміни температури повітря в атмосфері та і на земній поверхні;

- біологічний: виражений впливом потоку біологічно активного ультрафіолетового випромінювання на рівні поверхні Землі, інтенсивність якого залежить від товщини озонового шару. Як відомо, ультрафіолетове випромінювання є небезпечним для здоров'я людей, тварин та знижує продуктивність деяких видів рослин. На основі вище згаданого, викиди авіаційних двигунів впливають на життєво важливі елементи екосистеми: якість повітря, його температуру, атмосферну циркуляцію і клімат, потік ультрафіолетової радіації. Газотурбінні двигуни, що переважно застосовуються на сучасному повітряному транспорті, є вагомими споживачами вуглеводневих палив і атмосферного кисню, одночасно являються джерелами забруднення атмосфери відпрацьованими газами. В суміші продуктів згорання палива з надлишком повітря міститься ряд шкідливих речовин, що регламентуються санітарно-гігієнічними нормами і вимогами Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO) Для зменшення шкідливих викидів в атмосферу широко застосовується метод скорочення кількості працюючих авіадвигунів під час руління повітряного судна в зоні аеропорту. Збільшення вмісту сполук з вуглеводом у паливі, як правило, супроводжується збільшенням його в'язкості, щільності, поверхневого натягу,



що погіршують розпил і випаровування палив. Отже, на двигунах повинно спостерігатись взаємно протилежний вплив палив на емісію NOx на режимах малого газу і максимальному режимі. Паралельно з вивченням природи шкідливих викидів і механізму їх впливу на навколишнє середовище є доцільним продовжувати розробку нових камер згорання і нових 83 концепцій двигунів. Конструкційні зміни в камерах згорання повинні бути направлені на підвищення повноти згорання палива. Під час проектування авіаційних двигунів брати за основу такі сучасні камери згорання, як: гомогенні, із змінною геометрією, гібридні, струйно-стабілізаторного типу, каталітичні.

Закономірність утворення NOx в камерах згорання газотурбінних двигунів визначає два основних шляхи зниження емісії указаних оксидів:

- зниження температури в першій зоні камери згорання;
- зменшення часу перебування газів в зоні високих температур.

Зважаючи на складність запропонованих вище методів, розглянемо дещо простіші заходи покращення показників, які впливають на забруднення атмосфери продуктами емісії авіаційних двигунів. Відомо, що збільшення злітної ваги сучасного реактивного лайнера на 3-4% приводить до збільшення витрат палива на 150- 200 кг на час польоту, а, отже, збільшення емісії CO<sub>2</sub> в атмосферу на 470-630 кг[50]. Можна запропонувати такі приклади економії палива: - зниження злітної ваги за рахунок залишення на землі одного з трьох баків з водою літака Boeing – 747-200 (у випадку, якщо він не є необхідним в даному конкретному рейсі) дозволить зекономити 380 т палива в рік, а отже знизити емісію CO<sub>2</sub> в атмосферу на 1200 т; - економія 52 т палива і зниження емісії газу на 165 т за рахунок заміни металічного баку для води пластмасовим; - зменшення опору повітряного судна, викликаного забрудненням поверхні брудом на 1% зменшить витрату палива на 15000 галонів в рік для Boeing – 737, або на 100000 галонів для Boeing – 737; - зменшення забруднення двигуна призведе до збільшення коефіцієнту питомої витрати пального (SFC). Як відомо, періодичне промивання дозволяє покращити SFC на 1,5% і знизити

