

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

**Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

навчальної дисципліни  
«Поршневий двигун»  
вибіркових компонент  
освітньо-професійної програми  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

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

**за темою № 3 – Кривошипно-шатунний механізм**

**Кременчук 2023**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

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

**СХВАЛЕНО**

Методично радою Кременчуцького  
льотного коледжу  
Протокол від 28.08.2023 р. № 1

**ПОГОДЖЕНО**

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

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. Призначення механізму і його склад. Конструкція шатунного механізму і колінчатого валу, матеріали з яких вони виготовлені.
2. Призначення, конструкція і робота бічного ущільнювача нижньої головки головного шатуна. Характерні несправності кривошипно-шатунного механізму, їхні зовнішні ознаки, причини, наслідки, заходи попередження.

### **Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в Інтернеті**

#### **Основна:**

1. Крученюк І.Л., Кеба І.В. «Авіаційний двигун М-14В26», 2004 р.
2. Лабазін П.С. «Авіаційний двигун АШ-62ІР», 2004 р.

#### **Допоміжна:**

3. Лапшин А.М., Анохін П.І. «Авіаційний двигун М-14П», 2006 р.

#### **Інформаційні ресурси в інтернеті**

4. <https://www.youtube.com/watch?v=cIBWNu9fIro>
5. <https://www.youtube.com/watch?v=ZuvtJqDm2vs&t=1s>

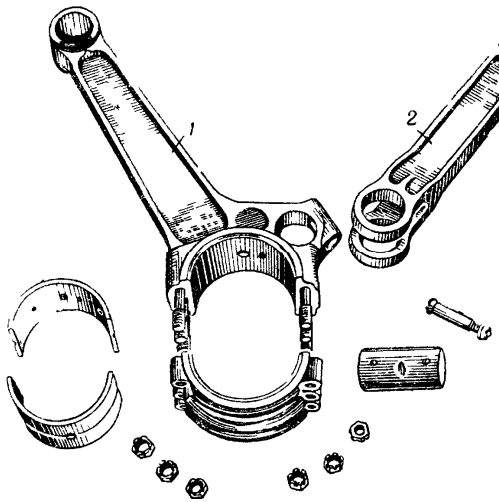
### **Текст лекції**

#### **1. Призначення механізму і його склад. Конструкція шатунного механізму і колінчатого валу, матеріали з яких вони виготовлені**

##### ***ШАТУН***

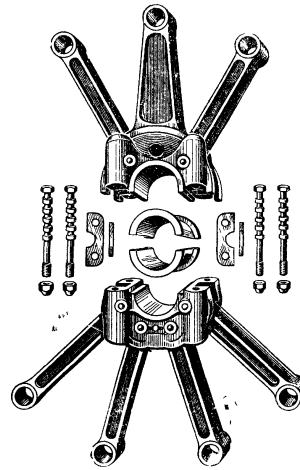
Шатун з'єднує поршень з колінчастим валом і передає роботу газових сил колінчастого валу, приводячи його в обертання.

Шатун належить до числа найбільш навантажених деталей двигуна, а тому він виготовляється зі спеціальних сталей і ретельно обробляється. У шатуні розрізняють поршневу (верхню) головку, кривошипну (нижню) головку і стрижень, що з'єднує обидві головки (рис. 1). Верхня головка шатуна шарнірно зчленовується з поршневим пальцем; вона виготовляється нероз'ємною (цілої). Кривошипна головка надається на шатунних шийку колінчастого вала. У рядних двигунів кривошипна головка в більшості випадків виконується рознімною, у зіркоподібних цілої. Однак зустрічаються роз'ємні нижні головки шатунів у зіркоподібних двигунів. Стрижень шатуна, як правило, має двотавровий розтин.



