

**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  
освітньої програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

**Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів**

**За темою № 5. Будова и ідеальний цикл ПАД.**

**Харків 2022**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від \_\_\_\_\_ 2022 р. № \_\_\_\_

**СХВАЛЕНО**

Методично радою Кременчуцького  
льотного коледжу  
Протокол від \_\_\_\_\_ 2022 р. № \_\_\_\_

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від \_\_\_\_\_ 2022 р. № \_\_\_\_

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної  
техніки, протокол від 10.08.2022 р. № 1

**Розробники:**

1. 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.
2. Викладач циклової комісії аеронавігації КЛК ХНУВС,  
к.т.н., с.н.с. Тягній В.Г.

## **Тема 5. Будова и ідеальний цикл ПАД.**

Визначення поршневого двигуна. Класифікація поршневих двигунів. Схема, будова и призначення основних елементів ПАД. Ідеальний цикл ПАД. Процеси и такт, СКЛАДОВІ дійсного циклу ПАД.

### **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>

Прінципові схеми поршневих двигунів, схеми приводу повітряного гвинта и гвинта вертольота від поршневого двигуна.

Авіаційний поршневий двигун (ПАД) працює на принципі перетворення теплової енергії, що виділяється при згорянні палива, в механічну роботу, яка забезпечує обертання вихідного вала двигуна. Для використання поршневого двигуна на літальних апаратах він повинен працювати спільно з повітряним гвинтом. Гвинт встановлюється на вал двигуна і при обертанні, взаємодіючи з навколишнім середовищем, переміщається щодо неї, захоплюючи за собою двигун і літальний апарат, на якому він встановлений.

В даний час ПАД продовжують застосовуватися на літальних апаратах. ПАД має переваги перед ТРД на невеликих швидкостях польоту. Крім того, ПАД дешевше у виробництві і експлуатації, більш економічні при польотах на невелику дальність. Перераховані переваги ПАД визначають сфери їх застосування:

1. Легкі літаки для перевезення пасажирів і вантажів на невеликі відстані при відсутності доріг і підготовлених взлетнопосадочних смуг (ЗПС).
2. Навчальні літаки і вертольоти.

Поршневі двигуни застосовуються на навчальному літаку Як-18 і вертольоті Ка-26. На цих літальних апаратах застосовуються двигуни відповідно М-14П і М-14В26. Застосування ПАД на навчальних ЛА дозволяє знизити вартість початкового навчання льотчиків.

3. Літаки сільськогосподарської авіації.

Поршневий двигун АШ-62ИР встановлений на сільськогосподарському варіанті літака Ан-2. Застосування ПАД на літаках сільськогосподарської авіації дозволяє зменшити вартість сільськогосподарських робіт і завдяки невеликій швидкості польоту підвищити їх якість.

4. Спортивні літаки.

ПАД встановлені на спортивних літаках Як-50, Як-55, Су-26. На цих літаках встановлені різні модифікації двигуна М-14. Застосування ПАД на спортивних літаках дозволяє виконувати фігури вищого пілотажу при невеликих швидкостях польоту.

Існують і інші області застосування ПАД на літальних апаратах. Наприклад, ПАД доцільно встановлювати на літаки для патрулювання лісових масивів, трубопроводів, викиду десанту для гасіння лісових пожеж, та ін.

## Класифікація авіаційних поршневих двигунів.

Авіаційні поршневі двигуни відносяться до двигунів внутрішнього згоряння. Це означає, що паливо в ПАД згорає всередині самого двигуна. Камера згоряння ПАД обмежена внутрішньою поверхнею циліндра і поршнем.

Існуючі авіаційні поршневі двигуни можуть бути класифіковані за різними ознаками:

### 1) В залежності від застосовуваного палива.

На літальних апаратах можливе застосування поршневих двигунів легкого і важкого палива

До двигунів легкого палива відносяться авіаційні ПАД, які використовують в якості палива бензин. Це 4-х тактний двигун, принцип роботи яких буде розглянуто нижче. Двигуни важкого палива працюють на дизельному паливі (солярці).

В даний час всі застосовувані на ЛА ПАД є двигунами легкого палива, тобто в якості палива використовують бензин.

### 2) За способом сумішоутворення.

Розрізняють двигуни з зовнішнім сумішоутворенням (карбюраторні) і з внутрішнім сумішоутворенням (безпосереднє уприскування палива в циліндри).

