

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

**за темою № 2 - Компресор**

**Харків 2021**

### **ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 23.09.2021 № 8

### **СХВАЛЕНО**

Методичною радою  
Кременчуцького льотного  
коледжу Харківського  
національного університету  
внутрішніх справ  
Протокол від 22.09.2021 № 2

### **ПОГОДЖЕНО**

Секцією науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 22.09.2021 № 8

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 30.08.2021р. № 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. Викладач циклової комісії аеронавігації КЛК ХНУВС, к.т.н., с.н.с. Тягній В.Г.

**План лекцій:**

1. Призначення, конструкція, робота, обігрів пилозахисного пристрою.
2. Основні технічні дані компресора базового двигуна.
3. Конструкція компресора базового двигуна.
4. Експлуатаційні причини хитливих режимів роботи компресора і методи боротьби з ними.
5. Можливі несправності компресора.
6. Технічне обслуговування компресора.

### **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.

#### **Додаткова:**

3. Іноземцев А.А., Сандрацький В.Л. Газотурбінні двигуни. П.: ВАТ «Авіадвигун», 2006. 1024 с.
4. Данилейко І.І., Капустін Л.Н., Фельдман Е.Л. Основи конструкції авіаційних двигунів. Москва: Транспорт, 1988. 296 с.
5. Данилов В.А., Занько В.М., Калінін Н.П., Кривко А.І. Вертолiт Мі-8МТВ. Конструкція і експлуатація. Москва: Транспорт, 1995. 295 с.
6. Богданов А.Д., Калінін Н.П., Кривко А.І. Турбовальний двигун ТВ3-117ВМ. Конструкція і технічна експлуатація. Москва: Повітряний транспорт, 2000. 392 с.
7. Керівництво з технічної експлуатації двигуна ТВ3-117. Книги 1,2,3. Москва: Транспорт, 1987. 706 с.
8. Лозицький Л.П. Конструкція і міцність авіаційних газотурбінних двигунів. Москва: Повітряний транспорт, 1992. 536 с.
9. Нечаєв В.М. Авіаційні газотурбінні двигуни. Л.: Видавництво Академії цивільної авіації, 1973. 86 с.

#### **Інформаційні ресурси в Інтернеті**

10. [Авіація, зрозуміла всім: веб-сайт.URL.:http://avia-simply.ru/category/aviatsionnie-dvigateli/](http://avia-simply.ru/category/aviatsionnie-dvigateli/)(дата звернення 26.05.2020)

## 1. Призначення, конструкція, робота, обігрів пилозахисного пристрою.

Пилозахисний пристрій (ПЗУ) забезпечує очищення повітря, що надходить в двигуни ТВЗ-117ВМ, від пилу, піску, сухих гілок, листя і інших сторонніх предметів під час рулювання, зльоту і посадки з польових аеродромів і майданчиків.

### Основні технічні дані ПЗУ:

Діапазон температури зовнішнього повітря для роботи ПЗУ	-60 ... + 60 ° С
ступінь очищення	70 ... 75%
Час відкриття / закриття заслінки ПЗУ	23 ... 38 з
Збільшення витрати палива при включенні ПЗУ	3%
Зростання температури газів перед турбіною двигуна при включенні ПЗУ	10 ... 15 ° С
Зростання частоти обертання турбокомпресора двигуна при включенні ПЗУ	0,5%
Зростання температури газів перед турбіною двигуна при включенні ПЗУ і його ПОС	до 75 ° С
Зростання частоти обертання турбокомпресора двигуна при включенні ПЗУ і його ПОС	2,5%
Маса комплексу ПЗУ	58 кг

Основними елементами конструкції ПЗУ є: зовнішня обичайка; центральний обтічник; сепаратор; патрубок відводу пилу; ежектор.

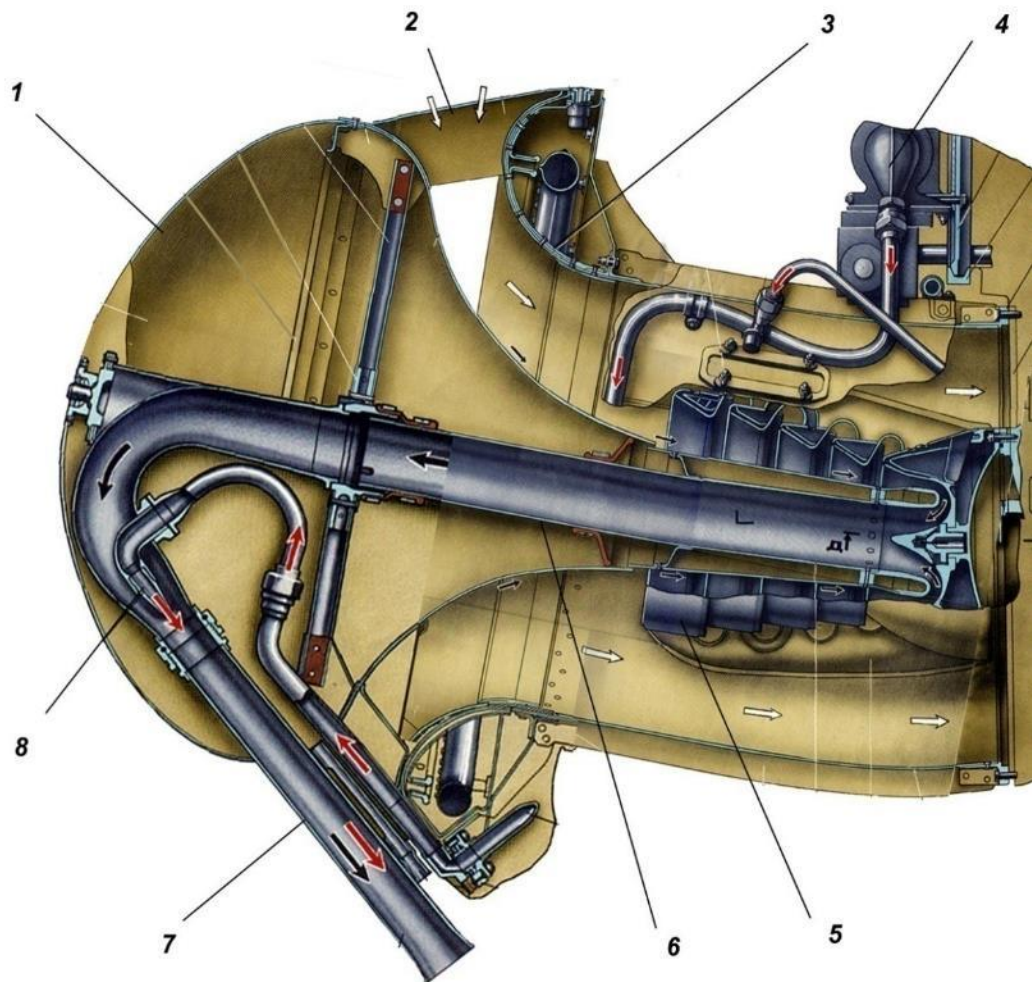
Зовнішня обичайка є тунелем входу повітря в двигун. У передній її частині знаходиться колекторна губа. У внутрішній порожнині колекторної труби є внутрішній екран, що утворюється з передньою стінкою губи порожнину для подачі потоку теплового повітря і його закрутки, а також кільцевої колектор і камера змішування.

Центральний обтічник складається з передньої і задньої частин, з'єднаних між собою шпангоутом. Обтічник задньою частиною спирається на патрубок відводу пилу і кріпиться трьома стійками за допомогою гвинтів до зовнішньої обечайке в зоні колекторної губи. Нижня зовнішня стійка використовується для підведення повітря до ежектору і електропроводки до ПОС ПЗУ.

Сепаратор звареної конструкції складається з чотирьох кілець, чашки з кришкою, двох вертикальних і двох горизонтальних поздовжніх стійок. Чашка з кришкою кріпиться різьбовим пальцем зі сферичною голівкою до кришки першої опори двигуна.

Патрубок відводу пилу складається з прямого і поворотного патрубків і разтруба виведення пилу, з'єднаних між собою втулками і гумовими муфтами.

Ежектор встановлений в поворотний патрубок і служить для збільшення ефекту подсоса забрудненого повітря і зручності прокладки трубопроводу підведення повітря до ежектору.



1- Обтічник; 2 - Стойка кріплення обтічника; 3 - Вхідні колекторна губа;  
4 - Заслінка 1919Т; 5 - Сепаратор; 6 - Трубопровід виведення пилу; 7 - Раструб виведення пилу; 8 - Ежектор.

При включенні ПЗУ в роботу при працюючих двигунах гаряче повітря від через компресора двигуна через відкриту заслінку 1919Т (Про це сигналізує табло "ПЗУ включений") надходить в сопло ежектора патрубка відводу пилу.

Частина потоку повітря, що надходить у двигун, за рахунок відцентрових сил притискається до задньої частини центрального обтічника і надходить на вхід сепаратора.

Велика частина очищеного повітря проходить через сепаратор на вхід в двигун. Забруднене повітря піддається очищенню в сепараторі. Частина цього потоку з пилом і сторонніми частинками проходить в патрубок відводу пилу, в якому створюється розрядження за рахунок роботи ежектора. Таким чином, забруднення повітря викидається в атмосферу.

ПЗУ має повітряно-теплову та електричну протиобмерзних систему. Повітряно-теплова ПОС забезпечує обігрів теплим повітрям, що відбирають через компресора,

Вхідний колекторної труби, внутрішній поверхні тунелю входу повітря в двигун і вузла сепаратора.

Електротеплового ПОС ПЗУ служить для обігріву: передній частині центрального обтічника, задньої частини центрального обтічника, роЖТ руба виведення пилу, кожуха прямого патрубка виведення пилу, шкарпеток пилу стійок кріплення центрального обтічника. На цих поверхнях наклеєні нагрівальні латунні нагрівальні елементи. В обшивці передньої і задньої частини обтічника встановлені два термодатчика ТД-2, що дозволяє тимчасово вимикати ПОС з подальшим автоматичним включенням. Харчування нагрівальних елементів проводиться змінним струмом 200 В, 400 Гц. ПОС ПЗУ включається в роботу одночасно з включенням ПОС двигунів.

