

## ***Приоритетные технологии в двигателестроении***



**Заместитель генерального директора - руководитель приоритетного технологического направления "Технологии двигателестроения",  
директор филиала «НИИД» АО «НПЦ газотурбостроения «Салют», доктор технических наук  
Валерий Александрович Гейкин**

**2018 г.**

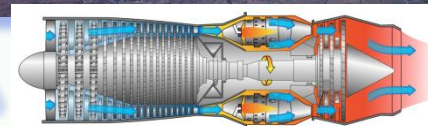
# Газогенератор двигателя изд. 30 – базовый для семейства двигателей самолётов ФА



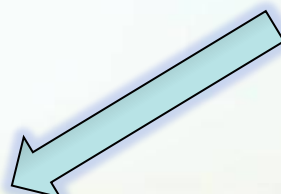
## Базовый двигатель изд.30 Для ПАК ФА



Двигатель 6-го поколения  
Для истребителя  
6-го поколения  
(с использованием НТЗ  
по изд.30)



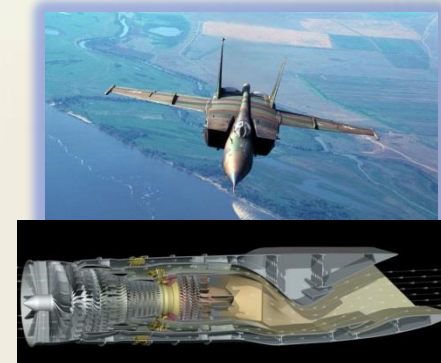
Двигатель Р199Ш  
Для ПСШ  
(с использованием  
технологического НТЗ  
по изд.30)



Двигатель для ЛФИ  
Для легкого  
фронтового  
истребителя  
(однодвигательная и  
двухдвигательная  
схемы)



Двигатель для ПАК ДП  
Для перспективного  
авиационного комплекса  
дальнего перехвата



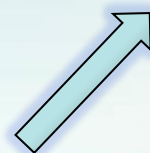
В рассматриваемый период времени на базе газогенератора изд.30 может быть начата разработка двигателей для ПЛИБ и ПАК ДП. НТЗ, созданный в рамках проекта по созданию изд.30, может быть использован при разработке двигателя для ПСШ и двигателя 6-го поколения



# Газогенератор двигателя ПД-14 – базовый для семейства двигателей самолётов ВТА, СА и вертолета типа Ми-26



**Двигатель ПД-7**  
Для самолетов типа  
Бе-200



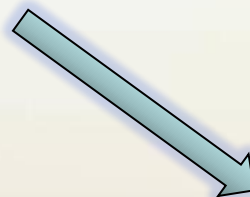
**Двигатель ПД-18Р**  
Для ПАК ВТА



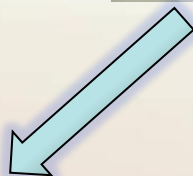
**Модернизация  
газогенератора**



**Двигатель ПД-35**  
Для ПАК ВТА,  
самолетов  
транспортной  
авиации



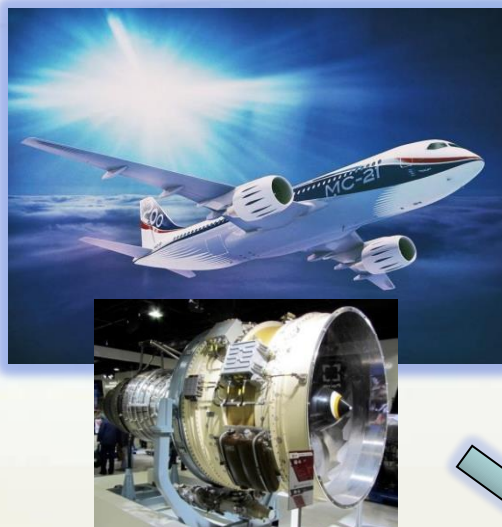
**Двигатель ПД-12В**  
Для вертолета  
типа Ми-26



