

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

Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни

«Теорія теплових двигунів»

обов'язкових компонент

освітньо-професійної програми

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

272 Авіаційний транспорт

(Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів)

за темою – «Робочий процес ПАД»

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від _____ 2023 р. № ____

СХВАЛЕНО

Методично радою Кременчуцького
льотного коледжу
Протокол від 28.08.2028 р. № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від _____ 2023 р. № ____

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

Розробники: викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки *Яніцький А.А.*

Рецензенти:

1. Завідувач кафедри технологій аеропортів Національного авіаційного університету, д.т.н., професор *Тамаргазін О.А.*

Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ, к.т.н., с.н.с. *Тягній В.Г.*

План лекції

1.Процес наповнення: призначення, графічне зображення. Масовий заряд суміші і коефіцієнт наповнення циліндра. Вплив їх на величину роботи циклу і визначаючі їх фактори.

2.Процес стиску: призначення, графічне зображення. Фактори, що впливають на ефективність проходження стиску.

3.Процес згорання: нормальне проходження згорання, утворення початкового осередку полум'я, розповсюдження полум'я і догорання суміші. Швидкість згорання і фактори, визначаючі її розміри. Мета згорання паливно-повітряної суміші. Випередження запалення. Залежність запалення від умов роботи ПД.

4.Детонація: визначення, причини, ознаки. Наслідки детонації. Способи передбачення детонації.

5.Процес розширення: призначення, графічне зображення, робота газу при розширенні.

6.Процес випуску: призначення, графічне зображення, робота затрачена на випуск.

7.Індикаторні параметри ПАД. Індикаторна діаграма. Середній індикаторний тиск, індикаторна робота та потужність. Індикаторний К.К.Д. і питома індикаторна витрата палива. Ефективні параметри ПД: потужність, тертя, механічний к.к.д., ефективна потужність, питома ефективна витрата палива і ефективний к.к.д.

Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в інтернеті

Основна:

1. Царенко А.О. «Модуль 15. Газотурбінний двигун (категорія В1). Конспект лекцій», Кременчук: КЛК, 2013.
2. Терещенко Ю.М. „ Теорія теплових двигунів ”, К.: НАУ, 2009.

Допоміжна:

1. Мадорский Я.Ю.“ Теорія авіаційних двигунів”, ч.1. , К., 1969.
2. Вагин А.Н., “ Теорія авіаційних двигунів ”, ч.1. , К., 1968.
3. Крученюк И.Л, Кеба И.В., «Авіаційний двигун М-14В 26», К.,1972.
4. Ливинский С.И. “ Теорія авіаційних двигунів ”,К, 1982.
5. Холщевников К.В. “ Теорія і розрахунок авіаційних лопатних машин”, К, 1986.

Інформаційні ресурси в інтернеті

1. URL:<http://avia-simply.ru/category/aviatsionnie-dvigateli/>
2. <http://klk.univd.edu.ua/uk/dir/177/biblioteka>

Текст лекції

Циліндрова група двигуна включає в себе циліндри з клапанними механізмами, поршні, деталі механізму газорозподілу, впускні труби і дефлектори.

Циліндр двигуна разом з днищем поршня утворює камеру, в якій відбуваються згоряння паливо повітряної суміші і перетворення теплової енергії в механічну роботу.

Для своєчасного відкриття і закриття клапанів впуску та випуску відповідно до діаграми газорозподілу служить механізм газорозподілу.

Нормальна робота двигуна забезпечується рівномірним охолодженням його циліндрів. Охолодження двигуна здійснюється потоком, що набігає повітря, створюваним повітряним гвинтом.

КОНСТРУКЦІЯ ЦИЛІНДРА З клапанний механізм

Циліндр (рис. 1) двигуна складається з двох основних частин: сталевий механічно обробленої гільзи і наварнути на неї в гарячому стану головки з алюмінієвого сплаву. На нижній бурт головки напресовано сталеве бандажне кільце.

