

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

Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

з навчальної дисципліни
«Конструкція та міцність авіадвигунів»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

**272 Авіаційний транспорт
(Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів)**

за темою № 3 - Камера згорання

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

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

СХВАЛЕНО

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

ПОГОДЖЕНО

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

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

Розробники:

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

Рецензенти:

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

План лекції:

1. Основні технічні дані камери згорання базового двигуна.
2. Конструкція елементів камери згорання базового двигуна.
3. Зусилля, що діють на камеру згорання.
4. Несправності камери згорання, причини їх виникнення, способи знаходження та усунення.
5. Технічне обслуговування камери згорання.

Рекомендована література:

Основна:

1. Кулик М.С., Тамаргазін О.А. Конструкція, міцність та надійність газотурбінних установок і компресорів. Київ: НАУ, 2009. 477 с.
2. Царенко А.О. «Вертолiт Мі-8МТВ-1. Блок 3 Газотурбiнний двигун. (категорiя В1.3): Конспект лекцiй. Кременчук: КЛК ХНУВС, 2019. 303 с.
3. Царенко А.О. Вертолiт Мі-2. Блок 3 Газотурбiнний двигун. (категорiя В1.3): Конспект лекцiй. Кременчук: КЛК ХНУВС, 2021. 197 с.
4. Царенко А.О. «Вертолiт Мі-8(Т/П). Блок 3 Газотурбiнний двигун. (категорiя В1.3): Конспект лекцiй. Кременчук: КЛК ХНУВС, 2020. 243 с.

Допомiжна:

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

Інформаційні ресурси в Інтернеті

6. MI-17 Manual Del Motor TB3-117 Libro 1, 2001. 554 p. URL.: <https://www.scribd.com/document/438354005/MI-17-Manual-Del-Motor-TB3-117-Libro-1> (дата звернення 26.08.2023)
7. MI-17 Manual Del Motor TB3-117 Libro 2, 2001. 382 p. URL.: <https://www.scribd.com/document/438355792/Mi17-Manual-Del-Motor-TB3-117-Libro-2> (дата звернення 26.08.2023)
8. MI-17 Manual Del Motor TB3-117 Libro 3, 2001. 94 p. URL.: <https://www.scribd.com/document/438357322/Manual-del-Motor-TB3-117-Libro-3-pdf> (дата звернення 26.08.2023)

Текст лекції

1. Основні технічні дані камери згорання базового двигуна.

Камера згорання двигуна - кільцева, з завихрювачами повітря навколо робочих форсунок.

Основні технічні дані камери згорання:

- | | |
|---|---------------------|
| - температура повітря на вході | 335 ⁰ С; |
| - максимальна температура газів на виході | 990 ⁰ С; |
| - сумарний коефіцієнт надлишку повітря | 4,26; |

- коефіцієнт повноти згорання

0,98.

2. Конструкція елементів камери згорання базового двигуна.

Основні вузли камери згорання:

- корпус камери згорання, що є зовнішнім корпусом дифузора;
- внутрішній корпус дифузора;
- жарова труба;
- паливний колектор з дванадцятьма форсунками.