Для включення в роботу ПЗУ необхідно включити АЗС "ПЗУ лівого двигат" і "ПЗУ правого двигат", а також вимикачі "ПЗУ двигат. ЛІВ ." і "ПЗУ двигат. прав." на правій бічній панелі електропульт. При цьому будуть відкриватися заслінки 1919Т своїми електромеханізмами, і через 23 ... 38 з загоряться табло, розташовані над вимикачами, "ЛІВ ПЗУ включений" і "Прав ПЗУ включений", що вказує на включення в роботу ПЗУ. Включення ПЗУ призводить до підвищення температури газів перед турбіною двигунів на 10 ... 15 ° С.

При виключенні цих вимикачів табло гаснуть відразу, а заслінки повністю закриваються через 23 ... 38 с.

ПОС ПЗУ включається в роботу одночасно з включенням ПОС двигунів.

## **2.Основні технічні дані компресора базового двигуна.**

Компресор двигуна осьовий дванадцятиступінчастий з поворотними лопатками ВНА і НА перших чотирьох щаблів, з двома клапанами перепуску повітря з-за 7 ступеня компресора.

Основні технічні дані компресора (на розрахунковому режимі)

1. Витрата повітря через компресор ..8,85 кг / сек.
2. Ступінь підвищення тиску ... 9,45.
3. Температура повітря за компресором 335 ° С.
4. Осьова швидкість повітря па вході в компресор 149 м / сек.
5. Осьова швидкість повітря на виході з компресора ,, .. 112м / сек.
6. Окружна швидкість повітря на зовнішньому радіусі 335м / сек.
7. Коефіцієнт корисної дії., 0,855
8. Відносна маса ..0,17

## **3. Конструкція компресора базового двигуна.**

Компресор складається з наступних основних вузлів: статора (3) (див. Рис. 1), вхідного напрямного апарату (2), ротора (4), першої опори (1) і другої опори (5).

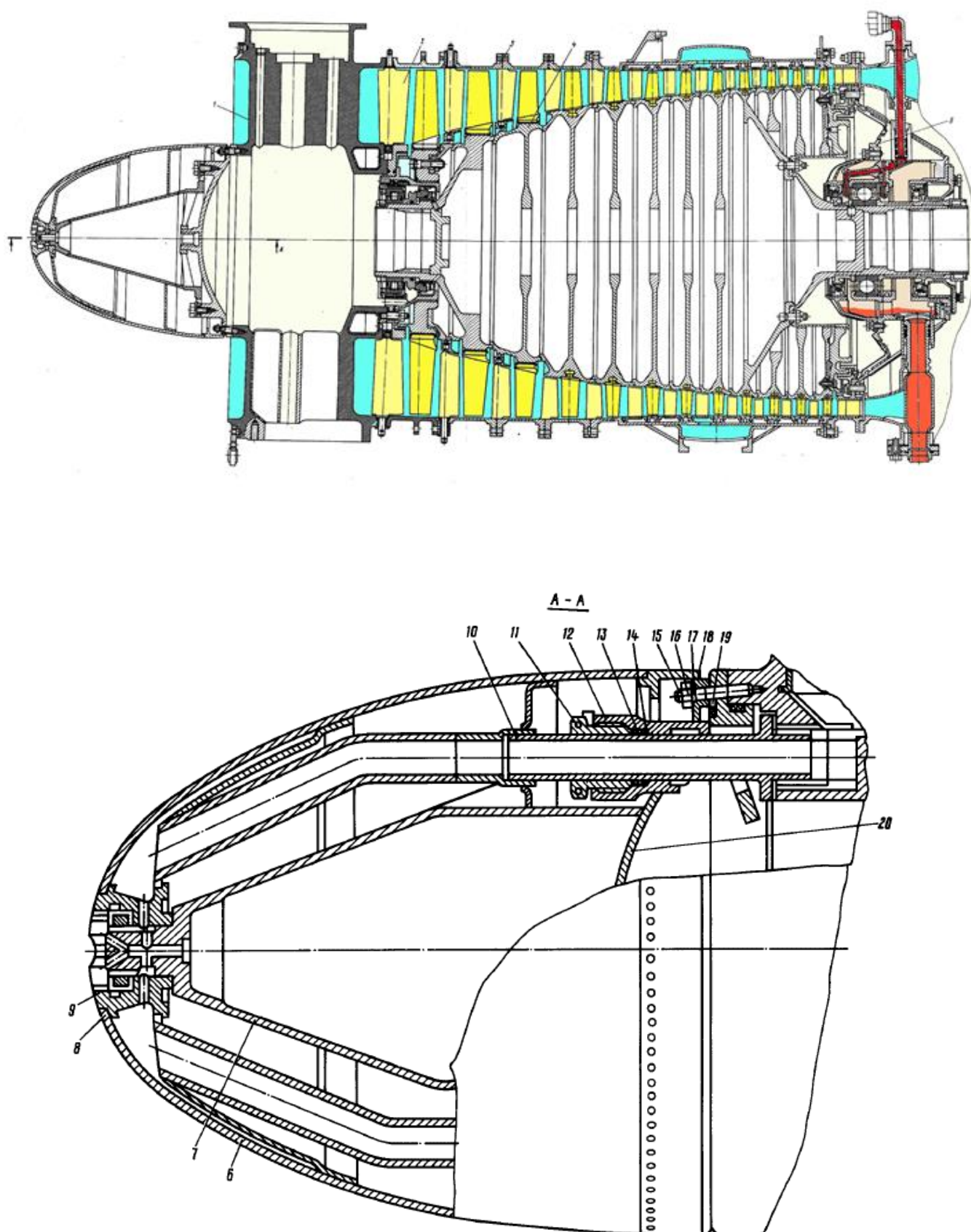


Рис. 1.2

6. Кок
7. Кронштейн кока
8. Гайка кріплення кока
9. Стопорний стакан
10. Патрубок підведення повітря на обігрів кока
11. Затискна гайка набору ущільнення патрубка
12. Патрубок передньої кришки
13. Шайба наполеглива
14. Мідне кільце ущільнювача
15. Шпилька корпусу першої опори
16. Гайка кріплення передньої кришки
17. Стопорна шайба
18. Шайба
19. Кільце ущільнювача
20. Передня кришка

*Статор* компресора складається з корпусу, напрямних і спрямних апаратів.

Корпус компресора складається з чотирьох кільцевих корпусів (4) (див. Рис. 2), (5), (6) і (9). Корпуси (4), (5), (6) і (9) представляють собою титанові кільцеві обичайки з фланцями з обох сторін. Корпуси з'єднуються між собою фланцями і закріплюють болтами і самоконтрящимися гайками. Центрування корпусів між собою здійснюється призоними болтами.

У фланцях корпусів є радіальні отвори, які розташовані в проміжках між отворами під болти кріплення корпусів і служать гніздами для установки цапф поворотних лопаток напрямних апаратів.

Обичайка корпусу (9) і кожух (10) утворюють кільцеву порожнину, яка через отвори в стінці обичайки і зовнішньої обоймі напрямного апарату сьомий щаблі з'єднується з проточною частиною компресора.

На зовнішній поверхні кожуха (10) є: фланець (4) (див. Рис. 3) для відбору повітря на охолодження вільної турбіни і наддування третьої опори, фланець (5) для відбору повітря на потреби вертольоту, фланець (2) (див. рис. 4) і (3) (див. рис. 3) для установки клапанів перепуску повітря, фланець (1) для огляду робочих лопаток сьомий і восьмий ступенів компресора, а також резервні фланці (2) (рис. 3) і (4) (рис. 4). На зовнішній поверхні обичайки корпусу приварені два кутових штуцера, що забезпечують через отвори в обоймі напрямного апарату



№5 відбір повітря для наддування ущільнень першої опори через штуцер (1) (див. Рис. 4) і четвертої опори через штуцер (3).

Направляючі апарати №1, 2, 3 і 4 (першої, другої, третьої і четвертої ступенів компресора) складаються кожен з поворотних лопаток, встановлених спеціальними цапфами 2 в радіальні отвори фланців корпусів компресора. Лопатки напрямних апаратів № 1 і 2, крім того, мають нижні цапфи (покриті антифрикційним покриттям), які входять в циліндричні гнізда рознімних внутрішніх обойм (17) (див. Рис. 2).

Для управління лопатками ВНА і НА I-IV ступенів на їх верхніх цапфах 2 встановлені важелі, які через сферичні підшипники входять в зачеплення з осями поворотних кілець 20. Поворотні кільця 20 через регульовані тяги 23, двоплечий важіль 33, сполучну планку 31, гойдалку 24, регульовану тягу 28 з'єднані з силовим важелем 29 насоса-регулятора НР-ВМ або силовим важелем нижнього гідроциліндра.

До спеціальних кронштейнів 36 корпусу 1 першої опори і корпусу 9 V-XI ступенів кріпляться важелі планки 34, в які вмонтовані осі двоплечих важелів 33 і вісь гойдалки 24.

Кожне поворотне кільце 20 спирається на десять рівномірно розташованих по колу роликів 38, які спільно з розпірні втулками 39 встановлені на осі 40.

На зовнішньої цапфі однієї з лопаток ВНА, розташованої зліва, встановлена стрілка 42, за показаннями якої на лімбі 41 можна проводити регулювання кінематики поворотних лопаток.

На зовнішньої цапфі лопатки ВНА, розташованої вгорі на 24° лівіше вертикальної осі, встановлений важіль 32 зворотного зв'язку, який регульованою тягою 30 з'єднаний з важелем зворотного зв'язку 27 насоса-регулятора. Люфти в з'єднаннях системи зворотного зв'язку вибираються пружиною 26, яка одним кінцем з'єднана з регульованою тягою 30, а іншим з кронштейном 25, закріпленому на корпусі компресора.

Спрямний апарат компресора є силовим елементом конструкції двигуна і складається із зовнішнього корпусу (13) (див. Рис. 2) і кільця (16), обойм (15),

лопаток (19) напрямного апарату дванадцятої щаблі й лопаток (14) спрямного апарату, з'єднаних в один вузол.

Зовнішній корпус спрямного апарату представляє собою кільцеву обичайку з двома фланцями. Кільце (16) спрямного апарату виконано у вигляді кільцевої обичайки з фланцем.

Переднім фланцем корпус спрямного апарату кріпиться болтами до корпусу компресора, а заднім фланцем до корпусу камери згоряння. До фланця кільця (16) кріпиться болтами корпус другої опори, внутрішній корпус дифузора камери згоряння і кільце лабіринту. Вхідний направляючий апарат (43) (див. Рис. 2) складається з окремих поворотних лопаток, встановлених верхніми (2) і нижніми (18) цапфами у відповідні отвори, корпусу першої опори.