Гільза циліндра виготовлена з поковки легованої сталі, термічно оброблена, внутрішня її поверхня азотованого, шліфувати і остаточно доведена хонінгуванням. Зовні гільза має охолоджуючі ребра і фланець з отворами для кріплення циліндра до середнього картера. Циліндрична частина нижче фланця (спідниця) забезпечує центрування гільзи щодо вікна картера.

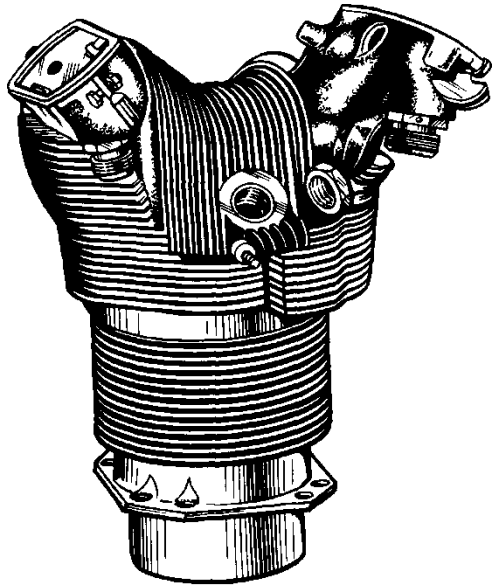
На верхній частині гільза має напорежливу різьблення з ущільнювальним поясом для з'єднання з головкою циліндра.

Головка циліндра відлита з алюмінієвого сплаву разом з двома клапанними коробками. По зовнішній поверхні головка має вертикальні і горизонтальні ребра, відлиті за одне ціле з головкою. Внутрішня порожнина головки циліндра механічно оброблена, має напорежливу різьблення для з'єднання з гільзою і разом з поршнем утворює камеру згоряння напівсферичної форми.

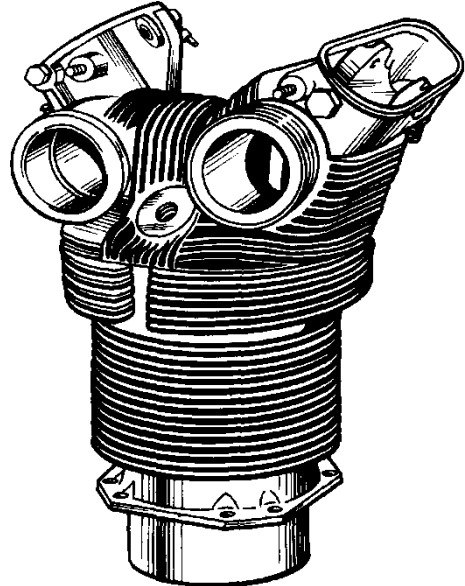
З внутрішньої сторони головки циліндра запресовані сідла клапанів впуску та випуску. Верхніми пасками сідла розвальцьовані в голівці.

Робоча фаска сідла клапана впускання оброблена під кутом 30° , фаска сідла клапана випуску - під кутом 45° відносно площини нижнього торця

сідла.



Вид спереду



Вид ззаду

Циліндр Рис. 1

У денцях клапанних коробок, розташованих із зовнішнього верхньої сторони гільзи, просвердлені отвори, в які з натягом запресовані бронзові направляючі втулки клапанів. Втулки розташовані під кутом 75° симетрично осі циліндра. У потовщеною частини бічних стінок коробок клапанів оброблені отвори для осей коромисел клапанів з зовнішніми виточками під ущільнювальні шайби. Спереду, знизу, в клапанні коробки вкручені штуцера для кріплення кожухів тяг, ззаду вкручені дві шпильки для кріплення повітряних дефлекторів.

У передній частині коробок є вушка, в отвори яких вставлені і розвальцьовані осі, на яких підвішені упори натяжних баранчиків. У задній частині коробок є бобишка, в яку ввернуть гвинт кріплення кришки. На шийку гвинта надаватися кільцевої трос, що укладається в жолобки кришки клапанної коробки. Іншою стороною трос надаватися на натяжна баранчик і, натягуючи спеціальним ключем, щільно притискає кришку до клапанної коробки.

