

## II ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ТА ОБРОБКИ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

УДК 621.438

Д-р техн. наук Качан А. Я., Уланов С. А.

Национальный университет «Запорізька політехніка», г. Запоріжжє

### ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДИСКОВ КОМПРЕССОРОВ ГТД ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ОБРАБОТКОЙ В ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ АБРАЗИВА

**Цель работы.** Повышение долговечности дисков компрессоров ГТД из титановых сплавов обработкой в псевдоожигженном слое абразива.

**Методы и оборудование для исследования.** Исследования проводились на дисках I ступени КНД из титанового сплава ВТЗ-1 и дисках IV и V ступеней КВД из титанового сплава ВТ-9 авиационного двигателя Д-36.

При изготовлении дисков компрессоров применялись технологические методы: ультразвуковое упрочнение (УЗУ) и обработка в псевдоожигженном слое абразива (ПСА).

УЗУ выполнялось на серийной установке АО «Мотор Сич», а обработка в ПСА – на установке АПС-600А.

Испытание дисков до и после обработки проводилось на специальном электрогидравлическом стенде с многоосной системой нагружения с применением приспособления с воспроизведением радиального и окружного напряжений в основании межпазового выступа.

Испытание проводилось при температуре образцов 390 °С и 430 °С.

Для измерения длины трещин и времени их появления в пазах, диски контролировали методом ЛЮМ-1-ОВ, а также с помощью микроскопа МПБ-2 и катетометра КМ-8.

**Полученные результаты.** Установлено, что для диска I ступени КНД из титанового сплава ВТЗ-1 сочетание увеличения радиуса выкружки с последующей обработкой в ПСА повышает их долговечность до появления трещины в 6 раз, а живучесть диска с трещиной – в 5,5 раз.

Живучесть диска составляет от 41 % до 77,8 % от полной долговечности.

Обработка дисков компрессора из титанового сплава ВТ-9 в ПСА создает в поверхностном слое остаточные напряжения сжатия с максимальной величиной до 300 МПа.

Испытание дисков I ступени КНД показало, что частота и форма диска влияют как на долговечность до появления трещины, так и на долговечность до разрушения дисков во всем исследованном диапазоне частот нагружения от 0,01 Гц до 1,0 Гц.

Испытания дисков IV и V ступеней КВД из титанового сплава ВТ-9 показали, что изменение температуры с 390 °С до 430 °С существенно влияния на изменение долговечности не оказывает. Введение выдержки в цикл нагружения существенно влияет на малоцикловую усталость дисков компрессора.

Увеличение времени выдержки до 60 с при тех же условиях нагружения снизило долговечность натуральных образцов в 10 раз.

**Научная новизна.** Показано, что обработка дисков компрессора из титановых сплавов в ПСА повышает их циклическую долговечность в 5...6 раз по сравнению с их обработкой по серийной технологии.

**Практическая ценность.** Предложена технологическая схема и отработаны режимы обработки дисков компрессора в ПСА, обеспечивающие повышение долговечности в 5...6 раз по сравнению с серийной технологией.

**Ключевые слова:** псевдоожигженный слой абразива, циклическая долговечность, ультразвуковое упрочнение, диски компрессора.

#### Введение

Надежность деталей ГТД определяется качеством их поверхностного слоя, который формируется в процессе изготовления на финишных технологических операциях.

Качество поверхностного слоя деталей ГТД в процессе изготовления обеспечивают целенаправленно с учетом конкретных условий их эксплуатации.

При изготовлении дисков компрессора одним из важных направлений повышения их эксплуатационных характеристик является разработка и внедрение в производство прогрессивных технологических методов, обеспечивающих высокое качество несущих поверхностей.

### 1 Анализ исследований и публикаций

Диски компрессора как в процессе изготовления, так и при эксплуатации получают различную повреждаемость, которая влияет на их долговечность [1].

Одним из направлений повышения несущей способности дисков компрессора является применение на финишных технологических операциях их изготовления отделочно-упрочняющих методов [2].