CO<sub>2</sub> з 290 до 190 т в рік. Крім того заплановане на 2015 рік використання в Європі і США комплексної системи комунікацій, навігації, наведення і управління повітряним рухом (CNS/ATM) має забезпечити зниження витрат палива і емісії CO<sub>2</sub> приблизно на 5%. Варто також звернути увагу на можливість упровадження та використання на авіаційному транспорті альтернативних палив. Так, відомо, що одним із «чистих» палив є водень, і так звані криогенні палива. Незважаючи на недоліки водню як транспортного палива, пов'язані з його низькою щільністю та низькою температурою кипіння (20 К), він вважається більш перспективним для повітряного транспорту, ніж для інших видів. При цьому, чим більша швидкість та маса літака, тим доцільніше використання двигунів, які працюють на водні. На сьогодні у якості інноваційних розробок пропонується впроваджувати для живлення тягових електродвигунів сонячні батареї, розміщені на поверхні крил та фюзеляжі. Теоретично, такий літак може знаходитися в повітрі стільки, скільки сонячні промені його освітлюють. У цьому випадку зліт літака здійснюється за рахунок накопиченої енергії, а підтримання в польоті відбувається за рахунок енергії, яка надходить від сонячного випромінювання. І хоча фахівці авіаційної галузі скептично і з недовірою відносяться до встановлення таких силових агрегатів на літаки цивільної та воєнної авіації, на мою власну думку, ця ідея заслуговує на життя та проведення натурних експериментів з макетними літаками.

#### **Висновки до розділу 4**

Негативний вплив на екологію являється важливим фактором для світу, тому це питання являється обов'язковим для розглядання в даній роботі. В даному розділі дипломної роботи було розглянуто вплив експлуатації повітряних суден на навколишнє середовище, описано основні фактори та причини негативного впливу на довкілля. Також розглянуті методи покращення екологічного стану, та наведено приклади використання цих методів

## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА ПРАЦІ

#### 5.1 Шкідливі і небезпечні фактори при обслуговуванні ПС.

При виконанні технічного обслуговування повітряного судна далі (ПС) на працюючих впливають такі небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

- 1) рухомі ПС, спец автотранспорт і самохідні механізми;
- 2) пересуваються вироби, заготовки та матеріали;
- 3) незахищені рухливі елементи ПС (елерони, щитки, інтерцептори, тримери, шасі, що обертаються гвинти, турбіни, що випускаються трапи і інше);
- 4) спец автотранспорту (піднімаються і опускаються кабіни, люльки, кузова, сходи, поворотні платформи), механізмів (вантажно-розвантажувальні лебідки літаків, крани) і виробничого обладнання;
- 5) падаючі вироби авіаційної техніки, інструмент і матеріали при технічному обслуговуванні ПС на елементах літака, стабілізаторі, фюзеляжі і при роботі на висоті із застосуванням механізованих підйомників;
- 6) ударна хвиля (вибух баків під тиском, парів горючої рідини);
- 7) струмені відпрацьованих газів авіадвигунів і предмети, що потрапили в них;
- 8) струмені газів і рідин з посудин і трубопроводів, що працюють під тиском;
- 9) повітряні всмоктувальні потоки, що рухаються з великою швидкістю (зона сопел авіадвигунів);
- 10) падіння ПС (з підйомників або при помилковою прибирання шасі);
- 11) розбірні конструкції (бортові драбини та інше виробниче обладнання);

- 12) розташування робочого місця або робочої зони на відстані не менше 2 метрів, негороджених перепадів по висоті на 1,3 метра і більше;
- 13) підвищене ковзання (внаслідок обмерзання, зволоження і замаслювання поверхонь ПС, трапів, драбин, приставних драбин і покриттів місць стоянок, по яких переміщається працює персонал);
- 14) підвищена запиленість та загазованість повітря в зоні технічного обслуговування ПС;
- 15) підвищена або знижена температура поверхонь авіаційної техніки обладнання і матеріалів;
- 16) підвищена або знижена температура, вологість і рухливість повітря в зоні технічного обслуговування ПС;
- 17) підвищений рівень шуму, вібрації, ультра-інфразвуку;
- 18) підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якої може пройти через тіло людини;
- 19) підвищений рівень статичної електрики;
- 20) підвищений рівень лазерного випромінювання в робочій зоні;
- 21) підвищений рівень електромагнітних випромінювань;
- 22) підвищений рівень іонізуючих випромінювань у робочій зоні;
- 23) розташування робочого на значній висоті відносно поверхні землі (підлоги);
- 24) ДСТУ кромки, задирки і шорсткості на поверхнях ЗС, обладнанні та інструменту;
- 25) відсутність або нестача природного світла;
- 26) недостатня освітленість робочої зони;
- 27) знижена контрастність об'єктів розрізнення з фоном;
- 28) підвищена яскравість світла;