**Двигатель ПД-14М**  
Для СВТС (типа МТС)

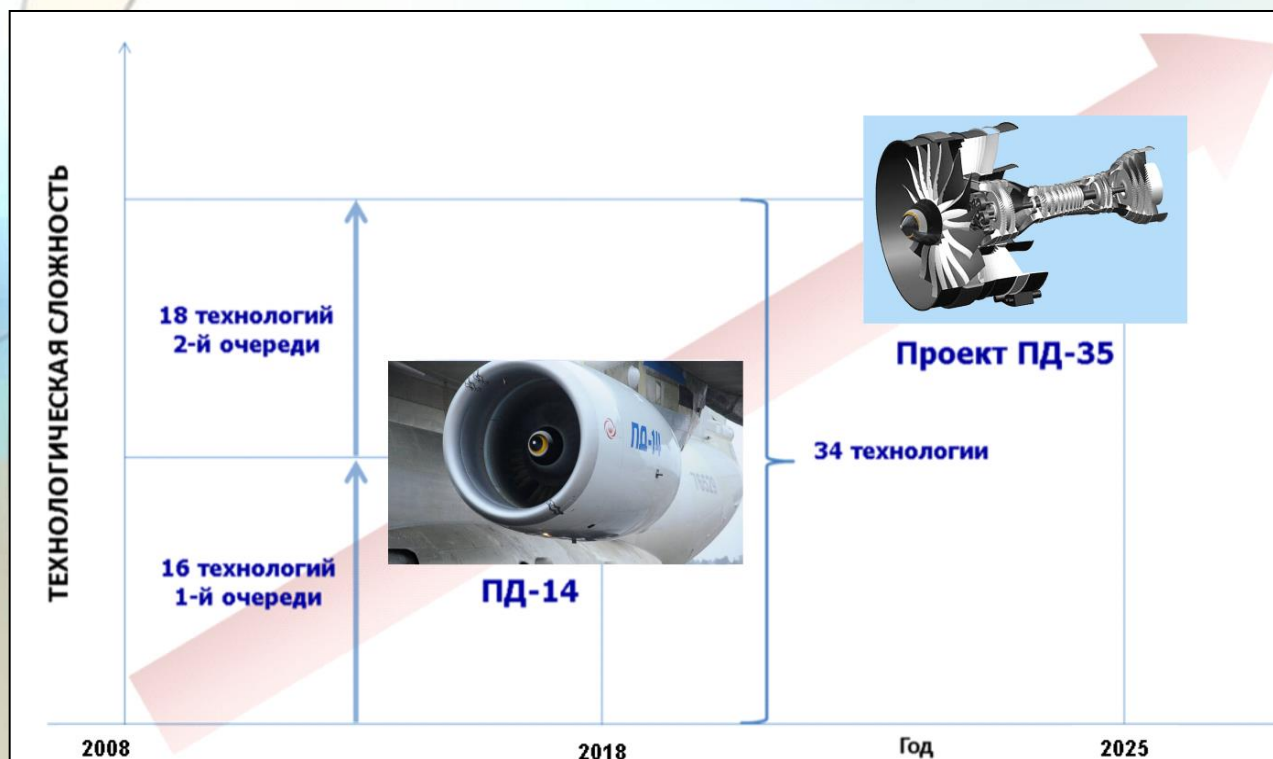


**Базовый двигатель  
ПД-14**  
Для МС-21



Технологии , освоенные ОДК при разработке двигателя ПД-14, позволят создать семейство двигателей в диапазоне тяг от 9 до 18 тонн и приступить к дальнейшему технологическому развитию в интересах создания двигателя большой тяги

# Достижение необходимого уровня технологического совершенства



УТВЕРЖДАЮ  
Генеральный директор  
АО «ОДК»  
А.В. Артюхов  
16.10.2015

УТВЕРЖДАЮ  
Генеральный директор  
ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова  
В.И. Бабкин

СОГЛАСОВАНО  
Заместитель Генерального  
директора-Генеральный  
конструктор АО «ОДК»  
В.А. Гейкин

Перечень необходимых технологий для  
создания ТРДД большой тяги (в классе 35 тонн)  
для освоения на этапе НИОКР  
2015 год

- К двигателям большой тяги предъявляются наиболее жесткие технико-экономические требования, которые обуславливают необходимость применения наиболее передовых технологий.
- Для создания двигателя большой тяги, конкурентоспособного на рубеже 2020-х г.г., технологий ПД-14 не достаточно – необходимо освоение новых «критических» технологий двигателя и мотогондолы.



# Перспективное семейство двигателей большой тяги



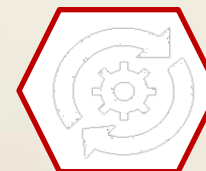
# Программа ПДВ



Газогенератор ПДВ будет использоваться в самолётах, вертолётах классической схемы и с комбинированной двигательной установкой



Неметаллический



Универ-ный ГГ



Электрический



Пропульсивный



# Газогенератор ТВ7-117С - базовый для вертолётных комплексов и ЛВТС



## ТВ7-117СМ

Сертификат типа 2002 г.

Нвзл = 2500 (2650) л.с.

**БАРК-65**

Ил-114-300



**Региональный  
самолет  
Ил-114**

## ТВ7-117С

Сертификат типа 1997 г.

Нвзл = 2500 л.с.

Ил-114(Т)



## ТВ7-117ВМ

ОКР (2017-2022)

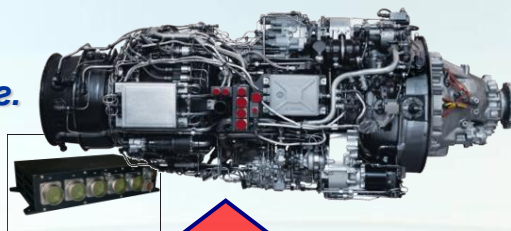
Нчр = 3750 л.с.

Нмвзл = 3000 л.с.

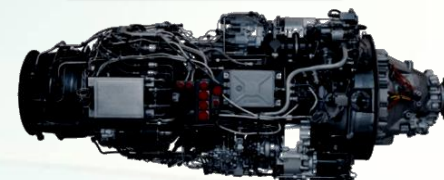
Нвзл = 2800 л.с.

**БАРК-6В**

**Ми-383**



## ТВ7-117СТ



**ЛВТС Ил-112В**

ОКР (2015 – 2020 гг.)

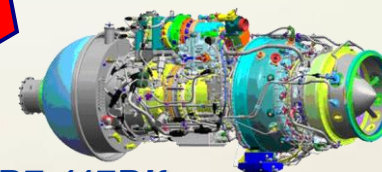
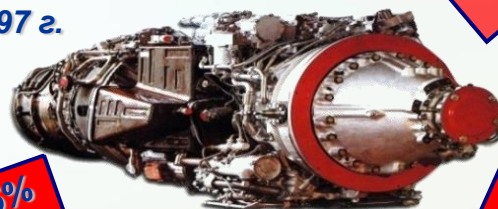
Нчр = 3500 л.с.

Нмвзл = 3000 л.с.

Нвзл = 2800 л.с.

**БАРК-65СТ**

**Ил-112В**



## ТВ7-117ВК

ОКР (2015-2020)

Нчр = 3750 л.с.

Нмвзл = 3000 л.с.

Нвзл = 2800 л.с.

**БАРК-6В**

**для объекта «Минога»**



Степень унификации, в %

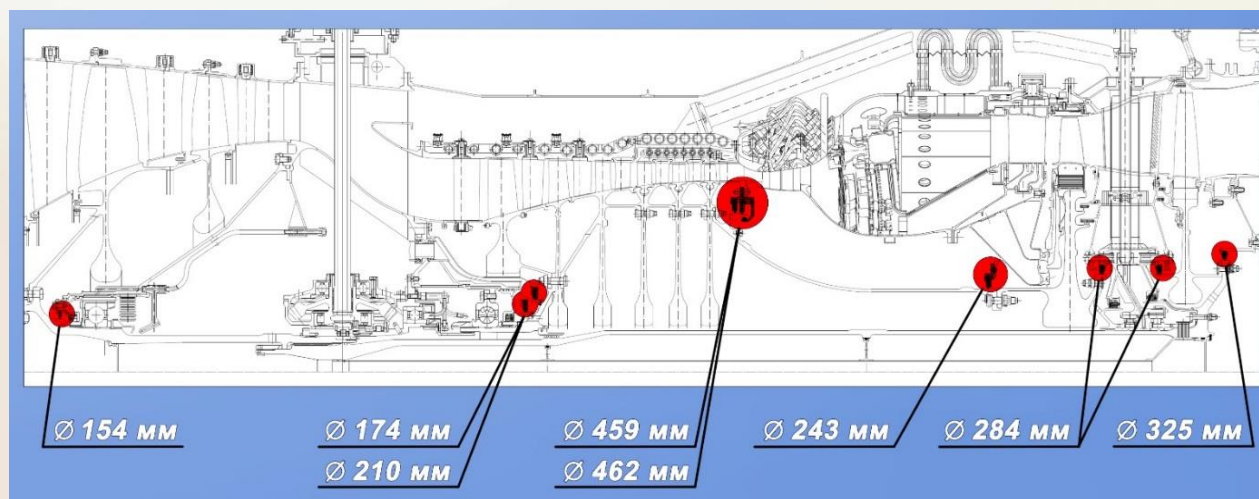
**95%**

Газогенератор двигателя ТВ7-117С - является реальным примером унифицированного использования в двигателях ЛА различного назначения

