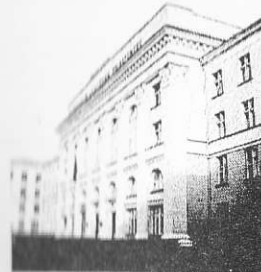
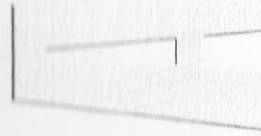
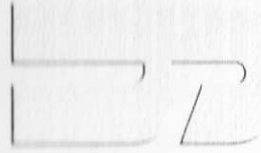


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет



VIVERE!
VINCERE!
CREARE!

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ГАЗОТУРБІННИХ УСТАНОВОК І КОМПРЕСОРІВ

Лабораторний практикум
для студентів напрямку підготовки
6.050604 «Енергомашинобудування»

Київ 2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет

**ЕКСПЛУАТАЦІЯ
ГАЗОТУРБІННИХ
УСТАНОВОК
І КОМПРЕСОРІВ**

Лабораторний практикум
для студентів напряму підготовки
6.050604 «Енергомашинобудування»

Київ 2017

УДК 629.735.036.3 (076.5)
ББК 0551.410я7
Е457

Укладачі: В. В. Козлов, М. Ф. Молодцов, М. Г. Поварьонкін,
О. В. Попов, В. В. Ратинський

Рецензенти: І. О. Орлов – канд. техн. наук, начальник науково-технічного управління (ДК «Укртрансгаз», НАК «Нафтогаз України»);
О. О. Козлов – канд. техн. наук, доц., технічний директор (Авіаційна компанія «Аеростар»)

Затверджено методично-редакційною радою Національного авіаційного університету (протокол № 6/13 від 17.10.2013 р.).

Експлуатація газотурбінних установок і компресорів : лабораторний практикум / уклад.: В.В. Козлов, М.Ф. Молодцов, М.Г. Поварьонкін та ін. – К. : НАУ, 2017. – 60 с.

Практикум укладений відповідно до навчальної програми дисципліни «Експлуатація газотурбінних установок і компресорів».

Містить стислі теоретичні відомості, послідовність виконання лабораторних робіт, завдання та вимоги до оформлення звітів.

Для студентів напряму підготовки «Газотурбінні установок і компресорні станції».

ЗМІСТ

ВСТУП	4
Лабораторна робота 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ МАСЛЯНОЇ СИСТЕМИ ГАЗОТУРБІННОЇ УСТАНОВКИ.....	5
Лабораторна робота 2. ОЦІНЮВАННЯ СТУПЕНЯ ЗАБРУДНЕННЯ ФІЛЬТРІВ, ЇХ ОЧИЩЕННЯ ТА КОРИГУВАННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ФІЛЬТРОЕЛЕМЕНТІВ ТОНКОГО ОЧИЩЕННЯ	13
Лабораторна робота 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗАПУСКУ ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА НА СТЕНДІ- ТРЕНАЖЕРІ ЗА ВИМІРЮВАНИМИ ПАРАМЕТРАМИ.....	23
Лабораторна робота 4. ЗАПУСК І ПЕРЕВІРКА ПОГОДИННИХ ВИТРАТ ПАЛИВА ДВИГУНА АІ-24	31
Лабораторна робота 5. ВЕДЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ	39
Лабораторна робота 6. КОНСЕРВАЦІЯ ГАЗОТУРБІННОЇ УСТАНОВКИ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ.....	53
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	58
ДОДАТОК 1. Контрольна карта перевірки витрат палива двигунів АІ-24 на землі.....	59
ДОДАТОК 2. Добова відомість роботи ГПА 6 двигуна ДЗ36-2 № 7083362720024	60

ВСТУП

Лабораторні заняття спрямовані на поглиблення знань студентів у процесі вивчення основних аспектів процесу експлуатації газотурбінних установок (ГТУ).

Мета лабораторних занять – набуття студентами практичних та дослідницьких навичок, уміння аналізувати та застосовувати здобуті знання для вирішення інженерних завдань.

Студентам завчасно видається тематика лабораторних робіт; вони повинні підготуватись до лабораторної роботи, вивчити теоретичний матеріал.

Перевіривши знання студентів з основних теоретичних відомостей роботи, викладач уточнює порядок виконання лабораторної роботи. Лабораторні роботи виконують дві підгрупи за участі лаборанта або техніка і під керівництвом викладача.

Лабораторні заняття можна проводити на авіаційних двигунах силових установок повітряних суден (ПС), або на стендах моторовипробувальної станції та в лабораторіях науково-навчального центру Національного авіаційного університету.

На робочих місцях лаборант або технік проводять інструктаж з охорони праці та техніки безпеки для виконуваної роботи. Студенти розписуються у журналі за проходження інструктажу з техніки безпеки, після чого під керівництвом викладача та лаборанта починають виконувати роботу.

Після виконання роботи студенти перевіряють наявність інструменту, розставляють по місцях обладнання та прибирають робочі місця.

Після закінчення робіт студенти оформлюють звіти (протоколи) з лабораторної роботи і викладач опитує та атестує студентів.

Лабораторна робота 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ МАСЛЯНОЇ СИСТЕМИ ГАЗОТУРБІННОЇ УСТАНОВКИ

Мета роботи: закріплення знань і набуття практичних навичок дослідження технічного стану (ТС) і технічного обслуговування (ТО) масляної системи (маслосистеми) ГТУ.

Завдання

1. Перевірити рівень масла в маслобаку двигуна і в разі потреби його дозаправити.
2. Провести огляд агрегатів маслосистеми:
 - паливомасляного радіатора;
 - фільтра-сигналізатора ФС-16Т;
 - магнітних пробок.
3. Злити пробу масла та виконати якісний аналіз масла.
4. За кожної з попередніх позицій записати виявлені дефекти, визначити їх причину та запропонувати способи усунення.

Стислі теоретичні відомості

Як об'єкт дослідження обрано маслосистему авіаційного ГТД НК-8-2У, у конвертованому для газоперекачувального агрегата варіанті – НК-16СТ.

Маслосистема двигунів НК-8-2У, НК-16СТ з обслуговуючими агрегатами міститься безпосередньо на двигуні. Вона є автономною системою і належить до систем циркуляційного типу. Основні агрегати маслосистеми за винятком маслобака, паливо-масляного радіатора (ПМР) і фільтра-сигналізатора вбудовані в конструкцію двигуна (коробки приводів, опори роторів, маслосбірники).

Маслосистема двигуна забезпечує подачу масла для змащування та охолодження підшипників, а також зубчастих передач і шліцьових з'єднань двигуна; відкачування масла з двигуна за принципом сухого картера, консервування порожнин опор та приводів і регенерацію масла. При регенерації масла передбачається винесення продуктів зносу, частинок нагару; дегазація масла, його охолодження та фільтрація.

Маслосистема виконана за короткозамкненою схемою (рис. 1.1) і оснащена приладами контролю її роботи 4 і 6, а також сигналізаторами наявності стружки 11, 12, 14, що дозволяє оцінювати ТС опор та приводів двигуна під час його роботи.

Маслосистема складається із системи мащення і системи суфлювання. У свою чергу система мащення складається з магістралей живлення, нагнітання та відкачування.

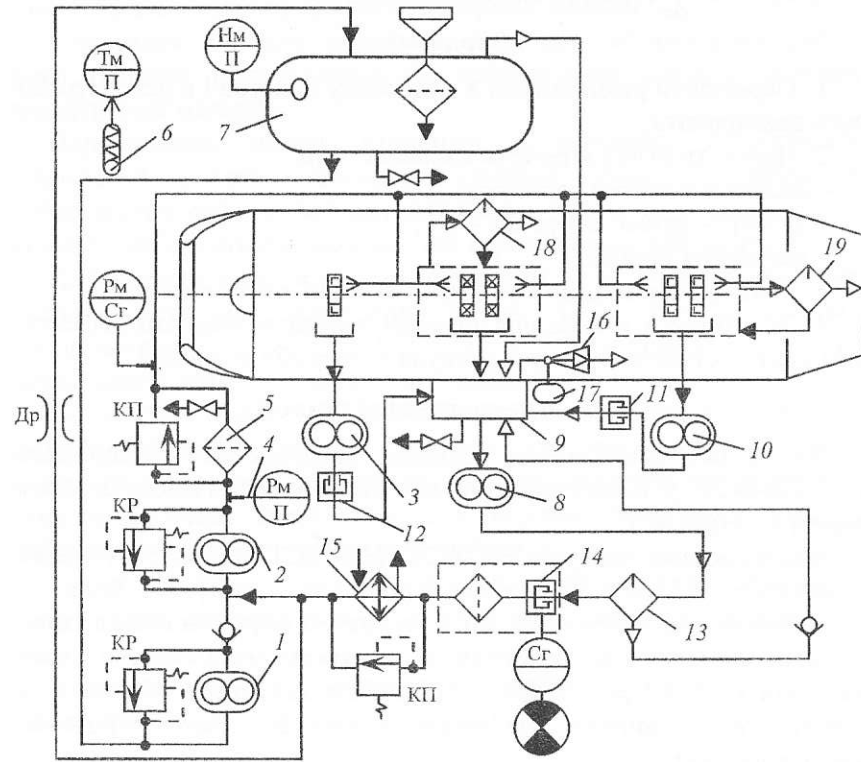


Рис. 1.1. Принципова схема маслосистеми двигуна НК-8-2У (НК-16СТ):

1 – насос підкачувальний; 2 – насос нагнітальний; 3, 8, 10 – насоси відкачувальні; 4 – система вимірювання тиску масла на вході у двигун; 5 – фільтр; 6 – система вимірювання температури масла на вході у двигун; 7 – маслобак; 9 – коробка приводів; 11, 12 – магнітна пробка; 13 – повітровіддільник (масляна центрифуга); 14 – фільтр-сигналізатор; 15 – ПМР; 16 – ежектор відведення конденсату; 17 – дренажний бачок; 18 – відцентровий суфлер середньої опори; 19 – відцентровий суфлер задньої опори; ДР – дросель; КП – клапан перепускний; КР – клапан редуційний

Магістраль живлення системи складається з маслобака 7, насоса 1 з редуційним клапаном КР та запірною клапана.

Магістраль нагнітання складається з нагнітального насоса 2 з редуційним клапаном КР, фільтра 5 з перепускним клапаном КП та форсунок, форсункових кілець у вузлах мащення.

Магістраль відкачування складається з маслозбірників, насосів 3, 8, 10 для відкачування масла з двигуна, пристроїв для дегазації масла 13, його очищення 14, охолодження 15.

Відкачувальні насоси (3, 8, 10) подають масло через масляну центрифугу 13 і маслорадіатор (ПМР) 15 на вхід в нагнітальний насос 2 (85...90% подачі масла), минаючи маслобак 7, забезпечуючи циркуляцію масла по внутрішньому контуру системи, і через дросель ДР – у маслобак 7 (10...15% подачі масла), забезпечуючи циркуляцію масла по зовнішньому контуру системи. Одночасно підкачувальний насос 1 подає масло з маслобака 7 з надлишковим тиском 0,06...0,08 МПа (0,6...0,8 кг/см²) на вхід у нагнітальний насос. На вході у нагнітальний насос змішуються потоки масла обох контурів.

Нагнітальний насос 2 підвищує тиск масла до 0,4^{-0,05} МПа (4^{-0,5} кг/см²) та направляє масло до фільтра 5. Постійність тиску масла в системі забезпечується редуційним клапаном КР нагнітального насоса. Далі очищене масло надходить на змащення підшипників передньої, середньої та задньої опор, приводів і агрегатів. Із підвищенням опору фільтра 5 понад 0,1 МПа (1 кг/см²) спрацьовує перепускний клапан КП, змонтований в корпусі фільтра. З опор і коробки приводів масло відкачується насосами в масляну центрифугу. У центрифугі під дією відцентрових сил масло звільняється від повітря, газів спрямовується в ПМР, з якого охоложене масло надходить на вхід у нагнітальний насос. Повітря, що відокремилася від масла, відводиться в порожнину коробки приводів моторних агрегатів.

Для створення циркуляції масла в баку для його обігрівання частина масла після ПМР через дросель ДР відводиться в бак 7. Назад у двигун масло з бака повертається підкачувальним насосом 1. За підкачувальним насосом установлений зворотний клапан, який використовується для запобігання перетіканню масла з бака у двигун, коли двигун не працює. Зворотний клапан спрацьовує у

разі надлишкового тиску 0,02...0,03 МПа (0,2...0,3 кг/см²) поза насосом.

Систему суфлювання призначено для зменшення витрати масла через вирівнювання тиску в масляних порожнинах з атмосферою. Суфлювання середньої опори і коробки приводів здійснюється через відцентровий суфлер 18, розміщений в коробці приводів літакових агрегатів. Задня опора двигуна з'єднується з атмосферою через відцентровий суфлер 19, розміщений на кришці опори. Передня опора суфлюється відкачувальним насосом 3. Маслобак сполучається з атмосферою суфлювальним трубопроводом через коробку приводів 9 і ежектор 16.

Технічний стан маслосистеми контролюється за допомогою системи вимірювання тиску масла 4, магнітних пробок 11, 12, фільтра-сигналізатора 14 і системи вимірювання температури масла на вході у двигун 6. У маслосистемі двигуна НК-8-2У використовуються мінеральне масло МК-8, МК-8П і синтетичне масло ВНИИ-НП-50-1-4Ф.

Масла МК-8, МК-8П (з антиокиснювальною присадкою іонолу) являють собою нафтові малов'язкі масла кислотного-контактного очищення, які одержують з малопарафінистої нафти.

Масло ВНИИ-НП-50-1-4Ф синтетичне (працездатне до + 175°C, забезпечує задовільне мащення), низькотемпературне, термостабільне і майже не випаровується.

Загальна місткість маслосистеми – 55 л.

Протягом усього ресурсу роботи двигуна масло не замінюють. У міру витрати масло доливають у систему під час ТО.

Для сучасних газотурбінних двигунів (ГТД) витрати масла невеликі і становлять не більше ніж 1...3 л/год.

Під час підготовки двигуна до роботи перевіряють кількість масла в баку і в разі потреби його дозаправляють. Підвищення витрати масла свідчить про несправності в маслосистемі: знос ущільнень, несправність трубопроводів і маслофільтрів, несправність в системі суфлювання. Виявити несправності можна шляхом контролю рівня масла в баку і зовнішнім оглядом маслосистеми.