- 29) пряме виблискування (прожекторне освітлення місць стоянок, світло фар ПС і спец автотранспорту) і відображене виблискування від розлитої води та інших рідин на поверхні місць стоянок і перону;
- 30) підвищена пульсація світлового потоку;
- 31) підвищений рівень потоку ультрафіолетових і інфрачервоних променів;
- 32) хімічні речовини (токсичні, дратівливі, сенсibiliзуючі, канцерогенні, мутагенні, що впливають на репродуктивну функцію);
- 33) що входять до складу застосовуваних матеріалів, паливно-мастильні матеріали, шампуні і отрутохімікати, що проникають в організм через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, шкірні покриви і слизові оболонки;
- 34) фізичні перевантаження (статичні і динамічні) і нервово-психічні перевантаження (емоційні перенапруження).

Рівні небезпечних і шкідливих виробничих факторів при технічному обслуговуванні ПС не повинні перевищувати гранично допустимих значень, встановлених державними стандартами (далі - ДСТУ), правил улаштування електроустановок, санітарними правилами і нормами, інший нормативно технічною документацією, які затверджуються відповідно до чинного законодавства.

Технічне обслуговування повітряних суден повинно проводитися з дотриманням вимог відповідних ДСТУ, нормативних правових актів з пожежної безпеки для промислових підприємств, по пожежній охороні в цивільній авіації Республіки Казахстан.

Виробниче обладнання, що застосовується при технічному обслуговуванні ПС, має відповідати вимогам ДСТУ. Пристосування по забезпеченню безпеки виконання робіт повинні відповідати вимогам ДСТУ. НАПБ В.04.001-85/510 Настанова з пожежної охорони в цивільній авіації СРСР (НПО ГА-85)

Процес технічного обслуговування слід організувати так, щоб виключити забруднення навколишнього середовища відходами паливно-мастильних матеріалів, спеціальних рідин, а також шумом і електромагнітним випромінюванням.

Стічні води з місць стоянок ПС перед скиданням в каналізацію повинні очищатися і знешкоджувати.

Конструктивні та організаційні заходи по зниженню впливу шкідливих факторів

До заходів по зниженню впливу шкідливих факторів відносяться вимоги при технічному обслуговуванню яких необхідно обов'язково дотримуватись під час виконання робіт.

## **5.2. Загальні вимоги до охорони праці**

Авіаційний механік - це професія підвищеної небезпеки, до якої висуваються додаткові вимоги безпеки праці, що включають в себе спеціальні вимоги з теоретичного навчання, практичної стажування, атестації, допуску до самостійної роботи, інструктажу з охорони праці та періодичної перевірки знань за професією і безпеки праці.

Особи, які не пройшли інструктаж з ОП і пожежної безпеки, до роботи не допускаються.

Механіки наземного обслуговування, незалежно від стажу і кваліфікації, не рідше одного разу в три місяці повинен проходити повторний інструктаж з охорони праці. Спеціаліст виявив незадовільні знання і навички безпечного виконання робіт з наземного обслуговування ПС до самостійної роботи не допускається.

Авіамеханік, направлений для участі в інших роботах, що виходять за рамки посадових обов'язків, повинен пройти інструктаж з безпечного виконання таких робіт.

Особовий склад зобов'язаний виконувати вимоги Правил внутрішнього розпорядку, використовувати передбачену нормами спецодяг, спецвзуття та засоби індивідуального захисту.

