

**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 № 4 - Газові турбіни. Вихідний пристрій**

**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. Конструкція турбіни компресора і вільної турбіни базового двигуна.



2. Несправності газових турбін, причини виникнення, способи знаходження та усунення.
3. Конструкція вихідного пристрою базового двигуна.
4. Несправності вихідного пристрою, причини виникнення, способи знаходження та усунення.

### **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. Вертоліт 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. Конструкція турбіни компресора і вільної турбіни базового двигуна.

### *Турбіна компресора*

Турбіна компресора - реактивна, двоступенева, осьова.

Основні технічні дані турбіни компресора:

- максимальна температура газів на вході	990°C;
- температура газів на виході	640°C;
- осьова швидкість газів на вході	158 <sup>м</sup> /с;
- осьова швидкість газів на виході	160 <sup>м</sup> /с;
- ступінь зниження тиску в турбіні	3,64;
- коефіцієнт корисної дії	0,9.

Турбіна компресора складається з наступних основних вузлів:

- статора, конструктивно складається з:
  - корпусу соплових апаратів;
  - соплового апарату першого ступеня;
  - соплового апарату другого ступеня.
- ротора;
- опору ротора турбіни компресора.

### *Статор турбіни компресора*

*Корпус соплових апаратів турбіни компресора* є загальним для соплових апаратів першого і другого ступенів турбіни компресора. Корпус виготовлений з титанового сплаву.

Корпус соплових апаратів турбіни компресора – зварений, кріпиться переднім фланцем до фланця корпусу камери згоряння, а заднім фланцем – до корпусу соплового апарату першого ступеня вільної турбіни. На зовнішній поверхні корпусу є чотирнадцять майданчиків для кріплення термопар. У корпус вставлена обойма, на яку нанесено металокерамічне ущільнення, розташоване над гребінцями робочого колеса першого ступеня турбіни компресора.

*Сопловий апарат першого ступеня турбіни компресора* призначений для розгону і напрямку потоку гарячих газів на лопатки робочого колеса першого ступеня турбіни.

Сопловий апарат першого ступеня складається з зовнішньої обойми (3), соплових лопаток (4), внутрішньої обойми (5) і посадкового фланця (1).

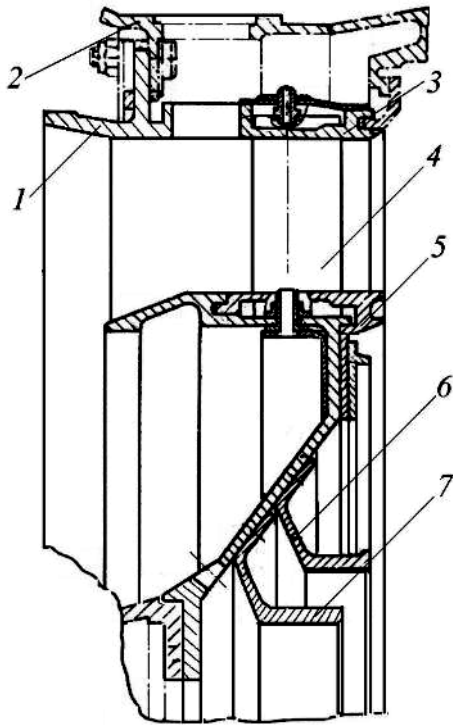
Зовнішня обойма (3) спереду кріпиться до внутрішнього фланця корпусу соплових апаратів (2), а ззаду встановлюється на обойму корпусу соплових апаратів. Внутрішня обойма (5) своїм фланцем кріпиться до внутрішнього дифузору камери згоряння. До конусної частини фланця приварені корпусу лабіринтів (6 і 7) на які нанесено металокерамічне ущільнення. З цього ущільнення працюють гребінці валу турбіни компресора і переднього покриває диска робочого колеса першого ступеня турбіни компресора.



Соплові лопатки - литі, порожнисті. Для охолодження соплових лопаток вторинне повітря камери згоряння надходить в порожнину лопаток і через отвори (перфорацію) на вихідних краях скидається в газоповітряний тракт.

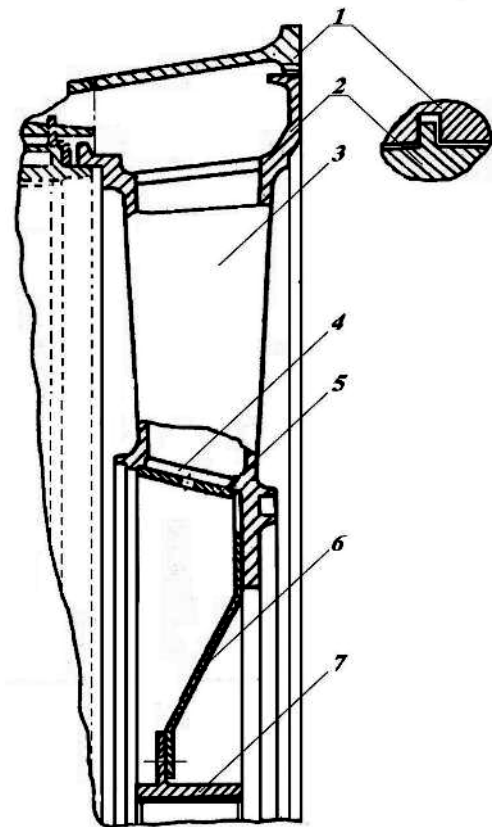
*Сопловий апарат другого ступеня турбіни* призначений для спрямування потоку гарячого газу на лопатки робочого колеса другого ступеня турбіни.

Сопловий апарат другого ступеня складається з зовнішньої обойми (2), соплових лопаток (3), внутрішньої обойми (5) і діафрагми (6).



Сопловий апарат I ступеня:

1—посадковий фланець установки жарової труби; 2—корпус соплових апаратів турбіни компресора; 3—зовнішня обойма; 4—лопатки соплового апарату; 5—внутрішня обойма; 6,7—корпус лабіринту.



Сопловий апарат II ступеня

1—корпус турбіни компресора; 2—зовнішня обойма; 3—лопатка соплового апарату; 4—екран; 5—внутрішня обойма; 6—діафрагма; 7— корпус лабіринту.

Сопловий апарат другого ступеня встановлюється переднім фланцем зовнішньої обойми (2) на обойму корпусу соплових апаратів, а шипами заднього фланця зовнішньої обойми (2) центрується, як на прямокутних шліцах в задньому фланці корпусу соплових апаратів (1).

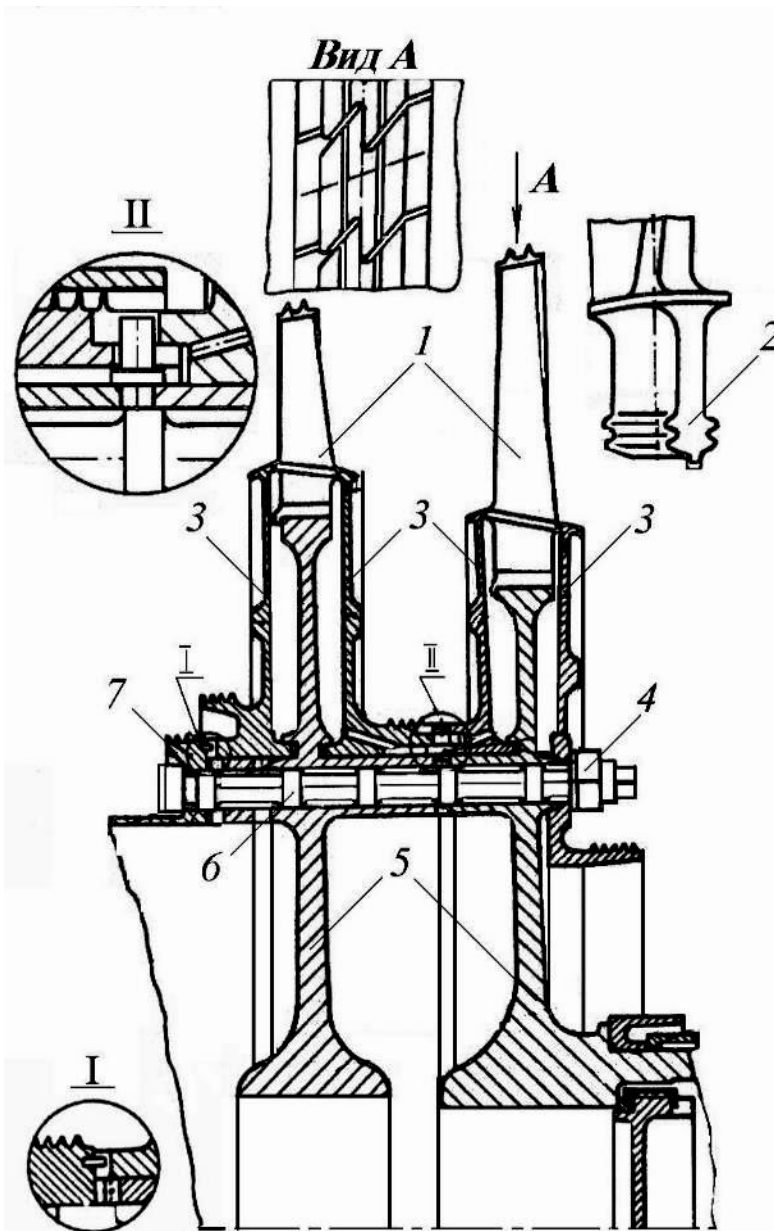
До внутрішньої обойми (5) приклепана діафрагма (6) з корпусом лабіринту (7). На корпусі лабіринту нанесено металокерамічне ущільнення, за яким працюють гребінці заднього покриває диска 3 робочого колеса першого ступеня турбіни компресора.