Для повышения несущей способности дисков компрессора наибольшее распространение получили следующие технологические методы: виброабразивная обработка, обработка в псевдооживленном слое абразива, дробеструйная обработка, ультразвуковое упрочнение, обработка стальными микрошариками, комбинированные отделочно-упрочняющие методы и др. [3].

Вибрационная обработка дисков компрессора на модернизированной установке ВУД-1000ДМ за 60 мин с амплитудой колебаний 4 мм и частотой 24 Гц в поверхностном слое вместо растягивающих напряжений наводит остаточные напряжения сжатия  $\sigma_{ост} = -786,0$  МПа при глубине распространения до 22,4 мкм [4].

Обработка дисков компрессора в псевдооживленном слое абразива находит применение при полировании с уменьшением исходной шероховатости с  $R_a = 2,5...5,0$  мкм до  $R_a = 0,2...0,4$  мкм для скругления острых кромок и финишно-упрочняющей обработке элементов поверхностей.

В поверхностном слое создаются сжимающие остаточные напряжения  $\sigma_{ост} = -200...270$  МПа (для сплава ЭИ-698ВД) и  $\sigma_{ост} = -280...320$  МПа (для сплава ВТЗ-1) [5].

Ультразвуковое упрочнение ободной части дисков компрессора высокого давления приводит к повышению предела выносливости на 22,4 % при температуре 20 °С и на 11,5 % при температуре 550 °С по сравнению с обработкой после ПСА [6].

Повышение несущей способности дисков компрессора комбинированными отделочно-упрочняющими методами обработки обеспечивается за счет рационального выбора методов и режимов финишной обработки [7].

Сочетание методов обработки: протягивание паза + слесарное (притупление кромок) + обработка в ПСА + УЗУ 8 мин  $D_{ш} = 1,0$  мм обеспечивает повышение предела выносливости натуральных образцов диска до  $\sigma_{-1} = 285,0$  МПа и коэффициента упрочнения до  $\beta = 2,91$  [8].

Повышение сопротивления усталости диска компрессора поверхностно-пластическим деформированием стальными микрошариками достигается за счет формирования в поверхностном слое сжимающих остаточных напряжений в пределах 250...370 МПа на глубине до 80 мкм.

Упрочненные образцы по сравнению с неупрочненными повышают циклическую долговечность на 50...70 % [9].

В работе [10] показано, что повышение долговечности дисков компрессора возможно как за счет оптимизации геометрии паза, так и за счет формирования в поверхностном слое сжимающих остаточных напряжений.

### 2 Цель работы

Повышение долговечности дисков компрессоров ГТД из титановых сплавов обработкой в псевдооживленном слое абразива.

#### Методы для исследования и оборудование

*Ультразвуковое упрочнение образцов, вырезанных из дисков компрессора*

В качестве рабочих тел использовали шарики из стали ШХ15, диаметром 1,3 мм, общей массой 80...100 г.

Время обработки – 10 мин.

Ультразвуковое упрочнение образцов производили на серийной установке АО «Мотор Сич» с ультразвуковым генератором УЗГ-2-10 и магнитострикционным преобразователем типа ПМС-15А-18.

Резонансная частота колебаний преобразователя находилась в пределах 16...22 кГц, а амплитуда колебаний излучающей поверхности – 10...25 мкм.

*Обработка дисков компрессора в псевдооживленном слое абразива*

Обработка дисков в псевдооживленном слое абразива производилось на установке АПС-600А, где в соответствии со схемой деталь 1 помещали в слой абразивного зерна 2 и сообщали необходимую скорость  $V_d$ . Абразивное зерно 2 размещалось в емкости 3 на опорной пористой решетке 4, под которую подавали поток  $Q_v$  воздуха, оживающего слой абразива (рис. 1).