Спеціаліст, який допустив порушення або неповне виконання вимог цієї інструкції, може бути притягнутий до адміністративної відповідальності, а в залежності від наслідків та до кримінальної.

### **5.2.1 Вимоги охорони праці перед початком роботи**

Перед початком робіт слід одягнути спецодяг і спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту відповідно до характеру виконуваної роботи і погодними умовами.

Перед виконанням робіт потрібно отримати необхідний інструмент, пристосування або прилади, провести перевірку і справність.

Перед зустріччю прибуваючого ПС слід виконати:

- підготувати місце стоянки, прибрати аеродромний інвентар, який заважає зарулювання літака на місце стоянки, поверхня покриття стоянки повинно бути чисте, без замаслювання, без сміття, а в зимовий час і очищено від льоду і снігу, особливу увагу звернути на місця де будуть знаходитися колеса шасі і місця установок заземлення;
- перевірити наявність засобів пожежогасіння, їх справність і терміни повірки;
- підготувати до використання необхідні засоби наземного обслуговування - драбини, піддони, сходи.
- перевірити жезли, сигнальні ліхтарі, необхідні при керівництві зарулювання літака.
- перевірити стан наземного джерела електроживлення.

## **5.2.2 Вимоги охорони праці під час виконання робіт**

При зустрічі ПС на місце стоянки, фахівець повинен знаходитися попереду керма літака на відстані не менше 10 метрів від його крайньої точки і в поле зору командира ПС.

Спеціаліст при зарулювання ПС повинен подавати умовні сигнали для маневру літака за допомогою палиць або сигнальних ліхтарів.

Після зарулювання ПС на стоянку встановлювати заземлення і колодки під колеса основних і (або) передніх коліс в залежності від типу ПС слід тільки після виключення двигунів (повного припинення обертання лопатей гвинтів).

На маршруті огляду ПС слід обережно, щоб уникнути травмування від виступаючих або рухомих частин літака.

При використанні, драбини або драбини слід розміщувати таким чином щоб виключити їх падіння, падіння інструменту, засоби наземного обслуговування або падіння самого фахівця, при знаходженні на драбині або сходами.

Для уникнення пожежі або вибуху необхідно стежити за тим, щоб на елементи кисневої системи не потрапляли промаслені предмети, включаючи одяг.

При підключенні наземного джерела електроживлення до мережі ПС, переконатися у відсутності сторонніх предметів, вологи, снігу або льоду в роз'ємах, переконається в щільності з'єднання при підключенні і виключити мимовільне випадання вилки з роз'єму ПС.

При заправці ПС паливом особливу увагу приділяти на заземлення літака, паливозаправника, установки заземлення між ПС і ТЗ, між шлангом ТЗ і заправної горловиною ПС.

При виконанні робіт, пов'язаних із застосуванням гасу, бензину або інших паливно мастильних матеріалів (відкритий спосіб заправки) фахівця



слід користуватися засобами індивідуального захисту органів дихання, зору і шкірного покриву.

Під час буксирування і (або) запуску двигунів, переконатися, що всі фахівці беруть участь в процесі, знаходяться на своїх місцях, сторонні предмети драбини, сходи прибрані, двері, люки закриті.

Для захисту органів слуху від впливу високого рівня шуму при запуску при запуску і роботі двигунів слід використовувати засоби індивідуального захисту.

Підвищену обережність і обачність слід дотримуватися при знаходженні і при переміщенні фахівця на поверхні крила.

При огляді ПС в недостатньо освітлених місцях або місць ПС з недостатнім штучним освітленням слід використовувати переносні лампи з джерелом електричного живлення не більше 12В для постійного току і не більше 27В для змінного струму.