# Технология изготовления перспективных уплотнений щёточных



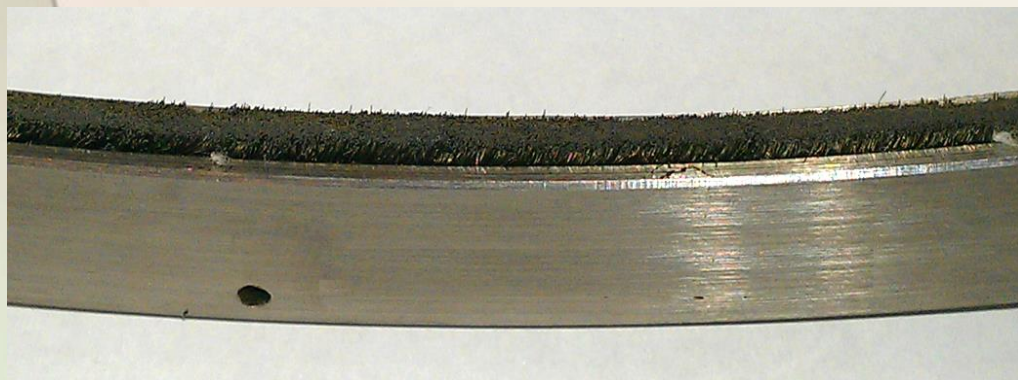
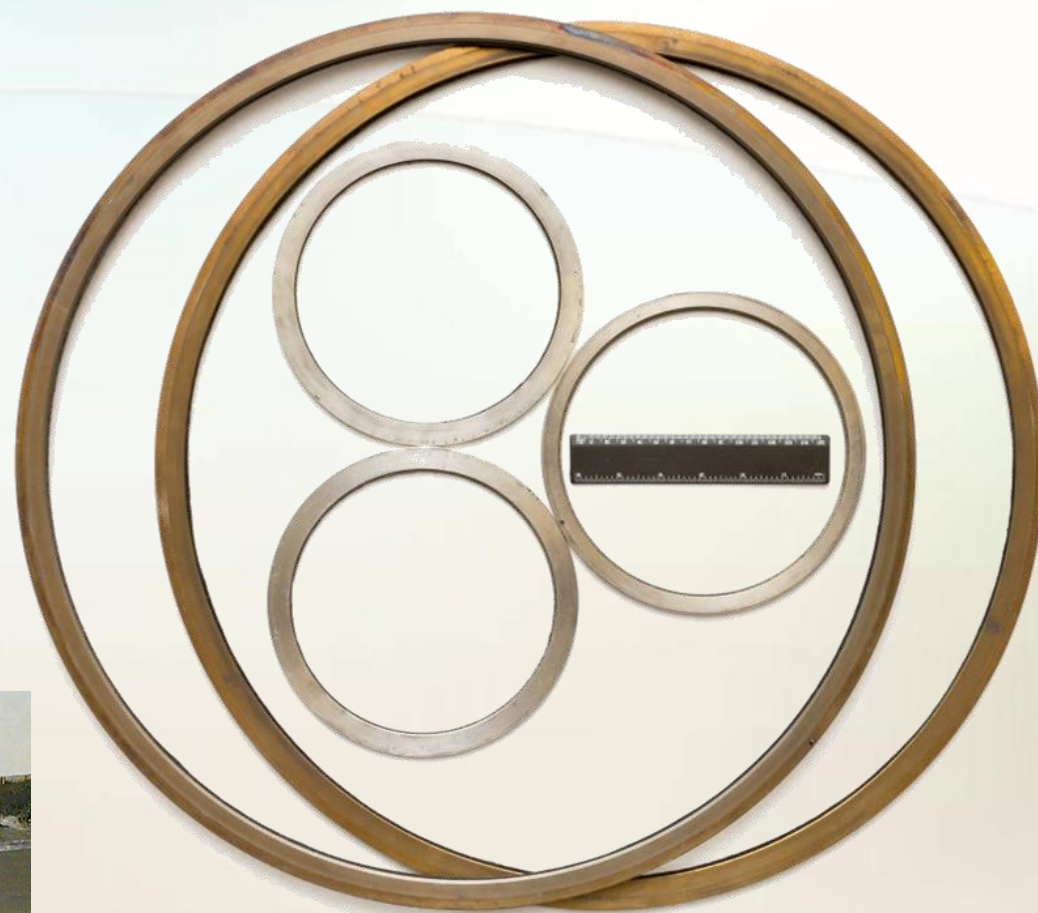
Образцы уплотнений щёточных



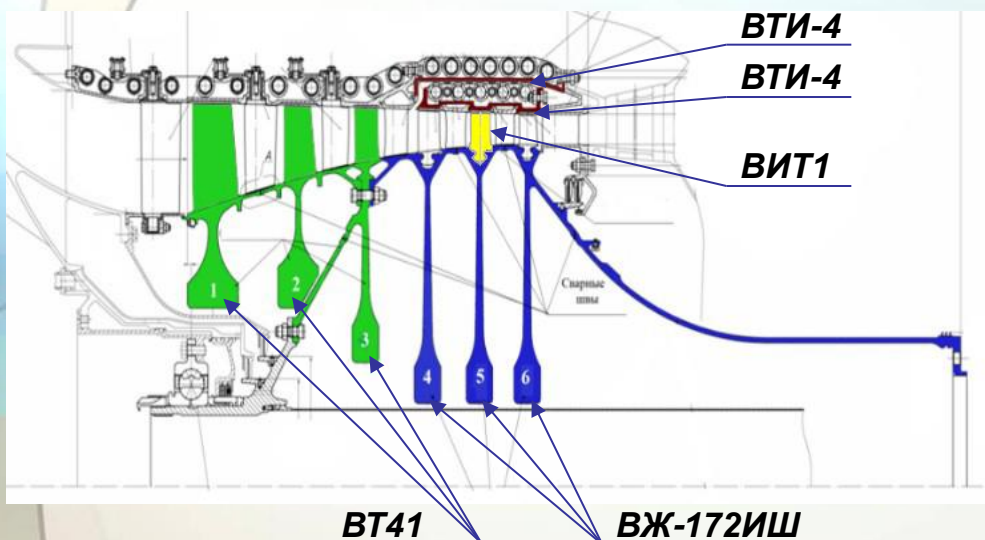
Места установки различных типоразмеров уплотнений щёточных на двигателе-демонстраторе