Сопловий апарат литий з порожніми лопатками.



### Ротор турбіни компресора

Ротор турбіни компресора складається з валу, дисків (5) першого та другого ступенів турбіни компресора з робочими лопатками (1), а також чотирьох покривають дисків (3).



Ротор турбіни компресора:

1—лопатки; 2—замок лопатки; 3—покривають диски; 4—гайка; 5—диски;  
6—прізонні болт; 7—лабіринтове кільце.

замки мають по дві пари зубів (2). Робочі лопатки турбіни працюють при високих температурах. Застосування робочих лопаток з подовженими ніжками, при забезпеченні ефективного охолодження їх замкових частин, дозволило знизити температуру дисків.

Бандажні полки на кінцях робочих лопаток (вид А) Після складання робочого колеса утворюють кільцевої бандаж, що підвищує вібростійкість лопаткового вінця.

Вал і диски першого і другого ступенів зцентрувати і зчеплені один з одним торцевими шліцами (I і II) і стягнуті призонними болтами (6).

Покривають диски центруються, спираючись на відповідні буртики в фасках турбіни.

На валу ротора турбіни, а також на дисках, що покривають є гребінкові пояси, які спільно з корпусами лабіринтів 6 і 7 статора утворюють лабіринтові ущільнення, що скорочують перетікання газу, що підвищує ККД турбіни.

Лопатки турбіни компресора виготовляються методом прецизійного (точного) лиття з жароміцних сплавів на нікелевій основі. Лопатки турбіни (1) мають велику відносну товщину і кривизну.

Кріплення лопаток в дисках здійснюється за допомогою замка "ялинкового" типу. На першому і другому ступенях



Наявність бандажних полиць змінює форму коливань, а тертя по контактних поверхнях полиць забезпечує розсіювання енергії і демпфірування коливань робочих лопаток.

На зовнішній поверхні полиць виконані гребінці, що утворюють кільцевої газовий лабіринт.

### *Опори ротора турбіни компресора*

Крутний момент від турбіни до компресора передається через евольвентні шліци, що знаходяться на кінці валу турбіни.

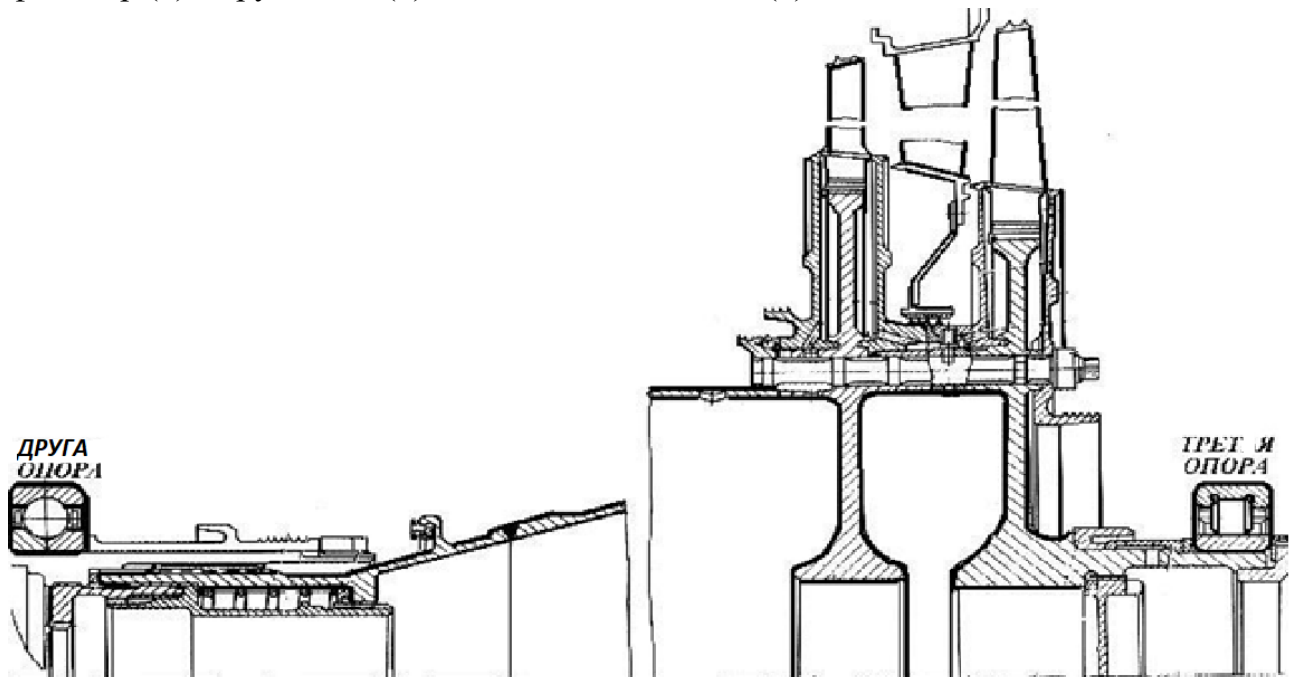
Ротор турбіни компресора спирається на дві опори.

Передньою опорою служить задня цапфа компресора, на яку ротор спирається центрувальним паском.

Задньою опорою валу ротора турбіни компресора служить роликовий підшипник третьої опори двигуна, на яку він спирається цапфою диска другого ступеня.

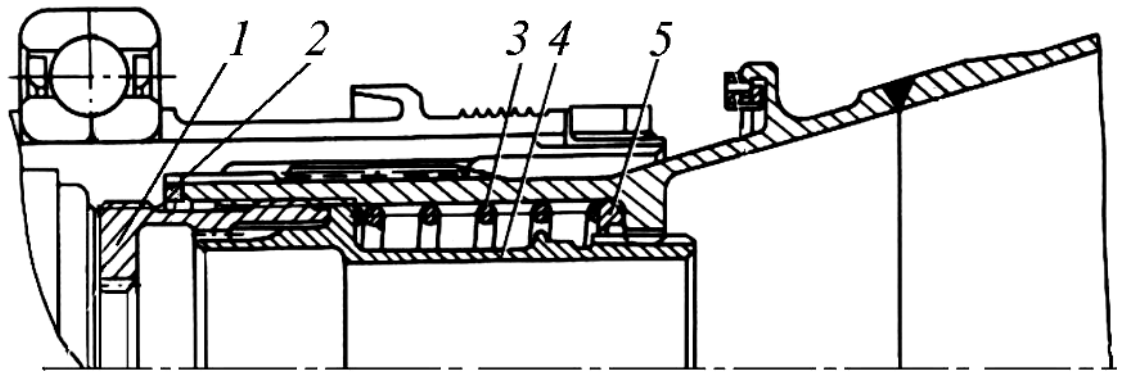
З'єднання валів роторів компресора і турбіни здійснюється за допомогою евольвентних шліц і виконано у вигляді легкораз'ємного, але жорсткого вузла, що забезпечує не тільки осьову зв'язок роторів, а й передачу радіальних сил і моментів, що крутять від ротора турбіни до ротора компресора.