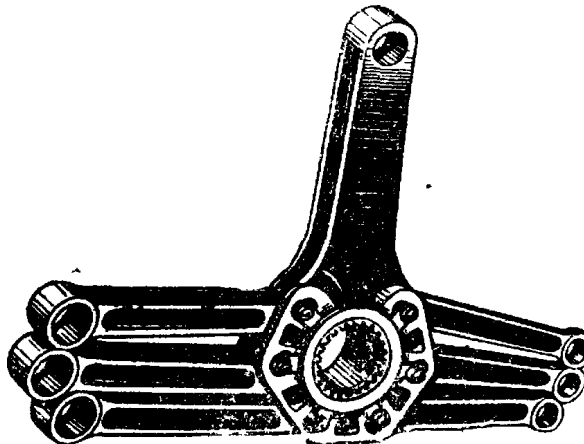
*Рис.1 Комплект шатунів рядних двигунів:*

*1 - головний шатун, 2 - причіпний шатун*



*Рис. 2. Комплект шатунів  
звздообразного двигуна з рознімної  
кривошипної головкою*

У рядних V-образних двигунів комплект шатунів складається з одного головного шатуна і одного причіпного шатуна. Причіпний шатун з'єднується шарнірно з головним за допомогою пальця. У зіркоподібних двигунів комплект шатунів обслуговує всі циліндри, що знаходяться в одному ряду, а тому складається з одного головного і декількох причіпних (рис. 2).



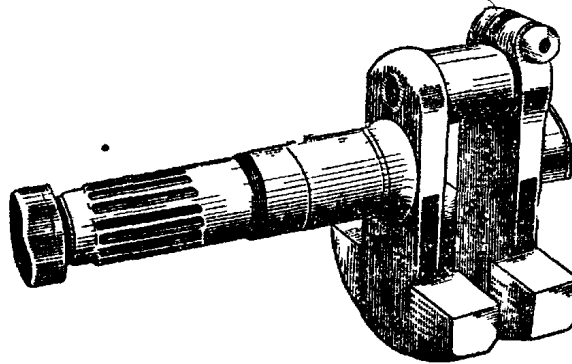
*Рис. 2. Комплект шатунів звздообразного двигуна з нероз'ємною і рознімною кривошипної головкою*

### **Колінчастий вал**

Колінчастий вал сприймає роботу поршнів і передає її на гвинт. Він відноситься до числа найбільш навантажених деталей двигуна, а тому виготовляється з високоякісних сталей і ретельно обробляється.

Колінчасті вали зіркоподібних двигунів мають різне число кривошипів: однорядні - один кривошип (рис. 3).

Колінчасті вали рядних двигунів зазвичай виконуються цілими; окремою частиною у них є тільки противаги. Така конструкція можлива завдяки тому, що кривошипна головка шатуна роз'ємна.



*Рис. 3. Колінчастий вал однорядного звездообразного двигуна*

У більшості зіркоподібних двигунів кривошипна головка, як уже вказувалося, нероз'ємна, а тому, щоб здійснити постановку шатунів, колінчастий вал роблять роз'ємним.

У разі рознімною кривошипної головки шатуна колінчастий вал зіркоподібних двигунів виконується так само, як і у рядних, цілим (нерознімним).

**2. Призначення, конструкція і робота бічного ущільнювача нижньої головки головного шатуна. Характерні несправності кривошипно-шатунного механізму, їхні зовнішні ознаки, причини, наслідки, заходи попередження**

#### ***Кривошипно - шатунний механізм***

Основною ланкою, що сприймає роботу газових сил в циліндрі і передавальним її для використання, є кривошипно-шатунний механізм, що складається з поршня, шатуна і кривошипа колінчастого вала (рис. 4).

При роботі двигуна деталі кривошипно-шатунного механізму здійснюють різні рухи. Поршень здійснює прямолінійно-зворотний рух. Для приведення в дію гвинта прямолінійно-зворотний рух поршня необхідно перетворити в обертальний рух. Таке перетворення відбувається за допомогою шатуна і кривошипа.