### 3) Залежно від розташування циліндрів.

Розрізняють двигуни з рядним розташуванням циліндрів і (циліндри розташовуються в один і більше рядів, один за іншим) і зіркоподібні (циліндри розташовані по колу).

### 4) Залежно від способу охолодження.

Розрізняють двигуни рідинного і повітряного охолодження.

### 5) Залежно від характеру зміни потужності при зміні висоти польоту.

Авіаційні ПАД поділяються на висотні і невисотні. Висотні двигуни при збільшенні висоти зберігає свою потужність до досягнення якоїсь певної висоти, званої розрахункової ( $H_{расч}$ ). При подальшому збільшенні висоти (якщо  $H > H_{расч}$ ) потужність у висотних двигунів знижується. У невисотних

двигунів потужність зі збільшенням висоти тільки знижується.

На пасажирські і транспортні літаки встановлюються висотні двигуни. Наприклад, висотним є двигун АШ-62ИР.

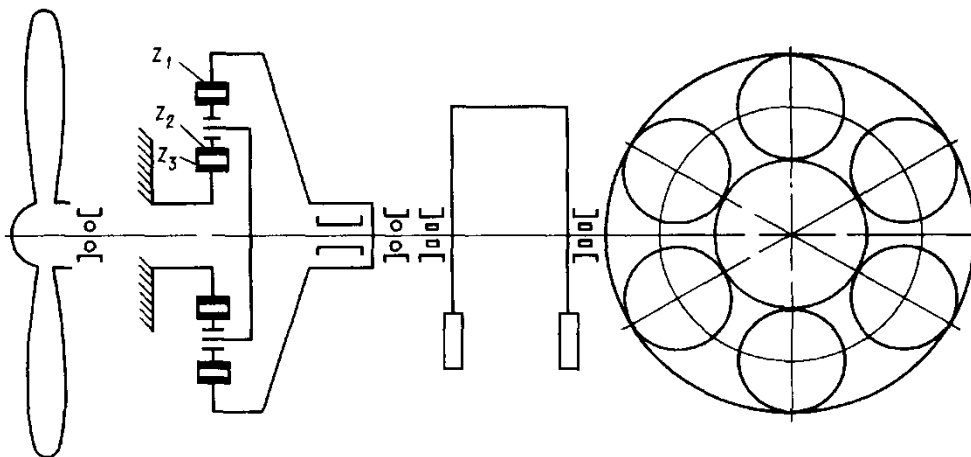
Отримання заданої частоти обертання повітряного гвинта забезпечується застосуванням в кінематичного ланцюга від колінчастого вала до валу гвинта планетарного механізму з циліндричними зубчастими колесами (див. Рис. 1).

Застосування редуктора дозволяє збільшувати потужність двигуна за рахунок збільшення частоти обертання колінчастого вала при збереженні невеликих окружних швидкостей лопатей гвинта. На злітній режимі колінчастий вал розвиває частоту обертання 2900 об / хв, в той час як повітряний гвинт робить 1908 об / хв.

При обертанні колінчастого вала провідний вінець (17) (див. Рис. 2) обертає сателіти (15). Впираючись своїми зубами в зуби нерухомою шестерні (29) редуктора, сателіти обкатуються навколо неї і захоплюють за собою вал гвинта в тому ж напрямку, в якому обертається колінчастий вал.

Передавальне число редуктора двигуна М-14П - 0,658.

На корпусі редуктора встановлений регулятор обертів вала повітряного гвинта. Привід регулятора обертів розташований на кронштейні передньої кришки наполегливої підшипника колінчастого вала.



**Кінематична схема редуктора Рис. 1**

*z1- число зубів ведучого вінця*

*z2- число зубів сателітів*

*z3- число зубів нерухомою шестерні редуктора*

Компонування двигуна. Конструктивні Особливості двигуна. Основні технічні й експлуатаційні дані двигуна. Зовнішня, висотний, Гвинтове характеристики двигуна

## ОСНОВНІ ДАНІ ДВИГАТЕЛЯ М-14П

### ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Авіаційний двигун М-14П поршневий, чотиритактний, бензиновий, з повітряним охолодженням, дев'ятициліндровий, однорядний, з зіркоподібним розташуванням циліндрів і з карбюраторним смесеобразованием.

Двигун М-14П - невисотного, для поліпшення експлуатаційних характеристик має одношвидкісний відцентровий нагнітач.