Вузол з'єднання валів турбіни і компресора включає в себе стяжку втулку (1), фіксатор (4) з пружиною (3) і постановочне кільце (2).



Опори ротора турбіни компресора





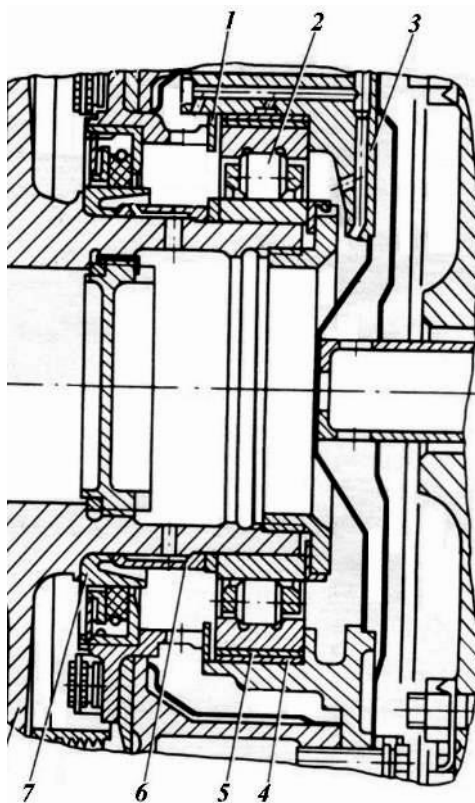
Вузол з'єднання валів:

1—стяжна втулка; 2—постановочне кільце; 3—пружина; 4—фіксатор; 5—опорна шайба.

Після з'єднання валів компресора і турбіни і видалення спеціального технологічного ключа з порожнини валу турбіни компресора фіксатор (4) під дією пружини (3) входить в зачеплення з стягнутий втулкою (1) і утримує її від провертання.

Задньої опорної цапфою ротора турбіни служить розвинена назад маточина другого робочого колеса.

### Третя опора двигуна



Третя опора двигуна:

1—регулювальне кільце; 2—роликовий підшипник; 3—маслоподводящий канал; 4—корпус підшипника; 5—демпфер; 6—розпірна втулка; 7—упорне кільце.

На задню цапфу встановлюються і закріплюються гайкою внутрішнє кільце роликового радіально-опорного підшипника, розпірна втулка, регульовальний і зав'язане кільця.

Підшипник встановлюється в корпус з пружно-гідравлічним демпфером. Між сполучаються циліндричними поверхнями зовнішнього кільця і гнізда підшипника встановлюється пружний елемент, що складається з демпфера (зовнішньої втулки зигзагоподібного профілю) і склянки підшипника (гладкою внутрішньої втулки).

Зигзагоподібний профіль демпфера забезпечує податливість, яка гасить радіальні коливання ротора турбіни компресора.

Ущільнення масляної порожнини задньої опори ротора турбіни здійснюється діафрагмами, різьбовою пробкою і радіально-торцевих контактним ущільнювальним пристроєм.

Для підвищення ефективності роботи ущільнювача пристрою передбачене наддування



порожнини опори повітрям, що відбирають за VII ступенем компресора і надходять в порожнину через лабіринтове ущільнення.

### *Конструкція вільної турбіни*

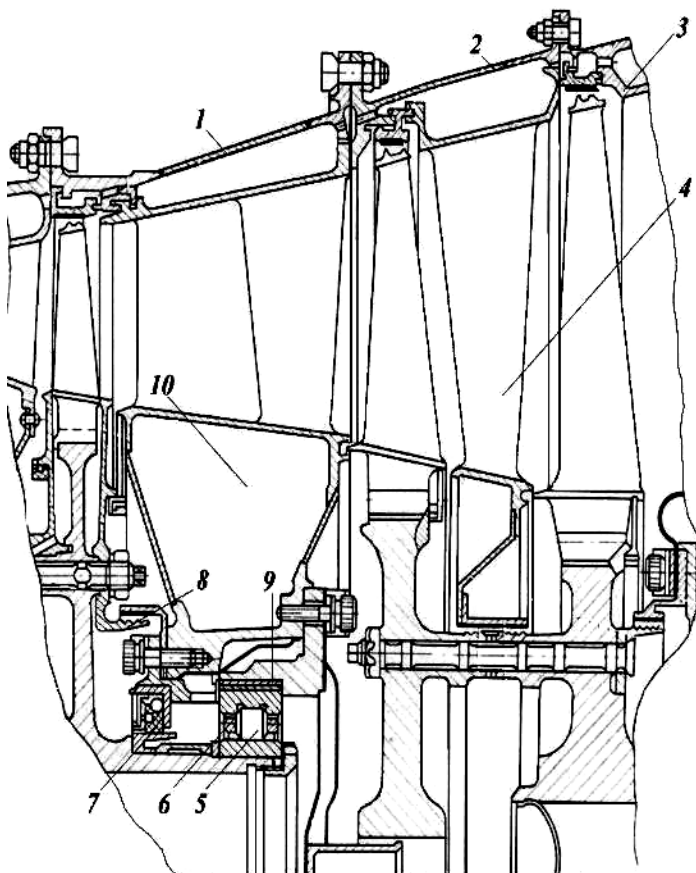
Вільна турбіна - реактивна, двоступенева осьова, служить для створення потужності, передавася через трансмісію і редуктор на несучий і рульовий гвинти, а також приводу агрегатів, розташованих на редукторі.

Основні технічні дані вільної турбіни:

- максимальна температура газів на вході	640°C;
- температура газів на виході	440°C;
- осьова швидкість газів на вході	160 <sup>м</sup> /с;
- ступінь зниження тиску в турбіні	2,4;
- коефіцієнт корисної дії	0,9.

Вільна турбіна складається з наступних основних елементів:

- статора;
- ротора вільної турбіни;
- четвертої та п'ятої опор двигуна.



Статор вільної турбіни:

1—корпус соплового апарату третього ступеня вільної турбіни; 2—корпус соплового апарату четвертій сходинці вільної турбіни; 3—корпус IV і V опор двигуна 4—лопатки соплового апарату четвертій сходинці; 5—роликівий підшипник; 6—сепаратор; 7—ущільнювача пристрій; 8—лабіринт; 9—демпфер; 10—кільцева порожнина.



### *Статор вільної турбіни*

Статор вільної турбіни включає в себе:

- соплові апарати третього і четвертого ступенів;
- корпус соплових апаратів третього ступеня;
- корпус соплових апаратів четвертій сходинці;
- корпус IV і V опор двигуна.

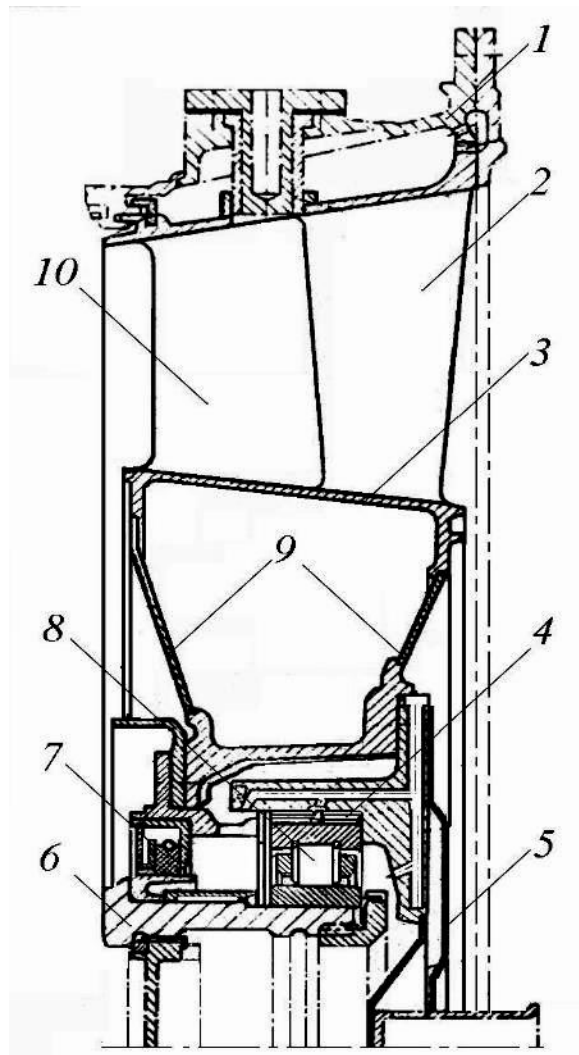
*Корпус соплового апарату третього ступеня* має жорсткий, зварений зовнішній корпус. Корпус соплового апарату третього ступеня (1) зовнішнім фланцем кріпиться до фланця корпусу соплових апаратів турбіни компресора, а заднім фланцем кріпиться до переднього фланця корпусу соплового апарату четвертій сходинці вільної турбіни (2).