## Примеры разработанных и испытанных ЩУ



# Применение перспективных материалов в конструкции КВД



Секция ротора 4-6 ст. КВД  
из ВЖ172-ИШ



Ротор КВД в сборе



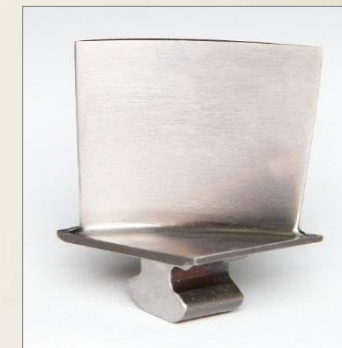
Секция ротора 1-2 ст. КВД  
из ВТ41



Секция ротора 3 ст. КВД  
из ВТ41



Корпус внутренний 4-6 ст. КВД  
из ВТИ-4



Лопатка рабочая 5 ст. КВД  
из ВТИ1



## Свойства отечественных титановых сплавов по паспортным данным ФГУП «ВИАМ»



Сплав	$\sigma_B^{20}$ , МПа	$\sigma_{0,2}^{20}$ , МПа	$\delta^{20}$ , %	$\sigma_B^{600}$ , МПа	$\sigma_{100}^{600}$ , МПа
BT41 (поковка весом до 105 кг)	1070	1015	8,0	645	300
BT8-1	1020	980	12,5	$\sigma_B^{450} = 750$	$\sigma_{100}^{450} = 685$
BT18У (штамповка диска весом до 50 кг)	930	835	6,0	560	285

Сплав BT41 в настоящее время является самым жаропрочным титановым конструкционным сплавом, рекомендованным для изготовления рабочих моноколес

Серийный материал <u>Сплав BT8-1</u>	Перспективный материал <u>Сплав BT41</u>
Плотность 4,43 г/см <sup>3</sup> Рабочая температура до 500°C	Плотность 4,586 г/см <sup>3</sup> Рабочая температура до 600°C

## Свойства жаропрочных никелевых сплавов



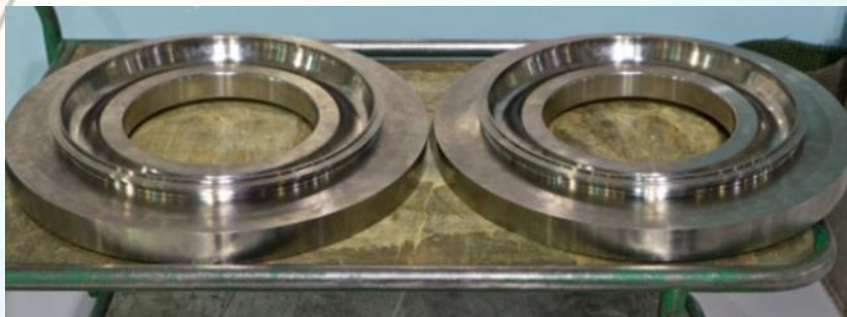
Марки никелевых сплавов	$\sigma_B^{20}$	$\sigma_{100}^{600}$	$\sigma_{100}^{650}$	$\sigma_{100}^{700}$	$\sigma_{100}^{750}$	$\sigma_{0,2/100}^{700}$	$\sigma_{0,2/100}^{750}$
	МПа						
<b>ВЖ172-ИШ свариваемый</b>	1320-1360	960	800	630	460	540	360
<b>ЭП708 свариваемый</b>	1180	-	-	490	-	400	-
<b>Inconel 718 свариваемый</b>	1350	870	635	500	345	370	230
<b>ЭИ698</b>	1200	-	680	-	400	-	360
<b>ЭП742</b>	1295	900	810	-	510	-	450
Приведены средние значения для поковок, раскатных колец и штамповок дисков жаропрочных сплавов.							

Сплав ВЖ172-ИШ в настоящее время является самым жаропрочным свариваемым сплавом на никелевой основе

Прочность, МПа	Серийный сплав ЭП708	Перспективный сплав ВЖ 172-ИШ
$\sigma_B^{20}$	1180	1320-1360
$\sigma_{100}^{700}$	490	630



## Детали и сварной узел ротора КВД из сплава ВТ41



Колесо рабочее 1 ст. КВД из сплава ВТ41



Колесо рабочее 2 ст. КВД из сплава ВТ41



Сварной узел рабочего колеса 1 ст. и рабочего колеса 2 ст. КВД из сплава ВТ41  
после окончательного фрезерования лопаток

## Детали и сварной узел ротора КВД из сплава ВТ41



Колесо рабочее 3 ст. КВД из сплава ВТ41



Цапфа 3 ст. КВД из сплава ВТ41



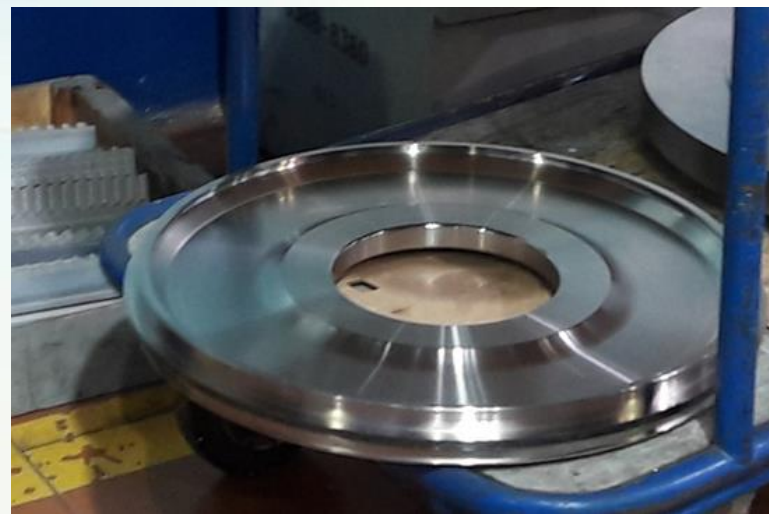
Сварной узел рабочего колеса 3-й ступени и цапфы 3-й ступени КВД из сплава ВТ41  
после окончательного фрезерования лопаток