В нижніх цапфах лопаток вхідного напрямного апарату (ВНА) є отвори, через які гаряче повітря з кільцевої порожнини першої опори надходить на обігрів передніх кромek лопаток ВНА.

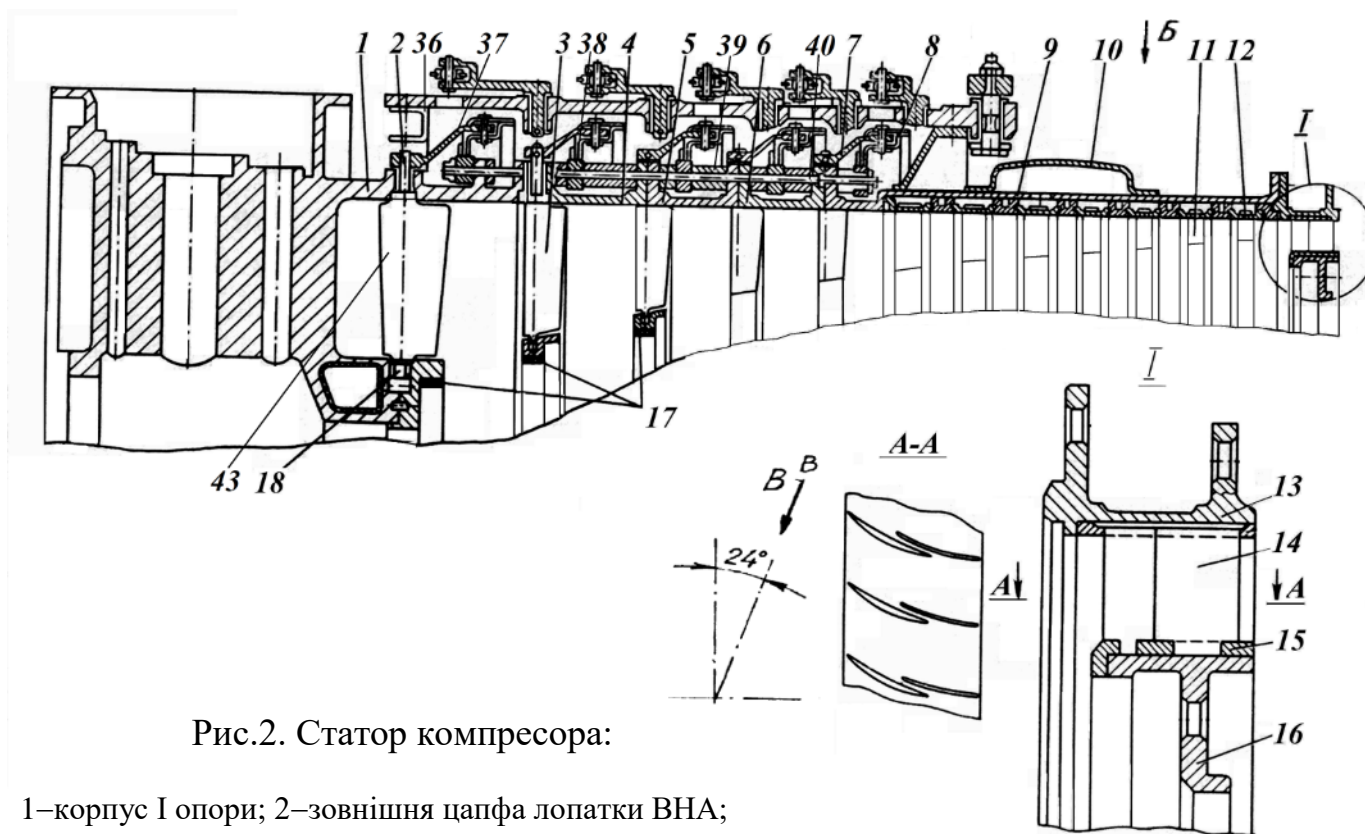


Рис.2. Статор компресора:

1–корпус I опори; 2–зовнішня цапфа лопатки ВНА;

3–лопатка НА; 4–корпус №1; 5–корпус №2; 6–корпус №3; 7–важіль повороту лопаток НА; 8–кільце; 9–корпус №4; 10–кожух; 11,12–лопатки НА; 13–зовнішній корпус спрямного апарату; 14–лопатка спрямного апарату; 15–обойма; 16–внутрішній корпус спрямного апарату; 17–внутрішня обойма; 18–внутрішня цапфа

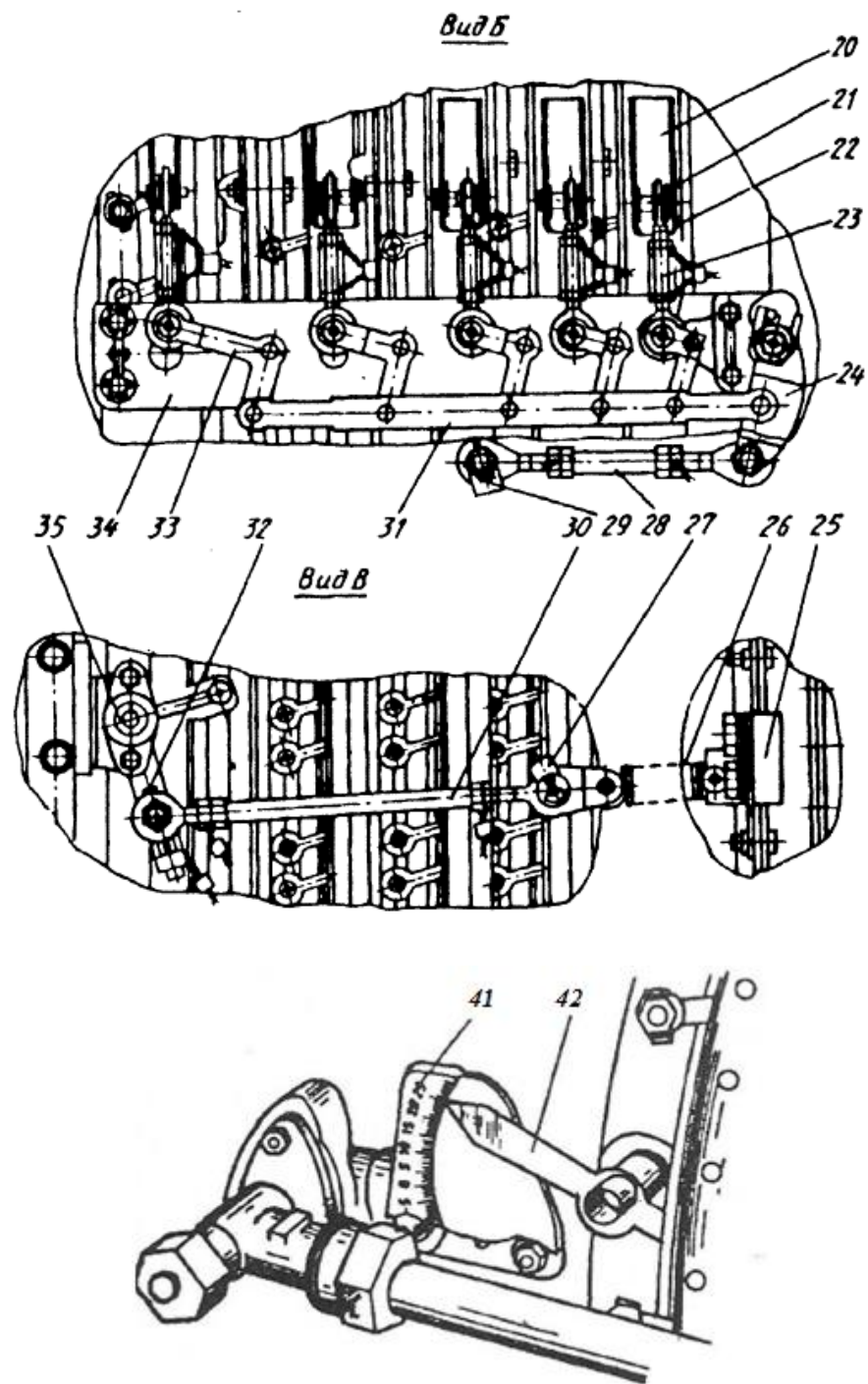


Рис.2 (продовження)

20-поворотне кільце; 22-проушина; 23-тяги регульована; 24-качалка; 25-кронштейн;

26-пружина; 27-рачаг зворотного зв'язку насоса-регулятора; 28,30-регульовані тяги; 29-силовий важіль насоса-регулятора; 31-сполучна планка; 32-важіль зворотного зв'язку поворотною лопатки ВНА; 33-двуплечий важіль; 34-важільна планка; 35-кронштейн; 41-лімб; 42-стрілка;

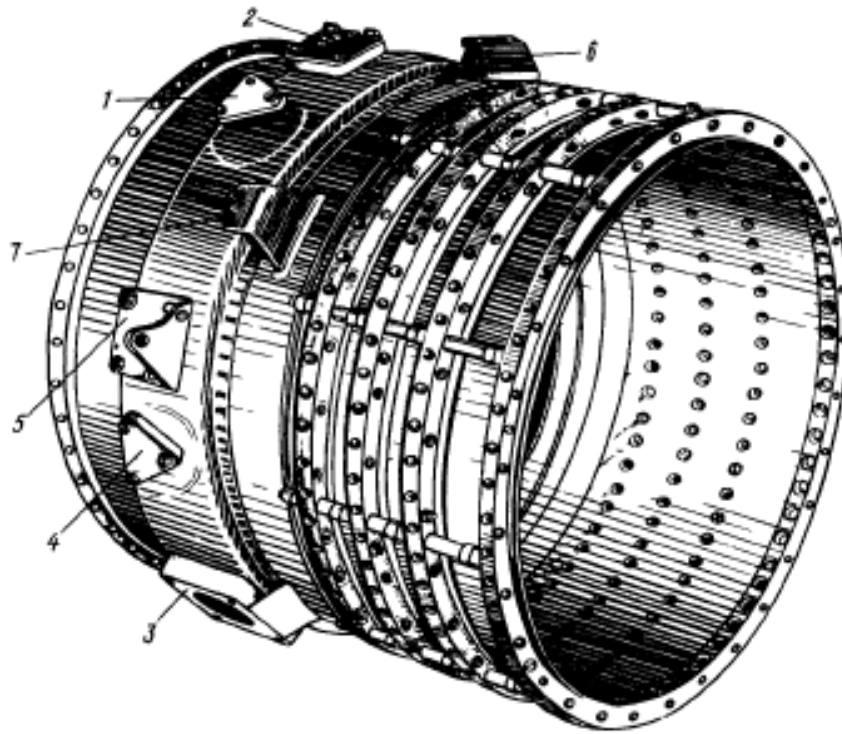


Рис. 3. Статор компресора (вид праворуч)