У корпусі монтується сопловий апарат третього ступеня.

Передньою частиною зовнішнього ободу соплової апарат укріплений в спеціальних виточках корпусу (1). У задній частині зовнішнього ободу є шипи, на яких як на прямокутних шліцах соплової апарат центрується в корпусі соплової апарат третього ступеня вільної турбіни (1).

*Сопловий апарат* третього ступеня - литий, складається із зовнішнього і внутрішнього ободів, з'єднаних між собою трьома силовими стійками (10) і сопловими лопатками (2). До внутрішнього обода соплового апарату приварені задня і передня стінки (9) і гніздо підшипника третьої опори двигуна, які в сукупності з трьома силовими стійками і сопловими лопатками створюють жорстку опору для підшипника.





Сопловий апарат 3 ступені:

1—корпус 3 ступені вільної турбіни; 2—лопатки соплового апарату; 3—внутрішній обід; 4—демпфер; 5—екран; 6—задня цапфа ротора турбіни компресора; 7—ущільнювач пристрій; 8—роликовий підшипник; 10—силова стійка.

До переднього фланця гнізда опори прикріплений болтами корпус повітряного лабіринту, на який нанесено металокерамічне ущільнення.

Корпус має фланець підведення охолоджуючого повітря, що відбирається через VII ступені компресора. На корпусі розташовані: штуцер підведення масла до третьої опори двигуна і штуцер відводу масла від опори.

*Корпус соплового апарату четвертій сходинці(2)* має жорсткий зварний зовнішній корпус, який своїм зовнішнім фланцем кріпиться до заднього фланця корпусу соплового апарату третього ступеня (1), а заднім фланцем кріпиться до переднього фланця корпусу четвертої і п'ятої опор двигуна (3). У корпусі монтується соплової апарат.

*Соплової апарат четвертій сходинці* — литий, складається з порожнистих соплових лопаток, зовнішнього і внутрішнього ободів.



До внутрішнього обода соплового апарату кріпиться діафрагма і корпус лабіринту, на який нанесено металокерамічне ущільнення, яке в парі з дисками першого і другого ступенів вільної турбіни утворюють лабіринтове ущільнення.

Соплової апарат кріпиться спереду на обоймі, а ззаду за допомогою шпильок, на яких як на прямокутних шліцах центрується в корпусі соплового апарату четвертій сходинці турбіни.

У передній частині корпусу встановлена обойма, на яку нанесено металокерамічне ущільнення. Обойма з металокерамічним ущільненням зафіксована щодо корпусу одним штифтом, розташованим у верхній частині.

Корпус четвертої і п'ятої опор складається з переднього фланця, заднього фланця, зовнішньої обичайки, кожуха, шести порожніх стійок, внутрішнього корпусу редуктора приводу регулятора вільної турбіни, конуса і екрану.

На зовнішній обичайці корпусу четвертої і п'ятої опор розташовані:

- фланець для кріплення двох трубопроводів суфлювання другий опори двигуна (14);
- фланець ежектора (7);
- фланець трубопроводу суфлювання коробки приводів і маслобака двигуна (4);
- привід регулятора частоти обертання вільної турбіни (9);
- фланець підведення масла до IV і V опор двигуна (3);
- фланець відведення масла від IV і V опор (13) в якому встановлено додатковий сітчастий масляний фільтр;
- штепсельні роз'єми датчиків частоти обертання ротора вільної турбіни ДТА–10 (5).

Переднім фланцем корпус четвертої і п'ятої опор двигуна кріпиться до корпусу соплового апарату четвертій сходинці вільної турбіни.

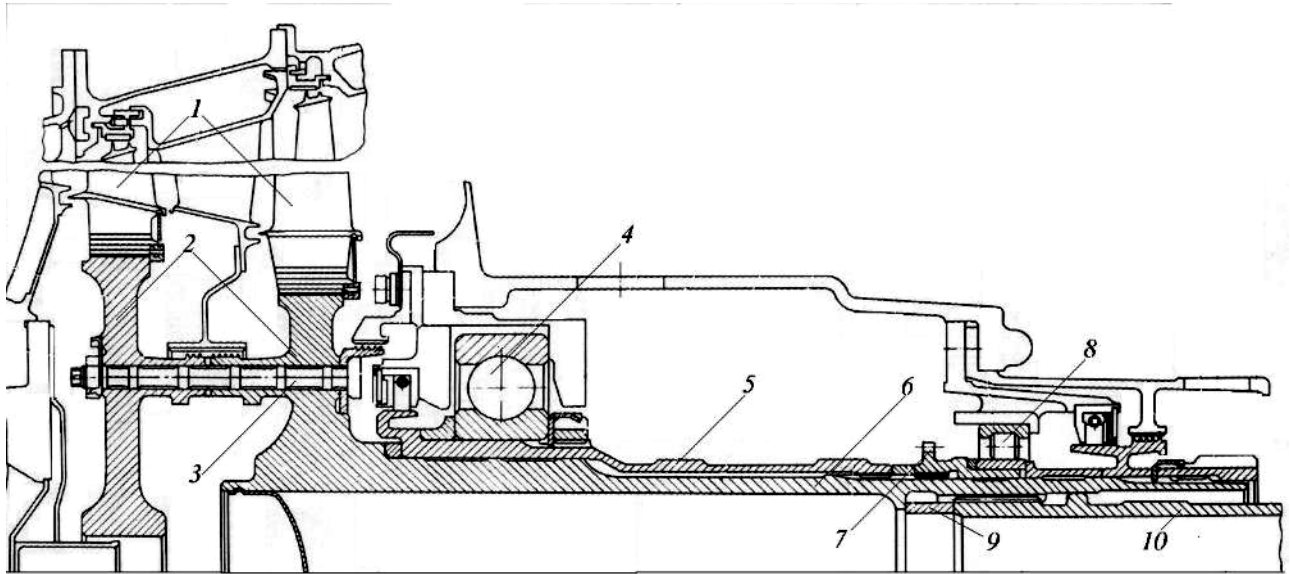
Заднім фланцем (4) корпус четвертої і п'ятої опор двигуна кріпиться до корпусу сфери головного редуктора ВР–14.

У корпусі четвертої і п'ятої опор встановлена обойма, на яку нанесено металокерамічне ущільнення (7). Обойма і з металокерамічними ущільненнями знаходяться над робочими колесами третьої і четвертої ступенів вільної турбіни, утворюючи в парі з гребінцями верхніх полиць робочих лопаток лабіринтове ущільнення.

На конусі є люк 7 дозволяє оглядати і монтаж датчиків частоти обертання ротора вільної турбіни ДТА–10. Оглядовий люк закритий кришкою, закріпленою гвинтами. Корпус і кріпильні деталі пофарбовані емаллю чорного кольору.



Охолодження конуса здійснюється атмосферним повітрям, що поступає через отвори (В), розташовані в задній частині конуса, повітря, надходячи у внутрішній обсяг конуса



Ротор вільної турбіни:

1—лопатки; 2—диски; 3—прізонні болти; 4—кульковий радіально-завзятий підшипник VI опори двигуна; 5—втулка підшипника; 6—хвостовик диска другого (Д), виходячи через кільцеві щілини і отвори (А, Б і Г) омиває конус зовні, створюючи навколо нього холодну повітряну завісу.