У терміни, зазначені регламентом ТО, оглядають маслобак, ПМР, магнітні пробки перевіряють роботу фільтра-сигналізатора,

оглядають і промивають масляний фільтр на вході у двигун. Систематичний контроль ТС фільтрів, магнітних пробок, фільтра-сигналізатора дозволяє в ряді випадків виявляти початкові руйнування зношених деталей, які омиваються маслом. Однак цей контроль не дозволяє прогнозувати зношувальні відмови, а здебільшого виявляє несправності підшипникових вузлів та ущільнень опор двигуна.

Останнім часом у діагностичній практиці застосовують метод спектрального аналізу масла, що дозволяє оцінити концентрацію продуктів зносу в маслі і прогнозувати зношувальні відмови за 100...200 год до відмови двигуна. Цей метод ґрунтується на спалюванні в електричній дузі проб масла, а за випромінюваним спектром елементів, що згорають, визначається хімічний склад.

Спектральний аналіз масел на продукти зносу деталей двигуна і інших механізмів і машин виконують на малому фотоелектричному спектрометрі МФС-5.

В основу роботи спектрометра покладено відому емпіричну залежність Ломакіна–Шейбе інтенсивності спектральної лінії I від умісту c елементів a проби:

$$I = ac^b,$$

де a , b – величини, що залежать від властивостей джерела і аналітичної лінії.

Спектрометр складається з трьох основних блоків (рис. 1.2):

1. Джерело збудження спектра (генератор дуги ДГ-2) зі штативом для установлення електродів з пробами. Нижній дисковий електрод насаджується на вісь, з'єднану зубчастою передачею з електродвигуном, що забезпечує рівномірне обертання. Підбиранням змінних шестерень можна досягти чотири швидкості обертання.

2. Спектральний прилад (поліхроматор) з увігнутою дифракційною ґраткою розкладає випромінювання у спектр, який характеризує хімічний склад продуктів зносу, що містяться у пробі масла. Аналітичні лінії виділяються зі спектра за допомогою вихідних щілин, установлених на фокальній поверхні поліхроматора.

3. Електронно-реєструвальний пристрій забезпечує послідовне вимірювання зарядів на нагромаджувальних конденсаторах.

Процес вимірювання на установці автоматизовано частково. Тривалість попереднього випалювання та інтегрування задає реле часу. Тривалість інтегрування визначається також моментом заряду інтегровального конденсатора лінії порівняння до заздалегідь встановленого рівня. Послідовність перемикачів під час вимірювання забезпечується автоматично, а вибір і послідовність вмикання інтегровальних конденсаторів виконують вручну.

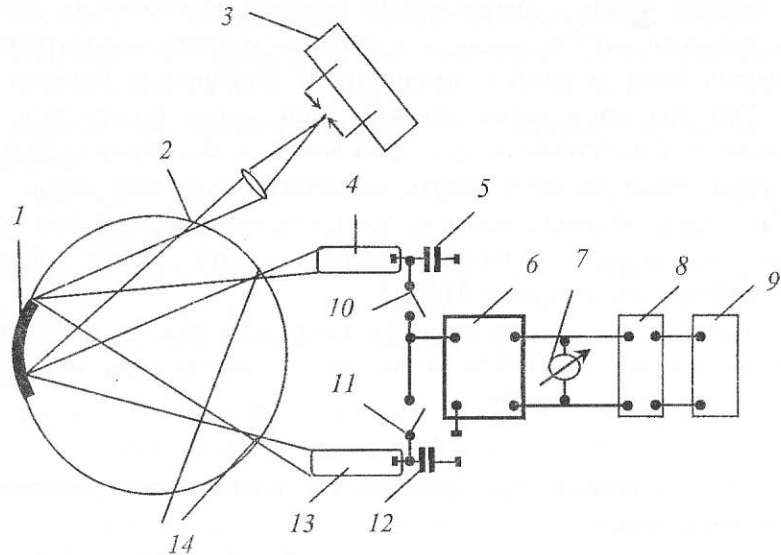


Рис. 1.2. Функціональна схема установки МФС-5:

- 1 – дифракційна ґратка; 2 – вхідна щілина; 3 – генератор дуги ДГ-2;
 4, 13 – фотоелектронні помножувачі (ФЕП)-180Д; 5, 12 – конденсатори нагромадження зарядів; 6 – вольтметр; 7 – мікроамперметр;
 8 – розподільник; 9 – самописний потенціометр;
 10, 11 – комутаційні пристрої; 14 – вихідна щілина

На установці МФС-5 виконують такі роботи:

- 1) спалювання приготовлених еталонів;
- 2) побудову тарувальних графіків для визначення концентрації продуктів зносу в маслі;
- 3) спалювання проби масла;
- 4) визначення вмісту металів у маслі з побудованими теоретичними графіками.

Порядок виконання роботи

1. Перед виконанням роботи вивчити конструкцію і роботу маслосистеми двигуна НК-8-2У, ознайомитися з розміщенням її агрегатів на двигуні.

2. Для виконання ТО маслосистеми встановити драбину під двигун, відкрити всі кришки його капоту, оглянути трубопроводи та агрегати маслосистеми, перевірити їх кріплення.

3. Виконати перевірку на відсутність течі масла, руйнування кріпильних затисків, пластин металізації. Знайдені несправності усунути.

4. Для перевірки рівня масла в маслобаку відкрити люк масломірів (знизу фюзеляжу у шпангоута № 68), перевірити кількість масла в маслобаках за стрілками показчиків масломірів (у кожному маслобаку має бути 21...28 л масла). Розконтрити ручку мірної лінійки маслобака і перевірити кількість масла в маслобаці по мірній лінійці (кількість масла в маслобаці має збігатися з показаннями відповідного масломіра), установити лінійку в бак, повернути і законтрити ручку лінійки.

5. Зняти, оглянути і встановити масляний фільтр. Для виконання роботи розконтрити рукоятку гвинта кришки фільтра та відгвинтити гвинт до звільнення траверси (під фільтр установити посудину для зливу масла), викрутити траверсу з пазів на стояках маслоагрегата, установити траверси на лапки стояків маслоагрегата і, використовуючи їх як опори, обертанням гвинта вивести фільтронакет з корпусу маслоагрегата. Оглянути фільтр, переконавшись в цілості сіток, відсутності металевих частинок і забруднень на секціях фільтрувального елемента (ФЕ) і промити ФЕ в промивальному відділенні.

6. Промитий фільтр установити в корпус маслоагрегата, завівши кінці траверси в пази на стояках, гвинтом дотягнути до упору кришку фільтра до дотикання її торців з корпусом маслоагрегата по всій довжині окружності.

Попередження.

1. Затягувати гвинт тільки вручну.
2. Не промивати ФЕ під час стоянки.

Для виконання огляду, перевірки працездатності і установки фільтра-сигналізатора ФС-16Т необхідно:

– злити масло із внутрішньої порожнини корпусу фільтра в посудину за допомогою шланга, приєднаного до зливного крана;

– розконтрити і відгвинтити гвинт кришки фільтра;

– обертаючи гвинт, вивести кришку фільтра з корпусу, а кінці траверси фільтра з пазів, вийняти фільтр з корпусу;

– оглянути фільтр (пошкодження секції фільтра і фільтрувальної сітки, руйнування і пошкодження ущільнювальних кілець не допускаються);

– перевірити легкість ходу рухомого контакту (рухомий контакт повинен вільно переміщатися і повертатися в крайнє положення під дією пружини);

– установити фільтр в корпус: завівши кінці траверси в пази гвинтом дотягнути кришку до дотикання її торців з корпусом фільтра по всій довжині окружності;

– законтрити рукоятку гвинта кришки фільтра.

Для огляду і установлення магнітних пробок потрібно:

– розконтрити магнітну пробку: втопити пробку, натиснувши на неї рукою, і повернути проти годинникової стрілки до суміщення штифту пробки з пазами на корпусі клапана, після чого вийняти магнітну пробку;

– оглянути стан магнітної пробки і переконатися у відсутності сталевих стружки на ній;

– установити на місце і законтрити магнітну пробку.

Примітка. Магнітні пробки встановлюють у лінії відкачування масла з передньої, середньої, задньої опор і на агрегаті ПШО-40.

Через зливний кран на піддоні коробки приводу моторних агрегатів необхідно злити пробу масла в посудину 50...100 мл, заповнити етикетку, указавши номер двигуна, його напрацювання, дату відбору пробки, пробу масла відправити в лабораторію спектрального аналізу.

Зміст звіту

Звіт має містити:

- 1) назву та мету роботи;
- 2) ксерокопію принципової схеми маслосистеми ГТУ;
- 3) порядок виконання роботи;
- 4) виявлені відмови і несправності;
- 5) висновки.

Запитання та завдання для самоперевірки

1. Яка мета лабораторної роботи?
2. Назвіть етапи виконання роботи.
3. Для чого призначається маслосистема?
4. Назвіть основні елементи маслосистеми ГТУ.
5. Охарактеризуйте роботу маслосистеми в цілому і її елементів зокрема.
6. Назвіть і коротко охарактеризуйте основні роботи, виконувані під час ТО елементів маслосистеми.
7. Що дозволяє оцінити метод спектрального аналізу масла?
8. На чому ґрунтується метод спектрального аналізу масла?
9. Як перевірити рівень масла в маслобаку?
10. Як перевірити стан масляного фільтра?
11. Наведіть порядок перевірки працездатності і установлення фільтра-сигналізатора ФС-16Т.
12. Наведіть порядок огляду і установлення магнітних пробок.
13. Що повинен містити звіт про лабораторну роботу?

Лабораторна робота 2

ОЦІНЮВАННЯ СТУПЕНЯ ЗАБРУДНЕННЯ ФІЛЬТРІВ, ЇХ ОЧИЩЕННЯ ТА КОРИГУВАННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ФІЛЬТРОЕЛЕМЕНТІВ ТОНКОГО ОЧИЩЕННЯ

Мета роботи:

- 1) закріплення здобутих знань про причини забруднення ФЕ та методи ТО;
- 2) набуття практичних навичок оцінювання ТС ФЕ, промивання їх на ультразвуковій установці та визначення періодичності їх заміни.

Завдання

1. Виконати проливання ФЕ на приладі контролю фільтрів (ПКФ) і дані занести в протокол.
2. Промити ФЕ.
3. Спрогнозувати зміну ТС ФЕ і визначити періодичність їх ТО за даними часу проливання.

Стислі теоретичні відомості

У процесі експлуатації ГТУ відбувається постійне забруднення паливно-мастильних матеріалів (ПММ). Основними джерелами забруднення ПММ у процесі експлуатації є:

- 1) продукти, які заносяться зовні (частинки пилу і піску при пилових бурях);
- 2) продукти корозії деталей і агрегатів, які омиваються ПММ, зносу пар тертя, вимивання компонентів ущільнювань;
- 3) продукти окиснення і розпаду нестабільних вуглеводнів – коксу, смол, шлаків.

Надійність і довговічність систем ГТУ залежать від чистоти робочих рідин, що циркулюють у системах. Очищення робочих рідин систем ГТУ від сторонніх завислих частинок забезпечується фільтрами. Ресурс фільтра визначається граничним станом його ФЕ, який характеризується таким параметром, як вільна площа його фільтрувальної поверхні.

Як діагностичні параметри фільтрів використовують: перепад тиску рідини ΔP на фільтрі і параметр $\tau_{ПКФ}$ – заповнення ФЕ при зануренні його у рідину АМГ-10 ПКФ.

Перепад тиску на фільтрах дозволяє не знімаючи ФЕ оцінити їх ТС у процесі їх функціонування. Параметр $\tau_{ПКФ}$ дозволяє оцінити ТС ФЕ, знятих із систем ГТУ. Характер зміни діагностичних параметрів фільтрів ΔP і $\tau_{ПКФ}$ зображений на рис. 2.1.

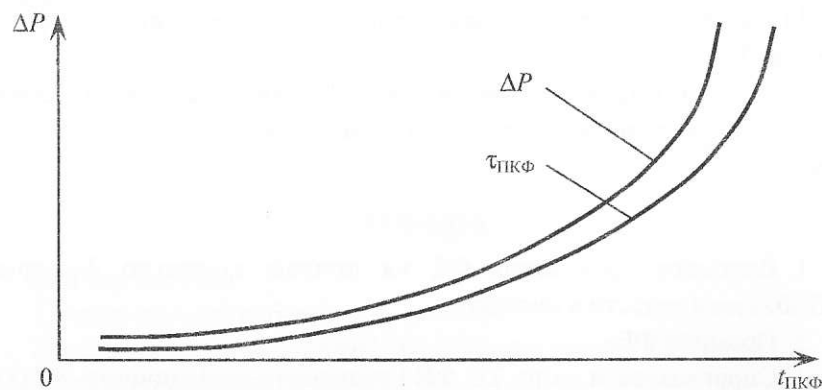


Рис. 2.1. Залежність ΔP і $\tau_{ПКФ}$ від напрацювання фільтра t

Наприклад, в авіаційних паливних системах найбільш поширеними є ФЕ 340079А, 8Д5.886.528.

Основні дані ФЕ 340079А:

- робочий тиск – 0,31 МПа (3,2 кгс/см²);
- максимальна пропускна здатність – 660 л/год;
- перепад тиску, за якого спрацьовує перепускний клапан – 0,05...0,06 МПа;
- перепад тиску, за якого загоряється сигнальна лампа «Відмова паливного фільтра» – 0,0368...0,0466 МПа (0,375...0,475 кгс/см²);
- тонкість фільтрації – 12... 16 мкм;
- площа фільтрувальної поверхні – 0,208 м² (2080 см²).

Як пористий матеріал у ФЕ 340079А застосовано гофровану нікелеву сітку саржевого плетіння 80×720 (рис. 2.2). На одному погонному сантиметрі міститься 80 основ із дроту діаметром 50 мкм і 720 утоків із дроту діаметром 30 мкм. Залежно від ступеня залишкових забруднень на ФЕ змінюється час $\tau_{ПКФ}$ заповнення його внутрішнього об'єму рідиною АМГ-10. Фільтрувальний елемент 340079А допускається установлювати в паливну систему, якщо $\tau_{ПКФ} \leq 5$ °С.

