

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВНУТРІШНІХ СПРАВ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки**

## **ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

навчальної дисципліни  
«Конструкція і експлуатація двигуна: Двигун ТВЗ-117»  
обов'язкових компонент  
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

**272 Авіаційний транспорт (Аеронавігація)**

**за темою № 8 - Система запуску двигуна і правила її експлуатації. Допоміжна  
силова установка AI-9B**

**Кременчук 2023**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 30.08.2023р. № 7

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою  
Кременчуцького льотного  
коледжу Харківського  
національного університету  
внутрішніх справ  
Протокол від 28.08.2023р. № 1

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 29.08.2023р. № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 28.08.2023р. № 1

**Розробники:**

1. Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Царенко Андрій Олександрович

**Рецензенти:**

1. Завідувач кафедри технологій аеропортів Національного авіаційного університету, д.т.н., професор Тамаргазін О.А.
2. Професор циклової комісії аеронавігації КЛК ХНУВС, к.т.н., с.н.с. Тягній В.Г.

### План лекції:

1. Призначення системи запуску і її коротка характеристика. Основні елементи системи і їхнє розташування на двигуні і вертольоті.
2. Принциповий пристрій і робота системи запалювання. Робота системи запуску.
3. Характеристика допоміжної силової установки АІ-9В. Керування і контроль роботи системи запуску.
4. Можливі несправності системи запуску і їхнє попередження.

### Рекомендована література:

#### Основна:

1. Царенко А.О. «Вертолiт Мі-8МТВ-1. Блок 3 Газотурбiнний двигун. (категорiя В1.3): Конспект лекцiй. Кременчук: КЛК НАУ, 2015. 294 с.

#### Додаткова:

2. Терещенко Ю.М. Газотурбiннi двигуни лiтальних апаратiв, Київ: Вища школа, 2000. 319 с.

### Текст лекції

#### 1. Призначення системи запуску і її коротка характеристика.

##### Основні елементи системи і їхнє розташування на двигуні і вертольоті.

Повітряна система запуску (рис. 10.1) служить для запуску двигуна на землі і в повітрі, холодної прокрутки, помилкового запуску і припинення запуску. Включає в себе: систему розкрутки (допоміжну силову установку ВСУ, повітряний стартер), систему запалювання і автоматичну панель запуску.

Тип .....	.. ... .. повітряна
Агрегати системи запуску:	
- допоміжна силова установка (ЗСУ) .....	АІ - 9В (або інша)
- стартер повітряний ... ..	..... .. СВ-78БА
- панель управління повітряним запуском .....	..... .. АПД-78А
	(Одна на два двигуна)
- агрегат запалювання .....	..... .. СК-22-2К
- свічки .....	..... .. СП-26ПЗТ
запалювання.....	2 штуки
Час виходу двигуна на режим малого газу з моменту натискання на пускову кнопку .....	
	..... .. не більше 1 хвилини
Час виходу двигуна на злітний режим з моменту натискання на пускову кнопку .....	
	..... .. не більше 3 хвилин

Максимальна замеренная температура газу перед турбіною компресора ( $t_{tr}$ ) на запуск ..... в інтервалі температур зовнішнього повітря ( $t_n$ ) від  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$  не повинна перевищувати значень, що визначаються за графіком 1.4.

Запуски двигуна забезпечуються до висоти 4000 метрів в діапазоні температур зовнішнього повітря:

при $H = 0$ .....	від $-60^{\circ}\text{C}$ до $+60^{\circ}\text{C}$
при $H = 4000\text{м}$ .....	від $-60^{\circ}\text{C}$ до $+30^{\circ}\text{C}$

#### ПРИМІТКА:

При температурі масла в двигуні нижче  $-40^{\circ}\text{C}$  запуск двигуна дозволяється тільки після попереднього підігріву двигуна гарячим повітрям згідно з вимогами керівництва з експлуатації двигуна.

#### Повітряний стартер СВ-78БА.

Стартер служить для розкрутки ротора турбокомпресора. Складається з командного агрегату, повітряного клапана, турбіни і редуктора.