## Детали ротора КВД из сплава ВЖ172-ИШ (диск 4, 5, 6 ст. и вал КВД)



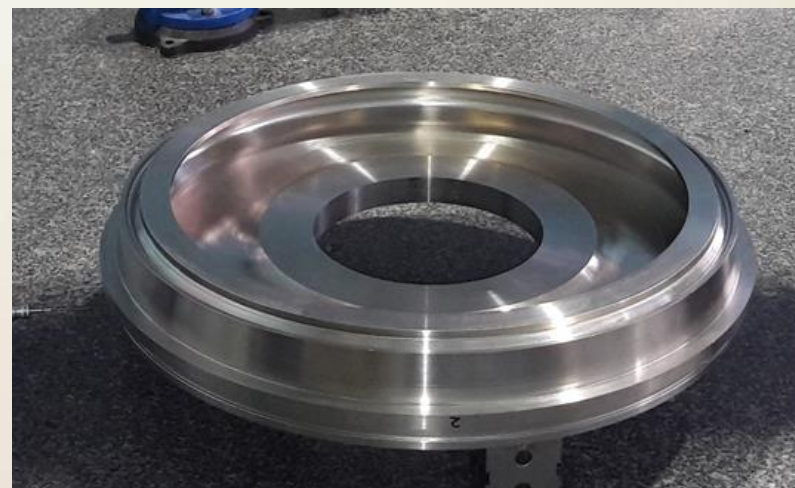
Внешний вид вала КВД из сплава ВЖ172-ИШ



Внешний вид диска 5 ст. КВД из сплава ВЖ172-ИШ



Внешний вид диска 6 ст. КВД из сплава ВЖ172-ИШ



Внешний вид диска 4 ст. КВД из сплава ВЖ172-ИШ

**Секция ротора 4-6 ст. КВД  
(сварной узел – диск 4 ст.+диск 5 ст.+диск 6 ст. + вал КВД)  
из сплава ВЖ172-ИШ**





# Технология производства высокопроизводительным фрезерованием «блингов» статора КВД



Аппарат направляющий 3 ст. КВД – «блинг»

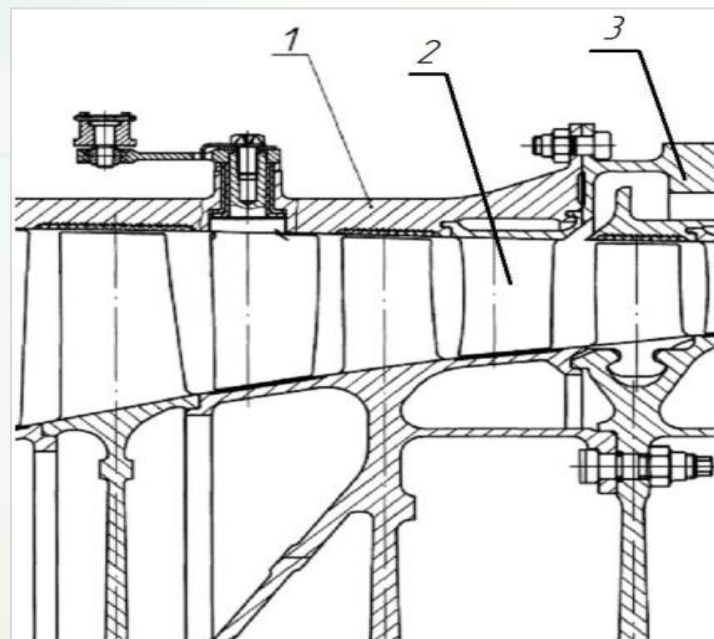


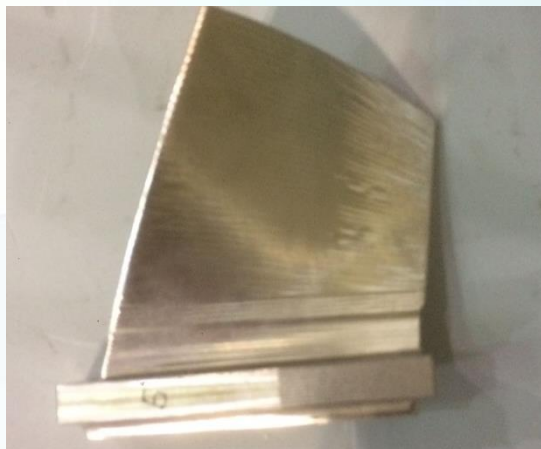
Схема расположения «блинга» в КВД:

- 1 – корпус КВД;
- 2 – «блинг»;
- 3 – внешний корпус КВД.

Операция высокопроизводительного фрезерования лопаток «блинга» статора КВД из жаропрочных сплавов, в т.ч. из интерметаллидного сплава ВИТ1, с применением метода оптимизации режимов резания, за счёт покадровой коррекции подачи в зависимости от величины съёма материала.



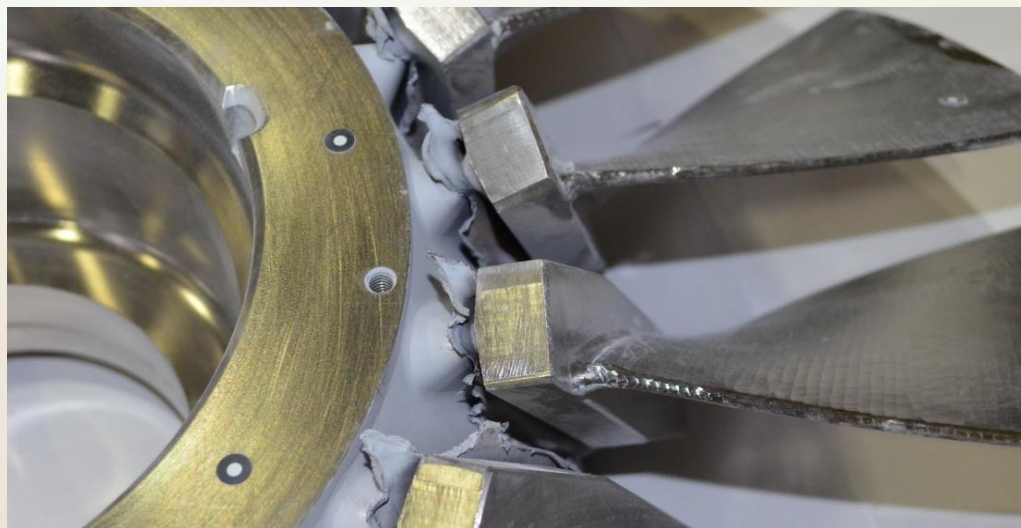
## Технология изготовления моноколеса КНД с применением линейной сварки трением (ЛСТ)