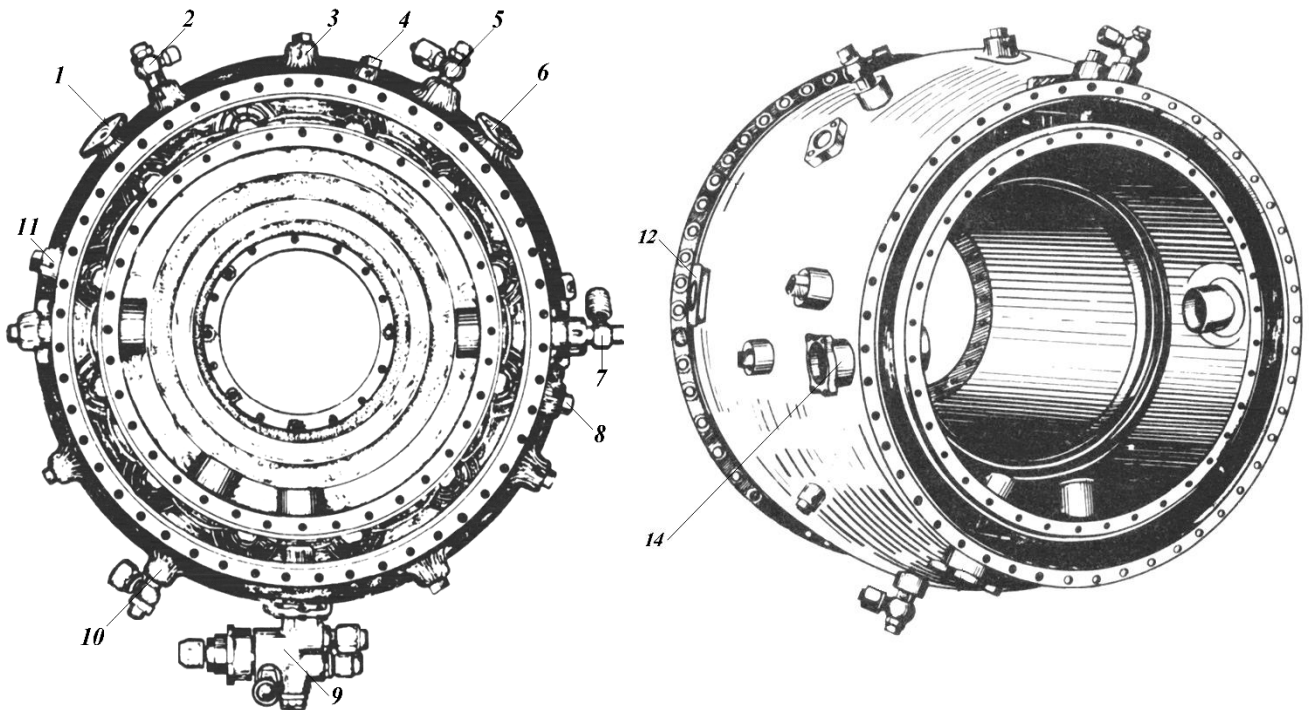


Рис.1 Загальний вигляд камери згорання:

1,6—фланець для установки свічки запалювання; 2—штуцер відбору повітря до насоса—регулятора НР-3В; 3—фланець підвіски жарової труби; 4,8,11—фланець підвіски паливного колектору; 5—штуцер відбору повітря до насоса—регулятора; 7—штуцер відбору повітря до ежектору; 9—дренажний клапан; 10—штуцер відбору повітря до вимірника режимів ІР-117; 12—фланець відбору повітря на протиобмерзну систему; 14—фланець скидання повітря з ІІ опори