Ущільнюється клапанна кришка гумовим кільцем.

З заднього боку головки розташовані: зліва - патрубок впуску з укрупненим сталевим обмідненим штуцером, праворуч - патрубок випуску про наворачути бронзовим кільцем. До лівого патрубку кріпиться труба

впуску, а до правого - патрубок випускного колектору.

На передній і задній частинах головки циліндра в отвори з різьбленням вкручені три бронзові втулки з внутрішнім різьбленням. Дві втулки, розташовані симетрично осі циліндра, служать для ввертання передньої і задньої свічок. Третя втулка, ввернута в бобишку, розташовану спереду під коробкою впускного клапана, служить для ввертання пускового клапана системи запуску. Нижче свічкового отвори передньої свічки розташована шпилька кріплення кронштейна жалюзі.

Кожен циліндр має один клапан впускання і один клапан випуску, виготовлені з поковок жаростійких сталей.

Клапани забезпечують впуск суміші в циліндри і випуск газів з них в тактах впуску та випуску і герметизують циліндри в тактах стиснення і розширення.

Клапан впуску (рис. 2) виготовлений із сталі ХІ2М. Його грибок з боку, протилежного штоку, має увігнуту поверхню, діаметр грибка більше, а діаметр штока менше, ніж у клапана випуску. Третя поверхню і торець штока клапана впускання загартовані струмами високої частоти, а грибок і частина штока (крім робочої фаски) піддані антикорозійному хімічному нікелюванню і термооброблені.

Клапан впуску притискається до сідла двома пружинами: зовнішньої (2) і внутрішньої (3).

Нижніми торцями пружини впираються: зовнішня - в шайбу, встановлену в клапанну коробку циліндра, внутрішня - в борт втулки клапана.

Верхніми торцями обидві пружини впираються в тарілку (5), яка сама спирається на роз'ємний конічний, покритий міддю замок (4), що входить в виточку штока клапана. Поверхня замку клапана впускання обмідне, а клапана випуску - латунірована.

Клапан випуску виготовлений зі сталі 4ХІ4НІ4В2М, з боку камери згоряння має опуклу поверхню грибка. Шток і грибок клапана випуску всередині на дві третини заповнені металевим натрієм, який при нагріванні розплавляється і сприяє кращому відводу тепла від більш нагрітого грибка клапана до штоку, а потім через направляючу втулку штока і головку циліндра в атмосферу.

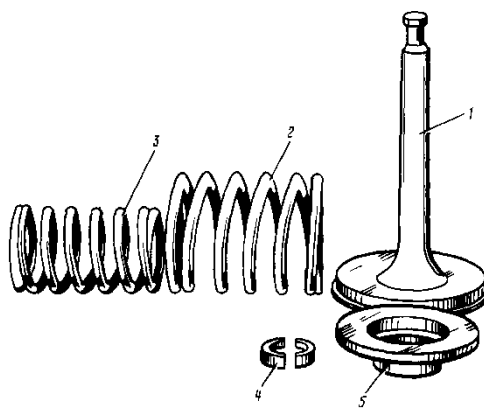
На торці штока цього клапана приварений наконечник з більш

зносостійкого матеріалу, а на робочій фаски наплавлені стеліт ВХН-І. Робоча фаска клапана впускання виконана під кутом 30° до площини грибка, а клапана випуску - під кутом $46^{\circ} 15'$.

Для запобігання нагару на штоку клапана випуску і "зависання" клапана введено ущільнювача - скребковий пристрій. Ущільнювача - скребковий пристрій (рис. 3) клапана випуску (І) складається з двох сталевих кілець ущільнювачів (2) і розділової шайби (9), розміщених в сталевій втулці (3).