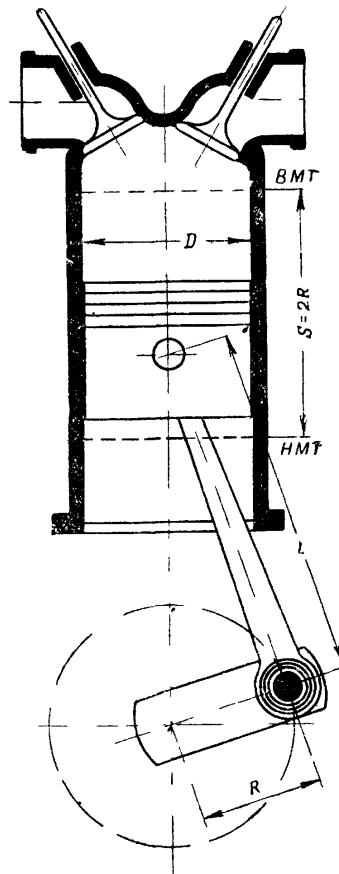


Рис 4. Схема кривошипно-шатунного механізму

Шатун, пов'язаний з поршнем і кривошипом, відхиляється від осі циліндра і одночасно переміщається разом з поршнем; такий рух називається складним коливальним рухом.

Кривошип обертається навколо осі корінних шийок. Шлях, пройдений кривошипом, вимірюється в кутових градусах, а швидкість обертання - числом оборотів в одну хвилину -  $n_{\text{мин}}^{\text{об}}$ .

При обертанні колінчастого вала поршень, переміщаючись в циліндрі, досягає двох крайніх положень, одне з яких, найбільш віддалене від осі колінчастого вала, називається верхньою мертвою точкою або скорочено ВМТ (рис. 5).

Друге, найбільш близьке до осі колінчастого вала, називається нижньою мертвою точкою або скорочено НМТ (рис. 6). Положення ВМТ і НМТ визначається розмірами шатуна і кривошипа.

Основним розміром шатуна є довжина. Довжиною шатуна називається відстань від осі поршневої (верхньої) його головки до осі кривошипної (нижньої) головки; позначається довжина шатуна буквою L.

Розмір кривошипа характеризується його радіусом. Радіусом кривошипа називається відстань від осі корінний шийки до осі шатунної шийки, а позначається буквою  $R$ .

Відстань від верхньої мертвої точки (ВМТ) до нижньої мертвої точки (НМТ) називається ходом поршня і позначається буквою  $S$ . Хід поршня відповідає  $180^\circ$  по куту повороту колінчастого вала;  $S$  - завжди дорівнює двом радіусів кривошипа.

$$S = 2R [\text{мм}].$$

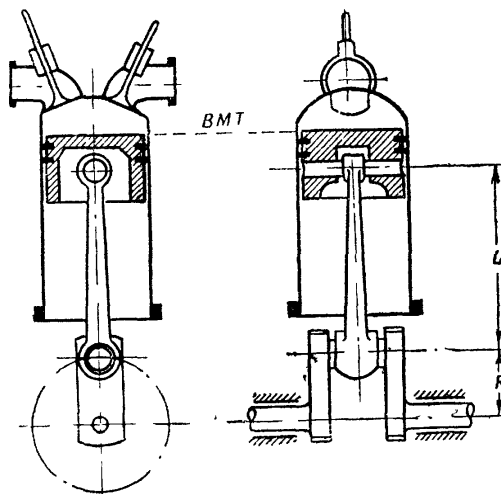


Рис. 5. Положення поршня у верхній мертвій точці ВМТ

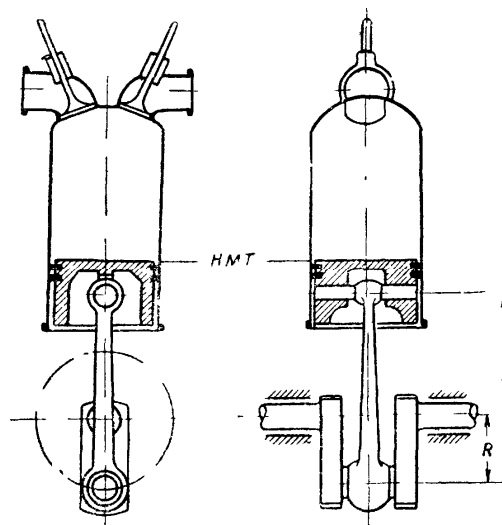


Рис. 6. Положення поршня в нижній мертвій точці НМТ

В процесі роботи двигуна переміщення поршня пов'язано зі зміною обсягу газів всередині циліндра.