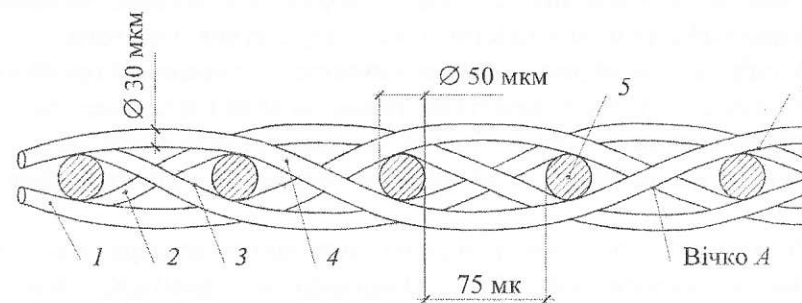


Рис. 2.2. Поперечний переріз сітки саржевого плетіння:

1, 2, 3, 4 – дроту утоків; 5, 6 – дроту основи

Оскільки фільтри забруднюються безперервно, то їх слід промивати.

Фільтри грубого очищення очищують щіточкою в чистому бензині Б-70 або чистому гасі, після чого просушують продуванням повітрям. Промивання фільтрів тонкого очищення звичайним

способом не дає позитивних результатів. Тому їх рекомендують очищати ультразвуковим методом.

Ультразвукова установка призначена для очищення ФЕ паливних і масляних фільтрів від механічних домішок, смолистих речовин і продуктів коксування.

Ультразвукова установка – це ультразвуковий генератор з технологічним пристроєм і блоком керування, вмонтованим у загальний металевий контейнер. Принцип роботи установки ґрунтується на перетворенні електричних коливань у механічні за допомогою ефекту магнітострикції – здатності деяких феромагнітних матеріалів змінювати свої геометричні розміри під дією магнітного поля.

Генератор електромагнітних коливань ультразвукової частоти УЗГ-10 (ультразвуковий генератор з вихідною потужністю 10 кВт) змонтований в металевій шафі. Вимірювальні прилади, кнопки, сигнальні лампи та ручки керування розміщені на передній панелі. Рубильник у колі живлення генератора міститься під задніми дверцятами, уведення та виведення охолодної води – у нижній частині каркаса.

Генератор живиться від мережі змінного струму напругою 220/380 В і частотою 50 Гц, створює на виході змінний електричний струм потужністю 10 кВт ультразвукової частоти.

Ультразвуком називають різні механічні коливання у пружних середовищах і тілах з частотами понад 20 000 Гц, які не здатне сприймати людське вухо. Звідси коливання будь-якого виду з частотами понад 20000 Гц називають коливаннями ультразвукової частоти.

Якщо інтенсивні ультразвукові коливання поширюються в рідині, спостерігається ефект ультразвукової кавітації. Явище кавітації зумовлено головним чином тим, що рідини легко переносять надвеликі всебічні стиснення і надзвичайно чутливі до розтяжних зусиль. Під час проходження фази хвилі, що створює розрідження, у рідині виникає безліч розривів у вигляді дрібних бульбашок зазвичай в тих місцях, де міцність рідини ослаблена. Такими місцями є малі пухирці газу, частинки сторонніх домішок та ін. Ці малі порожнини, так звані навігаційні бульбашки, після короткочасного існування зхлопується. У момент зхлопування

кавітаційних бульбашок відбувається велике місцеве миттєве підвищення тиску до 20...30 МПа (200...300 кг/см²), а місцеве підвищення температури – до 300...400 °С. Такі тиски призводять до механічних руйнувань осаду, що містяться поблизу місць зхлопування.

Кавітація загрудняється зі збільшенням зовнішнього тиску і наростає з підвищенням температури.

Фільтрувальні елементи із сітками саржевого плетіння мають велику кількість капілярних каналів, ефективне очищення яких можливе лише за наявності нормально діючих сил у цих каналах. Такі сили і виникають якраз у момент зхлопування кавітаційних бульбашок. Кавітаційні бульбашки з'являються в результаті зміни тиску в мийному розчині під дією ультразвукових коливань випромінювальної пластини магнітострикційного перетворювача.

Для промивання нікелевих саржевих ФЕ застосовують лужні розчини з додаванням поверхнево-активних речовин та індикаторів корозії. Рекомендується такий склад мийного розчину:

- тринатрійфосфат – 30 г на 1 л води;
- змочувач типу ОП-7 – 3 г на 1 л води;
- натрій азотистокислений – 2 г на 1 л води.

Найбільш ефективну хімічну дію розчин має за температури 55...65 °С.

Як мийні розчини, застосовують:

- масло АМГ-10 за температури $t = 65...70$ °С;
- масло 7-50с-3 за температури $t = 65...70$ °С.

Порядок перевірки ФЕ на залишкове забруднення (рис 2.3) такий:

- установити ФЕ на ПКФ;
- занурити ФЕ в посудину з рідиною АМГ-10 до рівня, показаного на рис. 2.3, потім вийняти і дати стекти рідині (для утворення плівки поверхневого натягу всередині сітки – отримання більш стабільних результатів вимірювання);
- приготувати секундомір, установити заглушку і, заклавши великим пальцем отвір сигналізатора на ПКФ, опустити ФЕ в рідину;
- відкрити отвір ПКФ, прибравши палець, і одночасно ввімкнути секундомір;

– у момент збігу сигнальної кнопки 1 з рівнем верхнього торця ручки 2 секундомір увімкнути і визначити час заповнення ФЕ рідиною АМГ-10.

Слід враховувати, що час заповнення ФЕ рідиною АМГ-10 (час проливання) залежить від навколишньої температури (рис. 2.4).

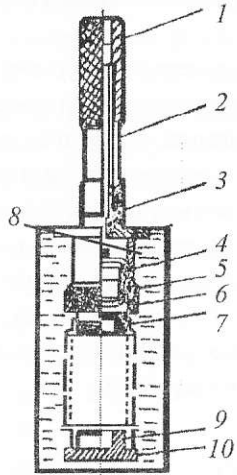


Рис. 2.3. Прилад для контролю ФЕ:

- 1 – сигнальна кнопка; 2 – ручка;
- 3, 7, 9 – ущільнення; 4 – поплавок;
- 5 – корпус; 6 – перехідник;
- 8 – фланець; 10 – заглушка

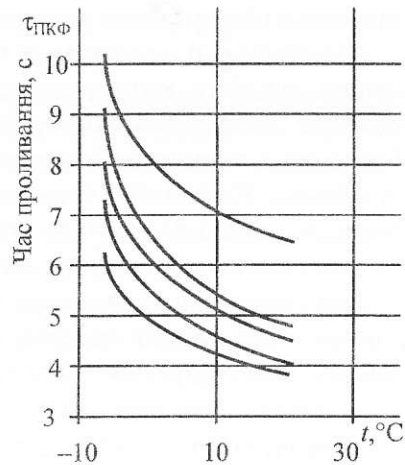


Рис. 2.4. Залежність часу проливання ФЕ від температури АМГ-10

Порядок виконання роботи

Регламентом ТО для кожного типу ПС установлюється визначене напрацювання або календарний час експлуатації до очищення ФЕ, фільтрів тонкого очищення (низького тиску), що зазвичай менше від періодичності трудомісткого регламенту для літака. Тому встановлення оптимального напрацювання до очищення ФЕ є одним з резервів зменшення трудомісткості оперативних форм ТО, економії ПММ, а також підвищення рівня безпеки.

Як основний діагностичний параметр взято параметр $\tau_{пкф}$, значення якого визначають приладом ПКФ. Значення параметра $\tau_{пкф}$ зворотно-пропорційне кількості відкритих пор (живому перерізу) фільтрувальної сітки ФЕ.

Показники напрацювання до очищення ФЕ:

– напрацювання від початку експлуатації або поновлення експлуатації ФЕ після останнього очищення t ;

– математичне сподівання (середнє значення) напрацювання до очищення m_i ;

– середнє квадратичне відхилення (розкид) напрацювання до очищення σ_i ;

Як прогнозований параметр застосовано відносний коефіцієнт проникності Π , який пов'язаний з параметром $\tau_{пкф}$ такою залежністю:

$$\Pi = \tau_{\min} / \tau_{пкф}, \quad (2.1)$$

де τ_{\min} – мінімально можливе значення параметра $\tau_{пкф}$ для чистого і герметичного ФЕ.

Для оцінювання та прогнозування ТС ФЕ кількість n парних значень $(t, \tau_{пкф})$ має бути не меншою ніж 20...30.

Статистичні дані можна обробляти з використанням графічного методу та електронно-обчислювальної машини.

За графічного методу оброблення та аналіз статистичних даних виконують у такій послідовності:

1. За формулою (2.1) за значенням $\tau_{пкф}$ знаходять значення Π_i , $i=1, 2, \dots, n$. Доцільним значенням τ_{\min} є 2 с.

2. Експериментальні точки (t_i, Π_i) наносять на графік (рис. 2.5). По осі X відкладають значення аргумента, а по осі Y – значення функції (параметр Π).

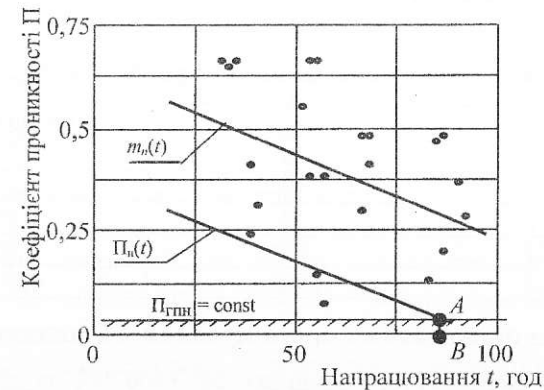


Рис. 2.5. Приклад використання графічного методу для оцінювання і прогнозування технічного стану ФЕ на літаку Іл-62

3. Визначають нижню довірчу границю процесу $\Pi(t)$ забруднення ФЕ, для чого паралельно прямій $m_n(t)$ нижче від неї проводять пряму $\Pi_n(t)$ таким чином, щоб над нею розміщувалося не менше як 95 % точок (t_i, Π_i) .

4. Визначають граничнодопустиме напрацювання (ГДН) до очищення ФЕ $\tau_{\text{доп}}$. Для цього паралельно осі X проводять пряму $\Pi = \Pi_{\text{ГДН}} = \text{const}$ до перетину з прямою $\Pi_n(t)$ і знаходять точку A .

5. Із точки A опускають перпендикуляр на вісь X . Точка перетину B відповідає напрацюванню $t_B = \tau_{\text{ГДН}}$. За цього напрацювання імовірність виходу параметра Π за допуск $\Pi_{\text{ГДН}}$

$$P(\Pi < \Pi_{\text{ГДН}}) \approx 0,05.$$

Слід проаналізувати розміщення точок на графіку. За відліку значень параметра $\tau_{\text{ПКФ}}$ із заданою точністю і правильності напрацювання t точки (t_i, n_{ii}) групуються навколо прямої вигляду

$$\Pi = m_n(t) = a_0 + a_1 t, \quad (2.2)$$

де a_0, a_1 – коефіцієнти ($a_0 = m_0$); a_1 – швидкість зміни параметра n напрацювання t ($a_1 > a_0$).

Рівняння (2.2) характеризує математичне сподівання (середнє значення) випадкового процесу $\Pi(t)$ забивання ФЕ на групі ПС.

Проводять пряму $m_n(t)$, апроксимуючи досліджені точки t_i, n_{ii} , дотримуючись такого правила: кількість точок над прямою має по можливості дорівнювати кількості точок під прямою (рис. 2.5). Значення параметрів $\tau_{\text{ГДН}}$ та $\Pi_{\text{ГДН}}$ (якщо $\tau_{\text{мін}} = 2$ с) для ФЕ деяких ПС наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Нормовані значення параметрів $T_{\text{доп}}$ та $\Pi_{\text{доп}}$

Тип ПС	$\tau_{\text{ГДН}}$	$\Pi_{\text{ГДН}}$ (якщо $\tau_{\text{мін}} = 2$ с)
Ту-154	30	0,67
Іл-62	40	0,05
Як-42	50	0,04
Ан-12	100	0,02
Ан-24	120	0,017

Приклад оцінювання і прогнозування ТС паливних ФЕ

У процесі експлуатації паливних ФЕ 340079А на літаку Іл-62М отримано $n = 27$ парних значень $(t_i, \tau_{\text{ПКФ}})$ $i = 1, 2, \dots, n$, які наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Дані експлуатації фільтрувальних елементів на літаках Іл-62М

Номер ФЕ	$t_i, ^\circ\text{C}$	$\tau_{\text{ПКФ}}, \text{с}$	Номер ФЕ	$t_i, ^\circ\text{C}$	$\tau_{\text{ПКФ}}, \text{с}$	Номер ФЕ	$t_i, ^\circ\text{C}$	$\tau_{\text{ПКФ}}, \text{с}$	Номер ФЕ	$t_i, ^\circ\text{C}$	$\tau_{\text{ПКФ}}, \text{с}$
1	57	19	9	80	4	17	51	5	25	37	3
2	57	13	10	80	4	16	51	7	26	37	3
3	57	3	11	80	38	19	51	3,5	27	37	3
4	57	3	12	80	38	20	51	5			
5	87	5	13	38	4	21	70	5			
6	87	9	14	38	6	22	70	6			
7	87	11	15	38	7	23	70	4			
8	87	7	16	38	5	24	70	4			

Для очищення ФЕ знімають під час ТО за формою Б2. Потрібно, використовуючи графічний метод, визначити $\tau_{\text{гпн}}$ і оцінити можливість збільшення напрацювання ФЕ до очищення.

Розв'язання. За умови, що $\tau_{\text{мін}} = 2$ с, за формулою (2.1) визначають значення прогнозного параметра Π_i і заповнюють табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Значення прогнозного параметра Π_i

$\tau_{\text{ПКФ}}$	Π_i	$\tau_{\text{ПКФ}}$	Π_i	$\tau_{\text{ПКФ}}$	Π_i	$\tau_{\text{ПКФ}}$	Π_i
19	0,1052	7	0,2057	7	0,2857	6	0,3333
13	0,1538	4	0,5	5	0,4	4	0,5
3	0,6666	4	0,5	5	0,4	4	0,5
5	0,4	38	0,526	7	0,2857	3	0,6666
9	0,2222	4	0,5	3,5	0,5714	3	0,6666
11	0,1818	6	0,3333	5	0,4	3	0,6666

Переконавшись, що експериментальні точки групуються навколо прямої, проводять апроксимуючу пряму $m_n(t)$, потім пряму $\Pi_n(t)$. Згідно з табл. 2.1 для літака Іл-62М значення параметра $\Pi_{\text{ГДН}} = 0,05$. Проводять пряму $\Pi(0,05) = \text{const}$ і знаходять значення $t_B = \tau_{\text{ГДН}} \approx 81$ год.