Операції по переміщенню повітряного судна (буксирування) повинні виконуватися з підвищеною увагою для запобігання причинення шкоди персоналу, пошкодження повітряного судна, обладнання та пристосувань і тільки з використанням справного обладнання і тягача, що володіє достатнім тяговим зусиллям для даного типу ПС. До операцій з буксирування повинен допускатися тільки навчений і кваліфікований персонал. Співробітники повинні бути проінструктовані про небезпеки, пов'язані з діями по переміщенню повітряного судна, наприклад, всмоктування двигуном, рух передньої стійки шасі, шляхи переміщення повітряного судна і тягача, видимість. Перед початком буксирування необхідно прибрати з під ПС драбини і пристосування, від'єднати від ПС шланги і дроти наземних джерел живлення. Провести огляд шляху і намічене місце стоянки і очистити зону руху від агрегатів, спецавтотранспорту та інших предметів. У разі небезпеки,

буксирування ПС повинна бути припинена за командою будь-якого учасника буксирування.

Спеціаліст, який бере участь в операціях з наземного обслуговування повинен звертати увагу на те, що застосовувані протизаморожувальні рідини є шкідливими для людини хімічними речовинами і при попаданні всередину організму може викликати отруєння зі смертельним результатом.

Тому слід виконувати такі вимоги безпеки:

- Уникати попадання рідини на шкіру рук, обличчя;
- Працювати в засобах індивідуального захисту;
- При обробці ПС слід перебувати від ПС таким чином, щоб вітер відносив від людини розпорошеного крапельно-повітряну суміш.

### **5.2.3 Вимоги охорони праці при виниканні аварійної ситуації**

При виникненні пожежі чоловік, який помітив загоряння, зобов'язаний:

- викликати пожежну команду по телефону "101" з повідомленням точного місця пожежі, що горить, хто викликає, і вжити заходів до гасіння пожежі, наявними силами і засобами пожежогасіння;
- повідомити про те, що трапилося керівнику робіт, начальнику зміни, цеху;
- організувати зустріч пожежної команди. Якщо фахівець виявився свідком нещасного випадку, треба негайно надати першу допомогу і при необхідності доставити в медсанчастину.

### **5.2.4 Вимоги охорони праці при завершенні обслуговування.**

Після закінчення наземного обслуговування необхідно ретельно перевірити, чи не залишилося на місці робіт деталей, інструменту або інших сторонніх предметів.

Забороняється зливати відстій палива на землю.

Після закінчення робіт слід закрити кришки, стулки, люки, двері, капоти. Відключити наземне джерело живлення, прибрати драбини, сходи, трап.

### **5.3 Технічне обслуговування планера**

Вимоги цього підрозділу поширюються на виробничі процеси технічного обслуговування планера і висотної системи ПС на місцях стоянок і встановлюють вимоги безпеки при технічному обслуговуванні планера і висотної системи ПС відповідно до регламентів технічного обслуговування.

При технічному обслуговуванні планера і висотної системи ПС повинні дотримуватися норми відповідних ДСТУ.

При технічному обслуговуванні планера і висотної системи ПС можуть діяти такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- 1) рухомі самохідні і переміщувані вручну машини, механізми, випробувальні та контролюючі пристрої, пристосування щодо забезпечення виконання робіт, а також їх рухливі незахищені частини;
- 2) виступаючі частини планера ПС і його устаткування;
- 3) рухливі частини планера і висотної системи ПС, які мають шарнірну підвіску;
- 4) знімні частини планера ПС, що не мають петель підвіски, утримувані спеціальними замками;
- 5) повітряні атмосферні потоки (вітер);
- 6) розлітаються частини планера ПС при випробуванні фюзеляжу на герметичність або розлітаються частини посудин, що працюють під тиском;
- 7) перекидні ПС при зливі палива з паливних баків, а також при установці ПС в лінію польоту з гідропідйомників;

- 8) Не допускається розміщення інструменту на деталях і вузлах шасі, а також на штучному покритті місця стоянки або на землі.