Конус і внутрішній корпус з'єднані між собою шість порожніми стійками 1.

#### *Ротор вільної турбіни*

Ротор вільної турбіни складається з диска третього ступеня, диска з хвостовиком четвертій сходинці вільної турбіни, робочих лопаток.

Диски турбіни зцентрувати і зчеплені один з одним за допомогою торцевих шліців і стягнуті між собою призонними болтами.

Конструкція і кріплення робочих лопаток в дисках вільної турбіни виконані аналогічно робочим лопаток турбіни компресора. Верхні полиці робочих лопаток вільної турбіни при монтажі не мають натягу в осьовому напрямку, натяг з'являється в роботі за рахунок розвороту пір'я лопаток в поле відцентрових сил.



Потужність від вільної турбіни до ресори (10) передається через шліци, виконані на хвостовику (6) диска четвертій сходинці турбіни. Осьове положення ресори фіксується регулювальним кільцем (9).

#### *Опори ротора вільної турбіни*

Ротор вільної турбіни - консольний, двухопорний. Передня опора (четверта опора двигуна) - кульковий підшипник. Задня опора (п'ята опора двигуна) - роликовий підшипник.

*Передня опора вільної турбіни (четверта опора двигуна)* кріпиться до внутрішнього фланця корпусу четвертої і п'ятої опор двигуна і складається з гнізда підшипника, корпусу з ущільненням, корпусу лабіринту, деталей демпфера і шарикопідшипника.

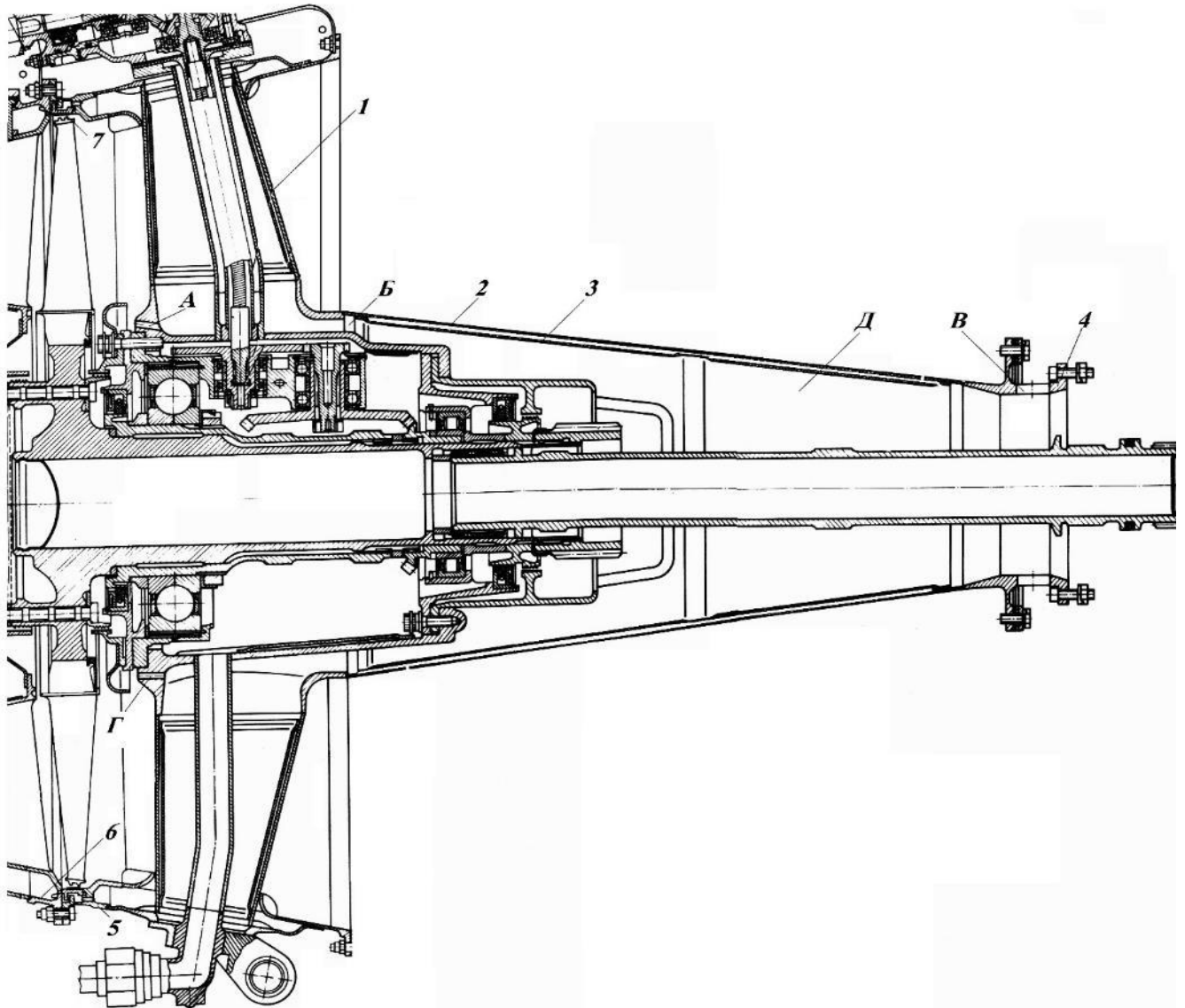
*Задня опора вільної турбіни (п'ята опора двигуна)* кріпиться до внутрішнього фланця корпусу четвертої і п'ятої опор двигуна і складається з гнізда підшипника, корпусу з ущільненням, корпусу лабіринту, втулки з ущільненням і роликового підшипника.

Мастило підшипників, а також охолодження втулок графітового ущільнення здійснюється через форсунки, закріплені в корпусі четвертої і п'ятої опор двигуна, і систему підвідних каналів.

Масляна порожнину, загальна для обох опор, з передньої і задньої сторін обмежена графітовими ущільненнями, які конструктивно виконані аналогічно ущільнень другої і третьої опор двигуна. Для запобігання витікання масла з порожнини опор і проникнення в опори гарячих газів перед графітовим ущільненням четвертої опори і за графітовим ущільненням п'ятої опори утворені повітряні порожнини, в які через отвори в корпусі четвертої і п'ятої опор надходить повітря через VII ступені компресора.

Для зниження вібронапруженості двигуна між зовнішньою обоймою шарикопідшипника (четверта опора) і посадкової поверхнею корпусу четвертої і п'ятої опор встановлено демпфер. Демпфер представляє собою два сталевих кільця з поздовжніми фрезерованими виступами зовні і всередині кілець, встановлених між підшипником і гладким сталевим стаканом підшипника. Профіль, утворений фрезерованими виступами демпфера забезпечує податливість, яка гасить радіальні коливання ротора турбіни компресора.





Корпус IV і V опор двигуна:

1—стійка; 2—конус; 3—екран; 4—фланець; 5—фланець корпусу IV і V опор двигуна; 6—корпус соплових апаратів четвертій сходинці вільної турбіни; 7—металокерамічне ущільнення.

#### *Охолодження турбіни компресора*

Необхідний рівень робочих температур гарячих деталей турбіни компресора забезпечується зніманням тепла з цих деталей вторинним повітрям камери згоряння і здійсненням максимальної ізоляції деталей ротора турбіни від впливу гарячих газів.

Вторинне повітря надходить на охолодження корпусів турбін через отвори у внутрішньому фланці соплового апарату.

Вторинне повітря "В" розділяється на два потоки.

Частина повітря по-ступає на охолодження лопаток першого щабля турбіни. Охолоджуючи їх, через перфорацію в зоні вихідний кромки надходить в газоповітряний тракт.



Інша частина вторинного повітря "В" надходить через отвори в стінці внутрішньої обійми соплового апарату в порожнину між внутрішнім дифузorzом камери згоряння і валом турбіни компресора, звідки розходитьcя двома потоками:

*перший потік* - повітря, пройшовши лабіринти і, потрапляє в порожнину між покриває диском і внутрішньої обіймою соплового апарату, охолоджуючи їх, виходить у газоповітряний тракт перед робочим колесом першого ступеня, перешкоджаючи проникненню в цю порожнину гарячого газу.