Оскільки максимальне значення напрацювання $\tau_{\text{гпн}}$ досліджуваної статистики дорівнює 87 год, а значення параметра $\tau_{\text{ГДН}} = 81$ год, можна стверджувати, що періодичність

обслуговування (за формою Б2) є найбільш прийнятною і збільшувати напрацювання ФЕ до очищення не доцільно.

За результатами аналізу необхідно:

– зменшити напрацювання до очищення ФЕ, якщо максимальне значення напрацювання τ_{\max} досліджуваної статистики перевищує допустиме значення $T_{\text{ГДН}}$;

– не змінювати встановлене напрацювання до очищення ФЕ, якщо значення τ_{\max} досліджуваної статистики приблизно однакове з допустимим значенням $T_{\text{ГДН}}$;

– збільшити напрацювання до очищення ФЕ, якщо значення досліджуваної статистики менше від допустимого значення $T_{\text{ГДН}}$.

Примітка. Напрацювання ФЕ до очищення (перший крок прогнозу) може збільшуватися на величину ΔT , що не перевищує одну другу значення τ_{\max} досліджуваної статистики, але не більше ніж на $\Delta T = 50 \pm 5$ год.

Після переходу на нову періодичність очищення ФЕ повторно оцінюється T_i , у разі потреби періодичність очищення коригується, тобто виконується другий крок прогнозу і т.д.

Оцінювання і прогнозування ТС ФЕ набагато спрощуються з використанням ЕОМ для обчислювальних операцій. При цьому істотно підвищуються точність і достовірність прогнозу.

Зміст звіту

Звіт має містити:

- 1) опис лабораторної роботи;
- 2) вимірювання, виконані у вигляді таблиць;
- 3) графік оцінювання та прогнозування ТС ФЕ.

Запитання та завдання для самоперевірки

1. Яка мета лабораторної роботи?
2. Назвіть етапи виконання роботи.
3. Якими продуктами забруднюються ПММ та фільтри, що їх очищують?
4. Як влаштовані фільтри грубого і тонкого очищення (матеріали і тонкість фільтрації)?
5. Якими способами і чому очищують фільтри грубого і тонкого очищення?
6. Чому установку для очищення фільтрів тонкої фільтрації називають ультразвуковою?

7. Що являє собою коливання ультразвукової частоти в ультразвуковій установці?
8. Як створюються коливання струму ультразвукової частоти в ультразвуковій установці?
9. Як впливає ефект кавітації в ультразвуковій установці?
10. Як очищуються фільтри в ультразвуковій установці?
11. Охарактеризуйте способи перевірки ступеня забруднення фільтрів безпосередньо на літаку і в лабораторії.
12. Що таке ПКФ і як він улаштований?
13. Наведіть порядок перевірки забрудненості за допомогою ПКФ.
14. Яку рідину застосовують для очищення фільтрів і для перевірки їх забрудненості за допомогою ПКФ?
15. Як залежать параметри міри забрудненості ΔP і $\tau_{\text{ПКФ}}$ від напрацювання?
16. Що таке відносний коефіцієнт проникності фільтрів?
17. Як значення відносного коефіцієнта проникності фільтрів залежить від напрацювання?
18. Яке значення довірчої границі процесу забруднення ФЕ вважається допустимим?
19. Які прямі потрібно провести на графіку для прогнозування ТС ФЕ?
20. Як знайти на графіку шукану періодичність зняття і промивання фільтрів?
21. Що має містити звіт про лабораторну роботу?

Лабораторна робота 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗАПУСКУ ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА НА СТЕНДІ-ТРЕНАЖЕРІ ЗА ВИМІРЮВАНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Мета роботи: відпрацювання первинних практичних навичок запуску та дослідження процесу запуску ГТД.

Завдання

1. Ознайомитися з призначенням та розміщенням приладів контролю параметрів двигуна.
2. Підготувати системи до запуску ГТД.
3. Запустити двигун.
4. У процесі запуску чітко стежити за займанням пускового та робочого палива, тиском масла, збільшенням обертів і температурою газів поза турбіною та часом виходу двигуна на оберти малого газу.

5. Прогріти, частково опробувати і зафіксувати час прийнятності двигуна.

6. Зупинити двигун і встановити всі вимикачі у вихідне положення.

Стислі теоретичні відомості

Запуск двигуна – це процес приведення двигуна в дію зі стану спокою на мінімально стійкий режим роботи «Малый газ» за допомогою пускової системи.

Малый газ – це такий режим роботи, за якого будь-які сторонні дії не можуть привести до вимкнення двигуна.

Процес запуску ГТД включає:

- розкручування ротора стартером;
- подачу пускового палива і його займання;
- подачу робочого палива;
- розкручування ротора стартером і турбіною;
- виведення двигуна на режим малого газу.

Процес запуску ГТД досліджують на стенді-тренажері (рис. 3.1).

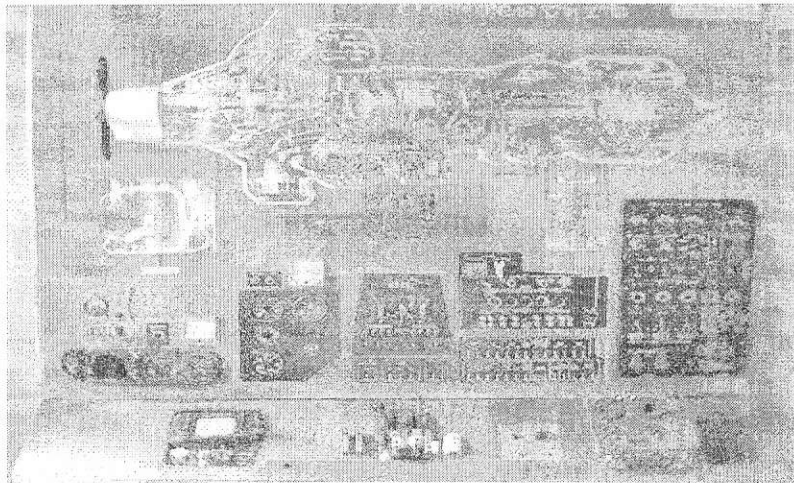


Рис. 3.1. Загальний вигляд стенда-тренажера

Стенд має металевий каркас, усередині якого містяться електронні блоки, які моделюють роботу системи запуску. Зовні каркас має дві панелі – вертикальну та похилу.

На вертикальній панелі (рис. 3.2) стенда розміщений плакат перерізу двигуна АІ-24. Під плакатом ліворуч розміщені прилади контролю:

- тиску в гідравлічній системі;
- кількості масла в двигуні;
- кількості рідини в гідравлічній системі;
- рівня вібрації;
- вольтметр контролю роботи граничного регулювання температури;
- амперметр та годинник.

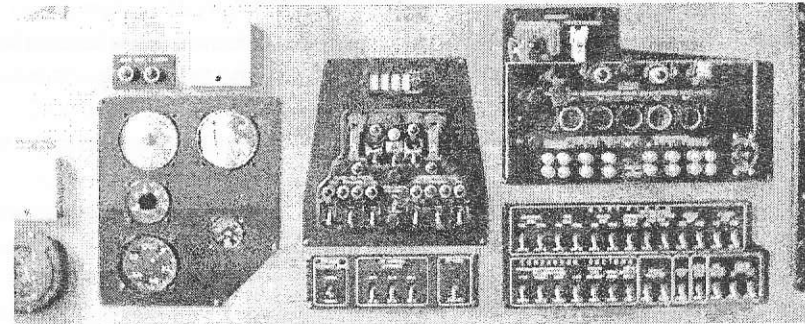


Рис. 3.2. Вертикальна панель стенда-тренажера

Посередині вертикальної панелі розміщені прилади контролю процесу запуску та керування системами, а також автомати захисту мережі, приладів контролю та керування двигуном.

На похилій панелі (рис. 3.3) розміщені панель запуску, стопкрани, важелі керування двигунами (ВКД), вимикач «Зняття гвинта з упору», щиток перевірки системи пожежогасіння, циклограма, щиток керування стендом.

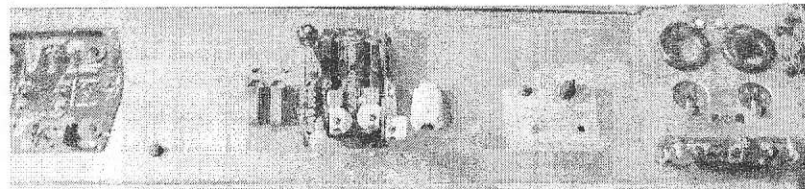


Рис. 3.3. Похила панель стенда-тренажера

Стенд-тренажер дозволяє:

- керувати енергозабезпеченням літака та перевіряти значення напруги та струму;
- перевіряти стан системи пожежогасіння;

- запускати двигун від наземних або бортових джерел живлення;
- керувати процесом запуску двигуна та контролювати параметри процесу запуску;
- виконувати холодне прокручування;
- здійснювати флюгерування двигуна;
- керувати роботою двигуна та контролювати його роботу за приладами;
- зупиняти двигун.

Порядок виконання роботи

Перед виконанням лабораторної роботи ретельно ознайомитись з призначенням та розміщенням приладів контролю, ВКД, а також перемикачів та автоматів захисту мережі на панелях стенда.

Готуючись до запуску на стенді, необхідно виконати такі операції:

- на щитку керування стендом увімкнути джерело живлення стенда та вимикачі АР-1; АР-2; «Програму запуску»; «Винт»; «Сирену»;
- перевірити напругу наземного джерела електроенергії (напруга має становити 28,5...29 В);
- перемикач «Аэродром – Борт» на електрощитку радиста поставити в положення «Аэродром», а перемикач аварійного живлення «Автомат – Ручное» – у положення «Основная шина»;
- перевірити напругу бортових акумуляторів, яка повинна бути не меншою за 24 В;
- увімкнути всі автомати захисту мережі на відповідному щитку;
- увімкнути перетворювач ПО-750;
- перемикач «Воздух – Земля» на електрощитку радиста поставити в положення «Воздух». Упевнитися, що напруга на аварійній шині становить 115 В. Поставити перемикач у положення «Земля»;
- перемикач вольтметра змінного струму поставити в положення «Осн. шина 115 В»;
- перевірити стан системи пожежогасіння, для чого:

а) галетний перемикач на щитку пожежогасіння поставити в положення «Проверка», при цьому мають загорітися жовті лампочки, а червоні не повинні горіти;

б) для перевірки справності груп датчиків системи пожежогасіння перемикач на похилій панелі поставити в положення 1–2–3 (перша група) і натиснути кнопку «Проверка», при цьому повинна загорітися лампа та спрацювати сирена.

Інші групи датчиків перевірити аналогічно.

в) датчики гасіння пожежі всередині двигуна перевірити таким чином: поставити галетний перемикач (на похилій панелі) в положення «Первый внутренний» та натиснути на кнопку «Проверка датчиков», при цьому повинна загорітися лампа «Пожар внутри левого двигателя» та спрацювати сирена.

Решту ланцюгів датчиків перевірити аналогічно;

г) для перевірки справності розподільних кранів перемикач на похилій панелі поставити в положення «Краны» і натиснути лампу-кнопку «Пожар РУ-19» (на лицьовій панелі), при цьому загоряється червона та гаснуть чотири жовті лампочки першої черги. Для повернення лампи-кнопки у вихідне положення перевести галетний перемикач з положення «Проверка» у нейтральне. Для продовження перевірок галетний перемикач поставити в положення «Проверка».

Решту груп розподільних кранів перевірити аналогічно;

д) після завершення перевірки галетний перемикач поставити в нейтральне положення «Пожаротушение» і застопорити.

– перевірити за допомогою приладів, розміщених на вертикальній панелі (див. рис. 3.2), кількість масла та гідравлічної рідини – 35...37 л та 22...27 л відповідно;

– упевнитися, що тиск в гідравлічній системі (110 кг/см^2);

– поставити вимикач зняття гвинта з упору в положення «Снят с упора»;

– відкрити пожежні крани двигунів, при цьому загоряються зелені сигнальні лампи;

– установити перемикач «Стоп-крань» в положення «Открыто»;

– увімкнути підкачувальні насоси паливної системи літака, при цьому загоряються сигнальні зелені лампи роботи насосів;

– перевірити легкість руху ВКД. Поставити важелі в положення земного малого газу;

- відкрити кришку панелі запуску;
- поставити перемикач вибору двигуна «Лев.–Прав.» у положення «Лев.»;
- перемикач «Холодная прокрутка – Запуск» поставити в положення «Запуск»;
- перемикач «Земля – Воздух» поставити в положення «Земля»;
- перемикач підсилювача регулятора температури поставити в положення «Включено».

Упевнитися в правильності виконання наведених вище операцій.

Короткочасно на 1...2 с натиснути та відпустити кнопку «Запуск». При цьому загоряється сигнальна лампа системи автоматичного запуску двигуна. Двигун за час не більший ніж 120 с виходить на оберти малого газу (91... 94 %).

Застереження. Двигун не запускається, якщо:

- не вимкнено систему граничного регулятора температури;
 - важіль керування двигуном стоїть на позначці «більше 7» згідно з покажчиком положення важеля палива;
 - перемикач «Воздух–Земля» установлений в положенні «Воздух».
- У процесі запуску двигуна потрібно контролювати:
- оберти вала двигуна, які повинні безперервно наростати до виходу на оберти малого газу;
 - температуру газів за турбіною, яка не повинна перевищувати 750 °С;
 - оберти відімкнення стартера-генератора, які не повинні перевищувати 48 %. Якщо стартер-генератор не вимкнувся після обертів 48 %, необхідно зупинити двигун, натиснувши кнопку «Прекращение запуска»;
 - напруга бортової мережі не повинна знижуватися менше ніж 16 В;
 - тиск масла в двигуні має безперервно підвищуватись у процесі запуску і за одну хвилину після виходу на режим малого газу має бути не меншим ніж 0,3 МПа (3,0 кгс/см²).