1. Фланець для огляду робочих лопаток сьомий і восьмий ступенів ротора компресора
2. Фланець для установки сигналізатора мств-1,5АС
3. Фланець для установки клапана перепуску
4. Фланець для відбору повітря на охолодження вільної турбіни і наддування третьої опори
5. Фланець для відбору повітря на потреби вертольоту
6. Кронштейн кріплення повітряного стартера
7. Кронштейн кріплення насоса-регулятора

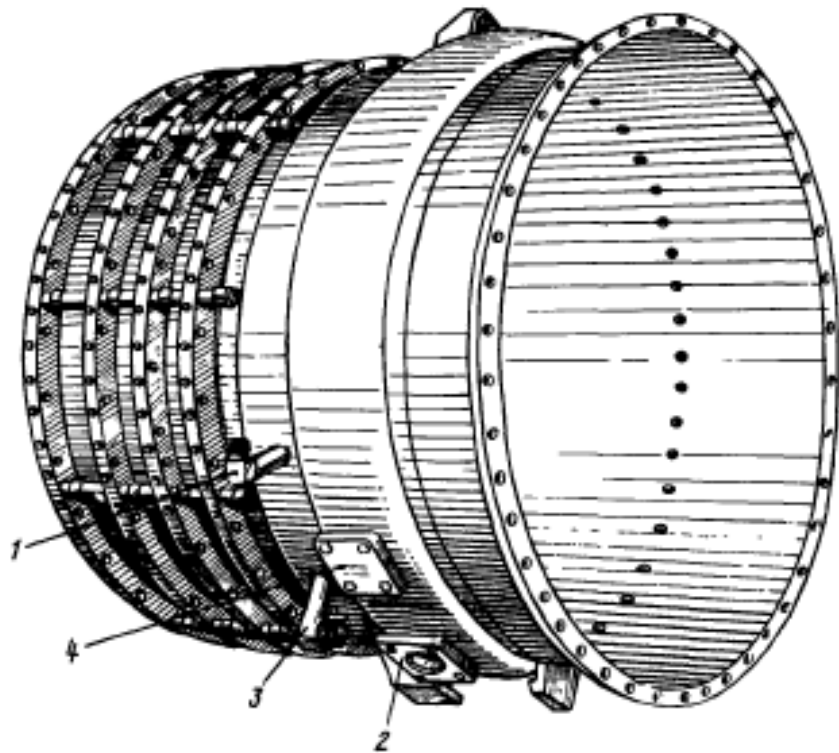


Рис. 4. Статор компресора (вид зліва)

1. Штуцер відбору повітря на наддування першої опори
2. Фланець для установки клапана перепуску
3. Штуцер відбору повітря на наддування четвертої опори
4. Резервний фланець відбору повітря

*Ротор* компресора дискобарабанного типу виготовлений з дванадцяти дисків, з'єднаних між собою зварюванням, крім диска першого ступеня, який кріпиться болтами (10) (див. рис. 5) до проставки, привареною до диска другого ступеня.

Передня цапфа (9) ротора виготовлена як одне ціле з диском другого ступеня. Задня цапфа (6) кріпиться болтами (3) до диска дев'ятій ступені.

З передньої і задньої сторін ротор має лабіринтові ущільнення (1) і (4).

Ущільнення (1) виконано як одне ціле з диском першого ступеня. Ущільнення (4) кріпиться до диска дванадцятої щаблі гвинтами (12). У середині барабана встановлені дві заглушки - заглушка (7) відокремлює масляну порожнину першої опори від внутрішньої порожнини барабана. Заглушка (8) відокремлює внутрішню порожнину барабана від попадання вторинного повітря

камери згоряння. Заглушки (7) і (8) фіксуються від переміщення штифтами (11). Для дренажу можливого попадання масла з внутрішньої порожнини барабана виконаний отвір "а". Для запобігання попадання масла в порожнину ротора встановлений екран (5), який кріпиться болтами (3) до диска дев'ятої ступені.

Лопатки робочих коліс (РК) першої, другої і третьої ступені встановлені в окремі пази типу "ластівчин хвіст". Лопатки інших ступенів встановлені в кільцеві проточки з профілем типу "ластівчин хвіст", в які лопатки заводяться через спеціальне вікно. Крутний момент від валу турбіни передається до ротора компресора через евольвентні шліци, виконані всередині шийки задньої цапфи. Статичне балансування ротора проводиться підбором по масі робочих лопаток і вкладишів. Динамічне балансування ротора в передній площині здійснюється підбором по масі болтів кріплення диска I ступені, а в задній площині - балансувальними штифтами, встановленими в диск лабіринтів.

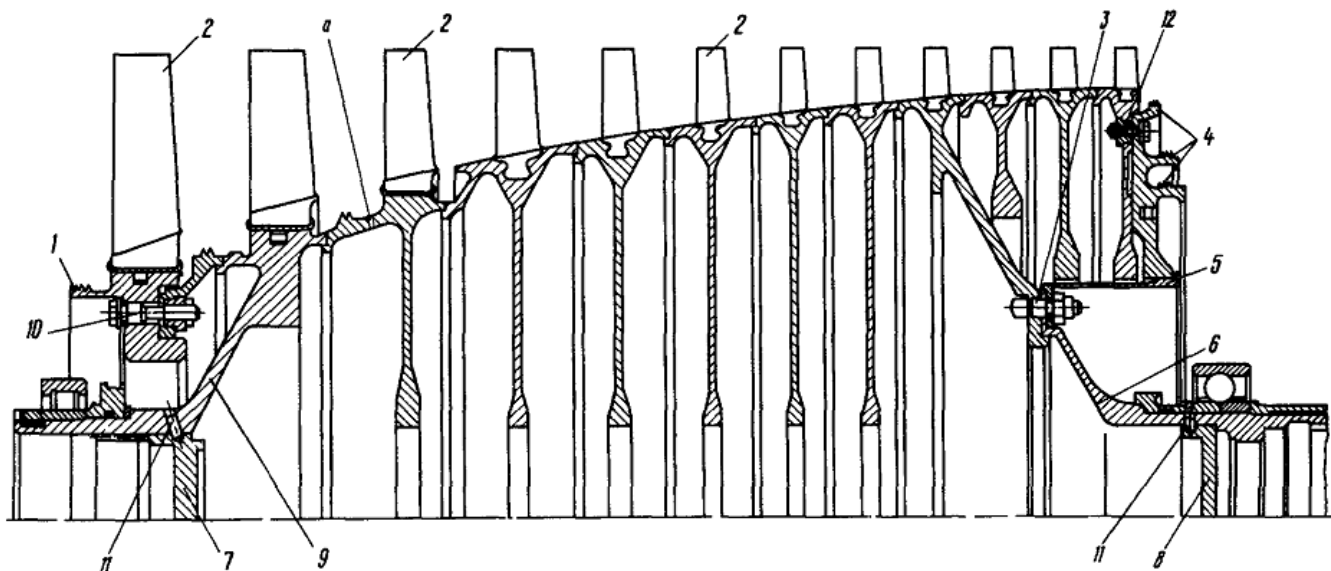


Рис. 5. Ротор компресора

1. Лабіринтне ущільнення
2. Лопатки
3. Болт
4. Лабіринтне ущільнення
5. Екран
6. Задня цапфа
7. Заглушка
8. Заглушка
9. Передня цапфа
10. Болт
11. Шрифт
12. Гвинт
- а - дренажний отвір

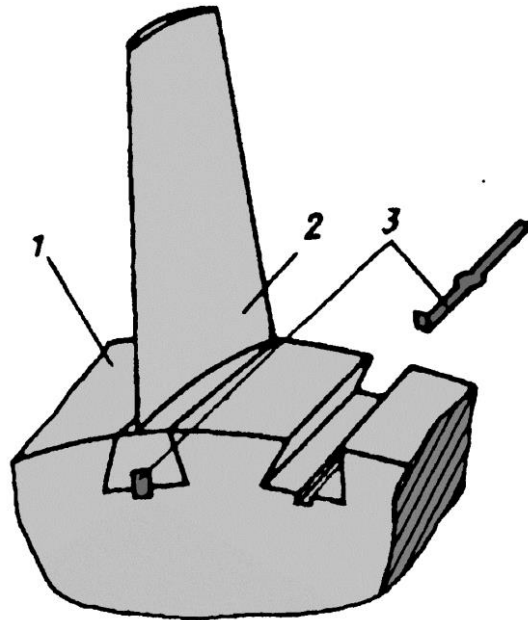


Рис.6. Кріплення робочих лопаток І-ІІІ ступенів  
1-обід диска РК; 2-робоча лопатка; 3-пластинчастий замок;

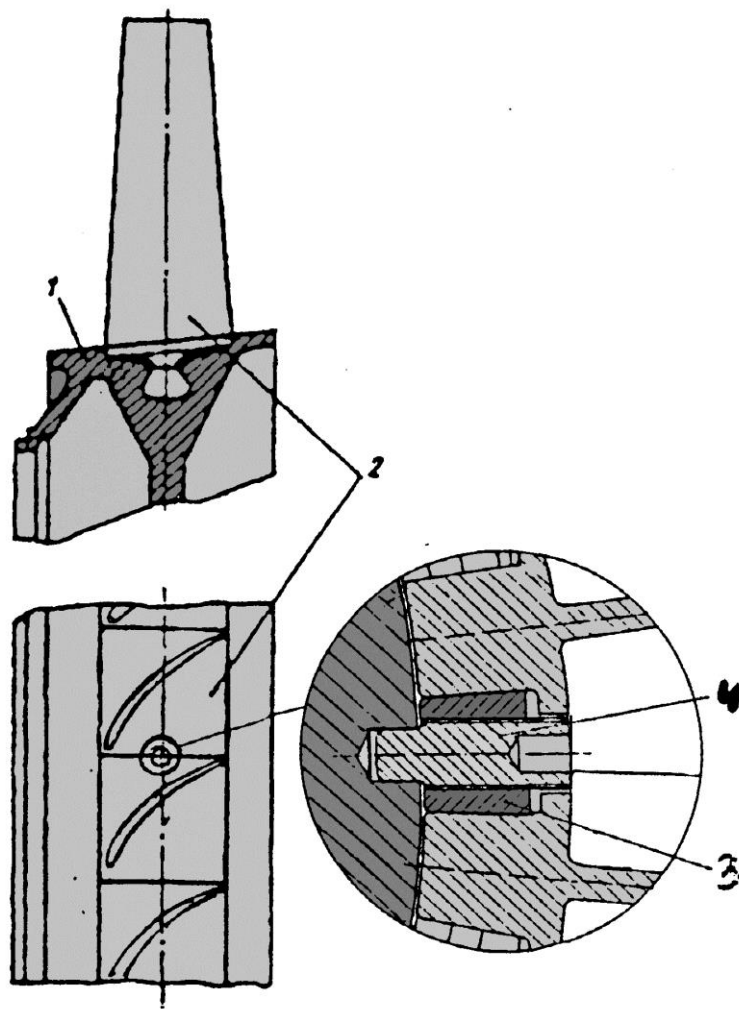


Рис. 7 Кріплення робочих лопаток IV-XII ступеней  
1 обід диска РК; 2-робоча лопатка; 3-вкладиш; 4-різьбовий штифт;

*Перша опора* двигуна є передньою опорою ротора компресора і складається з наступних основних вузлів і деталей: корпусу (4) (див. рис. 8), кока (1) (на деяких модифікаціях кок не встановлюється), конуса (2) , передній кришки (3), задньої кришки (5), корпусу (6) підшипника з вузлом графітового ущільнення і демпфера (7).