Двигун охолоджується повітрям, що поступає через вхідний пристрій в передній частині капота літака. Рівномірне охолодження циліндрів забезпечують повітряні дефлектори, встановлені на кожному циліндрі. Мастило основних вузлів і деталей двигуна проводиться маслом під тиском.

Запуск двигуна здійснюється стисненням повітрям. Розподіл повітря по циліндрах в необхідній послідовності здійснюється розподільником стисненого повітря. Запалювання паливо-повітряної суміші в циліндрах здійснюється електричною іскрою струму високої напруги, утвореного в двох робочих магнето. У кожен циліндр загорнуте по дві свічки і пусковому клапану.

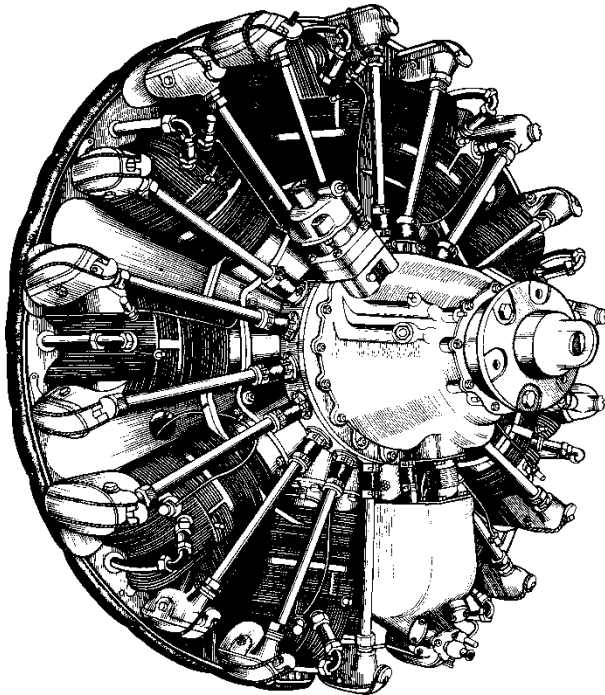
Двигун кріпиться до кільця моторами вісьмома болтами, що проходять через отвори бобишек смесесборніка.

#### **На двигуні М-14П встановлені:**

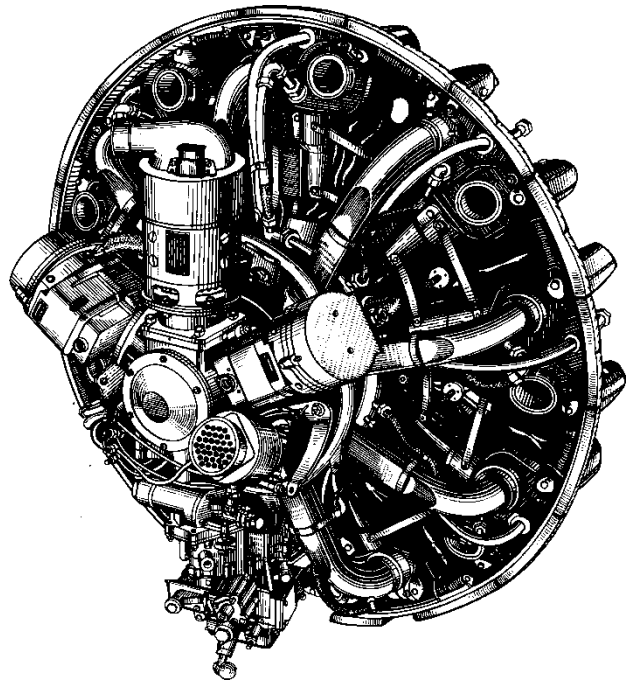
повітряний гвинт змінного кроку В530ТА-Д35 - на валу гвинта;  
регулятор постійних оборотів Р-2 сер. 04 - на корпусі редуктора;  
карбюратор АК-14П - на смесесборніке;  
два магнето М-9Ф,  
генератор ГСР-3000М 4 серії,  
розподільник стисненого повітря, компресор АК-50А 3 серії,  
датчик тахометра ДТЕ-1,

маслонасосів МН-І4А,  
бензонасос 702МІІ - на задній кришці картера.

Редуктор двигуна знижує частоту обертання валу повітряного гвинта щодо частоти обертання колінчастого вала.



*Двигун М-14П (вид спереду)*



*Двигун М-14П (вид ззаду)*

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.