Командний агрегат керує повітряним клапаном і підтримує  $P_m \text{ const}$  перед турбіною. Повітряний клапан відкриває і закриває доступ повітря до турбіни. У середині командного агрегату змонтовані контакти, які включають табло "СВ-ПРАЦЮЄ" і відцентровий датчик відключення стартера за граничними оборотами. Турбіна - осьова, одноступенева. Редуктор - планетарний, двоступеневий, з передавальним числом  $i = 8,9$ .

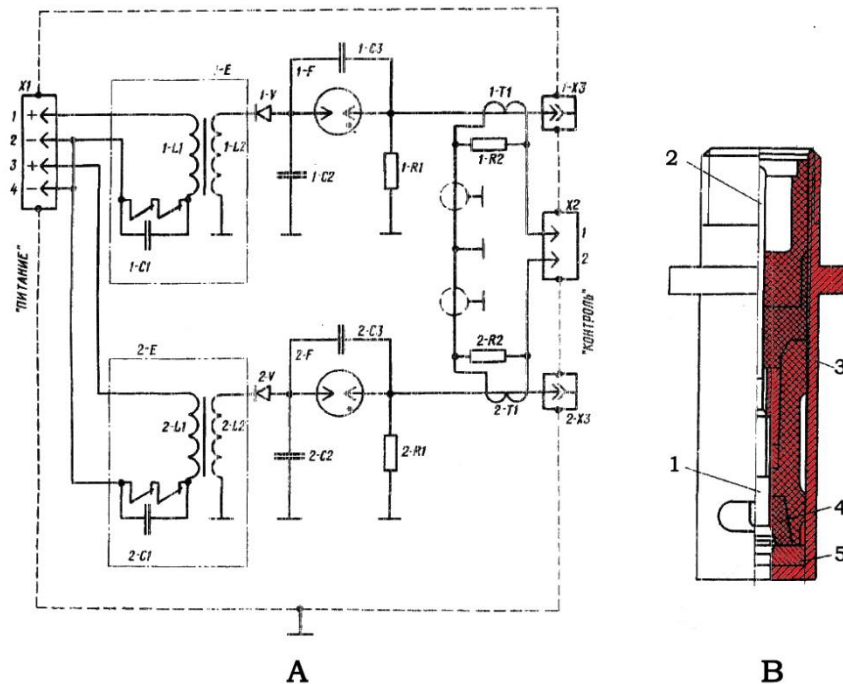
## 2. Принциповій пристрій и работа системи запалювання.

#### Робота системи запуску.

Система - низьковольтна, місткість. Включає в себе агрегат запалювання СК-22-2К, (рис. 10.3а) запальні свічки СП-26ПЗТ (рис. 10.3в).

На 4-й секунді запуску двигуна АПД-78А включає агрегат запалювання. По двох провідниках подається  $U = 900 \dots 1200 \text{ В}$  на дві запальні свічки, запалювальні ТВС (паливно-повітряну суміш). Одночасно від повітряного стартера повітря подається до клапана наддуву і від нього - у другій контур форсунок, що покращує розпил палива, що подається на перший контур і його

підпал. Після підпалу і після досягнення в першому контурі  $P_t = 5 \dots 6$  кгс / см<sup>2</sup> клапан наддуву закривається. АПД-78А знімає харчування з агрегату запалювання.



**Схема системи запалювання:**

а) агрегат запалювання СК-22-2К; в) запальний свічка СП-26ПЗТ: 1 - центральний електрод; 2 - контактний сердечник; 3 - корпус; 4 - напівпровідник; 5 - бічний електрод.

Розкрутку роторів турбокомпресора двигуна виробляє повітряний стартер СВ-78 стисненим повітрям від двигуна ВСУ. Після запуску ВСУ і натискання кнопки "ЗАПУСК" основного двигуна АПД-78А видає сигнали на включення стартера СВ-78 і агрегату запалювання. При цьому загоряється табло "Р ПОВІТРЯ ЗАПУСКУ".