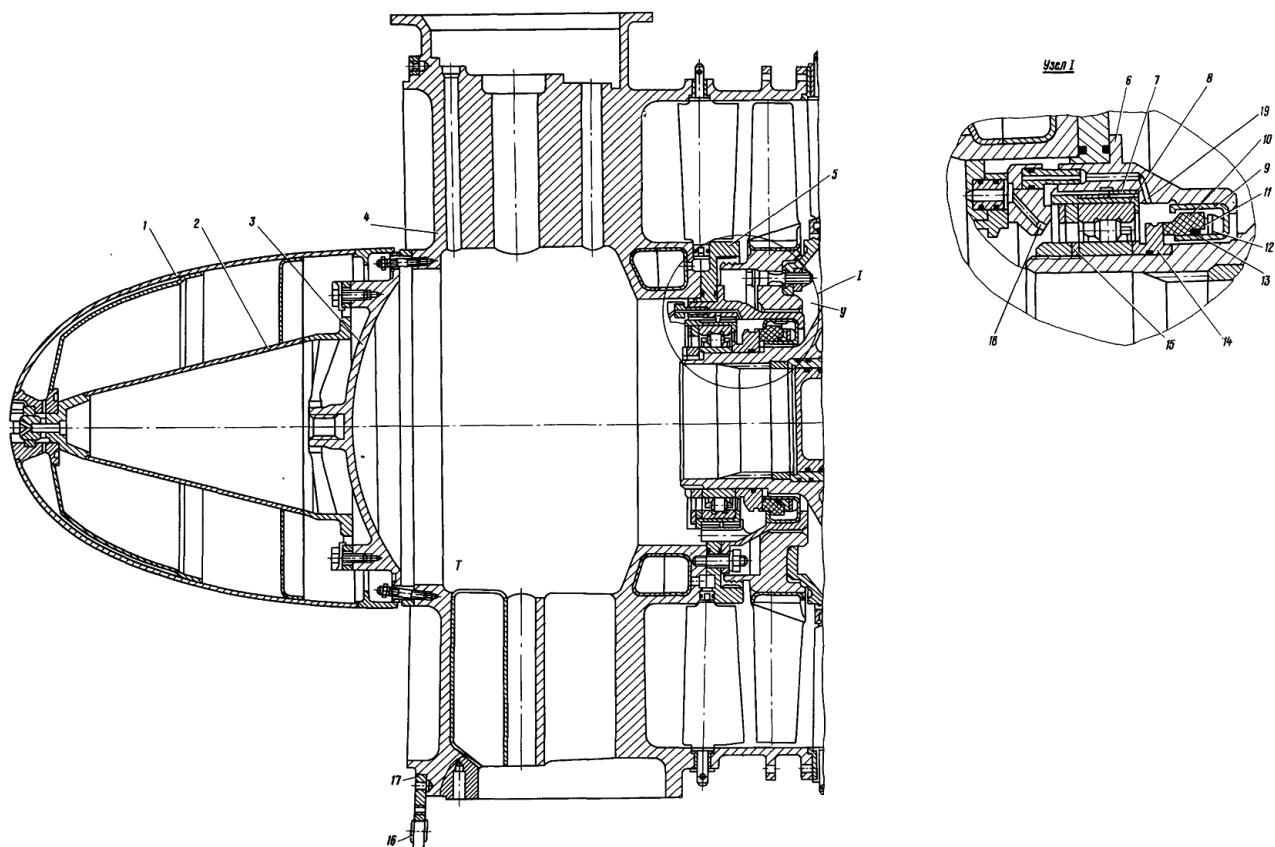


Рис. 8. Перша опора компресора

Корпус (4) являє собою литу конструкцію з залитим колектором протиобліднювальної системи. Корпус складається з зовнішньої і внутрішньої оболонок, пов'язаних між собою чотирма профільованими стійками, що утворюють вхідну частину компресора.

На зовнішній оболонці корпусу виконані фланці і припливи для кріплення агрегатів (рис. 9.1).

На зовнішньому передньому фланці корпусу закріплений фланець (17, рис. 8) в якому виконаний цілий ряд отворів, розташування і призначення яких показано на малюнку 9.2.

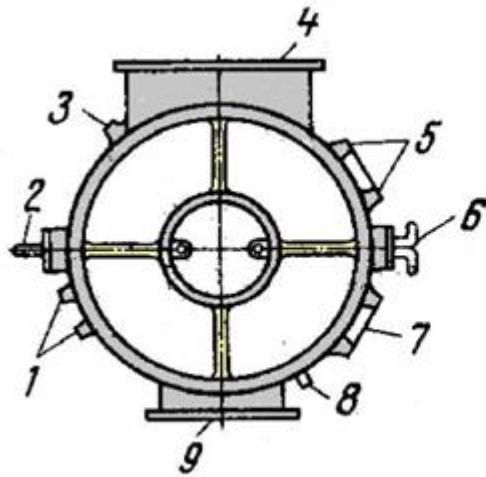


Рис. 9.1 Передній корпус

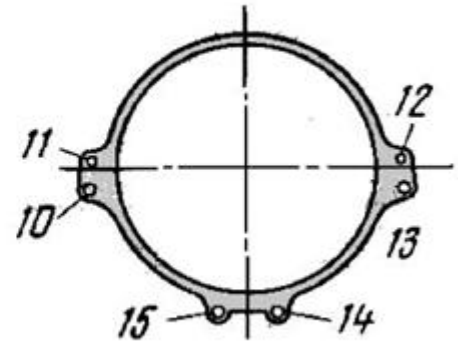


Рис. 9.2 Передній фланець

- 1 -прилив для кріплення датчика виміру тиску масла ІД-8 і сигналізатора мінімального тиску масла МСТВ-2,5
- 2 - Фланець кріплення перехідника ПОС
- 3 - приплив з отвором для відкачування масла з коробки приводів
- 4 - фланець кріплення коробки приводів
- 5 - припливи для установки паливного фільтра
- 6 - Фланці для установки штуцерів наддування І опори (ззаду по польоту) і додаткового підведення повітря на обігрів сепаратора ПЗП (При експлуатації з коком фланець додаткового підведення повітря заглушений);
- 7 - припливи для кріплення ІМ-3А;
- 8 - пробка;
- 9-фланець для кріплення маслоагрегата МА-78;
- 10, 13, 14, 15 - сферичні підшипники для під'єднання тяг кріплення двигуна на вертольоті;
- 11 - отвір для установки датчика вібрації;
- 12-отвір для установки пристосування для знімання двигун

Зовнішнє кільце роликового підшипника монтується в корпусі (6) разом з пружно-гідравлічним демпфером (7). Внутрішнє кільце монтується на передню шийку ротора з натягом і підтискується через кільце (14) до напольгливої буртом передньої шийки ротора гайкою (15).

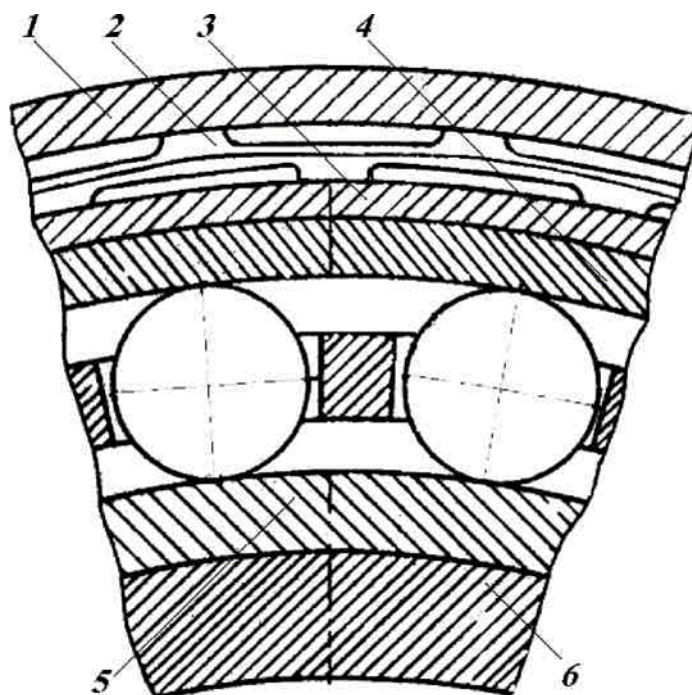
Пружно-гідравлічний демпфер забезпечує зниження рівня вібрацій ротора і часткову компенсацію монтажних Неспіввісність опор ротора турбокомпресора. пружно-гідравлічний демпфер (рис. 10) являє собою два розташованих поруч пружних кільця з вифрезерована виступами на їх зовнішніх і внутрішніх поверхнях. Прогини кілець між виступами забезпечують радіальну податливість опор ротора. Порожнини між виступами пружних кілець заповнюються маслом, що надходять під тиском із системи змащення двигуна.

При вигинистих коливаннях ротора і деформаціях пружних кілець масло видавлюється з порожнин між виступами, поглинаючи енергію коливань.