Запуск необхідно припинити, якщо:

- напруга стала нижчою за норму (16 В);
- пожежа на двигуні;
- не відбувається займання палива в потрібний момент;
- припинилося зростання обертів (двигун завис);
- температура газів стійко тримається вище за норму;
- немає тиску масла;
- температура масла вища за норму;

- не з'явився тиск палива;
- передчасно вимкнувся, або не вимкнувся стартер;
- двигун не вийшов на оберти режиму «Малый газ» за 120 с.

Для припинення процесу запуску на першому і другому етапах натиснути кнопку «Припинення запуску», потім перекрити стоп-кран, на третьому етапі – перекрити стоп-кран.

Після виходу двигуна на оберти «Малый газ» перейти на живлення бортової мережі від бортових джерел. Для цього:

- перемикач «Аэродром – Борт» перевести в положення «Борт», при цьому погаснуть лампи АР-1 та АР-2;
- перемикач ПО-750 поставити в положення «Борт».

Після прогрівання масла до температури 40 °С необхідно:

- прогріти масло циліндрової групи гвинта повним дворазовим переміщенням ВКД з 0 до 34 град. по УПРТ-2, тиск масла повинен бути 4...4,5 кгс/см².

Після прогрівання масла перевірити стійкість роботи двигуна та його параметри, для цього:

- вимикач зняття гвинта з упору поставити в положення «Винт на упор»;
- плавно перевести ВКД з режиму «Малый газ» на злітний режим та перевірити параметри двигуна, які повинні бути такими: тиск палива не вищий за 6,5 МПа (65 кгс/см²); тиск масла 0,4...0,45 МПа (4...4,5 кгс/см²); температура масла 70...80 °С; тиск масла у вимірювачі крутного моменту – 9,2 МПа (92 кгс/см²); температура газів не вища за 525 °С.

Після перевірки параметрів двигуна зняти гвинт з упору, для чого вимикач зняття гвинта з упору поставити в положення «Снят с упора» і плавно перевести ВКД у положення 0 за покажчиком УПРТ-2.

Для перевірки часу виходу двигуна з режиму «Полётный малый газ» до злітного режиму необхідно:

- поставити ВКД у положення 23° за УПРТ-2;
- поставити вимикач у положення «Винт на упоре»;
- перевести за 1,5...2 с з режиму «Полётный малый газ» в ВКД до 100° за УПРТ-2. Час виходу двигуна на злітний режим не повинен перевищувати 15 с. Злітний режим контролюється за тиском палива, який повинен бути не більшим ніж 6,5 МПа (65 кгс/см²);

– поставити через 10...15 с вимикач зняття гвинта з упору в положення «Снят с упора» і за 1...2 с перевести ВКД у положення 0 за УПРТ-2. Двигун повинен перейти в режим наземного малого газу.

Для зупинення двигуна поставити ВКД в положення 0 за УПРТ-2. Двигун можна зупинити трьома способами:

- перемикачем «Останов двигателя». Для зупинки двигуна необхідно перемикач поставити в положення «Останов»;
- перемикачем пожежного крана двигуна;
- флюгеруванням гвинта шляхом натиснення на кнопку флюгерування.

Примітки: 1. Перед зупиненням двигуна необхідно охолодити двигун, відпрацювавши на режимі МГ протягом 2...3 хв.

2. У процесі зупинення перевіряється вибіг ротора двигуна.

Після зупинення двигуна необхідно дочекатися відпрацювання програми, тільки тоді всі вимикачі поставити у вихідні положення.

Зміст звіту

Звіт має містити:

- 1) призначення і мету роботи;
- 2) підготовку стенда до запуску;
- 3) запуск двигуна і контроль параметрів роботи двигуна, часу виходу на режим малого газу і прийманості двигуна;
- 4) послідовність виконання роботи;
- 5) висновки.

Запитання та завдання для самоперевірки

1. Яка мета лабораторної роботи?
2. У чому полягає призначення запуску двигуна?
3. У яких випадках виконують холодне прокручування двигуна?
4. Назвіть етапи запуску.
5. У чому полягає підготовка стенду до запуску?
6. Назвіть значення параметрів на стенді перед запуском двигуна (кількість масла та гідравлічної рідини, тиск у гідравлічній системі, напруга наземного джерела електроенергії, напруга бортових акумуляторів, напруга на аварійній шині та ін.).
7. Як перевіряється працездатність протипожежної системи?
8. Назвіть основні параметри відстеження в початку запуску за електричної системи запуску.

9. Наведіть основні параметри відстеження в початку запуску за повітряної системи запуску.
10. Що таке «холодне зависання» обертів?
11. Що таке «гаряче зависання» обертів?
12. Які основні параметри двигуна контролюють під час дослідження процесу запуску?
13. Що таке прийманість двигуна і її параметр?
14. Назвіть значення параметрів роботи двигуна на злітному режимі.
15. У чому полягає призначення охолодження двигуна перед його зупиненням?
16. Яка мета перевірки вибігу ротору двигуна та його параметр?
17. Назвіть основні вимоги техніки безпеки для запуску двигуна.

Лабораторна робота 4

ЗАПУСК І ПЕРЕВІРКА ПОГОДИННИХ ВИТРАТ ПАЛИВА ДВИГУНА АІ-24

Мета роботи: набуття практичних навичок вимірювання та регулювання погодинних витрат палива турбогвинтових двигунів.

Завдання

1. Підготувати стенд до запуску.
2. Підготувати системи ГТД до запуску.
3. Запустити двигун.
4. У процесі запуску чітко стежити за займанням пускового та робочого палива, тиском масла, збільшенням обертів і температурою газів поза турбіною та часом виходу двигуна на оберти малого газу.
5. Прогріти, частково опробувати і зафіксувати час прийманості двигуна.
6. Заміряти погодинну витрату палива.
7. Зупинити двигун і встановити всі вимикачі у вихідні положення.

Стислі теоретичні відомості

У зв'язку з процесами зносу, вібрацій та інших, що діють на елементи паливно-регулювальної апаратури двигуна і на двигун у цілому в період експлуатації відбувається розрегулювання

погодинних витрат палива, що впливає на основні показники двигуна: тягу, економічність та довговічність.

Тому погодинні витрати палива на двигунах літака Ан-24 вимірюють через кожні 900 ± 30 год польоту, а також після установлення двигуна на літак, заміни автомата дозування палива (АДТ-24) або його регулювання гвинтами 3, 85 і 36, регулювання підсилювача регулятора температури (агрегата УРТ-24) потенціометрами «МАКСИМАЛ» і «НОМИНАЛ» або після зауважень екіпажу щодо несиметричної тяги двигунів або недостатньої швидкості польоту.

Погодинні витрати палива визначають за допомогою апаратури ЛЧ-4 (лічильника імпульсів і часу), яка працює у комплекті з літаковими витратомірами (витратомір паливний миттєвий сумарний (ВПМС)) шляхом вимірювання кількості імпульсів від підсумкової частини ВПМС і часу їх проходження.

Лічильник імпульсів і часу ЛЧ-4 являє собою релейний прилад, який відраховує цілу кількість імпульсів, що подаються на вхід ЛЧ-4, та час їх проходження.

Кількість імпульсів пропорційна кількості обертів крильчатки витратоміра, тобто об'ємній витраті палива. Тому для визначення погодинних витрат палива необхідно мати тарувальний графік залежності погодинної витрати палива від кількості імпульсів, що подаються підсумувальною частиною витратоміра за 1 с.

Порядок виконання роботи

Підготовка стенда до запуску

1. Перевірити заправку маслом, паливом, рідиною АМГ-10. Мінімальна кількість масла в баку для роботи двигуна на землі має становити 15 л, рівень рідини АМГ-10 – 22...25 л, тиск робочої рідини в гідросистемі – 14, 71 МПа (150 кг/см^2).

2. Підімкнути джерело живлення електричної енергії до стенда.

3. Перевірити роботу системи пожежогасіння.

4. Перевірити роботу системи керування двигунами, переконавшись у плавності переміщення важелів від упору «Стоп» до упору «Макс. обороти» і у зворотному напрямку.

5. Увімкнути джерело електроживлення приладів і автоматики, перевірити напругу мережі.

6. Поставити літак на гальмо стоянки.

7. Увімкнути лічильник імпульсів і часу ЛЧ-4 і підготувати його до роботи.

Для запуску двигуна виконати такі дії:

1. Увімкнути головний вимикач запуску, а перемикач «Воздух–Земля» поставити в положення «Земля».

2. Перемикач «Запуск–Прокрутка» поставити в положення «Запуск».

3. Відкрити паливний пожежний кран і увімкнути підкачувальні насоси.

4. Поставити важіль керування двигуна, що запускається, в положення «Малый газ».

5. Натиснути кнопку «Запуск» на 1...2 с, одночасно включити секундомір. Двигун автоматично виходить на оберти в режимі «Малый газ» за час не більший ніж 120 с.

У процесі запуску необхідно контролювати такі параметри:

– напругу при розкручуванні ротора – не повинна спадати нижче за 16 В;

– температуру газів за турбіною – не повинна перевищувати 750°C ;

– значення струму – не повинно перевищувати 1000 А;

– оберти на режимі «Малый газ» – 91...94 %;

Запуск двигуна і замірвання погодинних витрат палива

1. Виконати тарування показчика положення важеля палива УПРТ-2.

2. Вивчити конструкцію апаратури ЛЧ-4.

3. Підготувати до запуску і запустити двигун.

4. Заміряти та розрахувати паливо двигуна АІ-24 на землі.

5. Визначити відхилення погодинної витрати палива від норми.

6. Відрегулювати витрати палива.

Перш ніж почати роботу необхідно вивчити матеріал про підготовку до запуску турбогвинтового двигуна АІ-24, порядок запуску і контроль процесу запуску двигуна.

Перед заміром витрат палива на літаку необхідно відтарувати показчик УПРТ-2 за лімбом агрегата АДТ-24. Тарування слід виконати при прямому та зворотному ході ВКД для режимів 65° ,

52°, 41° та 18°. Допускається похибка УПРТ-2 не більше ніж $\pm 1^\circ$. Якщо відхилення перевищує $\pm 1^\circ$, треба проводити регулювання згідно з інструкцією з експлуатації двигуна АІ-24. За результатами роботи скласти таблицю відповідності показників УПРТ-2 і лімба для кожного двигуна (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Тарування УПРТ-2 силової установки
(лівий, правий двигуни)

Показання на АДТ-24	Показання УПРТ-2, ...°			
	65	52	41	18
Кут за лімбом АДТ-24:				
прямий хід	66	53	42	17
зворотний хід	64	53	41	17
Середня похибка УПРТ-2	0	+1	+0,5	-1
Установлення режиму за УПРТ-2 під час замірів	65	51	40,5	19

Вивчити конструкцію апаратури і для вимірювання витрат палива поставити ЛПЧ-4 на літак, зняти кришку, приєднати з'єднувальний джгут до приладу ЛПЧ-4, до літакового штепсельного роз'єднувача, встановленого з правого борту літака, біля стільця радиста, до показчиків витратомірів, до джерела напруги. Приєднувати джгут потрібно на знеструмленому літаку, якщо вимикач живлення ЛПЧ-4 у положенні «Викл».

Підготувати бланк контрольної карти перевірки витрат палива на землі (див. дод.1) і записати атмосферний тиск, температуру зовнішнього повітря, виміряну ареометром питому вагу палива з літакових паливних баків.

Підготувати двигун до запуску, запустити, розігріти і випробувати згідно з «Керівництвом з льотної експлуатації та пілотування літака Ан-24».

Погодинні витрати палива двигуна АІ-24 на землі вимірюють на зльотному, номінальному, 0,85 і 0,7 номінального і польотного малого газу (100°, 65°, 52°, 41° і 18° за УПРТ-2) режимах у такій само послідовності.

Застереження. Витрати палива кожного двигуна слід перевіряти по черзі, другий двигун при цьому повинен працювати у режимі не вище 22 градусів по УПРТ-2.

Підготувати апаратуру ЛПЧ-4 до вимірювання, установити вимикачі «Начало» і «Кінець замера» та вимикач живлення в положення «Викл», увімкнути секундоміри і установити стрілки секундоміра та лічильників імпульсів на «0».

Установити по черзі необхідний режим роботи двигуна з урахуванням даних тарування УПРТ-2. Кожен режим перед заміром витримувати 30...35 с через 1...1,5 хв для заміру. Тумблер живлення установити у положення «Вкл», тумблер «Начало замера» – у положення «Замер». У момент проходження першого цілого імпульсу від витратоміра автоматично вимикаються лічильник імпульсів і секундоміри ЛПЧ-4.

Через 60...90 с за секундоміром ЛПЧ-4 установити тумблер у позицію «Кінець замера». У момент проходження останнього цілого імпульсу автоматично вимикається лічильник імпульсів і секундомір. Забороняється вимикати живлення до автоматичного вимкнення ЛПЧ-4.

У контрольну картку записати кількість імпульсів N і час τ їх проходження за секундоміром ЛПЧ-4.

Для визначення заміряних погодинних витрат палива двигуна за даними, отриманими під час вимірювання, знайти співвідношення

$$Z = N/\tau,$$

де Z – співвідношення кількості імпульсів до часу їх проходження; N – кількість імпульсів, відрахована лічильником імпульсів; τ – час проходження імпульсів, відрахований секундоміром ЛПЧ, с.

За тарувальним графіком датчика витратоміра визначити об'ємну погодинну витрату палива Q залежно від співвідношення $Z = N/\tau$.

Тарувальний графік наводиться у паспорті на датчик (рис. 4.1).

Визначити заміряну вагову погодинну витрату палива (кг/год) за формулою

$$G_{п.в} = Q\gamma_{п.}$$

де Q – вагова погодинна витрата палива, визначена за тарувальним графіком датчика витратоміра, л/год; $\gamma_{п.}$ – заміряна питома вага палива, г/см³.



Рис. 4.1. Тарувальний графік датчика витратоміра

Звести заміряну погодинну витрату палива (кг/год) до питомої ваги $\gamma_n = 0,79$ за формулою

$$G_{п0,79} = G_{п.в} B,$$

де B – коефіцієнт зведення до питомої ваги 0,79, який визначається за рис. 4.2 і формулою $B = \sqrt{0,79/\gamma_n}$.

