

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

Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни

«Системи та обладнання авіаційної техніки» вибіркових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти

272 Авіаційний транспорт (Аеронавігація)

за темою №9 - Системи паливостачання

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

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

СХВАЛЕНО

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

ПОГОДЖЕНО

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

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

Розробники:

- 1. Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Царенко Андрій Олександрович*
- 2. Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, спеціаліст вищої категорії Пономаренко Анатолій Володимирович.*

Рецензенти:

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

План лекції

1. Призначення і вимоги.
2. Сорти палив, що використовуються для роботи ГТД.
3. Типи паливних систем та їх характеристика.
4. Призначення агрегатів і елементів, що входять в систему.

Рекомендована література:

Основна:

1. Кулик М.С., Тамаргазін О.А. Конструкція, міцність та надійність газотурбінних установок і компресорів. Київ: НАУ, 2009. 477 с.
2. Терещенко Ю.М. Газотурбінні двигуни літальних апаратів, Київ: Вища школа, 2000. 319 с.
3. Царенко А.О., Шмельов Ю.М. Модуль 15. Газотурбінний двигун (категорія В1). Конспект лекцій. Кременчук: КЛК ХНУВС, 2019. 810 с.

Допоміжна:

4. Aviation Maintenance Technician. Handbook–Powerplant. Volume 1.U.S. Department of Transportation. FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Flight Standards Service, 2012. 282 p.
5. Aviation Maintenance Technician. Handbook–Powerplant. Volume 2.U.S. Department of Transportation. FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Flight Standards Service, 2012. 280 p.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

6. Aviation Maintenance Technician. Handbook–Powerplant. U.S. Department of Transportation. FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Flight Standards Service, 2023. 500 p.
URL.:https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/amt_powerplant_handbook.pdf (дата звернення 26.08.2023)
7. FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION: Helicopter Flying Handbook.
URL.:https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/helicopter_flying_handbook (дата звернення 26.08.2023)
8. L'AVIONNAIRE: LES TURBOMACHINES. URL.:
<https://lavionnaire.fr/MotorIntro.php> (дата звернення 26.08.2023)

Текст лекції

1. Призначення і вимоги.

Паливна система авіаційного газотурбінного двигуна (ГТД) служить для подачі палива з паливної системи повітряного судна (ВС) в камеру згорання двигуна в достатній кількості та в підготовленому для найбільш повного його згорання вигляді. Паливні системи здійснюють також харчування паливом, як робочою рідиною, службових гідромеханізмів систем автоматичного управління ГТД і, як охолоджувальною рідиною, паливомасляних радіаторів.

Паливні системи повинні:

- забезпечувати безперебійну подачу та гарну якість розпилю палива в камерах згорання на всіх режимах роботи двигуна та за будь-яких умов польоту;
- мати висотність не менше практичної стелі літака;
- бути безпечними у пожежному відношенні;
- мати високу експлуатаційну технологічність (доступність, легкоснімність, контролепридатність, взаємозамінність, мінімальний час та вартість усунення несправності в оперативному циклі експлуатації);
- забезпечувати необхідну чистоту палива;
- бути максимально можливою мірою автоматизованими і простими в управлінні;
- мати малі габарити та вагу.

2. Сорти палив, що використовуються для роботи ГТД.

У сучасних ГТД застосовують вуглеводневі палива прямої перегонки нафти марок Т-1, ТС-1, Т-2, РТ, Т-5, Т-6, Т-7 та Т-8. Їх отримують на основі гасу з додаванням інших фракцій та різних присадок. Т-1 – це паливо типу гасу, ТС-1 – типу обтяженого лігроїну. Т-2 та РТ мають широкий спектр складових, у тому числі бензинолігроїнові фракції. Інші палива відрізняються

більш важким фракційним складом, підвищеним щільністю та кращим очищенням. Нижча теплота згоряння застосовуваних палив становить середньому 43 МДж/кг, а щільність за нормальної температури 293°К перебуває у межах 750-850 кг/м³.