Масло для змащення підшипника подається споживання газу (18) (див. Рис. 8), змонтованої на корпусі центрального приводу. Відведення масла здійснюється через нижню стійку вільним зливом в порожнину маслоагрегата. Масляна порожнину "Т" першої опори спереду герметично закрита кришкою (3), конструкція якої передбачає установку пилозахисні пристрої, а ззаду ущільнена графітовим ущільненням.

Вузол графітового ущільнення складається з графітового кільця (10), гумового кільця (13), обойми ущільнення (9), наполегливої втулки (12), пластинчастої пружини (11) і фіксатора.

Пластинчаста пружина підтискає графіт до торця наполегливої кільця (14), забезпечуючи ущільнення масляної порожнини. Гумове кільце (13) забезпечує ущільнення графітового кільця по внутрішньому діаметру, фіксатор виключає можливість проворота графітового кільця (10). Вперте кільце (14) графітового ущільнення першої опори охолоджується маслом, що подається через форсунку (19) (див. Рис. 8), виконану в корпусі підшипника.



**Рис. 10. Пружно-гідравлічний демпфер:**

1—корпус підшипника; 2—пружні кільця; 3—стакан 4—зовнішнє кільце підшипника;  
5—внутрішнє кільце підшипника; 6—передня цапфа ротора компресора.

*Друга опора* (Рис. 11.1) є задньою опорою ротора компресора і складається з корпусу (1) гнізда підшипника (9), корпусів (4) і (15) з графітовими ущільненнями, кришки лабіринту (5) і вузлів графітових ущільнень (13).

Корпус другий опори - зварений. У передній стінці корпусу і в задньому фланці є отвори "А" і "Б". Отвори "А" служать для перепуску повітря, що проходить через лабіринт компресора в вихлопний патрубок, через перепускні трубки. Отвір "Б" -для підведення повітря до заднього графітовому ущільнення опори.

До корпусу другої опори кріпиться гвинтами гніздо підшипника (9), в яке монтується зовнішнє кільце шарикопідшипника (10). З одного боку зовнішнє кільце впирається в завзятий бурт гнізда підшипника, що сприймає осьове навантаження, а з іншого боку є зазор, який підбирається регулювальним кільцем (14).

Внутрішнє кільце шарикопідшипника рознімне, монтується на задню шийку ротора компресора з натягом і підтискується через ущільнювальні втулки (7), (12) і регулювальне кільце (11) до наполегливої буртом задньої шийки ротора компресора.

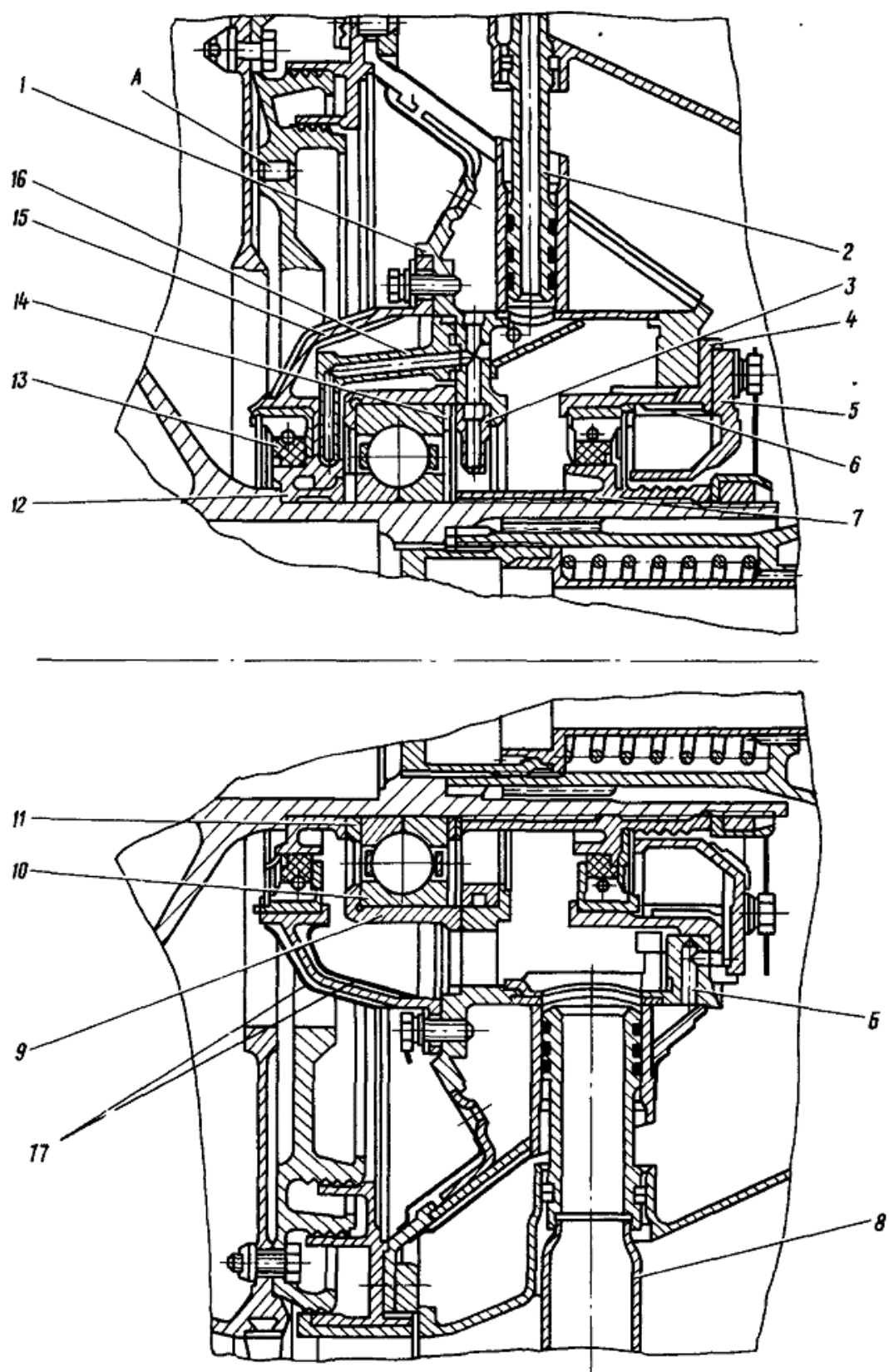


Рис. 11.1. Друга опора компресора

1. Корпус опори
2. Трубка підводу масла
3. Шайба
4. Корпус з графітовим ущільненням
5. Кришка повітряного лабіринту
6. Втулка
7. Задня ущільнювальна втулка
8. Трубка відкачування масла
9. Гніздо підшипника
10. Підшипник
11. Регулювальне кільце
12. Передня ущільнювальна втулка
13. Графітове ущільнення
14. Регулювальне кільце
15. Корпус з графітовим ущільненням
16. Форсунка
17. Екран

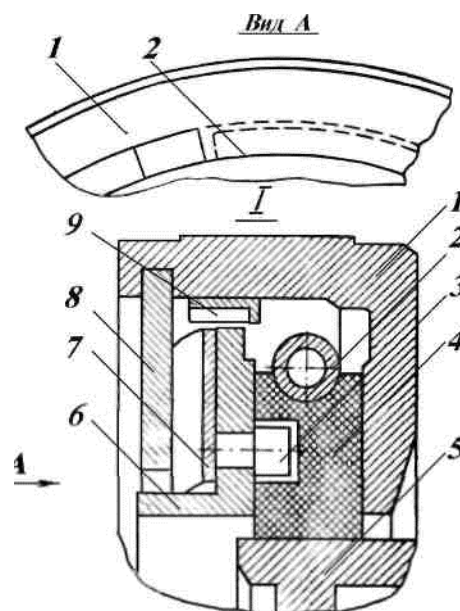


Рис. 11.2 Графітове ущільнення II опори:

1—корпус ущільнювача пристрої; 2—браслетна пружина; 3—осьової штифт; 4—ущільнювальне кільце; 5—опорне кільце; 6—регулювальне кільце; 7—пластинкова пружина; 8—фіксує кільце; 9—фіксатор;

Масляна порожнину опори відокремлена від повітряної порожнини за допомогою корпусу з графітовими ущільненнями (13), передній (12) і задньої (7) ущільнювачів втулок, а також кришки повітряного лабіринту (5).

Графітове кільце ущільнювача (3) (рис. 11.2) притискається пружиною (2) до поверхні опорного кільця (5), забезпечуючи ущільнення в радіальному відносно. Одночасно кільце (3) притискається до корпусу (1) пластинчастої пружиною (7), забезпечуючи ущільнення в осьовому відношенні. Зусилля притиснення регулюється підбором товщини регулювального кільця (6). Графітове кільце виготовляють пресуванням графітового порошку, просоченого спеціальним затверджувачем. Таке ущільнення добре працює при великих окружних швидкостях і високих температурах.

Ущільнення наддувається повітрям, проникаючим в передмасляні порожнини з проточної частини компресора і дифузора камери згоряння через повітряні лабіринти.

Заданий тиск в передмасляних порожнинах, обраний з умови зменшення осьової сили ротора підтримується шляхом скидання повітря в вихлопної патрубков через дві труби. Під передні фланці труб скидання повітря з другої опори встановлюються дроселюючі прокладки (жиклери). Суфлювання масляних порожнин здійснюється аналогічно суфлювання першої опори через магістраль відкачування.

Масло для змащення підшипника і охолодження передньої і задньої втулок графітових ущільнень Дода в опору під тиском по трубці (2), а потім по каналах до шайбі (3), запресованої в корпус опори.

На мастило підшипників масло подається через три симетрично розташованих отвори шайби (3) (рис. 11.1) в зазор між сепаратором і зовнішньою поверхнею внутрішнього кільця підшипника. Задня ущільнювальна втулка (7) охолоджується підведенням масла через шайбу (3), а передня ущільнювальна втулка (12) - через форсунку (16). Відкачує масло з опори здійснюється по трубці (8).

Для усунення нагароутворення внутрішня порожнину опори захищена екранами (17).