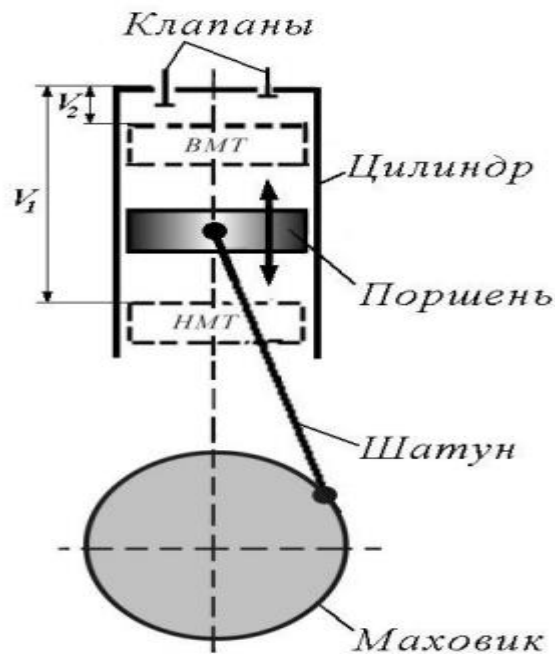
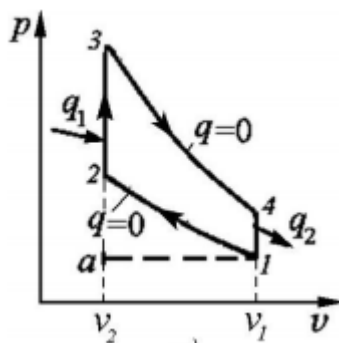


Рис. 6.12. Схема поршневого Двигателя

на рисунку зображена діаграма такого чотиритактного двигуна.



У технічній термодинаміці дану діаграму ідеалізують. Процеси стиснення і розширення замінюють АДІАБАТА, а процеси підвищення і зниження тиску при горінні суміші і відкритті вихлопного клапана - Ізохор. Процеси всмоктування і вихлопу, які, по суті, забезпечують початковий стан робочого тіла в циклі, відкидають.

Відповідно до вищесказаного цикл з підведенням тепла при постійному тиску зображується в  $PV$  - координатах, як показано на малюнку.

тут:

1-2 - адіабатне стиснення горючої суміші;

2-3 - Ізохоричний підведення тепла (при горінні палива);

3-4 - адіабатне розширення продуктів згоряння;

4-1 - умовний Ізохоричний процес відведення тепла, еквівалентний вихлопу відпрацьованих газів.

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

З розгляду діаграм видно, що тиск  $P_3$  і температура  $T_3$  -Максимальний в циклі.

Термічний ККД обчислюється за загальною формулою:

$$\eta_t = \frac{l_{\text{ц}}}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1} .$$

де  $q_1$  і  $q_2$  - кількості тепла, що підводиться і відводиться в циклі на 1кг робочого тіла.

Підведення і відведення тепла в циклі відбуваються при постійному об'ємі і тому ці теплоти рівні зміни внутрішньої енергії в процесах 2-3 і 4-1.

$$q_1 = c_v(T_3 - T_2) \text{ і } q_2 = c_v(T_4 - T_1) .$$

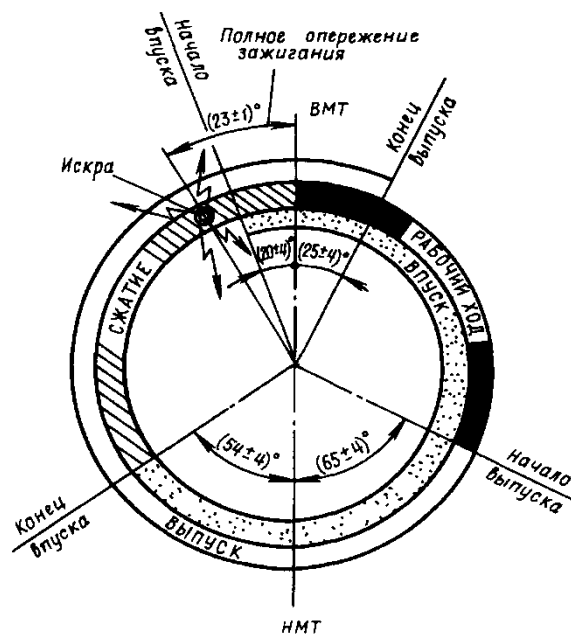
отже:

$$\eta_t = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2}$$

Підставами в формулу значення температур і знаходимо:

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

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



Діаграма газорозподілу Рис. 6