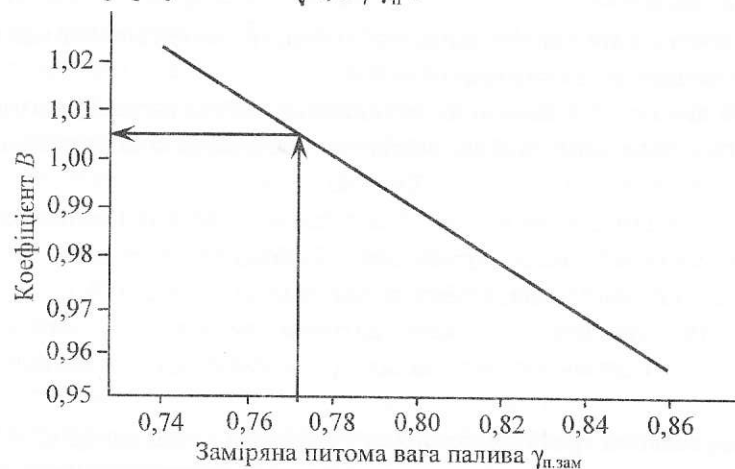


Рис. 4.2. Коефіцієнт зведення заміряної погодинної витрати палива двигуна AI-24 до питомої ваги 0,79 г/см³

Витрату палива звести до стандартних умов (лише для режимів 18° або 22° за нормою погодинної витрати палива) за формулою

$$G_{п.зв} = G_{п0,79} / D,$$

де $G_{п0,79}$ – заміряна погодинна витрата палива у режимах 18, 22 градусів, зведена до $\gamma_n = 0,79$ г/см³; D – коефіцієнт зведення до стандартних умов; визначається за графіком залежно від атмосферного тиску (рис. 4.3).

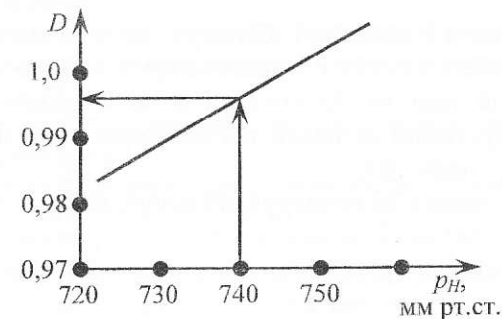


Рис. 4.3. Коефіцієнт зведення заміряної витрати палива двигуна AI-24 до стандартних атмосферних умов для $\alpha_n = 18^\circ$ ($\alpha_n = 22^\circ$)

Для режиму 18° або 22° нормою погодинної витрати є витрата палива в цьому режимі, зазначена у формулярі двигуна. Витрату палива $G_{п.ф}$, зазначену у формулярі двигуна, необхідно звести до питомої ваги 0,79 за формулою

$$G_{п.п} = G_{п.ф} B,$$

де B – коефіцієнт, що залежить від питомої ваги палива, для якого виконувалося вимірювання на заводі у процесі контрольно-здавальних випробувань.

Відхилення зведеної заміряної погодинної витрати палива від норми визначають за формулою

$$\Delta G_{п} = G_{п0,79} - G_{п.п}; \quad \Delta G_{п} = G_{п.зв} - G_{п.н},$$

для $\alpha_n = 18^\circ$ ($\alpha_n = 22^\circ$).

Відхилення від норми погодинної витрати палива має становити: для злітного режиму ± 10 кг/год; для режиму $\alpha_n = 18^\circ$ ($\alpha_n = 22^\circ$): ± 10 кг/год; для решти режимів – ± 20 кг/год.

Потім слід відрегулювати витрату палива. Якщо відхилення від норми перевищує зазначені межі, то необхідно регулювати автомат дозування палива (АДТ-24) гвинтами 85, 3 або 36, або потенціометрами «НОМИНАЛ» і «МАКСИМАЛ» агрегата ПРТ-24.

Один крок гвинта 85 праворуч збільшує, ліворуч зменшує витрату палива. Один крок гвинта 85 змінює витрату палива у номінальному режимі на 10 кг/год і польотному режимі «Малый газ» – на 6 кг/год. Допустимий діапазон регулювання гвинтом 85 – не більше трьох щиглів ліворуч і праворуч від заводського регулювання.

Поворот гвинта 3 праворуч збільшує, ліворуч зменшує витрату палива. Один оберт гвинта 3 змінює витрату палива у польотному режимі «Малый газ» на 90 кг/год і в номінальному режимі на 40 кг/год. Допустимий діапазон регулювання – не більше як 0,5 оберта ліворуч і праворуч.

Один оберт гвинта 36 праворуч збільшує, ліворуч зменшує тиск вимірювача крутильного моменту у злітному режимі на 0,25 МПа. Допустимий діапазон регулювання гвинтом 36 – не більше ніж 1,5 обертів праворуч і ліворуч.

Витрати палива двигунів першої категорії і відремонтованих заводом-виробником регулює його представник, а двигунів, відремонтованих заводами цивільної авіації – представник авіаційного технічного підприємства.

Після регулювання витрат палива виконують повторний замір і розрахунок на землі і в польоті. Наслідки регулювання записують до формуляра двигуна і в паспорт агрегата, а також до карти-наряду на технічне обслуговування.

Зміст звіту

Звіт має містити:

- 1) послідовність виконання запуску та його параметри;
- 2) дані замірів, записані до таблиці;
- 3) розрахунок погодинних витрат палива;
- 4) заповнення контрольної карти (дод. 1) та визначення норми і відхилення від норми погодинних витрат палива;
- 5) висновки.

Запитання та завдання для самоперевірки

1. Яка мета лабораторної роботи?
2. Наведіть етапи виконання роботи.
3. Які причини розрегулювання погодинних витрат палива?
4. Якими є наслідки розрегулювання погодинних витрат палива?
5. Поясніть будову апаратури для визначення погодинних витрат палива.

6. Поясніть будову датчика і покажчика витратоміра.
7. Опишіть підготовку апаратури ЛПЧ-4 для вимірювання витрат палива.
8. Опишіть підготовку двигуна до запуску, запуск, прогрів і випробування двигуна.
9. Охарактеризуйте процес вимірювання витрат палива за допомогою апаратури ЛПЧ-4.
10. Як визначають об'ємну та вагову погодинні витрати палива?
11. У чому полягає зведення вимірних витрат палива до стандартної питомої ваги?
12. У чому полягає зведення витрат палива до стандартних атмосферних умов?
13. Де і як визначають норми погодинних витрат палива?
14. Як визначають відхилення зведеної заміряної погодинної витрати палива?
15. Як регулюють погодинні витрати палива у разі відхилення від норми з перевищенням зазначеної межі?
16. Де записують результати регулювання витрат палива?
17. Що повинен містити звіт про лабораторну роботу?

Лабораторна робота 5

ВЕДЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Мета роботи: набуття практичних навичок оформлення експлуатаційно-технічної документації.

Стислі теоретичні відомості

Призначення і види експлуатаційно-технічної документації

Комплекс документів, що встановлює правові, нормативні, технічні й інші правила експлуатації ГТУ та агрегатів на їх базі, їх ТО і Р, а також засвідчувальні дані про суб'єкти ТО і Р, називають експлуатаційно-технічною документацією.

Експлуатаційно-технічна документація поділяється на нормативно-технічну, засвідчувальну, виробничо-технічну.

Нормативно-технічна документація

Нормативно-технічна документація регламентує організацію і забезпечення експлуатації ГТУ та енерго-технологічного обладнання, збереження працездатності їх агрегатів і систем і поділяється на загальну (керівну) і типову.

Загальна (керівна) нормативно-технічна документація регламентує встановлення, збереження і відновлення працездатності ГТУ, сертифікацію підприємств та інженерно-технічного персоналу, відомчий і міжнародний обмін інформацією і т. ін.

Загальну нормативно-технічну документацію складають:

- стандарти підприємств;
- правила експлуатації магістральних газопроводів, компресорних станцій (КС) і газоперекачувальних агрегатів ГПА;
- правила безпеки в нафтогазовидобувній промисловості;
- експлуатаційні інструкції з ТО і Р;
- інструкції з охорони праці і техніки безпеки;
- посадові інструкції персоналу КС.

Типова нормативно-технічна документація визначає, регулює і нормує діяльність інженерно-технічного персоналу з ТО і Р ГТУ (ГПА), технологічне й інформаційне забезпечення експлуатації окремих типів ГТУ (ГПА).

Основний склад нормативно-технічної документації:

- регламент ТО, що визначає обсяг і періодичність виконання робіт з ТО і Р конкретного типу ГТУ (ГПА);
- технологічні вказівки щодо ТО, що визначають послідовність і порядок, способи і технічні умови виконання робіт конкретного типу ГТУ (ГПА);
- посібник з технічної експлуатації;
- посібник з методів неруйнівного контролю;
- бюлетені, що видаються заводом-виробником;
- типова схема ГТУ;
- схема змащення ГТУ (ГПА);
- схема охолодження ГТУ (ГПА);
- схема регулювання і захисту виробу;
- схема системи пожежогасіння виробу;
- каталог деталей і вузлів виробу;
- норми витрат запасних частин і матеріалів.

Засвідчувальна документація

Засвідчувальна документація належить до конкретних суб'єктів системи технічної експлуатації ГТУ (ГПА), тобто ГТУ, нагнітачі, КС, компресорний цех (КЦ), засоби ТО і Р, інженерно-технічний персонал.

Засвідчувальна документація містить:

- особисту (посвідчення, дипломи і т.ін.);

- пономерну;
- сертифікати експлуатантів;
- сертифікати підприємств.

Особиста документація інженерно-технічного складу засвідчує перелік робіт з ТО і Р, дані про проходження стажувань і вивчення конкретного типу ГПА та інших видів технічної підготовки.

Понумерна документація належить до конкретного типу ГТУ (ГПА), дійсна лише для конкретного типу і призначається для обліку часу роботи ГТУ (ГПА), їх ТС і виконання робіт, передбачених нормативно-технічною документацією.

Понумерна документація включає:

- формуляри ГТУ, у яких ведеться облік з напрацювання виробу, кількості пусків і вимушених зупинок, виконаних ремонтів, замін вузлів і деталей, проведення доробок, особливі зауваження щодо експлуатації, відмов і аварій ГТУ (ГПА);
- паспорти чи етикетки на комплектуючі вироби;
- журнали, у які заносяться відомості про відмови і несправності ГТУ (ГПА);
- карти-наряди на ТО;
- картки обліку відмов і несправностей елементів ГТУ (ГПА);
- документи, що підтверджують виконання доробок, оглядів, переустаткування, ремонту й інших робіт.

Виробничо-технічна документація

Виробничо-технічну документацію використовують для планування, обліку планових дій і статичних даних, складання звітів про експлуатацію ГТУ (ГПА) і виробничо-господарську діяльність компресорного цеху чи компресорної станції в цілому.

Види і форми виробничо-технічних документів, порядок їх розроблення, ведення та оформлення регламентуються правилами з технічної експлуатації і ремонту підприємства.

Мінімальний склад виробничо-технічної документації з основних напрямів виробничої діяльності лінійно-експлуатаційної служби включає такі документи:

- добові відомості роботи ГТУ (ГПА);
- журнали, які висвітлюють виробничий процес;
- стрічки і картограми реєструвальних приладів;
- кварталні та місячні плани робіт;
- затвержені графіки ремонту основного і допоміжного устаткування;

- графік перевірки загазованості;
- місячні і квартальні звіти про роботу устаткування за установленою формою.

Особлива увага в компресорному цеху приділяється веденню журналів, які містять записи всього виробничого процесу.

Призначення основних журналів КС полягає в такому:

- «Оперативний журнал начальника зміни КС» – для запису в хронологічній послідовності всіх змін режиму роботи, перемикачів, а також даних про загазованість, виявлені дефекти ГТУ (ГПА);

- «Журнал розпоряджень» – для запису розпоряджень керівництва;

- «Журнал змінного інженера КС» – для запису режимів роботи ГТУ (ГПА), перемикачів допоміжного устаткування, передачі інструменту і пожежного інвентарю;

- «Журнал завдань зміни» – для запису конкретного завдання визначеній зміни;

- «Журнал дефектів основного і допоміжного устаткування» – для запису виявлених відмов і несправностей і необхідної інформації;

- «Журнал обліку вимушених зупинок» – для запису обліку і розслідування вимушених зупинок ГПА.

Про кожну вимушену зупинку ГПА начальник зміни КС негайно доповідає начальнику КС, керівництву виробничого об'єднання і диспетчеру центральної диспетчерської служби. Диспетчер центральної диспетчерської служби негайно повідомляє у вигляді термінового повідомлення ЦДУ «Укртрансгаз».

У терміновому повідомленні вказуються:

- час і місце вимушеної зупинки;
- тип агрегата і його станційний номер;
- першопричина вимушеної зупинки;
- характер вимушеної зупинки, обсяг руйнувань;
- час передбачуваного простою;
- інші дані, визнані важливими для повідомлення.

Вимушені зупинки розслідуються комісією, очолюваною головним інженером виробничого об'єднання за участю начальника КС і начальника зміни, при якому сталася вимушена зупинка. За кожною вимушеною зупинкою ГПА, спричиною руйнуванням вузлів і деталей, комісією складається акт

розслідування в чотирьох примірниках – один зберігається на об'єкті, три висилаються:

- вищому органу ВО «Укртрансгазу»;
- спеціалізованому управлінню;
- заводу-виготовлювачу устаткування або ремонтному заводу.

Ведення технічної документації обслуговуючим персоналом

Добові відомості про роботу ГПА, (табл.5.1) ведуться за кожним ГПА КС і зберігаються не менше двох років.

На стрічках і картограмах реєструвальних приладів щодоби мають фіксуватися оцінки, дати, час і розпис відповідальної особи. Дата, час і розпис ставляться також на картограмах під час кожного пуску і кожного зупинення агрегата. Записи показань самописних приладів повинні зберігатися за кожним агрегатом, кожним приладом окремо не менше ніж два роки. На підставі добової відомості оформлюється відомість оцінювання параметрів роботи двигуна (табл.5.2) і вносяться необхідні записи у формуляр.

Начальник КС повинен щодня переглядати оперативну документацію інженера зміни і вживати необхідних заходів щодо усунення дефектів устаткування і ненормальної роботи ГПА.

Збирання експлуатаційних даних, їх оброблення і підготовку звітності проводить персонал КС і надсилає у спеціалізоване управління «Укртрансгазу». Управління «Укртрансгазу» оброблену інформацію про показники надійності подає двічі на рік:

- керівництву «Укртрансгазу»;
- організаціям «Укртрансгазу»;
- заводам-виготовлювачам.