#### **4. Експлуатаційні причини хитливих режимів роботи компресора и методи боротьби з ними.**

Експлуатаційні причини помпажа:

- запуск двигуна з раннім відключенням стартера;
- запуск двигуна при попутної або бічній швидкості вітру, що перевищує допустиму;
- відмова або неправильна робота агрегатів механізації компресора (КПВ і поворотних лопаток ВНА і НА);
- попадання сторонніх предметів на вхід в двигун;
- підвищений знос лопаток компресора;
- потрапляння вертольоту в турбулентний повітряний потік;
- збільшення кроку несучого гвинта при неповному повороті коректора газу вправо до упору;
- збільшення кроку несучого гвинта з темпом, що перевищує прийомистість;
- включення ПОС на злітному режимі роботи двигуна

*Ознаки виникнення помпажа:*

- зміна тону роботи двигуна;
- поява ударів з-за викиду повітря в атмосферу;
- коливання температури газу з тенденцією до значного зростання;
- коливання обертів турбокомпресора;
- можлива підвищена вібрація.

Компресор двигуна ТВ3-117ВМ має конструктивні заходи боротьби з помпажа: клапани перепуску повітря (КПВ) і поворотні лопатки ВНА і НА.

Для запобігання помпажа при запуску двигуна використовується частковий перепуск повітря через VII ступені компресора в атмосферу через два клапана перепуску. При цьому зменшується опір проточної частини компресора, що сприяє збільшенню витрати повітря через перші щаблі й збільшення значення складової абсолютної швидкості ( $c$ ). Відносна швидкість ( $w$ ) буде направлена під



розрахунковим кутом до профілю лопатки і зрив потоку з лопаток не відбудеться.

Перепуск частини повітря з компресора в атмосферу викликає зниження потужності і збільшення витрати палива двигуна. Однак це виправдовується стійкою роботою двигуна і зменшенням потрібної потужності стартера.

***Перед запуском клапани відкриті, при наведених оборотах турбокомпресора 84 ... 87% КПВ закриваються.*** Управляються КПВ автоматично від паливної системи двигуна через нижній гідроциліндр.

Найбільш економічним способом захисту компресора від помпажа є зміна кутів установки регульованих лопаток вхідного напрямного апарату (ВНА) і напрямних апаратів (НА) I-IV ступенів.

Зміною кутів установки лопаток при зміні режимів роботи двигуна або польотних умов забезпечується плавне, безсривне обтікання робочих лопаток і лопаток НА в досить широкому діапазоні частот обертання. Це не тільки підвищує запас стійкості компресора по помпажу, але і його к. П. Д.

***При запуску і на низьких режимах роботи двигуна лопатки прикриті - кут установки лопаток по лімбу становить -  $+ 27 \pm 1,5$  °.***

*При  $n_{TK \text{ ін.}} = 81\%$  починається поворот лопаток за лінійним законом в залежності від оборотів  $n_{TK \text{ ін.}}$ .*

*При  $n_{TK \text{ ін.}}$  близько 103% лопатки НА встановлюються в повністю відкрите положення (кут =  $-6,5 \pm 0,5$  °).*

Управляються лопатки ВНА і НА автоматично двома гідроциліндрами від системи регулювання двигуна.

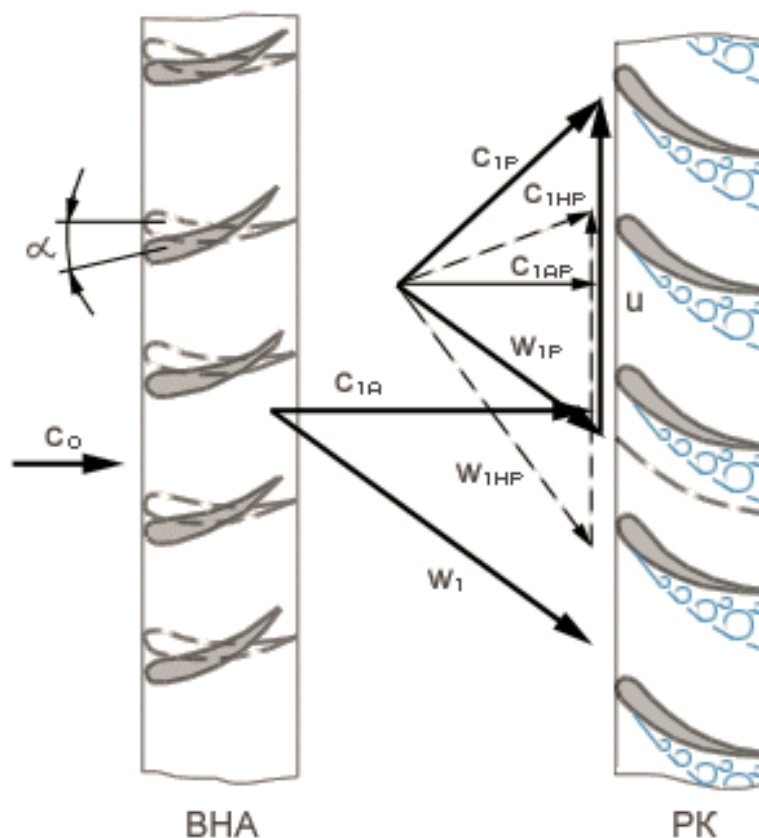


Рис. 12. Зміна кутів установки регульованих лопаток

## 5. Можливі несправності компресора.

### 1. Руйнування лопаток ротора

причини:

- попадання сторонніх предметів в двигун при технічному обслуговуванні або при стоянці вертольота;
- примерзанню лопаток ротора до корпусу при стоянці вертольота в умовах знижених температур навколишнього повітря;
- неефективність (відмова або неправильне користування) системи обігріву двигуна;
- помпаж компресора;
- перевищення допустимого часу безперервної роботи двигуна на форсованих режимах або робота на режимі вище допустимого для даних польотних умов;

ознаки:

- різкий хлопок і удар в двигуні;
- поява підвищеної вібрації;
- падіння  $n_{TK}$  і підвищення  $T_g$  до величин, вище допустимих для даного режиму;
- помпаж;

Якщо шматок зруйнованої лопатки потрапляє в зазор між торцями інших лопаток і корпусом, відбувається заклинювання або загальмування ротора. В результаті

зменшення частоти обертання ротора паливна автоматика збільшує подачу палива в камеру згоряння, що призводить до зриву полум'я і самовиключення двигуна.

Профілактичними заходами, спрямованими на запобігання руйнування лопаток компресора, є: суворе дотримання правил технічної експлуатації компресора технічним і льотним складом, ретельний візуальний і інструментальний контроль стану лопаток, перевірка швидкодії ротора турбокомпресора екіпажем при зупинці двигуна, суворе дотримання рекомендацій по експлуатації двигунів в умовах запиленого повітря і умовах можливого зледеніння вхідної частини.

## *2. Руйнування підшипників опор*

### причини:

- запуск двигуна в умовах низьких температур без попереднього обігріву;
- масляне голодування (недостатність мастила);

### ознаки:

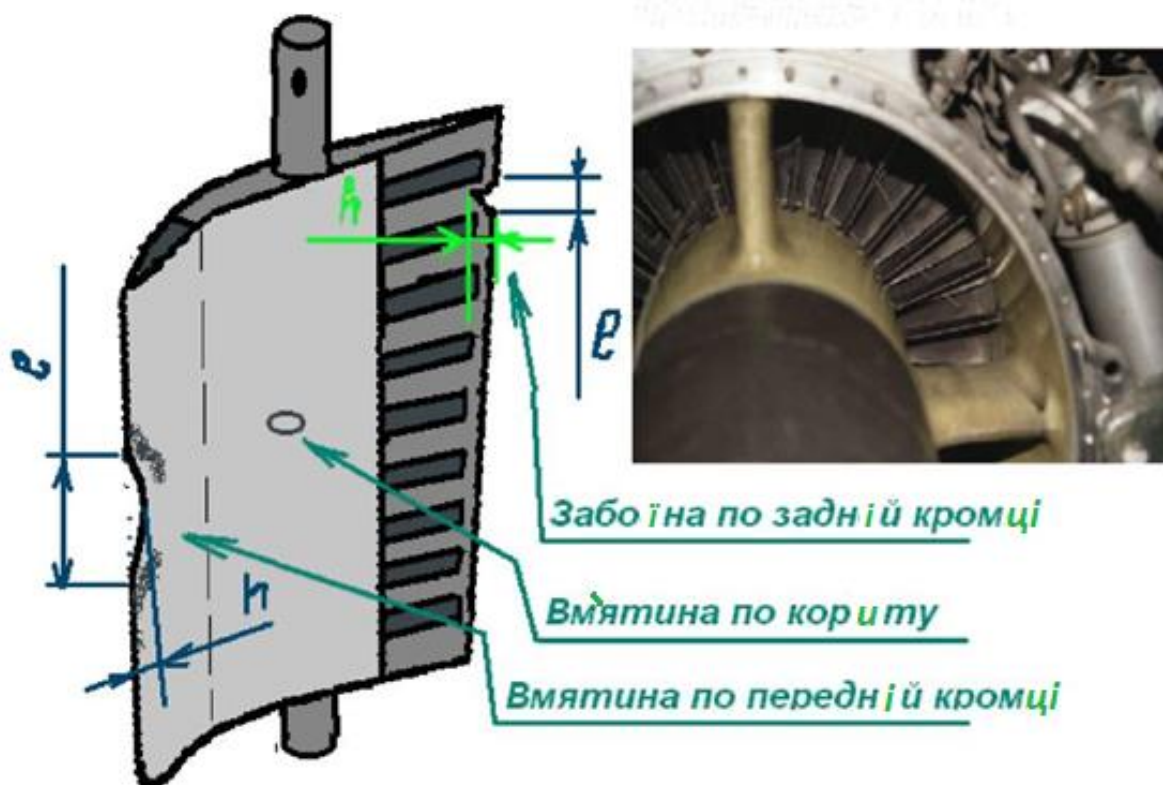
- збільшення вібрації двигуна;
- різке підвищення температури масла і температури газу перед турбіною;
- поява характерного скреготу і падіння пТК;
- зменшення швидкодії турбокомпресора;
- нерівномірність зусиль, необхідних для ручної прокрутки ротора;
- наявність металевої стружки на маслофільтрі;

Профілактичними заходами, спрямованими на запобігання руйнування підшипників, є: попередній підігрів двигуна перед запуском від аеродромного підігрівача при температурі зовнішнього повітря нижче  $-40^{\circ}\text{C}$ , експлуатація двигуна без теплових ударів (різкої зміни температурних режимів), правильний догляд і суворе дотримання правил льотної експлуатації.

## **6. Технічне обслуговування компресора.**

### Огляд компресора.

Огляд лопаток вхідного напрямного апарату.



$h$ - глибина забоїни,  $l$ - довжина забоїни.