3. Типи паливних систем та їх характеристика.

У випадку паливної системи сучасного ГТД можна назвати такі системи: • низький тиск;

- високого тиску;
- пускового палива;
- дренажу палива.

На ТРД з форсажними камерами є форсажна паливна система.

Система низького тиску забезпечує попереднє підвищення тиску палива, що подається з паливної системи повітряного судна, очищення та подачу його в систему високого тиску.

До її складу входять (рис.1): руховий насос НПД, що підкачує, з регулятором тиску, фільтр грубого очищення Ф, витратомір палива і паливомасляний радіатор ТМР.

Система високого тиску служить для підведення палива до робочих форсунок під тиском, що забезпечує необхідну якість розпилювання в камері згоряння на всіх режимах роботи двигуна і за будь-яких умов польоту. У цій магістралі розміщені елементи системи автоматичного керування (САУ) ГТД, що виробляють автоматичне дозування палива у необхідній кількості згідно із заданими законами управління витратою палива. Для створення необхідного тиску палива перед форсунками служить основний паливний насос ОН, який на максимальному режимі повинен підвищувати тиск до 4-15 МПа. ОН має привід від ротора двигуна через коробку приводів агрегатів.

Залежно від типу ОН і відповідного йому принципу управління витратою палива, можна виділити два різновиди систем: з основним

паливним насосом керованої та некерованої продуктивності. Для запобігання засміченню форсунок механічними частинками подачу палива до них здійснюють через фільтри Ф.

Система пускового палива служить для живлення паливом пускових форсунок запалювачів при запуску двигуна. Пускові форсунки досить добре розпорошують паливо, підведене до них під тиском 0,15-0,3 МПа. Тому живлення даної магістралі здійснюють від двигунового насоса, що підкачує. За відсутності НПД, а також якщо він не має регулятора тиску, паливо до пускових форсунок підводять від основного паливного насоса через спеціальний клапан, що забезпечує зниження тиску до вищевказаних величин і його стабілізацію.

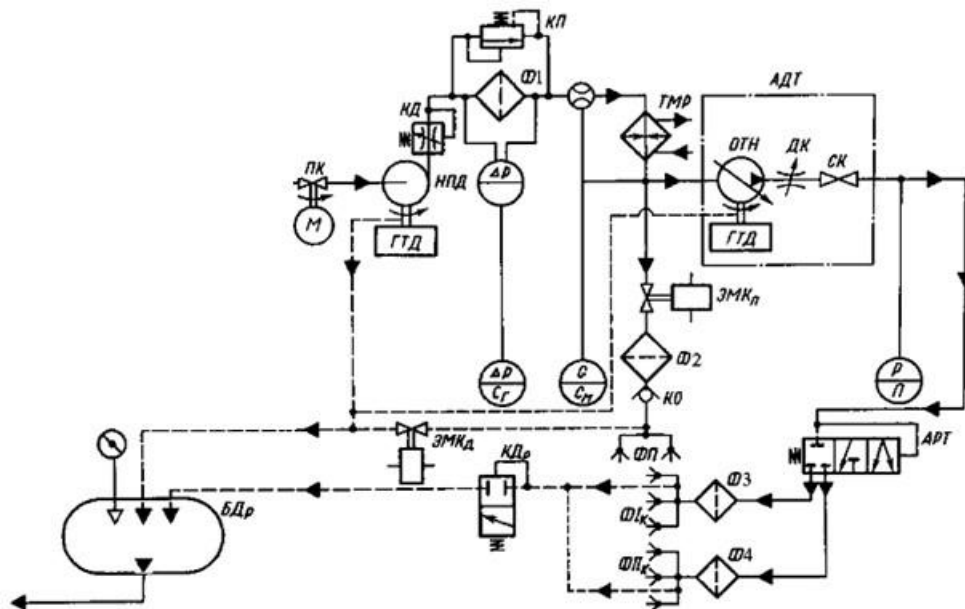


Рис.1. Схема паливної системи ГТД з ОТН керованої продуктивності

Основними елементами магістралі пускового палива є електромагнітний клапан ЕМК, фільтр Ф, зворотний клапан ОК і пускові форсунки ФП. ЕМК служить для включення та вимикання подачі палива до форсунок за автоматичними командами від панелі запуску двигуна. ОК запобігає прориву гарячого газу через форсунки з камери згоряння в паливну магістраль після запуску ГТД.