Керівництво компресорного цеху повинне щомісяця надсилати до виробничого об'єднання звіт про роботу ГПА, який містить напрацювання, кількість пусків і зупинок, витрати паливного газу та масла за спеціальною формою ФЕ-1 – про роботу ГПА, що складається з п'яти розділів.

Начальник зміни КС повинен щодня повідомляти в центральну диспетчерську виробничого об'єднання (ВО) короткі дані про режим працюючих агрегатів, пуски і зупинки, а також вказує, які ГПА перебувають у ремонті чи резерві.

Таблиця 5.1

Добова відомість роботи ГПА № 6 двигуна ДЗ36-2 № 7083362720024

ДАТА:

Час	Режим роботи двигуна	Частота обертів	Температура ГНТ	Паливо			Масло			Повітря			Атмосферні умови	Вібрація двигуна					
				Тиск газу на вході у дозатор, кг/см ²	Тиск газу перед робочими форсунками, кг/см ²	Витрата газу	Тиск масла на вході у двигун, кг/см ²	Температура масла на вході у двигун, °С	Температура повітря на вході у двигун, °С	Температура повітря за КВТ, кг/см ²	Барометричний тиск, мм рт.ст	T _н , °С		Г _{3/0}	Г _{3/0}	Г _{3/0}	Г _{п/0}		
ГОДИНИ	Хвилини																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
			ВТ замір, об/хв	НТ замір, об/хв	СТ замір, об/хв	T* _{ГНТ}	Тиск газу на вході у дозатор, кг/см ²	Тиск газу перед робочими форсунками, кг/см ²	Витрата газу	Тиск масла на вході у двигун, кг/см ²	Температура масла на вході у двигун, °С	Температура масла на вході з двигуна, °С	Температура повітря на вході у двигун, °С	Тиск за КВТ, кг/см ²	Барометричний тиск, мм рт.ст	T _н , °С	Г _{3/0}	Г _{3/0}	Г _{п/0}

44

Примітка: Г_{3/0} – вібрація задньої опори в горизонтальній площині; В_{3/0} – вібрація задньої опори у вертикальній площині; Г_{п/0} – вібрація передньої опори в горизонтальній площині.

Таблиця 5.2

Відомість оцінки параметрів роботи двигуна ДЗ36-2 №7083362720024 ГПА № 6

Дата	Заміряні параметри (з добової відомості)		Зміна параметрів від атмосферних умов		Максимальні параметри		Контрольні параметри		Відхилення контрольних параметрів від заміряних														
	В ₀ , мм.рт.ст	T _в вх, °С	T _{нф} =	T _{нф} =	Δn _{нт} , об/хв	Δn _{вт} , об/хв	ΔT [*] _{ГНТmax} , °С	ΔP _{квт} , кг/см ²	Δn _{вт} , об/хв	T [*] _{ГНТ} , °С	P _{квтк} , кг/см ²	n _{нтк} – n _{нтзам}	T [*] _{ГНТк} – T [*] _{ГНТзам}	P _{квтк} – P _{квтзам}									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
			n _{нтзам} = об/хв.	n _{втзам} = об/хв.	n _{стзам} = об/хв.	T [*] _{ГНТзам} , °С	P _{квтзам} , кг/см ²	Δn _{нт} , об/хв	Δn _{вт} , об/хв	ΔT [*] _{ГНТ} , °С	ΔP _{квт} , кг/см ²	Δn _{нтmax} , об/хв	Δn _{втmax} , об/хв	ΔT [*] _{ГНТmax} , °С	ΔP _{квт} , кг/см ²	Δn _{вт} , об/хв	T [*] _{ГНТ} , °С	n _{нтк} , об/хв	T [*] _{ГНТк} , °С	n _{нтк} – n _{нтзам}	T [*] _{ГНТк} – T [*] _{ГНТзам}	P _{квтк} – P _{квтзам}	

45

Висновок про стан ГТП ДЗ36-2:

Порядок ведення іншої експлуатаційно-технічної документації, паспортів і формулярів подається у відповідних вказівках до цих документів і заповнюється інженерно-технічним персоналом компресорного цеху.

Формуляр є основним документом, який свідчить, що двигун та його обладнання виготовлені і зібрані відповідно до креслень і технічних умов, прийняті ОТК виробника і замовника та придатні до експлуатації. Крім того, під час експлуатації двигуна формуляр призначений для записів:

- замін у складі двигуна та його обладнання;
- урахування роботи двигуна і його обладнання, термінів служби та відміток про їх продовження під час експлуатації;
- прізвищ обслуговуючого персоналу;
- про проведення регламентних робіт, ремонтів і доробок, які передбачені інструкцією з експлуатації, бюлетенями, настановами і вказівками головного інженера експлуатанта.

Правила ведення формуляра

1. Заповнення формуляра починається на виробництві під час збирання та випробування двигуна. Заповнений на виробництві формуляр разом з двигуном передається для експлуатації.

2. За стан, своєчасне і правильне ведення формуляра відповідає фахівець (технік або механік), який закріплений за двигуном як відповідальна за його обслуговування особа, у разі збереження двигуна на складі – особа, яка відповідає за збереження двигуна.

3. Особа, якій доручена експлуатація двигуна і встановленого на ньому обладнання, повинна детально ознайомитися з технічним описом та інструкціями з монтажу і експлуатації двигуна та його обладнання.

4. Формуляр містить записи про виконання:

а) регламентних робіт (начальником відповідної групи регламентних робіт);

б) поточного обслуговування (начальником відповідної групи обслуговування);

в) перевірки виконаних в обох випадках робіт (старшим начальником).

5. Початком експлуатації двигуна вважається дата встановлення двигуна, а початком календарного терміну експлуатації – дата приймання двигуна замовником від заводу-виробника. У кожному розділі формуляра вносять лише ті записи, для яких цей розділ призначений.

6. Термін експлуатації двигуна та його обладнання продовжується з відповідними стандартами, указівками і настановами головного інженера організації-експлуатанта.

7. Записи ведуться чорнилами чітко без забруднень і підчищень. Помилкові записи мають бути акуратно закреслені і замість них робляться правильні записи, які завіряться підписом інженера-експлуатанта.

8. До формуляра прикладаються паспорти виробів, що змонтовані на двигуні. Записи у паспортах проводять особи, які обслуговують ці вироби.

9. У випадку, коли формуляр повністю заповнений, оформлюється його продовження, у яке вносяться підсумкові записи про роботу двигуна і дані про ресурс його обладнання.

Формуляри будь-яких двигунів обов'язково мають розділи: загальні вказівки; загальні відомості про двигун; основні технічні дані і характеристики; індивідуальні особливості двигуна; комплект постачання; ресурси, терміни експлуатації і зберігання та їх змінення; відомості про контрольне випробування двигуна, потрібні для експлуатації; свідоцтво про приймання двигуна, облік ТО та роботи двигуна; підсумкові відомості про роботу двигуна, виконання доробок і оглядів відповідно до бюлетенів та вказівок, роботи, що виконуються на двигуні під час експлуатації, ремонт, консервація, зберігання і розконсервація двигуна, відомості про рекламації, відомості про рух і закріплення двигуна для експлуатації, контроль стану двигуна та особливі примітки.

Форма звіту ФЄ-1 ГТУ і приклад заповнення, який надсилається в об'єднання п'ятого числа наступного за звітним кварталом місяця.

Звіт про роботу ГПА з газотурбінним приводом

за _____ кв. 20__ р.

Об'єднання _____ Тип турбіни _____

КС _____ тип пагнітача _____

Цех _____ Завод-виготовлювач _____

Кількість резервних агрегатів (за технологічною схемою) _____

Розділ 1. Загальні дані з експлуатації

Показник	Стационарний (заводський) номер агрегата		
	1(253)		
Напрацювання за звітний період T_p , год	850		
Простой у резерві $T_{рез}$, год	120		
Простой у ППР $T_{ППР}$, год	700		
Вимушений простой $T_{в.п.}$, год	514		
Напрацювання з початку експлуатації $T_{н.е.}$, год	30000		
Напрацювання з часу останнього капітального ремонту $T_{п.р.}$, год	8881		
Загальна кількість пусків П	30		
Кількість гарячих пусків P_r	16		
Загальна кількість вимушених і аварійних зупинок r	29		
Кількість аварійних зупинок r'			
Витрата турбінного масла (масляної суміші) Q_m , кг			
Витрата паливного газу (по цеху) Q_g , т (M^3)			
Середнє навантаження $N_{сер}$, кВт	5200		
Середня зведена потужність $N_{зв}$, кВт	5600		

Розділ 2. Дані про вимушені та аварійні зупинки через відмови систем, що спричиняють руйнування і витрати часу на їх ліквідацію

Показник	Стационарний (заводський) номер агрегата		
	1(253)		
Система електропостачання r_1/t_1 , шт./год	1		
Система КИП, автоматики та керування r_2/t_2 , шт./год	1		
Система маслопостачання, регулювання, захисту та ущільнення r_3/t_3 , шт./год	1		
Станційні системи r_4/t_4 , шт./год	1		
Порушення правил технічної експлуатації r_5/t_5 , шт./год	1		

Розділ 3. Поновлення зруйнованих вузлів та деталей (аварійний ремонт)

Станційний номер агрегата	Дата зупинення	Причини зупинення (відмови)		Найменування зруйнованих вузлів та деталей, причини їх руйнування (з об'єднаннями)	Напрацювання вузла деталі до руйнування, (год)	Перелік та число витрачених на ремонт запасних частин	Час простою агрегата в годинах через причину			Вартість ремонту, грн.
		Підрізання лопатки ЦВН більше ніж на 40 мм через погану якість транспортування газу	Вирвано кусок металу з лопатки колеса ЦВН разом частиною покривного диска				Робоче колесо пропрацювало з початку експлуатації 1) 305 год	безпосереднього ремонту	Відсутності запасних частин	
1	10.11.2010.					Одне робоче колесо, БСГ-30-1, одне лоралево ущільнення	48	24	72	2000
									20	

Розділ 4. Планово-попереджувальний ремонт

Станційний номер агрегата	Тривалість простою агрегата в ремонті T _{ппр}					Найменування замінених вузлів та деталей, причина їх заміни	Напряцювання деталей до заміни	Вартість ремонту		Зведена потужність, кВт		
	Термін безпосереднього ремонту	Відсутність запасних частин	Модернізація обладнання	Організаційні та дисциплінарні порушення	Повний час простою			загальна	запасних частин	до ремонту	після ремонту	
1	16	25	4	—	45	Робоча лопатка ОК V ступеня через збільшення частоти власних коливань. Напрямні лопатки турбіни ТВТ II ступеня через тріщини на вихідній кромці. Робочі лопатки ТВТ I ступеня, відновна термічна обробка; заміна II ступеня через зношення профільної частини. Робоче колесо відцентрового нагнітача, заміна заклепок на покривному диску.	38709	35000	10000	240	4600	5700
2						38709						
3						25000						
4						14800						

50

Звітна організація (найменування) _____

Розділ 5. Додаткова інформація:

терміни ремонту збільшені на 25 діб через відсутність проміжного вала.

При заповненні звіту на новий агрегат позначається його заводський та стаціонарний номери та дата прийому в експлуатацію за актом.

Головний інженер ЛПУ _____

Начальник ГКС _____

Перевірив: _____

начальник відділу КС об'єднання _____

Підпис _____ П.І.Б. _____

51

Порядок виконання роботи

Для набуття навичок з оформлення експлуатаційно-технічної документації в межах цієї лабораторної роботи виконати необхідні записи:

- 1) у добовій відомості роботи ГПА;
- 2) у формулярі двигуна.

Ознайомитися з формою звітності ФЕ-1 про роботу ГПА з газотурбінним приводом і прикладом її оформлення за наведеним вище зразком.

Для виконання роботи за п. 1:

- отримати у викладача бланк добової відомості;
- із таблиці дод. 2 відповідно до номера за списком підгрупи, обрати рядок фактичного запису параметрів роботи ГПА і оформити відомість.

Для виконання роботи за п. 2:

- оформити дефектну відомість фільтрувальних елементів з лабораторної роботи 1;
- на підставі цієї відомості та проведених відновлювальних робіт оформити формуляр двигуна – розділи: «Роботи, що проведені на двигуні під час експлуатації» та «Контроль стану двигуна».

Зміст звіту

Звіт має містити:

- 1) назву і мету роботи;
- 2) класифікацію експлуатаційно-технічної документації;
- 3) оформлену добову відомість;
- 4) відомості про дефекти масляного бака, паливомасляного радіатора, фільтра-сигналізатора ФС-16Т, магнітних пробок;
- 5) оформлені розділи формуляра;
- 6) висновки.

Запитання та завдання для самоперевірки

1. Для чого призначається експлуатаційно-технічна документація?
2. На які види поділяється експлуатаційно-технічна документація?
3. Для чого призначається нормативно-технічна документація?
4. Які документи складають нормативно-технічну документацію?
5. Для чого призначається засвідчувальна документація?

6. Які документи складають засвідчувальну документацію?
7. Для чого призначається виробничо-технічна документація?
8. Які документи складають виробничо-технічну документацію?
9. Для чого призначається добова відомість та як вона оформлюється?
10. Для чого призначається відомість оцінювання параметрів роботи двигуна та як вона оформлюється?
11. Яка документація потрібна для оцінювання параметрів роботи двигуна?
12. Для чого призначається карта-наряд та який її зміст?
13. Коли виписується наряд на defeкацію та в чому його зміст?
14. Що являє собою відомість дефектів?

Лабораторна робота 6

КОНСЕРВАЦІЯ ГАЗОТУРБІННОЇ УСТАНОВКИ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ

Мета роботи: набуття практичних навичок підготовки та застосування захисних мастил та оливи.

Завдання

1. Ознайомитись із загальними відомостями про зберігання двигунів.
2. Вивчити устаткування, яке застосовується для консервації двигуна.
3. Провести внутрішню консервацію двигуна.

Стислі теоретичні відомості

Корозія деталей є однією з причин дефектів двигуна, що викликають під час експлуатації. Залежно від ступеня пошкодження корозія призводить до передчасного зношування деталей, збільшення зазорів між деталями тертя, заклинювання золотникових пар і засмічення каналів підведення масла, що може спричинити несправність двигуна у процесі експлуатації.