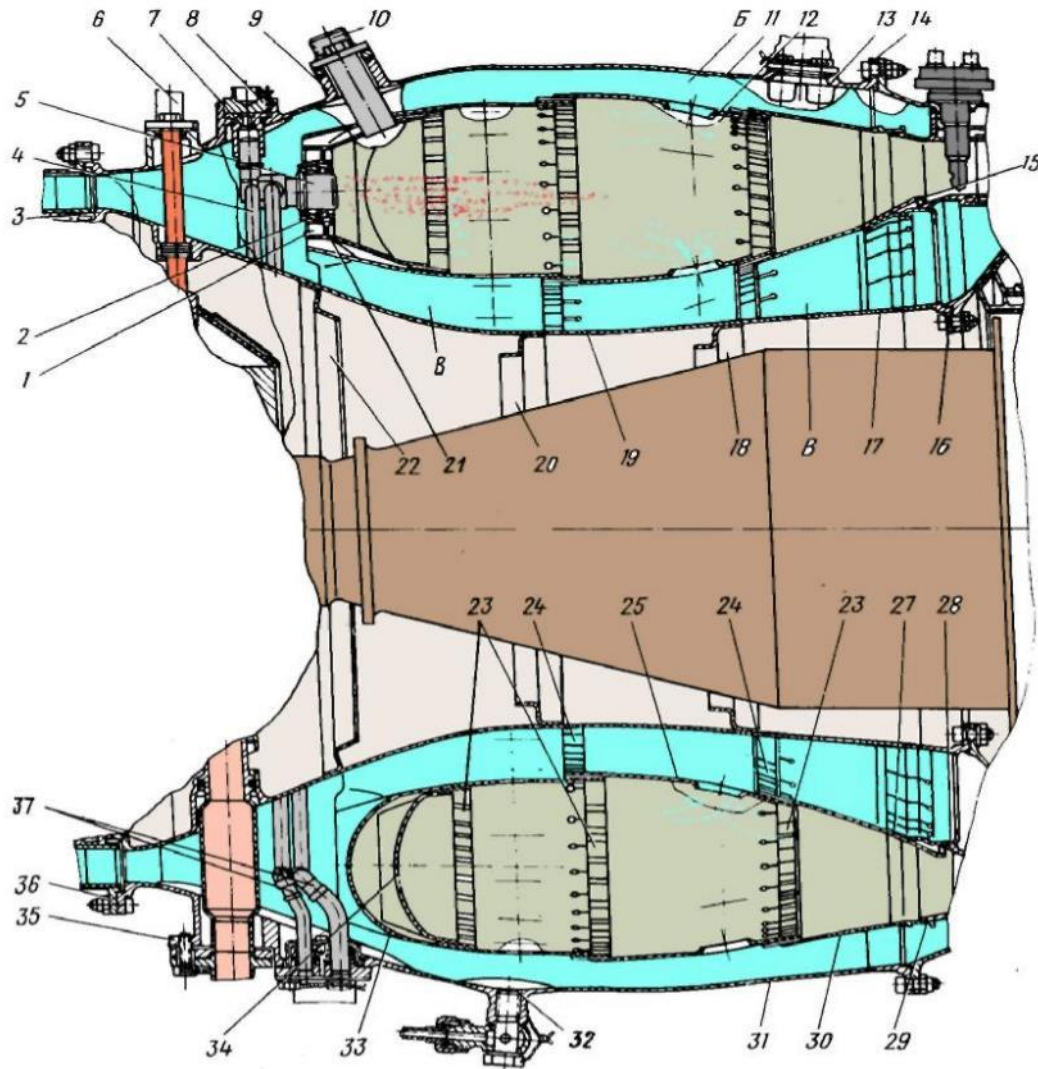


Рис.2 Камера згоряння (поздовжній розріз).

- 1-Завихрювачі
- 2-Втулка
- 3-Передній внутрішній фланець
- 4-Колектор
- 5-Форсунка
- 6-Фланець підведення масла
- 7-Підвіска
- 8-Гайка
- 9-Фланець свічки
- 10-Свічка запалювання
- 11-Корпус камери згоряння
- 12-Секція змішувача
- 13-Фланець
- 14-Задній фланець
- 15-Жарова труба
- 16-Задній внутрішній фланець
- 17-Внутрішній корпус дифузора
- 18-Бандаж
- 19-Секція внутрішнього дифузора