*другий потік* - повітря потрапляє через спеціальні отвори в валу у внутрішню порожнину "Д" ротора турбіни компресора, звідси частина його через спеціальні отвори в циліндричному поясі диска надходить в порожнину між покриває диском і диском першого ступеня. Охолоджує передню сторону диска, замки і ніжки лопаток першого ступеня і виходить в газоповітряний тракт. Інша частина цього потоку надходить в порожнину "Е" турбіни.

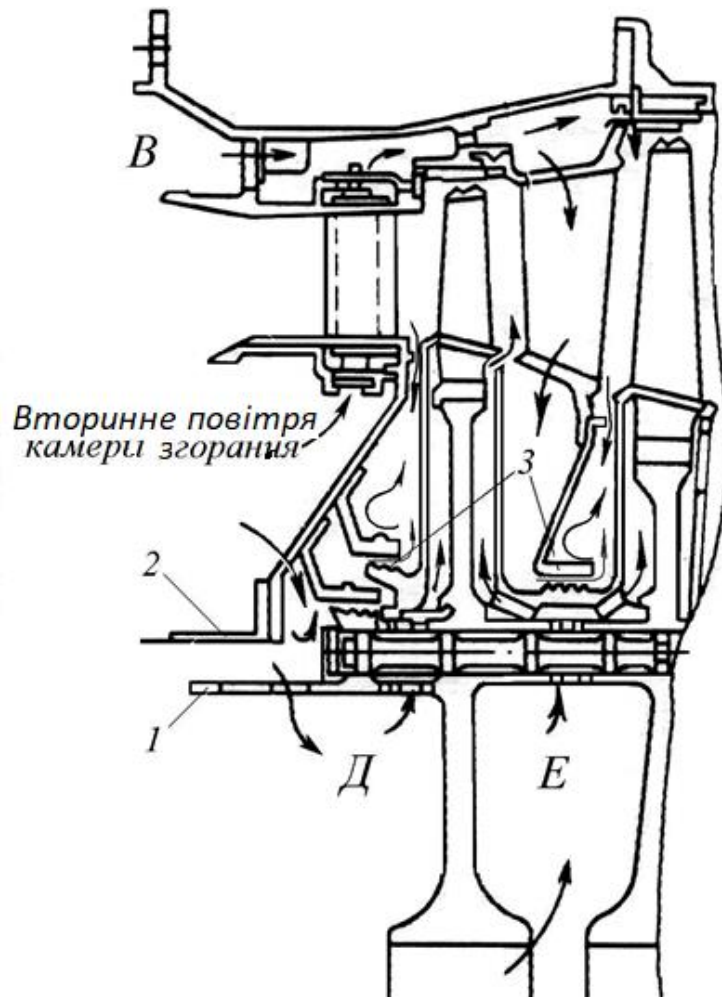


Схема охолодження турбіни компресора:  
1-вал турбіни компресора; 2-внутрішній дифузorz камери згоряння;  
3-лабіринтові ущільнення.

З порожнини "Е" повітря, пройшовши зрізані шліци, надходить:

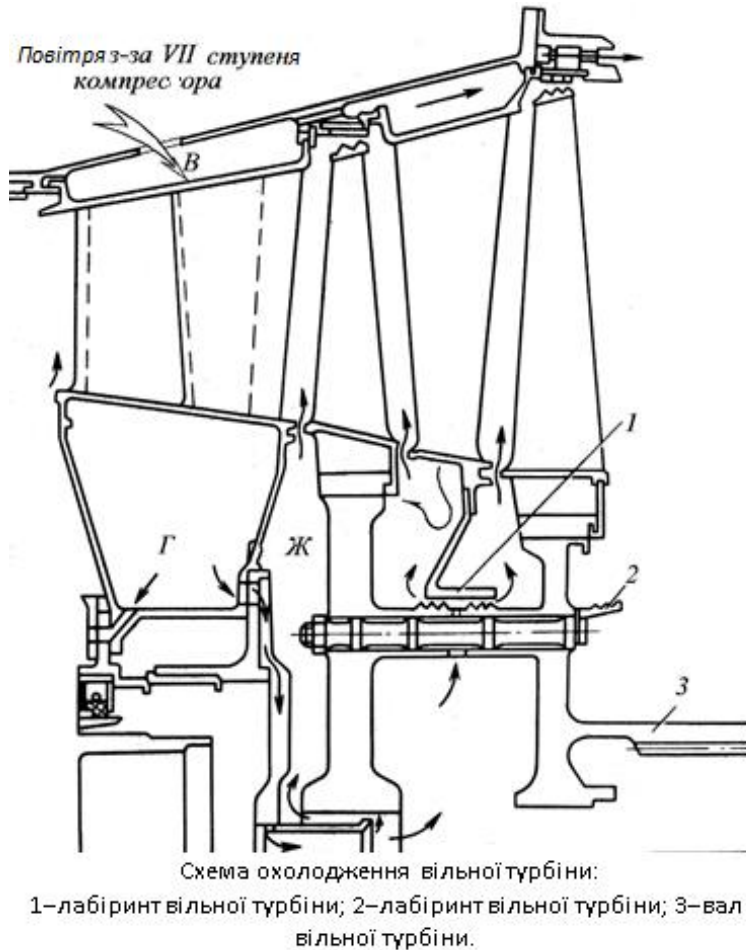
-через отвори в маточині покриває диска в порожнину між диском першого ступеня і покриває диском, охолоджує задню сторону диска першого ступеня і виходить в газоповітряний тракт;



-через отвори в маточині покриває диска в порожнину між диском другого ступеня і покриває диском, охолоджує передню сторону диска, замки і ніжки лопаток другого ступеня турбіни, виходить в тракт.

За лисками стяжних болтів і фрезеруванням в посадочних поясах диска другого ступеня і покриваючим диском до задньої сторони диска другого ступеня турбіни, охолоджує її і виходить через отвори на периферії покриваючого диска в тракт.

### Охолодження вільної турбіни



Повітря, що відбирається через VII ступені компресора, подається в порожнину "В" корпусу вільної турбіни, звідки частина його надходить з внутрішніх порожнин корпусів вільної турбіни для їх охолодження і виходить в газоповітряний тракт.

Інша частина повітря через стійки і порожнисті лопатки соплового апарату третього ступеня вільної турбіни надходить в порожнину "Г" третьої опори. Звідки через отвори в корпусі підшипника третьої опори частина повітря надходить на наддування лабіринту і, пройшовши далі в порожнину між корпусом третьої опори і покриває диском, перешкоджає

проникненню в неї гарячих газів.

З порожнини "Г" через отвори в корпусі опори повітря надходить у втулку, вставлену в отвір маточини диска третього ступеня вільної турбіни.

Частина цього повітря надходить в порожнину "Ж", охолоджуючи диск третього ступеня з передньої сторони. Інша частина цього повітря надходить у внутрішню порожнину ротора турбіни. Далі через частково зрізані торцеві шліци надходить на наддування лабіринту, охолоджує диски вільної турбіни і виходить в газоповітряний тракт перед сопловим апаратом четвертій сходинці і за ним.



## 2. Несправності газових турбін, причини виникнення, способи знаходження та усунення.

### 1. Витяжка робочих лопаток турбіни

#### причини:

- підвищення температури газу перед турбіною вище допустимої;
- перевищення допустимого часу безперервної роботи двигуна на режимах;

#### ознаки:

- зменшення швидкодії ротора;
- зростання температури газу істотно вище допустимої;
- падіння nTK;
- поява стороннього звуку в роторі двигуна;
- збільшення зусиль, необхідних для ручної прокрутки ротора;

### 2. Обгорання лопаток турбіни, що може призводити, до їх руйнування.

#### причини:

- порушення процесу згорання палива в камері згорання;
- закид температури газу;
- нерівномірний розподіл температур газу перед турбіною;
- некондиційне паливо.

#### ознаки:

- викидання пучків іскор з вихлопного пристрою;
- високочастотна вібрація;
- подальше зростання температури газу перед турбіною;
- характерні сліди, що залишаються частинками металу на внутрішній поверхні проточної частини вихідного пристрою, і зовнішній вигляд лопаток останнього ступеня турбіни (виявляється при технічному огляді);

3. Обрив або руйнування робочих лопаток турбіни. Цей дефект є одним з найнебезпечніших.