Лопатка моноколеса КНД

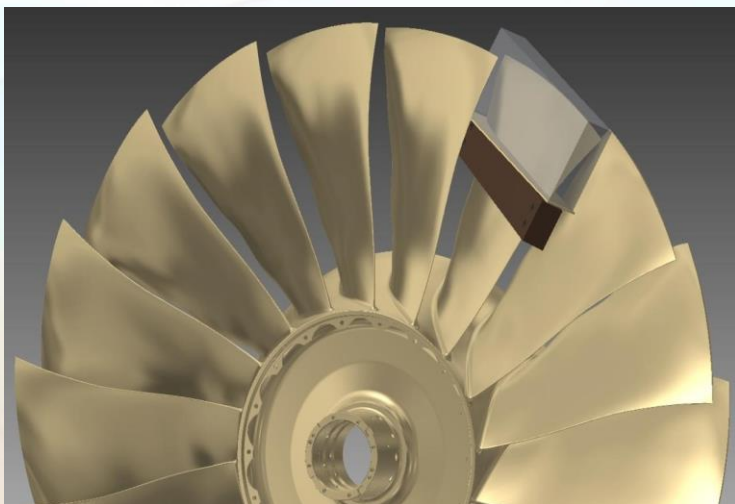


Ступица моноколеса КНД

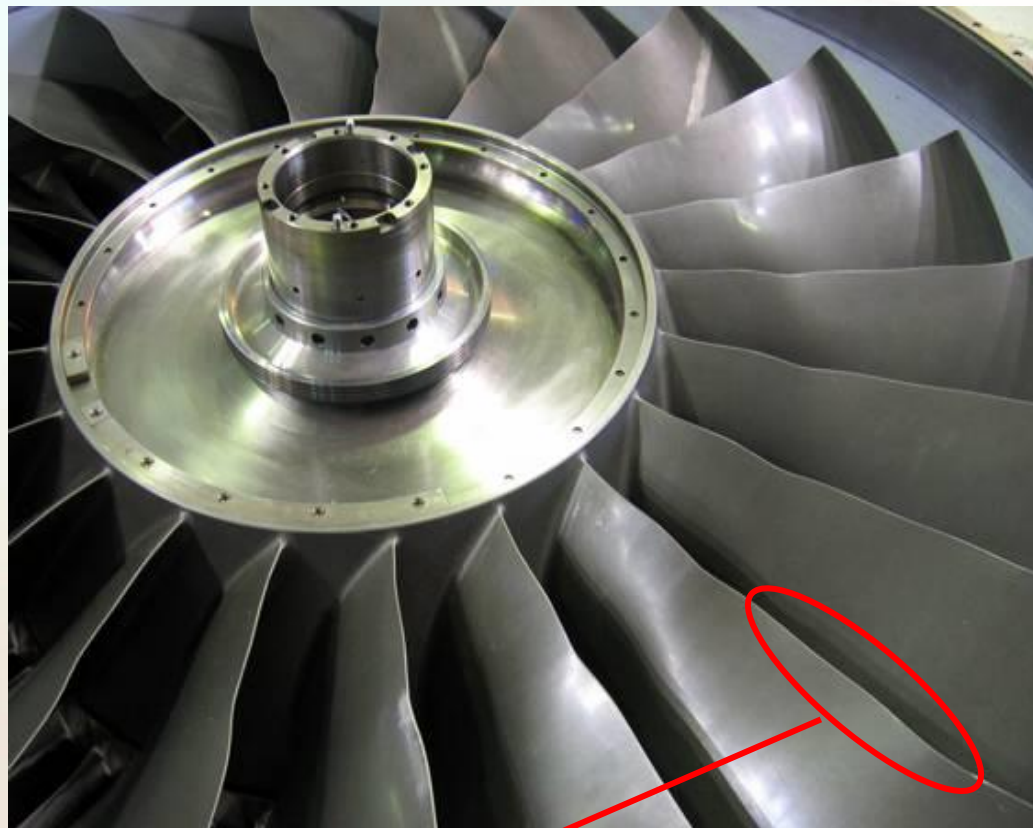


Изготовленное с применением ЛСТ моноколесо КНД  
перед операцией окончательной механической обработки

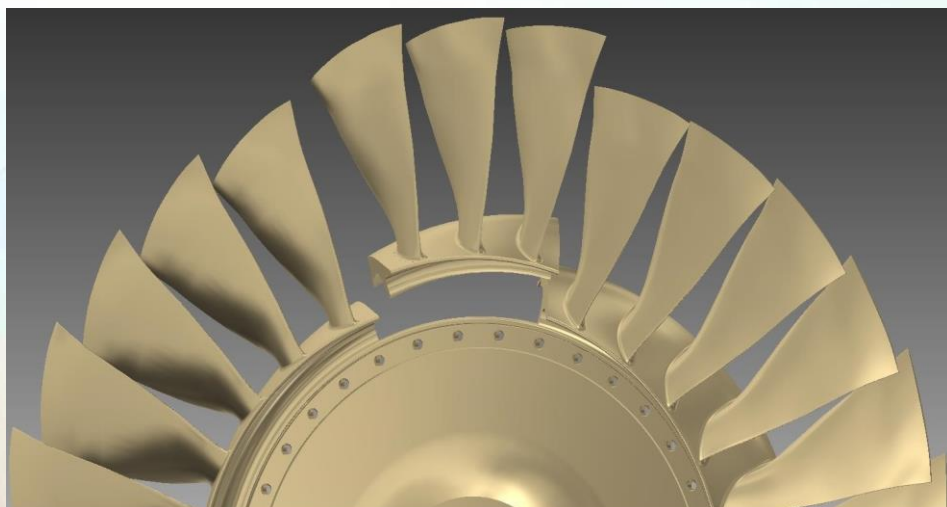
Разработана и внедрена технология ремонта лопаток моноколес методом электронно-лучевой сварки. Свойства материала и ресурс деталей после ремонта полностью восстанавливаются.