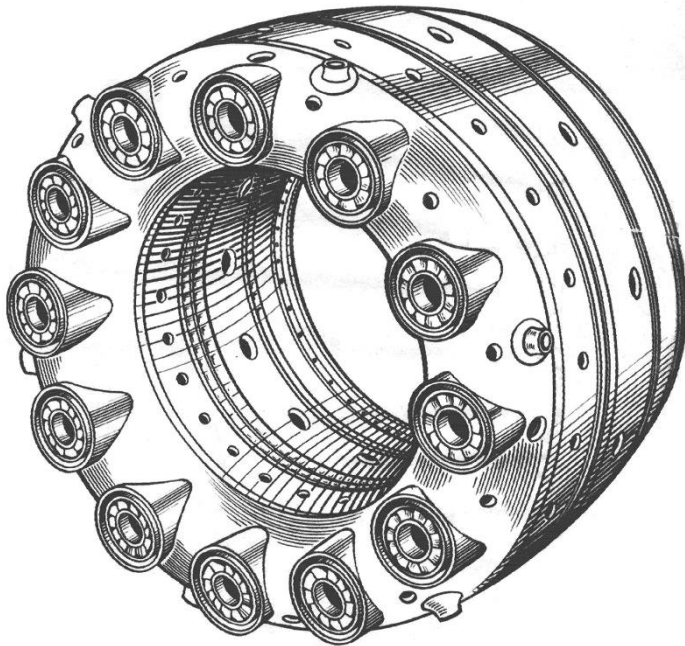
- 20-Бандаж
- 21-Плаваюче кільце
- 22-Бандаж
- 23-Гофроване кільце
- 24-Гофроване кільце
- 25-Внутрішня секція змішувача
- 27-Опорна секція
- 28-Опорне кільце
- 29-Опорне кільце
- 30-Опорна секція.
- 31-Секція корпусу камери згоряння
- 32-Дренажний штуцер
- 33-Зовнішній обтічник
- 34-Внутрішній обтічник
- 35-Фланець
- 36-Передній зовнішній фланець
- 37-Трубки підведення палива в колектор
- Б-зовнішній кільцевий канал
- В-внутрішній кільцевий канал

Дифузор камери згоряння, утворений зовнішнім і внутрішнім корпусами камери згоряння, являє собою розширюється канал, в якому відбувається зменшення осьової швидкості потоку. Зниження швидкості потоку сприяє поліпшенню стійкості горіння і зменшення гідравлічних втрат.

Переднім фланцем корпус камери згоряння кріпиться до корпусу спрямного апарату компресора, а заднім – до корпусу соплових апаратів турбіни компресора.

Для посилення жорсткості внутрішнього корпусу дифузора до його внутрішньої поверхні приварені бандажі (9) і (11).

Жарова труба кільцевого типу складається із зовнішнього (4) і



внутрішнього обтікачів (14) з ввареними у внутрішній обтічник дванадцятьма завихрювачами, зовнішньої (6) і внутрішньої (10) секцій змішувача і також зовнішньої та внутрішньої (8) опорних секцій.

Зовнішній обтічник і внутрішній обтічник, а також секції, з'єднані між собою гофрованими кільцями (3) і (7). На зовнішньому обтічнику жарової труби є дев'ять втулок для установки підвісок жарової труби, якими вона кріпиться до корпусу камери згоряння.

У завихрювачі встановлені плаваючі кільця, службовці для

компенсації термічних розширень жарової труби. До гарячого газу, в зоні змішання жарової труби, додається вторинне повітря надходить через отвори в зовнішній і внутрішніх секціях.

Ефективне охолодження стінок жарової труби здійснюється вторинним повітрям, що входять всередину жарової труби через зовнішні і внутрішні щілини, утворені гофрованими кільцями. Для надійного підпалу паливо-повітряної суміші в момент запуску двигуна на корпусі компресора у фланцях (1) встановлені дві запальні свічки (2). Знизу на корпусі камери згоряння встановлений дренажний клапан.

Робота камери згоряння

Повітря з високим тиском надходить з компресора в порожнину дифузора, в якій поділяється на два потоки: первинний (А), що потрапляє в зону горіння жарової труби через завихрювачі, і вторинний (В) і (Б), що йде на охолодження жарової труби і турбіни компресора.

У передній частині жарової труби відбувається інтенсивне згоряння палива в завихреному потоці повітря. У задній частині жарової труби відбувається інтенсивне змішання гарячих газів з вторинним потоком повітря, і відповідне зниження температури газів.

Паливо в камеру згоряння надходить по паливному колектору (16) і, пройшовши через двоканальні форсунки (15), згорає в завихреному потоці повітря.