У паливних системах низки ГТД система пускового палива відсутня. Для запуску таких двигунів використовують свічки запалювання поверхневого розряду, що займають основне паливо, що подається в камеру згоряння робочими форсунками.

Система дренажу палива служить для зменшення небезпеки виникнення пожежі на двигуні і передбачає злив невеликої кількості палива з місць можливого скупчення з наступним викидом в атмосферу.

Паливо зливають у дренажний бак БДр (див. рис.1) з паливних колекторів, нижніх порожнин камери згоряння та турбіни, де воно може накопичуватися після вимкнення або невдалого запуску двигуна.

Здійснюють дренаж порожнин між ущільненнями хвостовиків приводних валиків паливних насосів. Для зливу палива з колекторів, порожнин камери згоряння та турбіни застосовують дренажні клапани КДр, які при роботі двигуна закриті зусиллями від високого тиску палива або газу та відкриваються зусиллям зтягування пружини при зниженні тиску до 0,2-0,4 МПа в момент зупинки ГТД. З дренажного бака паливо витісняється підведеним від компресора повітрям у вихідний пристрій двигуна.

Іноді передбачають дренаж відрізка магістралі пускового палива (від форсунок до зворотного клапана) через електромагнітний клапан ЕМК, який включають короткий час після припинення подачі палива до форсунок запалювачів. Через ЕМК паливо витісняється із трубопроводів у дренажний бак підвищеним тиском повітря в камері згоряння.

4. Характеристика елементів, що входять в систему.

До складу паливної системи ГТД входять такі основні агрегати: насоси підкачування палива, основний насос високого тиску, форсунки, радіатор(и), агрегати управління та регулювання подачі палива, фільтри, трубопроводи, колектори та контрольно-вимірювальні прилади.

Паливні насоси

У паливних системах можуть застосовуватися відцентрові, плунжерні, шестерні, і подвійні насоси. Кожен з типів насосів має свої переваги та недоліки, що визначають можливі сфери застосування.

Плунжерні насоси (рис. 2) набули найбільшого поширення як основні паливні насоси. Основними їх перевагами є можливість отримання високих тисків палива та можливість досить простого регулювання витрати палива при постійній кількості обертів.

У процесі виготовлення плунжерні насоси складніші, ніж інші насоси. Вони дуже чутливі до корозії, потрапляння механічних домішок, коксу та смол, вмісту води в паливі, а також високій температурі навколишнього середовища. Всі ці фактори викликають збільшення сил тертя між плунжерами та роторами, що може призвести до задирів плунжерів та виходу насосів з ладу.

Плунжерний насос має ротор, в якому рівномірно по колу розташовані похилі до осі обертання отвори для плунжерів. Торцець ротора притиснутий до розподільного золотника, що має вікна всмоктування та нагнітання, що сполучаються з відповідними магістралями. Сферичний кінець плунжера упирається у похилу шайбу. Похила шайба за допомогою поршня може встановлюватись під різними кутами до площини розподільного золотника, повертаючись навколо осей.

При повороті ротора плунжер, ковзаючи по похилій шайбі, здійснює поступальний рух, віддаляючись від золотника. Отвір у роторі повідомляється з всмоктуючим вікном золотника. Під плунжером при його русі створюється розрідження і об'єм, що звільняється, заповнюється паливом з всмоктуючої магістралі.

Через половину обороту плунжер досягає верхньої мертвої точки максимального віддалення від золотника. При подальшому повороті плунжер рухається до нижньої мертвої точки і витісняє паливо через вікно, що нагнітає золотника.