Консервація двигуна – один з основних заходів захисту деталей від корозії, забезпечує збереження двигуна під час зберігання, транспортування та його нормальну роботу за призначенням. Тому необхідно своєчасно і правильно консервувати двигуни, що тимчасово не експлуатуються, під час зберігання їх як на літаку терміном понад місяць, так і на складах, або в разі відправлення в

ремонт із застосуванням для цього лише рекомендованих антикорозійних мастил та оливи, які відповідають вимогам нормативних документів за їх фізико-хімічними властивостями.

Для консервації ГТУ, які тимчасово не експлуатуються або відправлені в ремонт, рекомендуються такі мастила:

- для консервації паливної системи або проточної частини ГТУ – масло, що використовується в маслосистемі певного двигуна;
- для консервації зовнішніх поверхонь ГТУ – консерваційне мастило К-17, гарматне мастило, технічний вазелін.

Деталі, які мають лакофарбові покриття, гумові шланги, деталі електрообладнання та екранування проводів консервації не підлягають.

Консервацію мастилами деталей і вузлів, що виготовлені з жаростійких, титанових сплавів і нержавіючих сталей, які мають високу корозійну стійкість, не виконують.

Примітки: 1. Регеновані і відтирацьовані мастила та оливи для консервації не застосовують.

2. Консервуючі мастила застосовують лише в разі повної відсутності вологи.

3. Для внутрішньої консервації перевіряють, чи відповідає мастило технічним умовам, стандартам і конкретному типу газотурбінної установки.

Зовнішня консервація двигуна проводиться у процесі зберігання або відправлення його в ремонт. Під час консервації зовнішніх поверхонь, частин, вузлів і виробів двигуна їх попередньо очищають від забруднення та корозії, і на місця, які не захищені від корозії, наносять консервувальне мастило.

У разі зберігання терміном понад місяць, або зняття двигуна літака проводять внутрішню консервацію масляної та паливної систем двигуна.

Масляна система двигуна вважається законсервованою, якщо аналіз масла показує відповідність технічним умовам, інакше масло замінюють.

Внутрішня консервація паливної системи передбачає заповнення чистим маслом паливної системи за допомогою маслозаправника або спеціальної установки (рис. 6.1), які забезпечують примусову подачу масла до магістралі паливної системи двигуна під тиском 0,1...0,2 МПа (1...2 кг/см²).

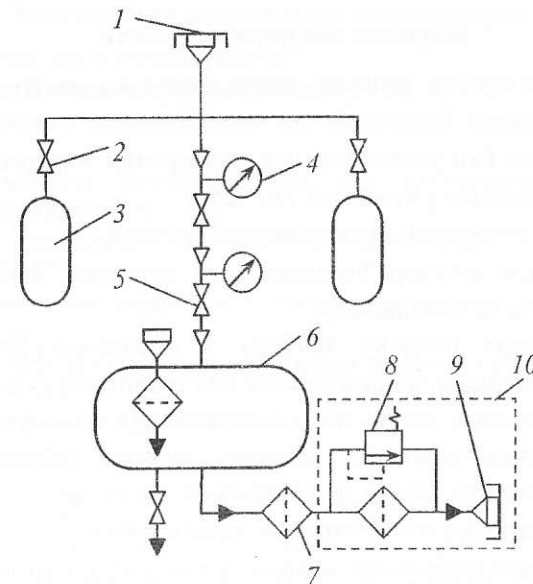


Рис. 6.1. Схема спеціальної установки для внутрішньої консервації двигуна: 1 – штуцер зарядження повітряних балонів; 2 – перекивні крани повітряних балонів; 3 – повітряні балони; 4 – манометри; 5 – роздавальні крани; 6 – маслобак; 7 – маслофільтр; 8 – перепускний клапан; 9 – штуцер консервації; 10 – пристрій для консервації

Мастило перед консервацією підігрівають до температури 50...60 °С незалежно від температури зовнішнього повітря.

Під час експлуатації ГТУ на компресорних станціях, зберігання двигунів типу НК-12СТ і НК-16СТ терміном до трьох місяців, виконується консервація проточної частини.

Для цього передбачається перехідник, який встановлюють на штуцер нагнітання. До перехідника приєднують шланги підведення масла до форсунок передньої опори, через які масло подається у двигун.

Далі виконують два холодні прокручування ротора двигуна, під час яких уводять 10...12 л масла.

Після консервації роз'єднують шланги, знімають форсунки та перехідник і приєднують трубопровід лінії нагнітання.

Порядок виконання роботи

1. Відкрити капоти двигуна, зняти заглушки повітрязбірника і реактивного сопла.
2. Заповнити бак установки для консервації чистим, підігрітим до 50...60 °С маслом у кількості 20...25 л.
3. Закрити пожежний кран паливної системи.
4. Приєднати штуцер установки до штуцера консервації на трубопроводі паливної системи.
5. Зі штуцера випуску повітря з насоса-регулятора зняти заглушку і приєднати пристосування для травлення повітря.
6. Створити тиск масла від установки для консервації і злити паливо з певних агрегатів паливної системи (фільтра, насоса-регулятора, трубопроводів) до появи чистого масла.
7. Від'єднати живлення котушок запалювання.
8. Установити перемикач режимів робіт у положення «Запуск».
9. Створити тиск масла від установки 0,18...2,0 МПа (1,8...2,0 кг/см²) і натиснути кнопку «Запуск». Час прокручування («хибного запуску») 10...20 с. Виконати 2...5 «хибних запусків».
10. Після зупинення ротора двигуна від'єднати шланг підведення масла з бака установки, на штуцер установити заглушку і законтрити її.
11. Установити заглушки повітрязбірника і реактивного сопла.
12. Закрити капоти двигуна і прибрати робоче місце.
13. Зробити запис про консервацію двигуна у відповідний розділ формуляра двигуна із зазначенням терміну, на який проведено консервацію, оформити карту-наряд на консервацію двигуна.

Зміст звіту

Звіт має містити:

- 1) мету роботи, особливості підготовки двигуна до консервації;
- 2) опис та ескіз установки;
- 3) послідовність проведення консервації;
- 4) висновки.

Запитання та завдання для самоперевірки

1. Яка мета лабораторної роботи?
2. Наведіть етапи виконання роботи.
3. Які мастила використовують для консервації зовнішніх поверхонь ГТУ?
4. Які мастила використовують для внутрішньої консервації паливної системи?
5. Яка технологія внутрішньої консервації двигуна типу НК-12СТ?
6. Розкрийте послідовність підготовки установки для консервації двигуна.
7. Розкрийте послідовність підготовки паливної системи двигуна до консервації.
8. Що таке «хибний запуск» і які операції необхідно при цьому виконати?
9. Які властивості масла перевіряють під час консервації паливної системи двигуна?
10. Які роботи виконують після закінчення консервації?
11. У який документ роблять запис про консервацію двигуна?
12. Що повинен містити звіт з лабораторної роботи?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Технічне обслуговування планера і функціональних систем повітряних суден та авіадвигунів: навч. посібник* / С. О. Дмитрієв, О. С. Тугарінов, Ю. М. Чоха, В. Г. Докучаєв; за ред. С. О. Дмитрієва. – К. : НАУ, 2004. – 244 с.
2. *Техническая эксплуатация летательных аппаратов* / под ред. Н. Н. Смирнова. – М. : Транспорт, 1990. – 424 с.
3. *Терещенко Ю. М.* Авіаційні газотурбінні двигуни / Ю. М. Терещенко, М. М. Мітрахович. – К. : КВЦ, 2001. – 392 с.
4. *Тимофеев Н. И.* Конструкция и летная эксплуатация двигателя НК-8-2У / Н. И. Тимофеев. – М. : Машиностроение, 1978. – 144 с.
5. *Наставление по технической эксплуатации и ремонту авиационной техники ГА (НТЭРАТ ГА-83)*. – М. : РИО МГА, 1985. – 286 с.
6. *Авиационный турбовинтовой двигатель АИ-24*. Временная инструкция по эксплуатации. – М. : РИО МГА, 1961. – 144 с.
7. *Двигатель НК-8-2У*. Руководство по технической эксплуатации. Ч. 3. – М. : РИО МГА, 1973. – 201 с.
8. *Регламенты и технологические указания по техническому обслуживанию газотурбинных двигателей*.
9. *Инструкции по эксплуатации и техническому обслуживанию газотурбинных установок*.

Додаток 1
КОНТРОЛЬНА КАРТА ПЕРЕВІРКИ ВИТРАТ ПАЛИВА ДВИГУНІВ АІ-24 НА ЗЕМЛІ

Літак _____ Коefіцієнт _____
 Дата _____ (з графіків) _____ В _____
 Виміряна питома вага палива $\gamma_{п}$ _____ г/см³, P_0 _____ мм рт. ст.
 Питома вага палива з формуляра двигуна _____
 ($\alpha_{в} = 18^\circ (22^\circ)$) $\gamma_{пф}$ _____ г/см³ $t_{п}$ _____ °С D _____

Атмосферні умови:

Номер двигуна (лівий, правий)	Режим за ШВП $\alpha_{в}$	ЛНЧ		Розрахунок витрат палива				Відхилення від норми	Виконані регулювання	
		$N, \text{ імп}$	$\tau, \text{ с}$	$Z = N/\tau, \text{ імп/с}$	$Q, \text{ л/год}$	$G_{п.зав}, \text{ кг/год}$	$G_{п.пр}, \text{ кг/год}$			$G_{п.фр}, \text{ кг/год}$
									$\Delta G_{п} = G_{п.зав} - G_{п.пр}$ $\Delta G_{п} = G_{п.пр} - G_{п.н}$ (для $\alpha_{в} = 18^\circ$)	

Вимірювання виконав (інженер) _____

Розрахунок виконав (інженер) _____

Регулювання виконав _____

ДОБОВА ВІДОМІСТЬ РОБОТИ ГПА 6 ДВИГУНА ДЗ36-2 № 7083362720024

Номер списку підручн	Дата		Частота обертів ротора			Температура ГНГ Т _{ГНГ}	Паливо			Масло			Повітря		Атмосферні умови		Вібрація двигуна			Напряцювання, год	
	час	рік	ВТ замір, об/хв	НТ замір, об/хв	СТ замір, об/хв		Лиск газу на вході у дозатор, кг/см ³	Лиск газу перед роб. форс, кг/см ³	Витрата газу	ρ _{га} на вході у двигун, кг/см ³	Т _{ма} на вході у двигун, °С	Т _{ма} на вході з двигуна, °С	Т _в на вході у двигун, °С	Р _{зв} за КВТ, кг/см ²	В _о мм. рт. ст	Т _в , °С	Л з/о	В з/о	Л п/о		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
1	8 ⁰⁰	13.08.	2001	12909	8726	6970	24,2	15,0	3,4	55	95	14	12,3	738	18	7	10	9	6800		
2	14 ⁰⁰	17.08.	2001	13260	8980	7010	25,0	15,4	3,4	48	101	30	12,5	740	37	8	8	11	6900		
3	18 ⁰⁰	21.08.	2001	13204	8985	7050	24,1	15,3	3,4	47	99	27	12,4	738	31	7	8	9	7000		
4	22 ⁰⁰	25.08.	2001	13263	9115	7620	23,0	16,7	3,4	49	103	18	13,4	740	19	9	12	10	7100		
5	2 ⁰⁰	30.08.	2001	13204	9039	7611	24,0	17,0	3,4	51	101	12	13,8	737	9	9	12	10	7200		
6	8 ⁰⁰	04.09.	2001	13100	8980	7440	23,3	16,4	3,3	49	94	10	13,3	735	10	10	11	9	7300		
7	12 ⁰⁰	08.09.	2001	13066	8985	7412	23,5	15,2	3,3	49	95	16	12,3	728	15	9	11	10	7400		
8	16 ⁰⁰	12.09.	2001	13145	9018	7770	24,5	16,1	3,2	45	98	14	13,1	733	15	11	13	14	7500		
9	12 ⁰⁰	21.09.	2001	13282	9148	7600	24,0	16,8	3,3	51	101	15	13,5	740	16	10	11	21	7600		
10	16 ⁰⁰	25.09.	2001	13243	9164	7600	23,7	16,9	3,2	45	101	13	13,4	735	14	9	10	22	7700		
11	24 ⁰⁰	01.10.	2001	13184	9099	7470	25,2	16,8	3,2	49	98	12	13,3	738	12	10	10	20	7800		
12	4 ⁰⁰	06.10.	2001	13210	9150	7570	22,7	16,7	3,1	50	100	8	13,4	738	9	10	10	21	7900		
13	8 ⁰⁰	10.10.	2001	12930	8890	6830	21,6	15,0	3,1	46	92	11	12,3	742	12	10	11	13	8000		
14	6 ⁰⁰	10.12.	2001	12692	8677	7757	24,2	15,8	3,1	42	83	-7	12,8	753	-6	10	15	12	8100		
15	16 ⁰⁰	15.12.	2001	13120	8930	7760	24,0	15,4	3,4	43	92	-13	12,3	745	-13	12	16	13	8200		
16	20 ⁰⁰	19.12.	2001	13273	9050	7950	25,8	15,8	3,5	44	94	-15	12,6	737	-18	10	10	17	8300		
17	24 ⁰⁰	23.12.	2001	13175	8985	7960	23,8	15,6	3,4	42	92	-11	12,5	732	-25	8	7	15	8400		
18	4 ⁰⁰	28.12.	2001	13164	8953	7907	25,0	15,0	3,5	54	98	+13	12,0	733	-2	9	6	15	8500		

Навчальне видання

ЕКСПЛУАТАЦІЯ
ГАЗОТУРБІННИХ
УСТАНОВОК
І КОМПРЕСОРІВЛабораторний практикум
для студентів напряму підготовки
6.050604 «Енергомашинобудування»

Укладачі:

КОЗЛОВ Володимир Вікторович
МОЛОДЦОВ Микола Федорович
ПОВАРЬОНКІН Микола Григорович
ПОПОВ Олександр Вікторович
РАТИНСЬКИЙ Валерій ВалерійовичРедактор Р. М. Шульженко
Технічний редактор А. І. Лавринович
Коректор Л. М. Романова
Комп'ютерна верстка Н. С. АхроменкоПідп. до друку 15.02.2017. Формат 60x84/16. Папір офс.
Офс. друк. Ум. друк. арк. 3,49. Обл.-вид. арк. 3,75.
Тираж 100 пр. Замовлення № 20-1.Видавець і виготівник
Національний авіаційний університет
03680. Київ-58, проспект Космонавта Комарова, 1

Свідчення про внесення до Державного реєстру ДК № 977 від 05.07.2002