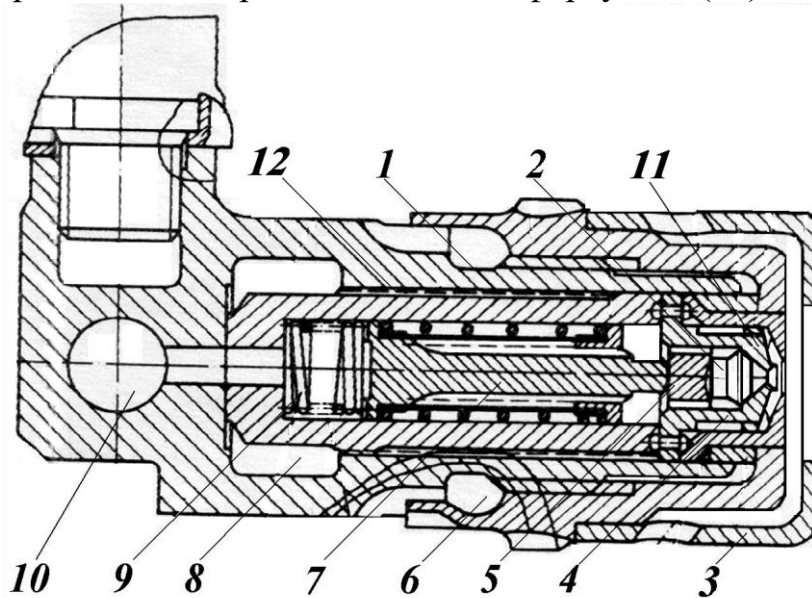


Рис.4 Паливна форсунка:

1–корпус 2–завихрювач; 3–кожух; 4–сопло–завихрювач; 5–шток завихрювача; 6–контровочной гайка; 7–штовхач з сітчастим фільтром; 8–порожнину підведення палива в I контур форсунок; 9–пружина; 10–порожнину підведення палива в II контур форсунок; 11–сопло; 12–фільтруючий елемент II контуру форсунок – різьбова гільза.

Паливний колектор з форсунками призначений для підведення палива в камеру згоряння двигуна. Паливний колектор являє собою кільцевий вузол, що складається з 12-ти форсунок, з'єднаних між собою двома рядами трубок.

Форсунки - соплові, двоканальні, відцентрові.

Розпилювальним елементом першого контуру є конічний завихрювач і сопло - завихрювач, а другого контуру сопло -

завихрювач і сопло.

Елементом, що фільтрує першого контуру є сітчастий фільтр. Елементом, що фільтрує другого контуру є гільза, на циліндричній частині якої нарізане дрібне різьблення і кілька спіральних проточок, що забезпечує чистоту фільтрації. Центрування завихрювача забезпечується підтисканням його до сопла - завихрювача пружиною. Для виключення нагароутворення на соплі відбувається обдув його повітрям, що надходить через отвори в кожусі.

Подача палива по першому контуру проводиться як під час запуску двигуна, так і на всіх режимах роботи. Подача палива по другому контуру проводиться на всіх робочих режимах вище режиму малого газу.

3. Зусилля, що діють на камеру згоряння.

При роботі двигуна на деталі камери згоряння діють газові і інерційні сили, а також зусилля, що виникають внаслідок нерівномірності нагріву і вібрацій. Під дією внутрішнього тиску p_T зовнішня оболонка корпусу камери згорання піддається розтягуванню по утворюючій, а від осьової сили, що передається від турбіни, - дії напружень розтягу за поперечним перерізом. Від дії реактивного

крутного моменту, що передається від турбіни, в оболонці корпусу виникають напруги скручування. Внутрішня оболонка корпусу стискається під дією тиску P_r , а також піддається впливу осової сили і крутного моменту.