#### причини:

- закид температури газу перед турбіною при запуску двигуна;
- висновок непрогрітого двигуна на режим вище малого газу або зупинка двигуна без попереднього охолодження;
- потрапляння на робочі лопатки сторонніх предметів або елементів зруйнувалися деталей проточної частини двигуна.
- підвищена вібрації двигуна або силової установки (внаслідок часткового руйнування лопаток компресора, помпажа компресора, обгорання або часткового руйнування лопаток турбіни);
- витяжка робочих лопаток, що відбувається з причин, викладених у п. 1;
- - різке збільшення частоти ротора вільної турбіни внаслідок проковзування муфти вільного ходу (МСГ) і відмови системи захисту турбіни гвинта (СЖТ В).



ознаки:

- різкий хлопок і удар в двигуні;
- поява шлейфу сизого диму з вихідного пристрою;
- поява підвищеної вібрації;
- зростання температура газу і падіння  $n_{TK}$ ;

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.

*4.Руйнування підшипників опор роторів турбіни.*

Основними профілактичними заходами, спрямованими на попередження дефектів турбінного вузла двигуна, є:

- ручна прокрутка візуальний огляд проточної частини двигуна перед кожним запуском;
- суворе дотримання правил запуску, прогріву або охолодження двигуна;
- закриття проточної частини двигуна заглушками після зупинки для зменшення вентиляції і більш рівномірного охолодження проточної частини двигуна;
- суворе дотримання рекомендацій для льотної експлуатації по витримуванню температурних режимів;
- ретельний контроль параметрів, що характеризують роботу двигуна в польоті.

*Огляд вільної турбіни, корпусу четвертої і п'ятої опор*

Огляньте вільну турбіну, корпус четвертої і п'ятої опор в доступних місцях: переконайтеся у відсутності тріщин, забоїн і викривлення.

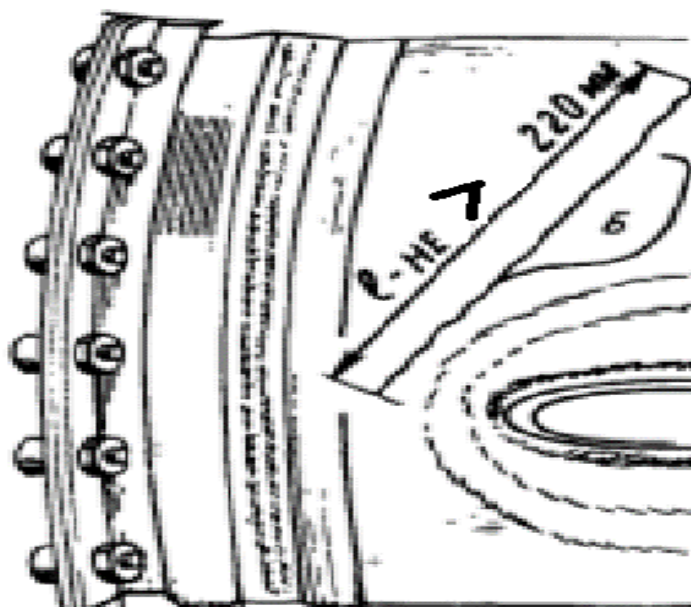
На лопатках вільної турбіни тріщини, забоїни і викривлення не допускаються.

УВАГА. На корпусі четвертої і п'ятої опор допускається п'ять тріщин довжиною до 200 мм при сумарній довжині тріщин не більше 450 мм.

Кінці тріщин засвердлите свердлом діаметром 1,5-2,0 мм.

ПРИМІТКА. При неправильному засвердлюванні решт тріщини або розвитку тріщини в іншому напрямку дозволяється повторне засвердлювання тріщин при загальній довжині її не більше 220 мм. Не допускаються тріщини в районі фланців кріплення корпусу четвертої і п'ятої опор (зона "А"), а також тріщини, які прагнуть до утворення замкнутого контуру в зоні "Б".





До огляду корпусу четвертої та п'ятої опор

### 3. Конструкція вихідного пристрою базового двигуна.

Вихідний пристрій (Рис. 5.1) служить для відводу відпрацьованих газів в атмосферу.

Вихідний пристрій двигуна ТВЗ - 117В призначений для відводу відпрацьованих газів з турбіни за межі силової установки з мінімальним опором.

Вихідний пристрій складається з наступних основних вузлів:

- корпусу четвертої і п'ятої опор;
- вихлопного патрубка;
- з'єднувального хомута.

#### *Вихідний патрубок*

Вихлопний патрубок складається з трьох фланців і профільованою стінки.

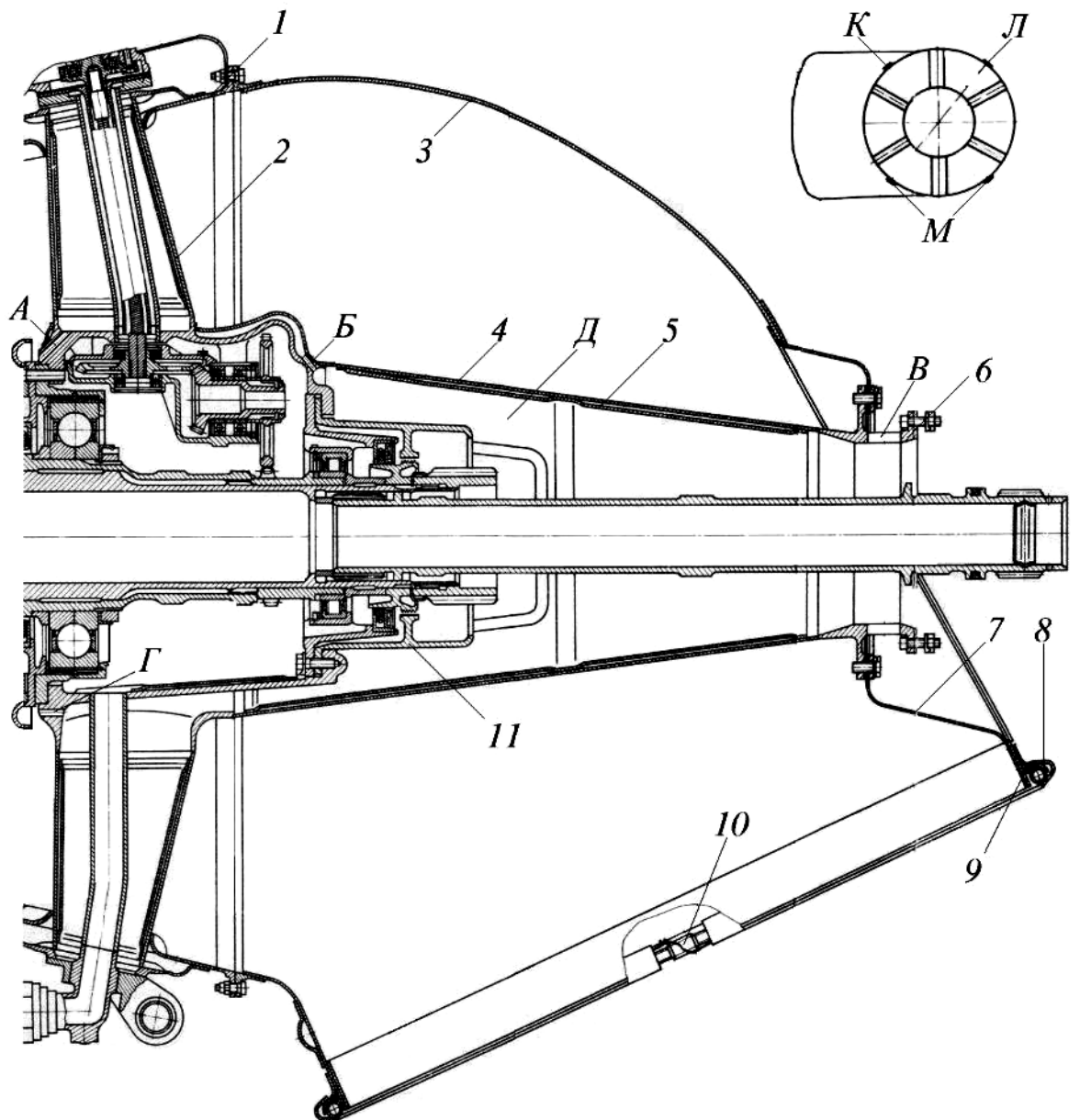
Перед ним фланцем вихлопної патрубку кріпиться до корпусу четвертої і п'ятої опор двигуна (1). Заднім фланцем вихлопної патрубку кріпиться до фланця конуса (5). Стінка вихлопного патрубку закінчується штампованим фланцем для кріплення вертолітного насадка або екранно-вихлопного пристрою.