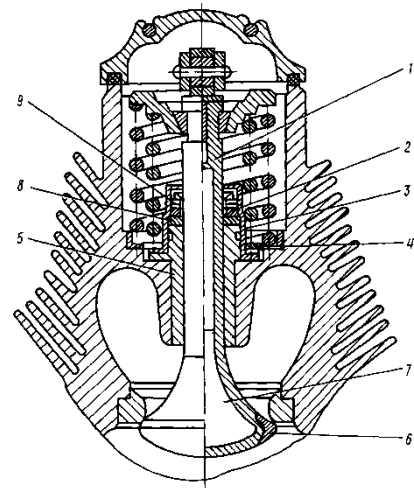
Ущільнювальні кільця (2) - розрізні, термофіксовані на постійне обтиснення штока, мають внутрішню конічну поверхню і встановлені на штоку більшими підставами конічної поверхні до грибка клапана (І).

Поздовжнє переміщення кілець (2) обмежена зверху бурти втулки (3), а знизу - шайбою (8), запресованої у втулку (3), фланець якої є опорною поверхнею внутрішньої пружини (4), постійно притискає весь пакет до направляючої втулки (5) клапана. При відкритті клапана кільця ущільнювачів (2) знімають зі штока клапана (І) мастило, запобігаючи утворенню нагару і тим самим "зависання" клапана.



Клапан впуску Рис. 2

1. Клапан впуску
2. Зовнішня пружина
3. Внутрішня пружина
4. Роз'ємний замок
5. Тарілка клапана



Ущільнювача - скребковий пристрій клапана випуску Рис. 3

1. Клапан випуску
2. Кільце ущільнювача
3. Втулка
4. Внутрішня пружина
5. Напрямна втулка

6. Наплавлення стеліта

7. Металевий натрій

8. Шайба

9. Роздільна шайба

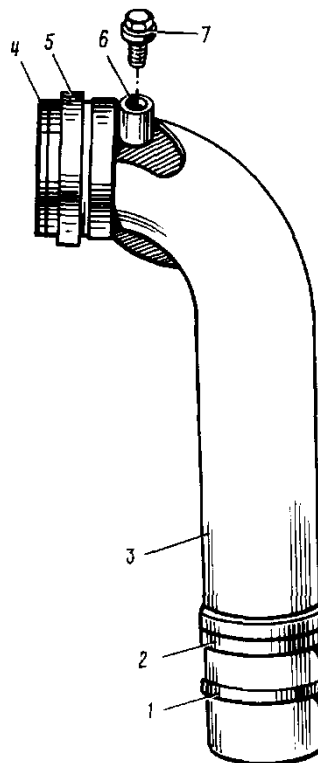
Впускні труби (рис. 4) служать для підведення суміші від нагнітача до циліндрів.

Впускні труби виготовлені з суцільнотягнутої труби з розвальцюванням короткого вигнутого кінця.

Впускна труба прикріплена до циліндра за допомогою гайки, навертаються на зовнішній штуцер. Ущільнюється труба паронітовими прокладками, встановленими в торцеву канавку штуцера.

Нижній кінець труби встановлюється в патрубок сумішесбірника, кріпиться гайкою і ущільнюється гумовим кільцем.

На впускних трубах нижніх циліндрів № 4, 5 і 6 приварені бобишки з різьбленням під пробки для зливу масла або бензину з труб для захисту від гідравлічного удару.



Впускна труба циліндрів № 4, 5 і 6 Рис. 4

1. Гумове кільце
2. Гайка
3. Впускна труба
4. Опорне кільце
5. Накидна гайка
6. Бобишки
7. Пробка

ПОРШЕНЬ

Поршень (рис. 5) сприймає тиск газів і передає їх роботу через шатун на колінчастий вал.

Поршні от штамповані з алюмінієвого сплаву, механічно оброблені зовні і частково всередині.