У найбільш важких умовах працює жарова труба камери згоряння, температура стінок якої на деяких ділянках досягає 800 ... 1000 °С. Стінки жарової труби нагріваються нерівномірно як за довжиною, так і по колу. Така нерівномірність визначається особливостями робочого процесу і відкладеннями нагару. Найбільш сильно нагрівається середня частина жарової труби, тобто в місці, де закінчується горіння і починається змішання продуктів згоряння і вторинного повітря.

Різний нагрів жарової труби створює в ній температурні напруги, які викликають викривлення її стінок і можуть привести до руйнування. Тому охолодженню камери згоряння і отриманню невеликого температурного градієнта по довжині і в поперечному перерізі стінки приділяється велика увага. Зниження температури матеріалу жарової труби в двигуні ТВЗ-117 досягається плівкового-загороджувальним охолодженням. Сутність цього охолодження полягає в тому, що частина вторинного повітря входить всередину жарової труби через щілини, утворені гофрованими стрічками, встановленими між секціями. На виході з цих щілин повітря зливається під стінами в єдину кільцеву повітряну плівку зі зниженою температурою і, прямуючи вздовж стінок, захищає їх від стикання з гарячими газами. Щоб захистити матеріал жарової труби від газової корозії і створити теплоізоляцію для зменшення теплових втрат, внутрішню її поверхню покривають спеціальною жаростійкою емаллю.

Коливання тиску газів (помпажні явища, пульсуюча подача палива тощо), вібраційне горіння і тряска двигуна викликають вібрацію частин камери згоряння, в результаті чого вібраційні напруги призводять до втомного руйнування. Для зменшення температурних напружень кріплення деталей камери згоряння передбачає можливість їх вільного розширення.

4. Несправності камери згорання, причини їх виникнення, способи знаходження та усунення.

1. Зрив полум'я і самовимикання двигуна

причини:

- порушення подачі повітря (помпаж);
- порушення подачі палива (повне вироблення палива, наявність води в паливі, повітряні пробки, засмічення фільтрів, порушення роботи регуляторів подачі палива);

ознаки:

- крен і розворот вертольоту вправо зі зниженням;
- зміна шуму працюючих двигунів;
- різка зміна температури газу;
- різке падіння тиску масла;
- різке падіння n_{TK} ;

2. *Деформація жарової труби і корпусу і, як наслідок, прогар або поява тріщин*

причини:

- запуск двигуна в умовах низьких температур (нижче -40°C) без попереднього підігріву від аеродромного підігрівача;
- різкі теплові удари, що виникають при виведенні непрогрітого двигуна на підвищений режим або при виключенні двигуна без попереднього охолодження на режимі малого газу;
- перевищення встановленого часу безперервної роботи на злітній і номінальному режимах або при роботі двигуна з температурою газу вище допустимої для даного режиму;
- неповне згоряння палива (наприклад, при помпажі або застосуванні сортів палива, що не рекомендуються для даного типу двигуна) і відкладення нагару;
- засмічення або обгорання паливної форсунки;
- відмова дренажної системи;

ознаки:

- внутрішній прогар виявляється зі зміни тону роботи двигуна, падіння потужності (зростає T_g і з'являється різниця n_{TK}) і появи на корпусах слідів перегріву у вигляді плям з кольорами мінливості;
- зовнішній прогар виявляється по появі ознак пожежі;

Профілактичними заходами, спрямованими на попередження вищевикладених дефектів, є: суворе виконання основних правил технічної та льотної експлуатації двигуна, застосування встановлених сортів палива і ретельний контроль основних параметрів двигуна.

5. Технічне обслуговування камери згорання.

Зовнішнім оглядом перевірте стан корпусу камери згорання, переконайтеся у відсутності:

а) тріщин, особливо в місцях приварки фланців і штуцерів до корпусу камери згорання.

ПРИМІТКА. При підозрі на тріщину зробіть огляд за допомогою лупи;

б) плям перегріву;

в) викривлення, здутті.

Тріщини, плями перегріву, викривлення, здуття на корпусі камери згорання не допускаються.