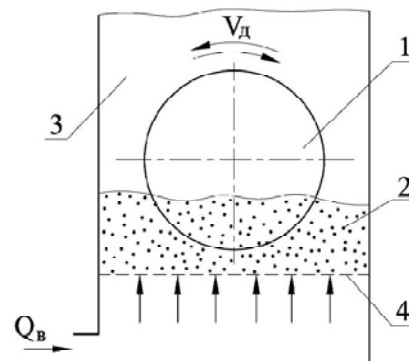


Рис. 1. Схема обработки дисков в псевдооживленном слое абразива

*Технологические условия и режимы обработки*

Использовались абразивные зерна электрокорундовой группы 24А, зернистостью № 40...80 со скоростью воздуха, оживающего абразив, равной 0,95 – 1,12 м/с.

Время обработки дисков из титановых сплавов – 3...6 мин;

Окружная скорость  $V_{\delta}$  – 18 м/с;

Максимальный расход воздуха – 2000 м<sup>3</sup>/час;

Давление оживающего абразив воздуха в воздухоподающих камерах – 5...6 кПа.

Диск погружали в оживленный слой абразива на глубину, равную  $1,0 R_d$  радиуса диска.

При требуемых величинах скругления боковых кромок торцев пазов диска не более 0,2...0,4 мм перед обработкой в псевдооживленном слое абразиве предварительно выполняли фаску «А» заданной величины по кромкам дна пазов (рис. 2).

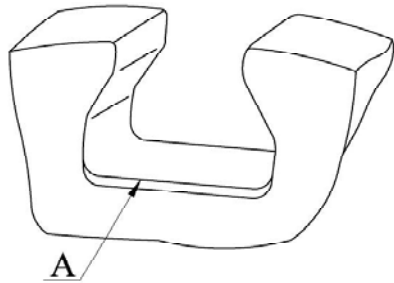


Рис. 2. Схема подготовки кромок под обработку в псевдооживленном слое абразива

При требуемых величинах скругления боковых кромок торцев пазов более 0,2...0,4 мм перед обработкой в псевдооживленном слое абразива выполняли фаски «А» и «Б» заданной величины по всему контуру торцев пазов (рис. 3).

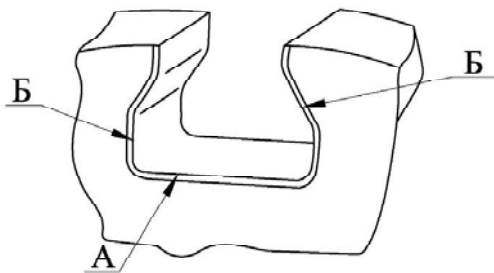


Рис. 3. Схема подготовки кромок под обработку в псевдооживленном слое абразива

*Испытания дисков до и после обработки*

Для испытания дисков I ступени КНД авиационного двигателя Д-36 применялся электрогидравлический стенд с многоосной системой нагружения.

Испытания образцов, вырезанных из дисков IV и V ступеней КВД авиационного двигателя Д-36 проводились в соответствии со схемой, представленной на рис. 4. При этом к межпазовому выступу прикладывалось усилие,

равное центробежной силе лопатки и межпазового выступа, воспроизводящее радиальное напряжение, а за счет изгиба плеч образца воспроизводились окружные напряжения в основании межпазового выступа.

Испытания проводились при температуре образцов 390 °С и 430 °С.

Исследовалось влияние псевдооживленной обработки как на новом диске I ступени КНД, так и на диске, имеющем наработку на технологическом двигателе.

Для измерения длины трещин и времени их появления в пазах, диски контролировали методом ЛЮМ-1-ОВ, а также с помощью микроскопа МПБ-2 и катетометра КМ-8.

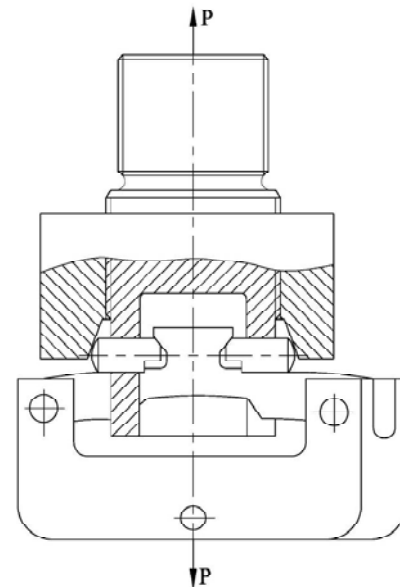


Рис. 4. Схема испытания образцов из дисков IV и V ступени КВД

За долговечность до появления трещины  $N_m$  принята долговечность, при которой длина трещины равнялась 0,3 мм. Долговечность до разрушения  $N_p$  равна долговечности до разрушения с отделением части диска.