Днище поршня зовні плоске, поліроване. На зовнішній поверхні днища є дві виїмки, розташовані під клапанами, які виключають можливість ударів поршня про клапани в разі їх "зависання" у відкритому положенні і при провертанні колінчастого валу з нерегульованою газорозподілом двигуна.

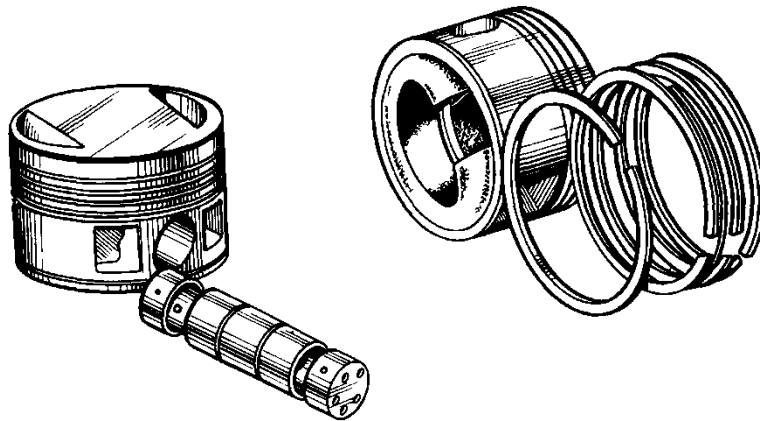
За бічний зовнішній поверхні поршня проточені п'ять канавок: чотири канавки в верхньому поясі і одна в нижньому, в які встановлюються поршневі кільця.

У три верхні канавки встановлюються трапецієподібні газоушільнюючі кільця, хромовані по зовнішньому діаметру, в четверту канавку - мастилозбірних кільце з прорізами і канавкою, а в п'яту - конусное мастилоскидиюче кільце.

У четвертій канавці просвердлені отвори, через які мастило, що знімається кільцем зі стінок циліндра, відводиться в картер.

Усередині поршень має дві діаметрально протилежні бобишки з отворами для поршневого пальця. Зовні у бобишек відфрезерована виїмки для зменшення маси поршня, в яких просвердлені отвори для додаткового відводу масла зі

стінок циліндра.



Поршень, поршневі кільця і поршневий палець з заглушками Рис. 5

Поршневий палець виготовлений з хромонікелевольфрамової сталі, пустотіла, термооброблена до високої поверхневої твердості. Посадка пальця в бобишках поршня і головки шатуна плаваюча.

Від подовжнього переміщення в поршні палець утримується двома алюмінієвими заглушками. У заглушках виконані по шість дренажних отворів і по три отвори для мастила зовнішньої поверхні заглушки.

Поршневі кільця виготовлені з легованого чавуну. Газоуцільнюючі трапецієподібні кільця мають циліндричну утворить, по якій вироблено пористе хромування. За зовнішньої утворює поверхні мастилозбірних кілець проточили канавка з дванадцятьма прорізами для відводу масла.

Мастилоскидуюче кільце має конусну зовнішню утворить поверхню. На поршень мастилоскидуюче кільце встановлюється меншим підставою конуса до днища поршня.

Поршні з кільцями і пальцями, а також робочі поверхні гільз циліндрів змащуються розбризкує мастилом, що надходять через форсунку, укручену в щок передньої частини колінчастого валу, і по зазорам шатунного механізму.

Цикли поршневих двигунів. Цикл Отто.

Цикл з підведенням тепла при постійному об'ємі (цикл Отто)

У 1876 році німецький винахідник Отто вперше розробив газовий двигун, в якому проводилося стиснення газової суміші з подальшим її займанням.