Технічне обслуговування високо розташованих деталей і вузлів шасі повинно виконуватися із застосуванням драбин, що мають висоту огорожі робочих площадок 1 метр. При неможливості використання таких драбин на окремих видах робіт в деяких типах літаків допускається використовувати драбини з огорожею висотою не більше 1 метра, але при цьому повинні бути вжиті заходи по страхувці, що виключають падіння працюючих.

Пристаювання (драбини, підставки, технологічне обладнання) при роботах з обслуговування шасі слід встановлювати так, щоб не було можливості (необхідність) переміщення центру ваги працюючого за межі робочого майданчика, а також руйнування або перекидання наземного обладнання рухливими частинами шасі ПС.

Максимальна маса ПС, при якій дозволяється виробляти його підйом, встановлюється технологічними вказівками по кожному типу ПС з урахуванням стану поверхні місця установки підйомників.

При установці ПС на підйомники попереду і ззаду ПС слід встановити знаки безпеки з попереджувачим написом «Обережно! Можливо обвалення літака»

Підйом ПС на підйомниках на відкритих місцях стоянок допускається проводити при швидкості вітру, встановленої відповідно до технології технічного обслуговування конкретного типу ПС.

Інструмент, що застосовується для обслуговування кисневих систем повітряних суден, повинен бути чистим, знежиреним і не повинен використовуватися для інших робіт.

Для роботи на паливної, гідравлічної і кисневої системах переносні світильники повинні бути тільки вибухобезпечного виконання.

Переносні світильники, використовувані для роботи на паливної, гідравлічної і кисневої системах ПС, повинні мати захисну сітку, гачок для підвіски, шланговий провід достатньої довжини зі справною ізоляцією.

Провід, що живить лампу або електроінструмент, не повинен торкатися вогких або гарячих поверхонь. При виявленні несправності світильника, електроінструменту або дроти роботу необхідно негайно припинити, а електромережу несправних споживачів знеструмити.

Справність переносних світильників і електроінструменту, використовуваних для роботи на паливної, гідравлічної і кисневої системах ПС повинна перевірятися не рідше одного разу на місяць, а також перед видачою для роботи.

При демонтажі і промиванні двигунів, паливної, масляної або гідравлічної систем під місця роз'ємів повинні бути встановлені листи (піддони) для збору витікаючої рідини, а також екрани для захисту від бризок інших частин ПС.

Стікаючі з систем рідини повинні систематично віддалятися в міру накопичення і обов'язково при перерві на обід, після закінчення зміни або завершення робіт. Пролиті на землю рідини повинні забиратися негайно 96 шляхом засипання залитих місць чистим сухим піском, після чого пісок забирається.

Всі роботи, пов'язані з промиванням окремих знімних вузлів і агрегатів органічними розчинниками, повинні проводитися в спеціальному приміщенні, обладнаному для цих цілей, або поза приміщеннями, але не ближче 25 метрів від ПС.

Промивання двигунів повинна проводитися відповідними технічними миючими засобами. При промиванні двигунів із застосуванням пожежонебезпечних органічних розчинників необхідно вводити в них антистатичні присадки.

Після промивання двигун протягом 15 хвилин слід провітрювати, а потім продувати стисненим повітрям.

При заміні двигуна або повітряного гвинта необхідно відключити електроживлення, що забезпечує запуск двигуна, зняти акумулятори, відключені дроти обмотати ізоляційною стрічкою, поставити заглушки на штепсельні роз'єми і трубопроводи.

При ремонті, промиванні, випробуванні на герметичність або таруванні паливної системи всі споживачі електроенергії на ПС, крім обслуговуючих тарування, повинні бути відключені. Проведення інших робіт на ПС в цей час не дозволяється.

При перевірці на герметичність паливної системи важелі управління двигунами повинні знаходитися в положенні «стоп», а електромагнітні клапани на двигунах знеструмлені. При виявленні течі тиск в паливній системі повинен бути знижений, а сліди палива видалені.