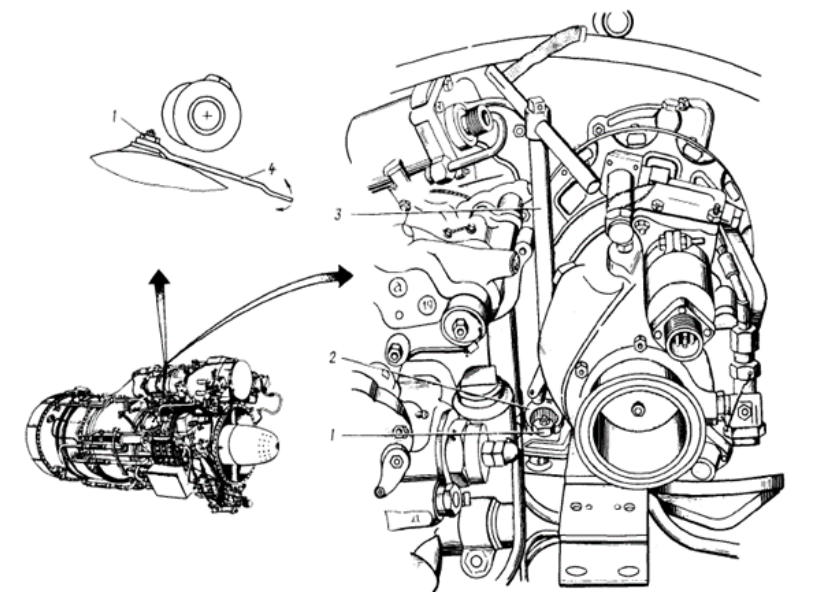
На крайках і тілі лопатки вхідного напрямного апарату допускаються без надриків не більше п'яти забоїн і вм'ятин, кожна довжиною до 5 мм і глибиною до 1 мм.

Не допускаються: тріщини, надир і випадання матеріалу оболонки на лопатках ВНА.

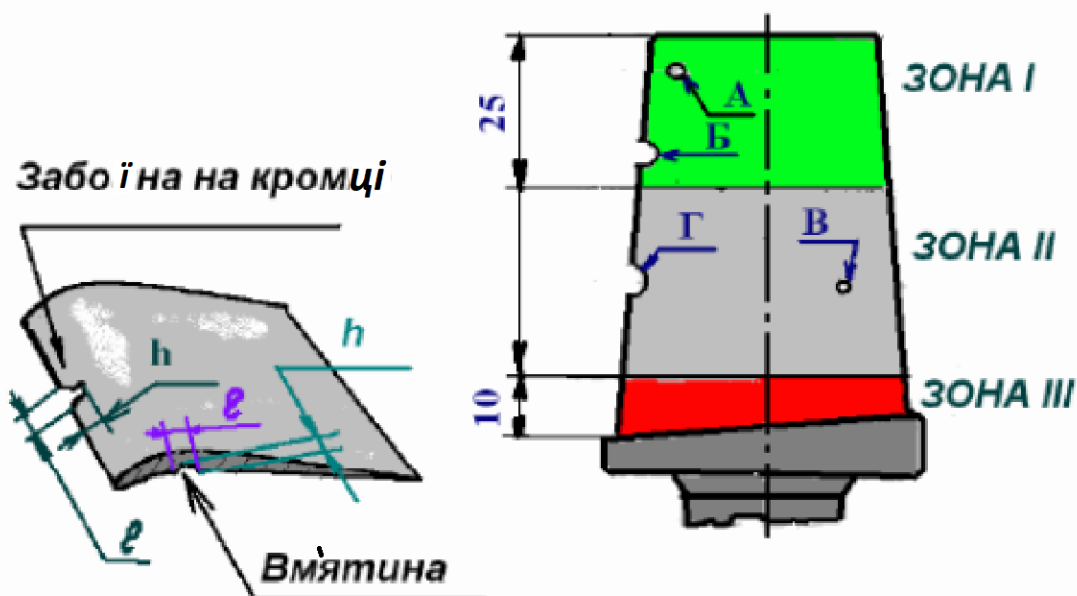
Огляд лопаток першого ступеня компресора.

Для огляду робочих лопаток першого ступеня ротора компресора необхідно за допомогою торцевого ключа 2 з шарнірної рукояткою 3 зверху або закритого ключа 4, встановивши його збоку під повітряним стартером на гайку 1 ручної перекладки ВНА, за два-три прийоми зробити перекладку лопаток в положення ( $6, 5 \pm 0,5^\circ$ ). Для зручності огляду проводиться обертання ротора ключем ручної

прокрутки. При огляді лопаток 1 ступені необхідно переконатися у відсутності забоїв, вм'ятин, надривів і зносу вхідної крайки.



Норми допустимих пошкоджень робочих лопаток 1 ступеня компресора.



Характер допустимих пошкоджень.	Максимально допустимий розмір пошкодження.
А. Забоїни і вм'ятини на лопатці в зоні 1.	Глибиною (h) до 0,5 мм і одна глибиною до 1 мм.
Б. Точкові забоїни на кромці лопаток в зоні 1.	Глибиною (h) не більше 0,4 мм і один надрив розміром до 1 мм з зачисткою його плавним переходом в кромку лопатки.
В. Забоїни і вм'ятини на лопатці в зоні 2.	Глибиною (h) до 0,3 мм і три забоїни або вм'ятини до 0,5 мм.
Г. Забоїни на кромці лопатки в зоні 2	Глибиною (h) не більше 0,4 мм.

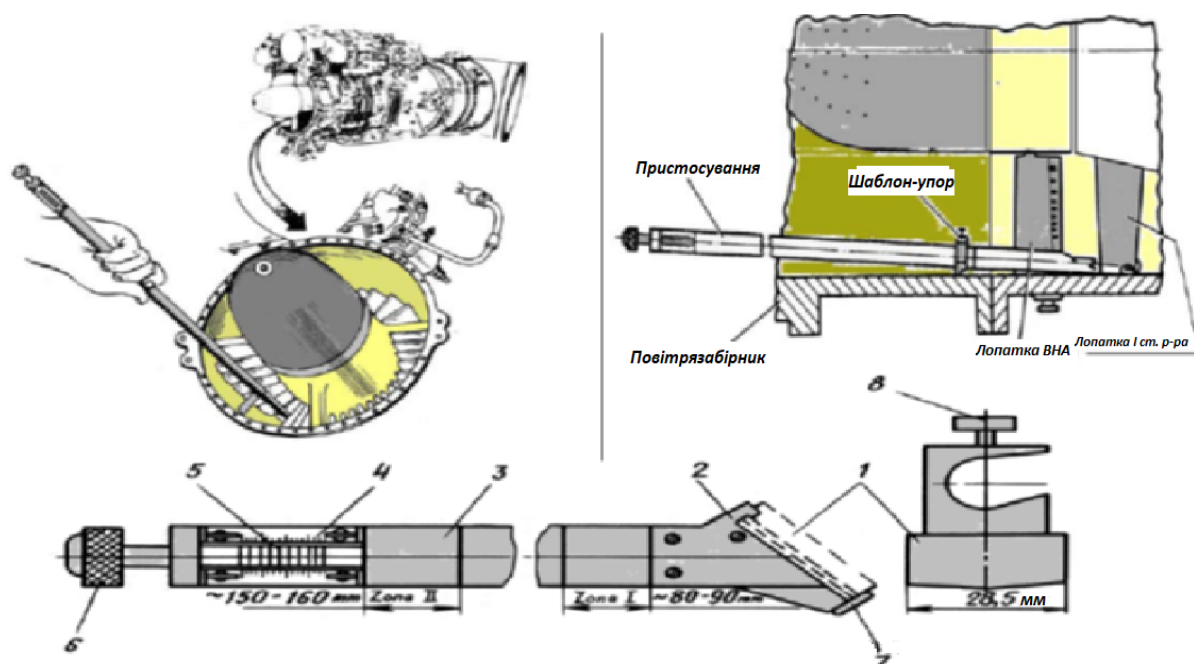
При виявленні забоїв, близьких до допустимих величин, питання про допуск двигуна до подальшої експлуатації вирішується спільно з представником постачальника.

У прикомлевій зоні 3 пошкодження робочих лопаток не допускається.

Розмір ушкоджень на лопатках вимірюється за допомогою пластичного матеріалу (пластилін, замазка) для чого прикладають поряд з виступом на відбитку набір щупів. При огляді лопаток першого щабля особливу увагу необхідно звертати на пошкодження, що знаходяться в середній частині лопатки, і місця де раніше проводилася зачистка. При зачистці забоїв в кінцевій частині лопатки необхідно виключити попадання пилу і стружки в двигун, для чого проміжки між лопатками необхідно закрити бавовняними серветками.

Зачистка пошкодження враховуються спочатку шліфувальним бруском і шліфувальною шкуркою на тканинній основі, а остаточне доведення паперової шліфувальною шкуркою. При необхідності брусок заточується під профіль, що забезпечує якісну зачистку, а шліфувальна шкурка кріпиться на тримачі.

*Замір зносу лопаток першого ступеня компресора.*



### Налаштування пристосування У6360-2455.

Для виміру зносу кромки лопатки охоплюються нерухомим 2 і рухомим 5 упорами пристосування У6360-2455. Попередньо воно налаштовується за шаблоном 1, закріпленим на штанзі пристосування і виконує роль упора. При його налаштуванні нульова шкала на регульованому лімбі 4 повинна збігатися з нулем на ноніусі рухомого штока 5. При необхідності проводиться регулювання зміщенням регульованого лімба. Знос вимірюють не менше ніж на 12 рівномірно розташованих по колу лопатках в нижній частині ротора. При цьому захоплення і шаблон - упор на штанзі 3 пристосування повинні торкатися поверхні корпусу першої опори. Фактичний знос визначається за ноніусом і лімбом пристосування.

Щоб не допустити помилок першу лопатку при огляді або вимірі необхідно позначити крейдою. При визначенні зносу необхідно дотримуватися обережності при установці, вимірі і зйомці пристосування для виключення пошкодження лопатки.

Після вимірювання необхідно визначити середнє значення зносу всіх 12 лопаток 1 ступені ротора компресора і записати його в формуляр двигуна. Допустимий середній знос по 12 лопаток становить не більше 2,0 мм. Для більш повної оцінки зносу лопаток при зносі 1,9 ... 2,0 мм необхідно виміряти його по всіх лопатках і підрахувати його за всіма 37 лопатками.