або подачею палива в закручування камери через тангенціальні входні отвори. Вийшовши з сопла, частинки палива рухаються лінійними траєкторіями, що утворюють порожнистий конус. Центральна частина сопла та камери закручування заповнені повітряним вихором. Кордон повітряного вихору знаходиться на тому радіусі камери закручування, де тиск палива падає до значення, що дорівнює тиску повітря в камері згоряння. Конус палива, що виходить з форсунки (рис. 3), має при вершині кут α , який і називається кутом факела.

Мінімальний тиск палива, при якому відцентрові форсунки можуть забезпечувати задовільну якість розпилювання в камері згоряння, становить 0,3-0,4 МПа. Максимальний тиск перед форсунками не повинен перевищувати 12-15 МПа за умовами міцності трубопроводів та надійності основного паливного насоса. При такому діапазоні тисків витрата палива через одноконтурні форсунки можна змінити приблизно в 5-6 разів, тоді як потрібне відношення максимальної подачі палива до мінімальної досягає 15-25. Тому в ГТД часто застосовують двоконтурні форсунки, які дозволяють збільшувати витрату палива не тільки шляхом підвищення тиску, але і за рахунок збільшення площі прохідного перерізу послідовним включенням у роботу спочатку першого, а потім другого контуру. Іноді використовують дві окремі групи форсунок, що послідовно підключаються.

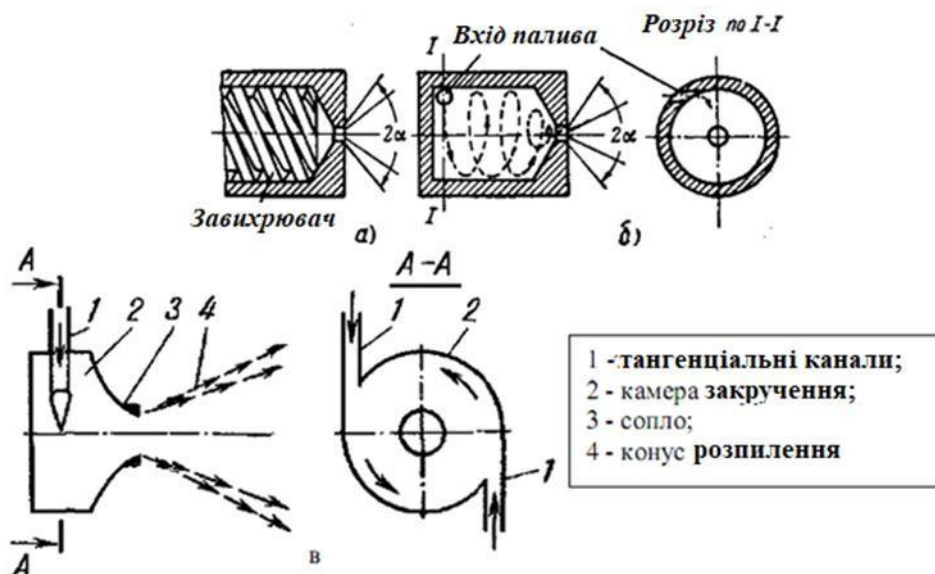


Рис.3. Принципові схеми відцентрової форсунки із завихрювачем (а) та тангенціальною (б,в)

Подачу палива у пускових та форсажних системах ГТД здійснюють одноконтурними форсунками.

Схема двухканальної однокамерної форсунки показана на рис. 4. Основний підвідний канал 1 призначений для подачі великих кількостей палива, що забезпечують основні режими роботи авіадвигуна, Допоміжний канал 2 служить для подачі палива на режимах малих витрат палива, коли основний канал перекритий клапаном 3.

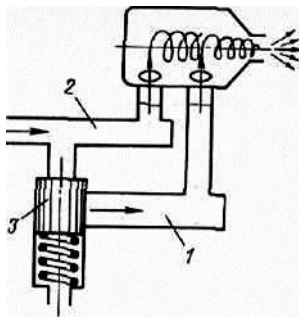


Рис.4 Схема двухканальної однокамерної форсунки