**Моноколесо после ремонта**



**Место ремонта**

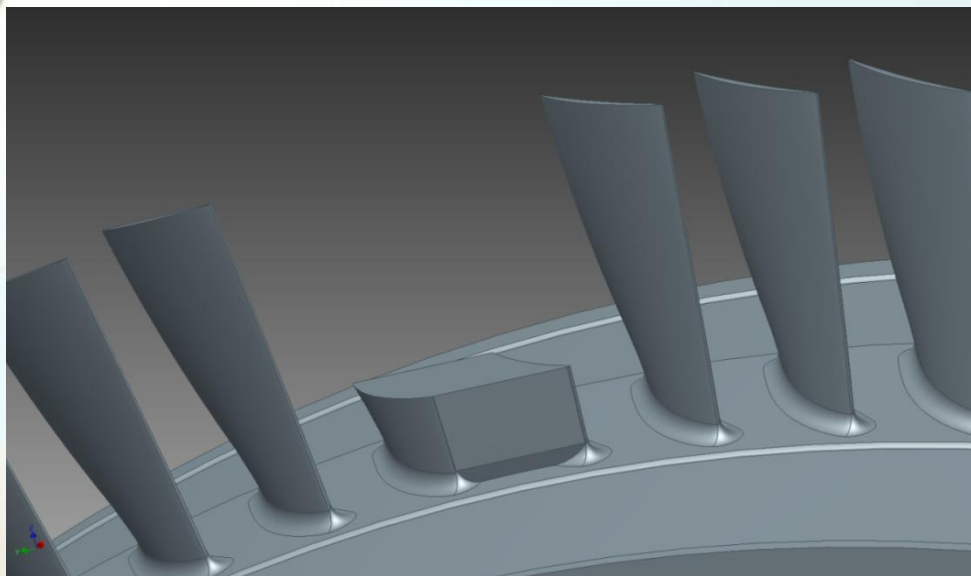


**Дефектный сектор лопаток**



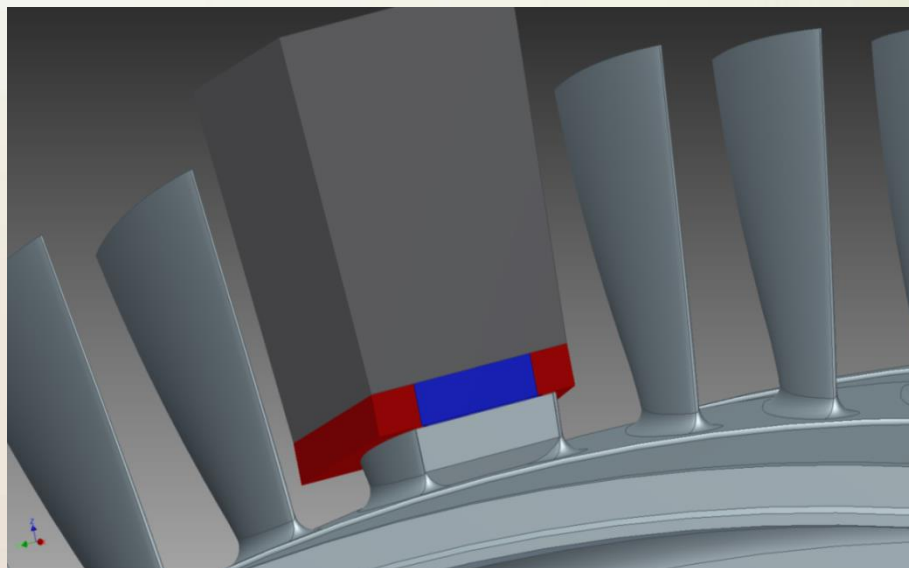


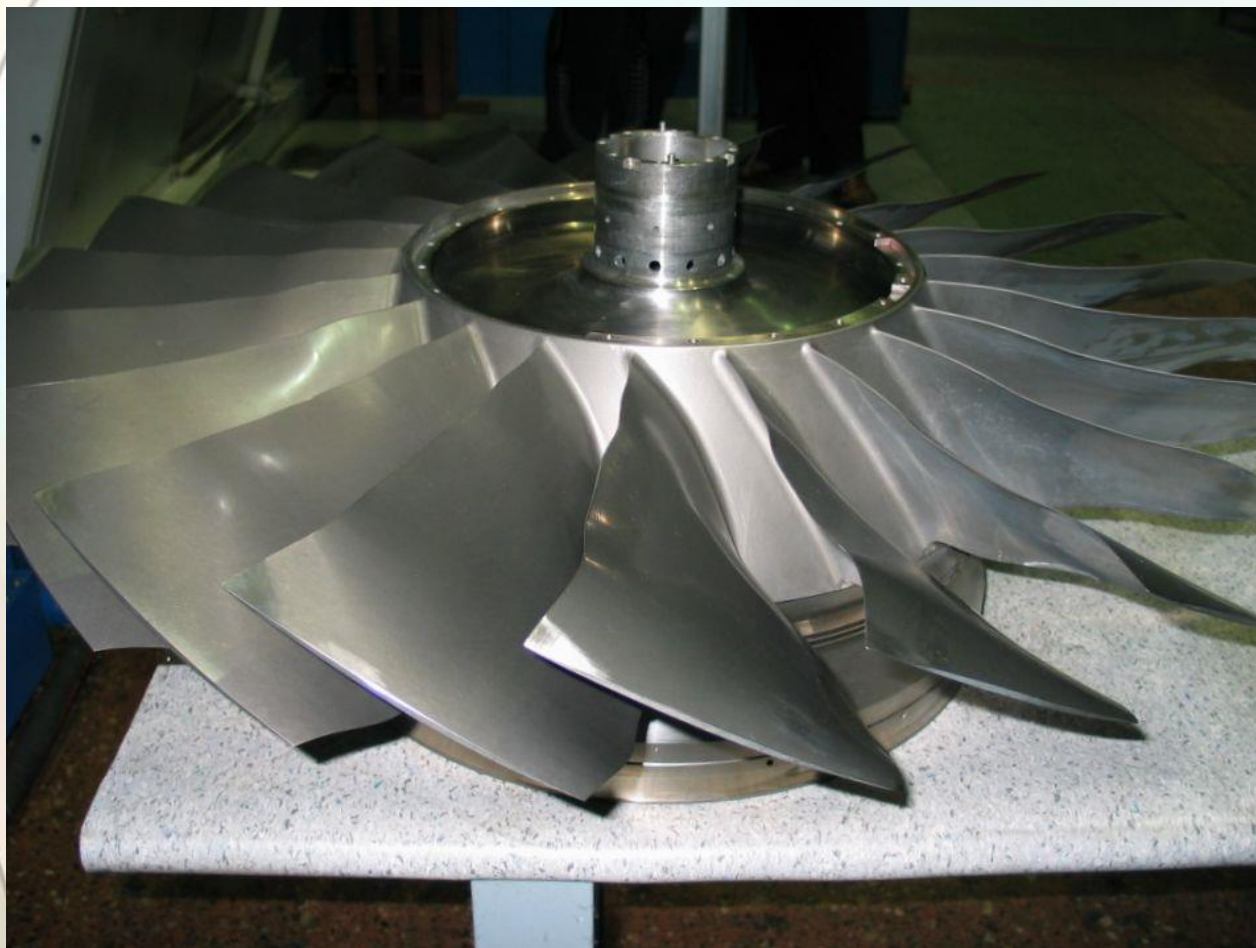
## Восстановление нескольких лопаток моноколеса