При підігріві кабін і двигунів ПС моторними підігрівниками і аеродромними кондиціонерами повітря повинні виконуватися вимоги нормативних правових актів щодо застосування моторних підігрівачів при технічному обслуговуванні ПС та інструкції по експлуатації заводу виготовлювача.

Моторний підігрівач (кондиціонер) може бути допущений до обслуговування авіаційної техніки, якщо його параметри відповідають паспортним даним і укладаються в встановлені допуски.

Моторний підігрівач (кондиціонер) повинен бути встановлений у ВС на відстані довжини стандартних рукавів, але не ближче 3 метрів від крайніх його точок.

До початку підігріву необхідно встановити в ПС нормативну кількість справних вогнегасників.

Справність рукавів, відсутність механічних пошкоджень і забруднень ПММ повинні визначатися візуальним оглядом, який виробляється під час щоденного обслуговування.

Підводять рукава підігрівача повинні подаватися в кабінку ПС або приєднуватися до двигуна тільки після встановлення нормального режиму роботи підігрівача.

Водій, авіатехнік (авіамеханік) та інші особи, які виконують роботи з підігріву, знаходяться у підігрівача і постійно стежать за його роботою.

Після припинення роботи не допускається зупинка двигуна автомобіля, підігрівачів без попередньої продувки калорифера установки холодним повітрям від вентилятора до охолодження.

При заміні калориферів підігрівачів необхідно проводити очищення внутрішньої поверхні кожуха калорифера, поверхонь повітряного тракту і вентилятора від кіптяви і сажі.

Технічний стан підігрівачів (кондиціонерів) і рукавів підведення повітря в кабіні ПС має виключити можливість потрапляння в підігрівач (охолоджуваний) повітря будь-яких механічних частинок, домішок. При експлуатації моторних підігрівачів не допускається:

- працювати без передбаченого заземлювального пристрою;
- проводити роботи з підігріву ПС з одночасною заправкою його паливом або запуском двигунів ПС;
- запускати підігрівачі при відсутності справних вогнегасників;
- використовувати підігрівачі при підсіканні палива з баків або трубопроводів, а також з несправним глушником;
- виробляти заправку підігрівачів паливом під час їх роботи;
- переміщати працюючий підігрівач від одного ПС до іншого;

- допускати перевищення температури повітря на виході з підігрівача, передбаченої інструкцією (керівництвом) з технічної експлуатації;
- користуватися забрудненими, промасленими або пошкодженими рукавами, класти рукава на сидіння і спинки крісел;
- розпалювати підігрівачі факелами за винятком тих, для яких це передбачено інструкцією заводу-виготовлювача;

В процесі підігріву необхідно постійно контролювати чистоту надходить від підігрівача повітря і стежити за розташуванням рукавів. При появі в кабіні ПС диму або запаху гару слід негайно вимкнути підігрівач і винести рукава підігрівача з ПС. Моторний підігрівач необхідно відвести від ПС і з'ясувати причину несправності.

#### **Висновки до розділу 5:**

Роботи з технічного обслуговування є дуже важливими для підтримання льотної придатності авіаційної техніки. Тому забезпечення всіх необхідних, безпечних умов для цього є першочерговим завданням будь-якої організації з технічного обслуговування, бо життя людини є найвищою цінністю в світі.

В розділі охорони праці було розкрито фактори які можуть виникнути при виконанні технічного обслуговування ПС, необхідні вимоги які необхідно обов'язково виконуватись під час робіт з технічного обслуговування. Більш детально було розглянуто вимоги охорони праці під час обслуговування планера літака.



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1) В даній кваліфікаційній роботі було розглянуто природу вібраційних навантажень. Описано основні фактори які впливають на виникнення вібраційних навантажень. Детально описано процеси які проходять під час експлуатації військово транспортних літаків. Наведено сучасні методи контролю технічного стану конструкцій та їх актуальність на даний момент часу та описані деякі методи вібраційного контролю. Питання дослідження модернізації апаратури ИВ-41., повітряного судна є сучасним та актуальним.