Закінчення циклу запуску має наступні варіанти:

- по  $n_{TK} = 60 \dots 65\%$  - насос регулятор відключає стартер;
- за часом, якщо двигун не набере  $n_{TK} = 60 \dots 65\%$ , то на 55-й секунді АПД-78А відключається;
- при  $n_{TK} > 66\%$  запуск двигуна припиняється вручну (закриттям стоп-кран);

а то й відбувається автоматичне відключення СВ-78БА то вимикається ВСУ.

Стартер працює наступним чином:

1. Перед запуском повітряний клапан стартера закритий, так як тиск повітря на поршень з двох сторін однаково (електромагнітний клапан відкритий).

2. При натисканні на кнопку "запуск" електромагнітний клапан закривається, що призводить до плавного відкриття повітряного клапана і

подачі повітря від ВСУ на турбіну стартера. Плавність відкриття клапана визначається стравлювати жиклером. Одночасно повітряний клапан, відкриваючись, замикає контакти і включає табло "Р ВОЗДХА ЗАПУСКУ". Турбіна стартера, розвиваючись, через редуктор розкручує ротор турбокомпресора основного двигуна.

3. Командний агрегат, по лінії зворотного зв'язку (обмежувач зі штоком) підтримує перед турбіною  $P_m \text{ const}$ . Це забезпечується прикриттям повітряного клапана повітрям, що поступає через обмежувач по обвідному каналу.

4. В кінці запуску СВ-78 знеструмлюється, електромагнітний клапан відкривається, що призводить до закриття повітряного клапана, і він відсікає подачу повітря до турбіни. Табло гасне.

5. Команда на відключення СВ-78 може бути подана від мікровимикача насоса- регулятора, автоматичної панелі АПД-78А, і кнопки "ПРИПИНЕННЯ ЗАПУСКУ".

Якщо в процесі запуску обороти турбіни СВ-78 досягнуть граничної величини, відцентровий датчик, замикаючи контакти, відключить електромагнітний клапан стартера і повітряний клапан закриється, що призведе до припинення роботи стартера.

### 3.Характеристика допоміжної силової установки АІ-9В.

Керування и контроль роботи системи запуску.

Двигун АІ-9В призначений:

- для харчування повітряних систем запуску основних двигунів вертольота стисненим повітрям;
- для харчування бортсети вертольота постійним струмом при перевірці електро та радіообладнання на землі;
- для харчування бортсети вертольота постійним струмом в польоті в разі відмови основних джерел.

Основні дані двигуна:

- |   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| - Тип двигуна   | газотурбінний;                        |
| - номінальна частота обертання ротора   | 36750 <sup>про</sup> / Хв;            |
| - гранична частота обертання ротора, при якій відбувається автоматичний останов двигуна | 39150 <sup>про</sup> / Хв;            |
| - дані в режимі відбору повітря в САУ на землі при номінальній частоті обертання:       |                                       |
| - кількість відібраного повітря   | 0,4 <sup>кг</sup> / С;                |
| - надлишковий тиск, що відбирає повітря   | 1,9 <sup>кг</sup> / См <sup>2</sup> ; |
| - температура відібраного повітря   | не менше 160 <sup>0</sup> С;          |
| - витрати палива  | не більше 80 <sup>кг</sup> / Ч.       |
| - температура газів за турбіною:  |                                       |
| - на режимі холостого ходу  | не більше 720 <sup>0</sup> С;         |
| - в режимі відбору  | не більше 750 <sup>0</sup> С;         |
| - закид при запуску   | не більше 880 <sup>0</sup> С.         |
| - габаритні розміри двигуна:  |                                       |

- довжина	888мм;
- ширина	530мм;
- висота	490мм.
- суха маса двигуна	70кг.

#### Режими роботи і експлуатаційні обмеження.

##### 1. Двигун АІ-9В має наступні режими роботи:

Режим холостого ходу	режим, коли двигун працює на номінальній частоті обертання, але генератор СТГ-3 не завантажений, і повітря з ресивера двигуна перепускається в атмосферу через клапан КП-9
Режим відбору повітря	режим, коли двигун працює на номінальній частоті обертання, і повітря з ресивера через КП-9 відбирається для запуску основних двигунів, генератор при цьому не завантажений
генераторний режим	режим, коли двигун працює на номінальній частоті обертання, генератор СТГ-3 видає в бортсети вертольота постійний струм потужністю до 3 кВт, а повітря з ресивера двигуна через клапан КП-9 перепускається в атмосферу.