Обсяг, займаний газами в циліндрі в той момент, коли поршень знаходиться в ВМТ, називається об'ємом камери згоряння або об'ємом камери стиснення і позначається буквою  $v_c$ . Обсяг, займаний газами в циліндрі в той момент, коли поршень знаходиться в НМТ, називається повним об'ємом циліндра і позначається буквою  $v_a$ . Обсяг, описуваний поршнем при його русі між мертвими точками, називається робочим об'ємом циліндра і позначається  $v_h$ . Обсяг вимірюється в літрах (скорочено - л). Для визначення робочого об'єму циліндра необхідно знати діаметр циліндра  $D$  і хід поршня  $S$ , виміряні в дециметрах.

$$v_h = \frac{\pi D^2}{4} S [\text{л}]$$

Робочий об'єм одного циліндра називають літраж циліндра, а робочий об'єм всіх циліндрів двигуна - літраж двигуна. Залежність між повним об'ємом  $v_a$ ,

робочим об'ємом  $v_h$  і об'ємом камери згоряння  $v_c$  може бути виражена таким чином:

$$v_a = v_c + v_h$$

Ставлення повного обсягу циліндра до об'єму камери згоряння називається ступенем стиснення. Ступінь стиснення позначається буквою  $\varepsilon$ .

$$\varepsilon = \frac{v_a}{v_c}$$

Ступінь стиснення показує, у скільки разів повний об'єм циліндра більше обсягу камери згоряння. Ступінь стиснення є постійною величиною для даного двигуна. В сучасних авіаційних двигунах, що працюють на бензиновому паливі, ступінь стиснення коливається в межах 5,5-7,2.

### **ШАТУНИЙ МЕХАНІЗМ**

Шатуний механізм (рис. 7) двигуна М-14П складається з головного шатуна (1) і восьми причіпних шатунів (5), шарнірно з'єднаних з головним шатуном сталевими пальцями (7).