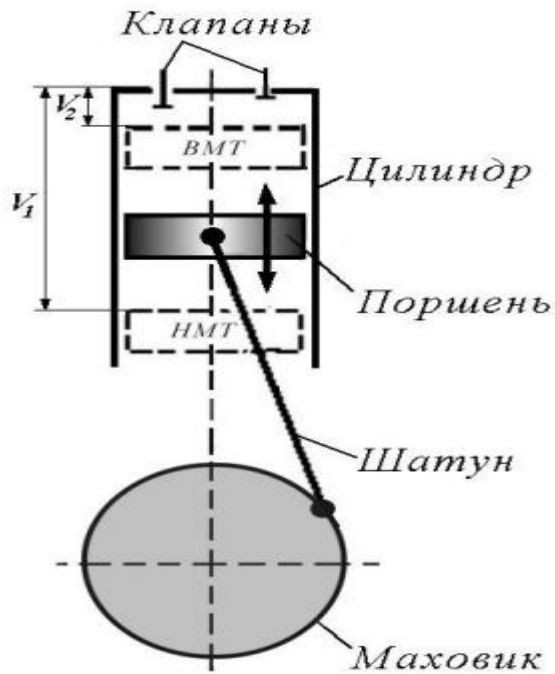
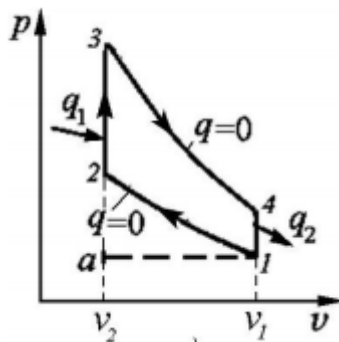


Рис. 6.12. Схема поршневого Двигателя

Ознайомимося з принципом дії. на рисунку зображена індикаторна діаграма такого чотиритактного двигуна.



Індикаторної діаграмою називають діаграму, яка побудована за експериментальними даними.

1 - й такт: хід поршня вправо від точки O . У циліндр через всмоктуючий клапан 1 засмоктується робоча суміш, що представляє собою суміш пального з повітрям. Процес всмоктування зображений на діаграмі лінією OA .

2 - й такт: всмоктуючий клапан закривається і відбувається **стиснення робочої суміші** - лінія AB . При досягненні поршнем верхньої мертвої

точки (ВМТ), робоча суміш запалюється від електричної іскри. У циліндрі внаслідок згоряння суміші швидко наростає тиск при малому зміщенні поршня - лінія BC .

3 - й такт: горіння припиняється, відбувається розширення продуктів згоряння, поршень рухається вправо. Цьому процесу на діаграмі відповідає лінія CD . Коли поршень досягне нижньої мертвої точки (НМТ), відкривається вихлопний клапан. Тиск в циліндрі різко падає -

лінія DE .

4 - й такт: вихлопний клапан відкритий, поршень рухається вліво, **виштовхуючи продукти згоряння в атмосферу** - лінія EO . Далі цикл двигуна знову повторюється.

На індикаторній діаграмі процеси всмоктування і вихлопу не відображає зміни стану робочого тіла в циклі. Тому з точки зору термодинаміки вони не представляють інтересу. Крім того, сумарна робота їх в циклі дорівнює нулю.

ставлення обсягів $\frac{v_1}{v_2} = \varepsilon$ називається ступенем стиснення.

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$$

З формули для ККД циклу Отто видно, що ККД тим більше, чим більше ступінь стиснення.

Досконалість двигунів внутрішнього згоряння відбувалося якраз в напрямку підвищення ступеня стиснення. У перших двигунах ступінь стиснення становило 2,5 атм, - в даний час до 12 атм. Ступінь стиснення обмежується температурою займання стискаємої робочої суміші. Горюча суміш запалюється ще до досягнення поршнем вірніше мертвої точки. Внаслідок цього виникають великі зусилля на поршень, що може привести до поломки двигуна.

Високі тиску і температура, що досягаються при великих ступенях стиснення, призводять також до утворення в циліндрі двигуна умов, коли швидкість згоряння сильно зростає, а процес згоряння наближається до вибуху. Це явище називається детонацією. Поява детонації супроводжується миттєвим підвищенням тиску і призводить до пошкодження окремих деталей або пошкодження двигуна і знижує економічність двигуна.