Попередження: Одночасний відбір повітря і електроенергії від двигуна АІ-9В забороняється.

2. Максимальна висота польоту, при якій дозволяється запуск двигуна АІ-9В, відбір повітря для запуску основних двигунів і робота в генераторному режимі - 4000м;

3. Мінімально допустима величина напруги в мережі при запуску двигуна - 18В;

4. Кількість запусків двигуна:

Дозволяється проводити три послідовних запуску АІ-9В з перервами між ними не менше 3 хв, після чого необхідна перерва для його охолодження не менше ніж на 15 хв;

5. Кількість відборів повітря:

Дозволяється проводити три послідовних відбору повітря від двигуна тривалістю не більше 45с кожен з перервами між відборами не менше 1хв (роботи на холостому ході). Безперервне час роботи двигуна при цьому має бути не більше 10хв, після чого двигун підлягає останову для охолодження не менше ніж на 15 хв.

У разі необхідності дозволяється проводити п'ять послідовних відборів повітря тривалістю не більше 45с кожен з перервами між відборами не менше 1хв. Безперервне час роботи двигуна при цьому має бути не більше 13мін, після чого двигун підлягає останову для охолодження не менше, ніж на 15хв;

6. Час роботи двигуна в генераторному режимі:

Безперервне час роботи двигуна в генераторному режимі (харчування бортсети вертольота постійним струмом потужністю не більше 3 кВт) має бути

не більше 30 хв, після чого двигун підлягає останову для охолодження не менше, ніж на 15хв.

Дозволяється живити бортсети вертольота постійним струмом потужністю 3кВт для перевірки обладнання, і потім зробити три послідовних відбору повітря для запуску основних двигунів тривалістю не більше 45с кожен з перервами між відборами не менше 1хв.

Безперервне час роботи при цьому не повинно перевищувати 30хв, після чого двигун підлягає останову для охолодження не менше, ніж на 15хв.

Двигун АІ-9В складається з наступних основних вузлів:

- повітрозабірника;
- корпусу приводів;
- компресора;
- камери згоряння;
- турбіни;
- сопла;
- стартер-генератора СТГ-2 + 2-ої серії.

#### 4.Можливі несправності системи запуску и їхнє попередження.

Несправність	Причина	Спосіб усунення
Немає розкрутки ротора турбокомпресора.	несправна електропроводка в ланцюга електромагнітного клапана стартера. несправний електромагнітний клапан. Обрив сполучної ресори стартера.	Виправити електропроводку.  замінити електромагнітний клапан. Замінити ресору при задовільному стані стартера. При незадовільному стані стартера замінити стартер.
Немає підпалу палива.	Несправна електропроводка. Несправна свічка. Несправний агрегат запалювання.	Виправити електропроводку. Замінити свічку. Замінити СК-22-2К
розкрутка ротора турбокомпресора при запуску АІ-9В.	Засмічений повітряний фільтр стартера. Несправна електропроводка.	Промити повітряний фільтр. Вимкнути АЗС ПОС вертольота, при припиненні розкрутки усунути несправність в ланцюзі (замінити стартер).
Підтікання палива з віконскідання повітря стартера після зупинки двигуна.	Несправний клапан наддуву повітря.	Замінити клапан наддуву повітря.
Викид масла з вікон повітряного стартера.	Несправне ущільнення.	Замінити стартер.



<p>Пізніше відключення стартера.</p>	<p>Засмічений повітряний фільтр стартера. Несправна електроланцюг в системі запуску. Кут ВНА на впритул не відповідає <math>(27 + 1,5)^\circ</math>  порушення регулювання насоса - регулятора.</p>	<p>Промити повітряний фільтр.  Усунути несправність в ланцюга. Перевірити кут по лімбу ВНА, при необхідності відрегулювати упори гідроциліндрів. Відрегулювати гвинтом 5 насоса регулятора частоту обертання при відключенні стартера в межах <math>60 \div 65\%</math>.</p>
--------------------------------------	---	--