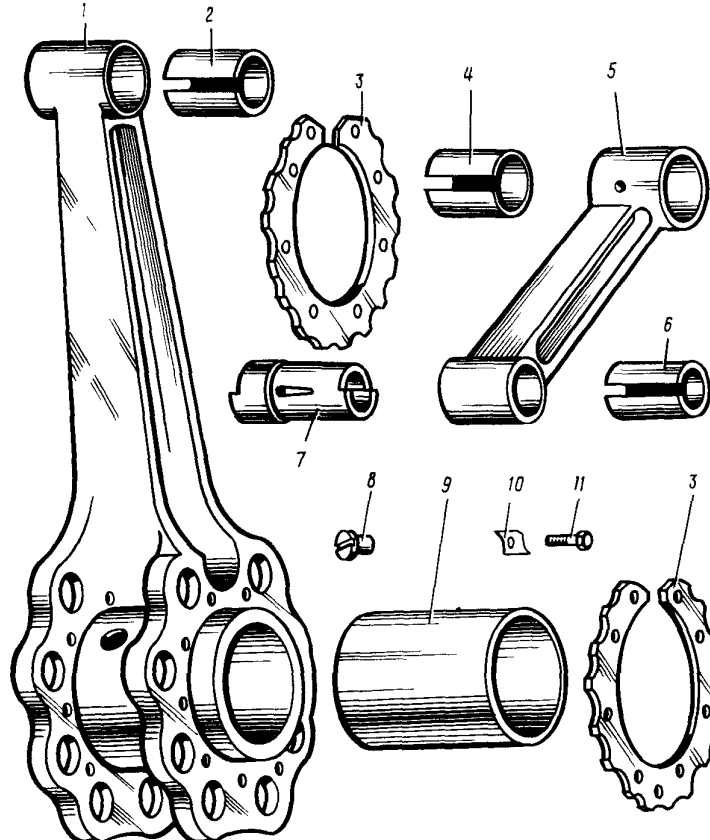


Рис. 7. Шатуний механізм

- |  |   |
|--|---|
| 1. Головний шатун                            | 6. Втулка кривошипної головки причіпного шатуна |
| 2. Втулка поршневої головки головного шатуна | 7. Палець причіпного шатуна                     |



- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| 3. Планка кріплення<br>причіпних шатунів        | 8. Стопорний гвинт            |
| 4. Втулка поршневої головки<br>головного шатуна | 9. Втулка кривошипної головки |
| 5. Причіпний шатун                              | 10. Замок                     |
|   | 11. Гвинт                     |

Головний шатун встановлюється в циліндрі № 4.

Шатуни виготовлені з поковок хромонікелевої сталі і термічно оброблені. Поверхні шатунів полірованими.

Головний і причіпні шатуни складаються з поршневої і кривошипної головок, з'єднаних стрижнем двотаврового перетину. У кривошипну головку головного шатуна запресована сталева втулка (9), залита свинцювата бронзою і застопорені двома стопорними гвинтами (8). На внутрішню поверхню, що труться втулки після механічної обробки наноситься тонкий шар свинцево-оловянистого покриття. У поршневій головці головного і в усі головки причіпних шатунів запресовані відповідно втулки (2), (6) і (4), виготовлені з бронзової стрічки. Втулки ущільнені протяжкою, а краю їх развальцовані.

У нижній частині поршневих головок всіх шатунів розташоване по два наскрізних отвори, через які розбризкується масло при роботі двигуна підводиться до поверхонь, що труться втулок.

Перетин стрижня головного шатуна зменшується від кривошипної головки до поршневої, а перетину стрижнів причіпних шатунів однакові по всій довжині.

Кривошипна головка головного шатуна має дві щокі з вісьмома латунірованими отворами на кожній під пальці причіпних шатунів. На пальцях встановлюються вісім причіпних шатунів, мастило до яких підводиться під тиском з шатунної шийки колінчастого вала по свердлінням в задній щокі і пальцях.

Пальці причіпних шатунів виготовлені зі сталі і для підвищення поверхневої твердості цементувати. Кожен палець має всередині наскрізне циліндричний отвір, в яке запресована виконана у вигляді котушки заглушка з алюмінієвого сплаву. Порожнина між заглушкою і внутрішньою поверхнею пальця служить для проходження мастила до втулок причіпних шатунів.

Зовнішня поверхня пальця - ступінчаста.

Діаметр передньої частини більше діаметра іншої частини пальця. Ступінчастість зовнішньої частини пальців забезпечує посадку їх з однаковими натягами в обох щоках головного шатуна. Поверхня середньої частини пальця є робочою частиною під втулку причіпного шатуна, а крайні поверхні є опорними шийками пальця в головному шатуні.

На робочій поверхні пальця є дві діаметрально протилежні лиски, до яких через отвори, просвердлені в стінці пальця, подається масло з внутрішньої порожнини пальця на його поверхні, що труться. Для рівномірного розподілу масла на поверхні пальця один з отворів розташоване ближче до переднього торця, а інше - ближче до заднього. Задня циліндрична частина пальця має наскрізне похиле отвір, що з'єднує внутрішню порожнину пальця з маслоподводящим отвором в щоглі головного шатуна.

На обох торцях пальця є прямий зріз, який утворює виступ, до якого прилягає виступ планки (3), що утримує палець від поздовжнього переміщення.

Планки кріплення пальців однакові і встановлюються з зовнішніх сторін щік головного шатуна. Планки кріпляться гвинтами (II), які контр пластинчастими замками (10).