Живучесть диска  $N_{жс}$  равна долговечности от появления первой трещины и до разрушения. Живучесть диска определяется по формуле:

$$N_{жс} = N_p - N_m,$$

где  $N_p$  – долговечность диска до разрушения, цикл;

$N_m$  – долговечность до появления трещин длиной, равной 0,3 мм, цикл.

**3 Результаты исследований и их обсуждение**

Результаты экспериментальных испытаний дисков I ступени КНД из титанового сплава ВТ3-1 представлены на рис. 5, 6, 7, из которых следует, что сочетание увеличения радиуса выкружки с последующей обработкой в ПСА повышает долговечность до появления трещины (см. рис. 5) в 6 раз, а живучесть диска (см. рис. 7) с трещиной в 5,5 раз.

Предварительная наработка диска в составе двигателя в течение 2640 циклов незначительно снизила долговечность до появления трещины по сравнению с новым диском с увеличенным радиусом  $R = 2$  мм и последующей обработкой в ПСА. При этом долговечность отремонтированного диска возросла в 5 раз, по сравнению с серийным диском (см. рис. 6).

Живучесть дисков составляет от 41 % до 77,8 % от полной долговечности, т. е. в среднем более половины всего ресурса (см. рис. 7).

Обработка дисков компрессора из титановых сплавов ВТ-9 в ПСА создает в поверхностном слое остаточные напряжения сжатия с максимальной величиной до 300 МПа и глубиной распространения до 70 мкм (рис. 8).

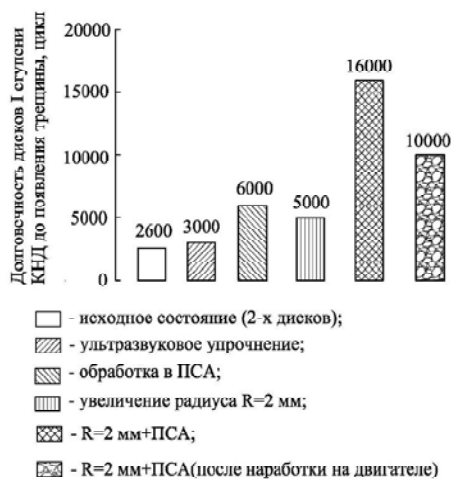


Рис. 5. Долговечность диска I ступени КНД авиадвигателя Д-36 до появления трещин для различных вариантов его изготовления

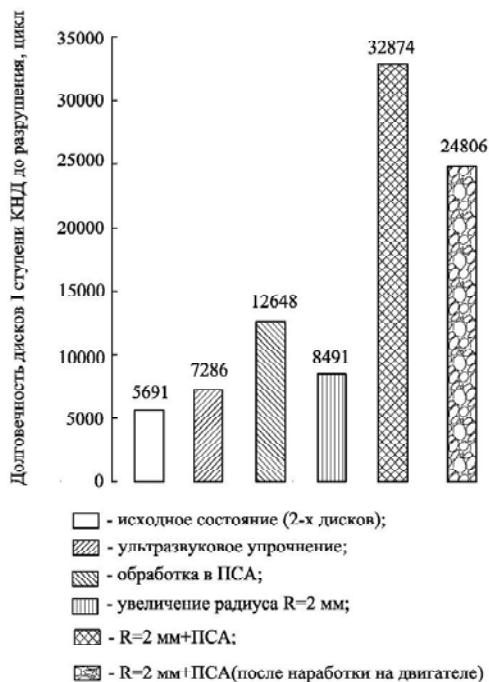


Рис. 6. Долговечность диска I ступени КНД авиадвигателя Д-36 до разрушения для различных вариантов его изготовления