Отрезка дефектных лопаток

Подготовленный к восстановлению  
электронно-лучевой сваркой  
сектор лопаток моноколеса



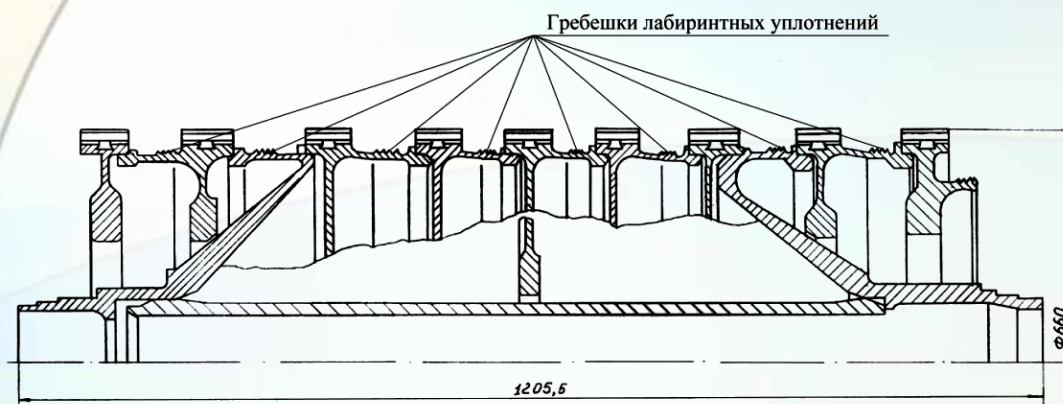


**Колесо рабочее КНД 924-3**

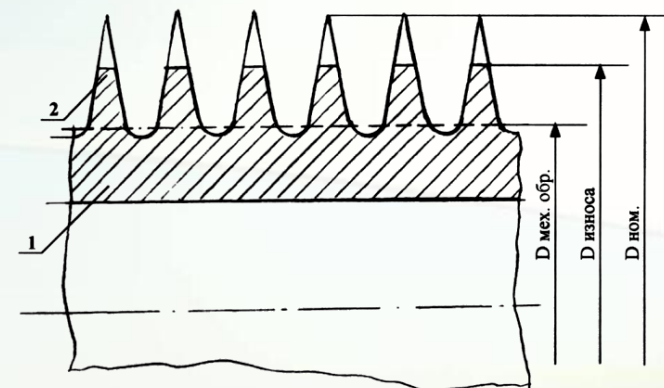
**Технологический процесс  
ремонта моноколеса методом  
ЭЛС путем приварки  
вкладыша взамен  
поврежденной части пера  
одной из лопаток с  
последующей механической  
обработкой приваренной  
части пера на станке с ЧПУ.**



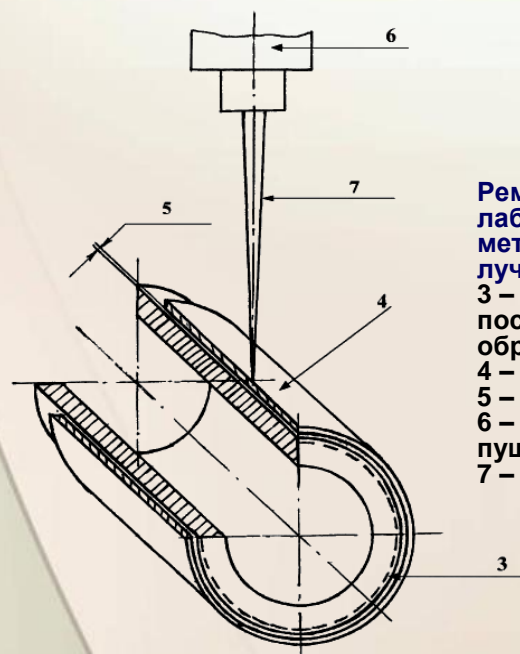
# Восстановление гребешков лабиринтных уплотнений двигателей ДР-59Л и ДЖ-59 методом электронно-лучевой наплавки



Компрессор высокого давления газотурбинного двигателя ДР59Л



Подготовка гребешков лабиринтных уплотнений к наплавке:  
1 – барабан ротора;  
2 – гребешки лабиринтных уплотнений.



Ремонт гребешков лабиринтных уплотнений методом электронно-лучевой наплавки:  
3 – наплавленный слой после механической обработки;  
4 – наплавляемое кольцо;  
5 – зазор;  
6 – электронно-лучевая пушка;  
7 – электронный луч.

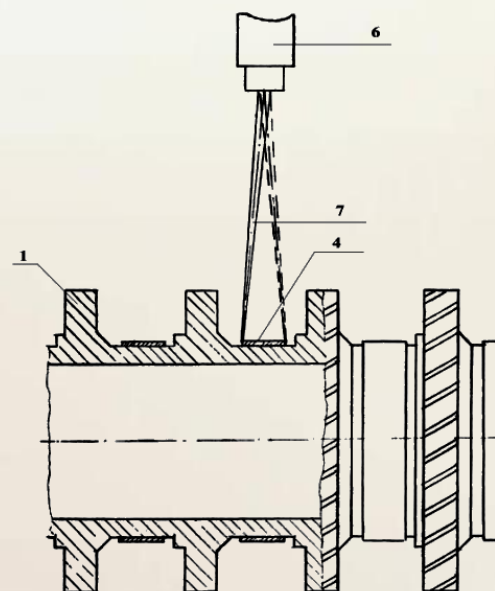


Схема электронно-лучевой наплавки валиков лабиринтных уплотнений:  
1 – диск барабана ротора;  
4 – наплавляемое кольцо;  
6 – электронно-лучевая пушка;  
7 – электронный луч.

## Внешний вид ротора КВД



**Со смонтированными кольцами  
под наплавку**



**С оплавленным кольцом  
между дисками 8-ой и 9-ой ступеней**



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