На зовнішній поверхні вихлопного патрубку розташовані:

- два фланця для кріплення трубопроводів (перетин М) суфлювання порожнини другий опори двигуна;
- фланець трубопроводу (перетин К) суфлювання коробки приводів і маслобака двигуна;
- фланець (перетин Л) ежектора.

З'єднувальний хомут (8) складається з двох половин і призначений для кріплення до фланця вихлопного патрубку вертолітного насадка або спеціального насадка для установки екранно-вихлопного пристрою (ЕВУ).



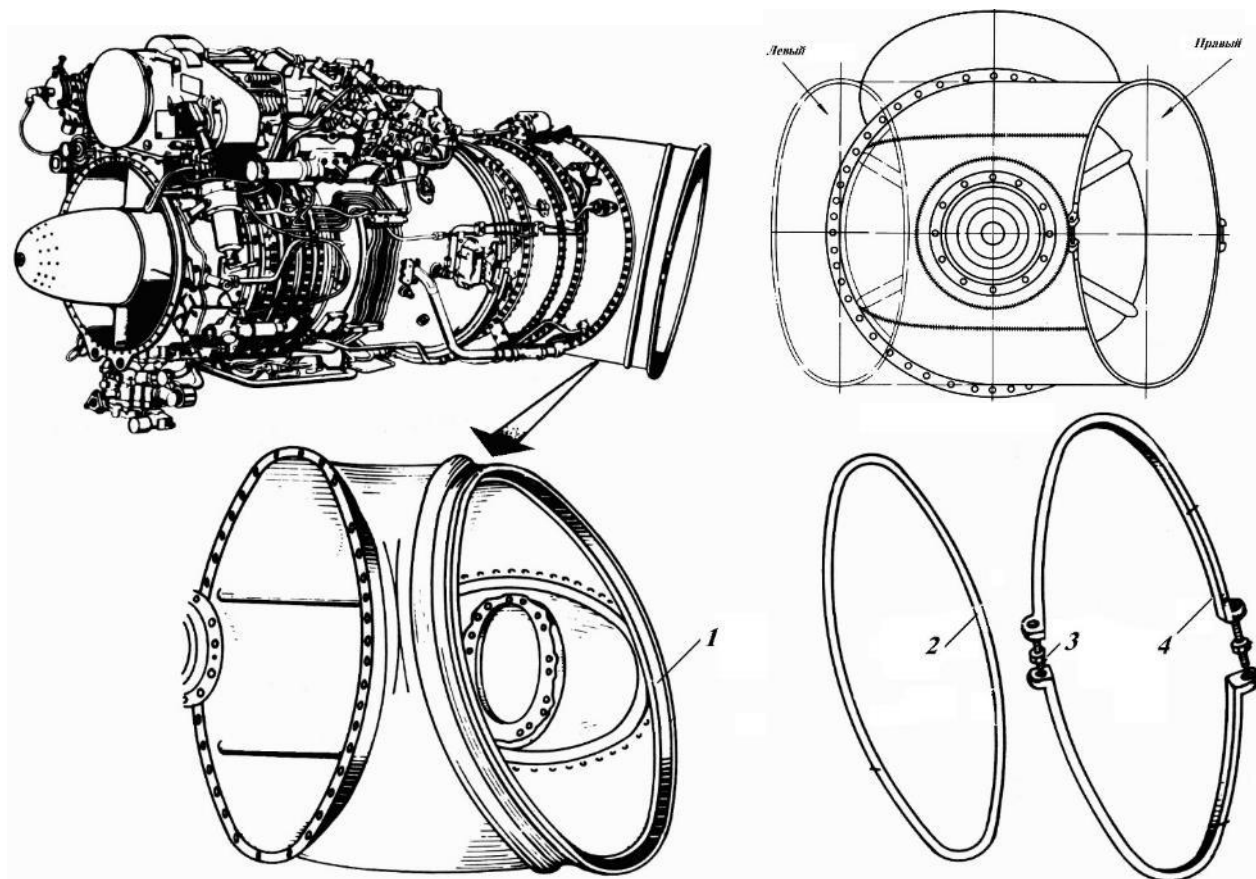


Вихідний пристрій двигуна:

1—корпус IV і V опори двигуна; 2—стійки; 3—вихлопної патрубок; 4—екран; 5—конус 6—фланець; 7—кожух; 8—хомут; 9—ущільнювальний шнур; 10—стягнутий гвинт; 11—корпус редуктора приводу регулятора вільної турбіни; М—фланець суфлювання порожнини II опори; До—фланець суфлювання коробки приводів і маслобака; Л— фланець ежектора.



Для запобігання вибивання гарячих газів на стику між вихлопним патрубком і насадкою, під з'єднувальний хомут прокладається ущільнювальний азбестовий шнур (9), просочений силосановим мастилом. Половини з'єднувального хомута стягуються двома гвинтами (10).



Установка вихлопного патрубка:

#### **4. Несправності вихідного пристрою, причини виникнення, способи знаходження та усунення.**

Характерні несправності вихлопного пристрою наступні:

- тріщини вихлопного патрубка;

Причинами утворення тріщин може бути:

- збільшена вібрація двигуна, підвищення температурного режиму;

- викривлення і деформація окремих ділянок вихлопного пристрою, що приводить до виникнення тріщин.

Небезпека виникнення тріщин полягає в тому, що розвиток їх може привести до випадання ділянок матеріалу. При цьому газу, що виходять з двигуна, можуть потрапляти на конструкцію елементів силової установки, що призводить до виникнення пожежі.



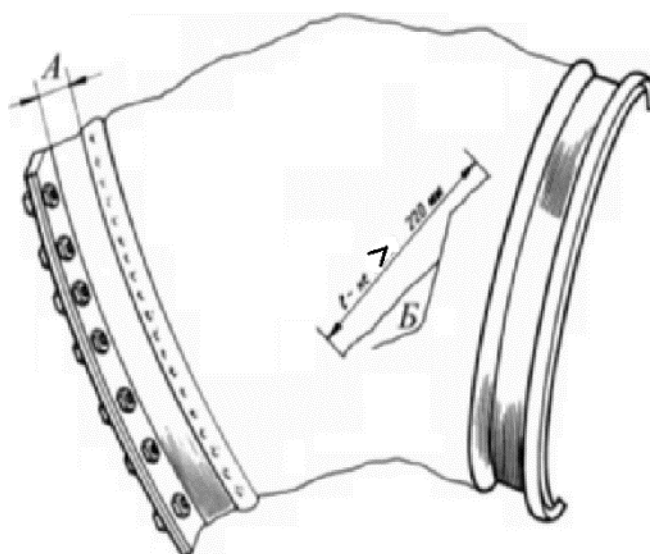
*Огляд вихлопного патрубка*

Огляньте вихлопної патрубков в доступних місцях; Перевірте, чи не тріщин.

Допускаються п'ять тріщин, в тому числі дві тріщини в районі фланця кріплення вертолітного насадка довжиною до 200 мм при сумарній довжині тріщин не більше 450 мм. Кінці тріщин засвердлите свердлом діаметром 1,5-2,0 мм.

ПРИМІТКА. При неправильному розсвердлюванні решт тріщин або розвитку тріщин в іншому напрямку дозволяється повторне засвердлювання тріщини при загальній довжині її не більше 220 мм.

Не допускаються тріщини в районі фланців кріплення вихлопного патрубка (зона "А"), а також тріщини, які прагнуть до утворення замкнутого контуру в зоні "Б".



Огляд вихлопного патрубка.