Було описано військово транспортний літак Ан-26 Повітряних Сил Збройних Сил України. Були описані типові складові конструкції для виконання завдань за призначенням. Літак Ан-26 Повітряних Сил Збройних Сил України має багато переваг для комерційного використання в будь-якій країні.

Описані дослідження вібраційного контролю на авіаційному двигуні повітряного судна та методика визначення загрози руйнування при високих показниках вібрації.

Запропоновано заміну датчиків контролю вібрації на більш сучасні та надійні які мають значно більший ресурс використання, перевагою яких є доступність монтажу без доопрацювання конструкції двигуна чи датчика, що в свою чергу економить затрати людино-годин.

Розроблене методичне забезпечення дозволяє отримувати якісну і кількісну інформацію про небезпечну вібрацію для оцінки його історії завантаженості і пошкодження.

2) В кваліфікаційній роботі було досліджено вплив експлуатації військово транспортних повітряних суден на навколишнє середовище, описано основні фактори та причини негативного впливу на довкілля. Також розглянуті методи покращення екологічного стану, та наведено приклади використання цих методів.

В розділі охорони праці було розкрито фактори які можуть виникнути при виконанні технічного обслуговування ПС, необхідні вимоги які необхідно обов'язково виконуватись під час робіт з технічного обслуговування. Більш детально було розглянуто вимоги охорони праці під час обслуговування планера літака.

## СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

### ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Крылов Г.В., Матвеев А.В., Степанов О.А., Яковлев Е.Н. Эксплуатация газопроводов Западной Сибири. – Л. Надра, 1985. – 288 с.
2. Карасев В.А., Максимов В.П., Сидоренко М.К. Вибрационная диагностика газотурбинных двигателей. – М.: Машиностроение, 1978. – 132 с.
3. Комплекс вибрационного контроля и защиты «Виза-РС»: Руководство по эксплуатации. – К.: Котрис, 2004. – 28 с.
4. Комплекс вибрационного контроля и защиты «Виза-РС». Руководство оператора. – К.: Котрис, 2004. – 20 с.
5. Настанова технічного забезпечення НТЗ-99 – 44 с.
6. Електронний ресурс: <http://www.avid.ru/pr/other/aviadv/ib6/sistshumgl/>.
7. Електронний ресурс: [http://www.telenir.net/transport\\_i\\_aviacija/vzlyot\\_2005\\_08\\_09/p18.php](http://www.telenir.net/transport_i_aviacija/vzlyot_2005_08_09/p18.php);
8. Електронний ресурс: <http://www.avid.ru/pr/other/aviadv/ib6/remotil-76/>;  
<http://www.finlease.ru/catalog/item/2002.html>;
9. Електронний ресурс: <http://uvauga-dvig.narod.ru/>.
10. Нечаев Ю.Н. Теория авиационных двигателей. – М: ВВИА, 1990. 890с.
11. Теория и расчет воздушно-реактивных двигателей. / Под ред. С.М. Шляхтенко, - М: Машиностроение, 1987.
12. Техническое описание и инструкция по эксплуатации / Аппаратура контроля вибрации ИВ-41, ИВ-41АМ, ИВ-41 БМ, с.27-29.
13. *Гладкий В. Ф.* Прочность, вибрация и надежность конструкции летательного аппарата / В. Ф. Гладкий. – М. : Наука, 1975. – 456 с.
14. *Тейлор Дж.* Нагрузки, действующие на самолет / Дж. Тейлор. – М. : Машиностроение, 1971. – 341с.
15. Гудков А. И. Внешние нагрузки и прочность летательных аппаратов /А. И. Гудков, П. С. Лешаков. – М. : Машиностроение, 1968. – 470 с