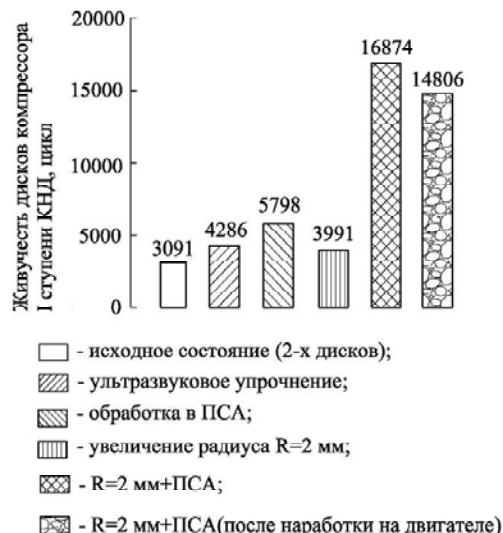


Рис. 7. Живучесть дисков I ступени КНД авиадвигателя Д-36 для различных вариантов его изготовления

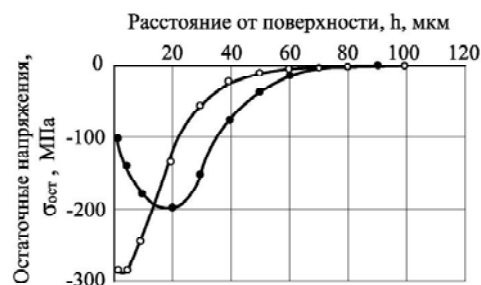


Рис. 8. Распределение остаточных напряжений в полотно дисков после точения и последующей обработки в ПСА:

• – точение; о – ПСА; титановый сплав ВТ-9

Испытание дисков I ступени КНД показало, что влияние частоты и формы цикла оказывает влияние как на долговечность до появления трещины, так и на долговечность до разрушения дисков во всем исследованном диапазоне частот нагружения от 0,01 Гц (с выдержкой 60 с) до 1,0 Гц.

Долговечность до появления трещины  $N_m$  возрастает с повышением частот нагружения. Увеличение частоты с 0,1 Гц до 1,0 Гц привело к повышению долговечности в 3 раза для серийного диска. Для дисков с  $R = 2$  мм и меньшим размахом деформации в цикле нагружения подобное влияние сохраняется, однако для диска с  $R = 2$  мм + ПСА изменение частоты нагружения в 2 раза не оказало влияния на долговечность до появления трещины.

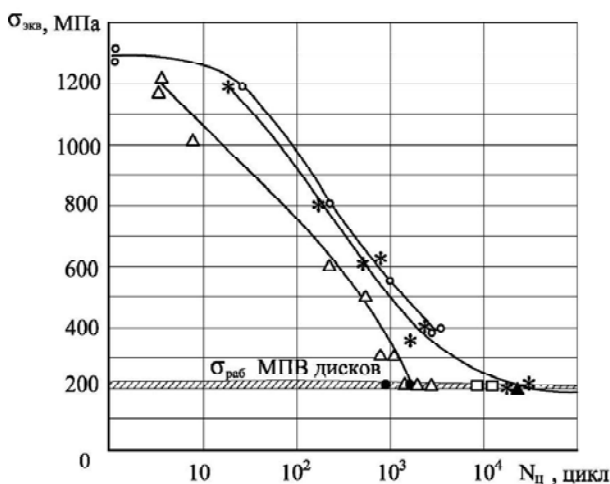
Выдержка более 3 с для  $f = 0,1$  Гц не оказывает существенного влияния на трещиностойкость дисков. Увеличение радиуса выкружки снижает эффект влияния частоты нагружения, а для диска с  $R = 2$  мм + ПСА изменение частоты нагружения в 2 раза не оказывает существенного влияния на циклическую трещиностойкость (табл. 1).

**Таблиця 1** – Результати испытаний дисков I ступени КНД

Варианты конструктивно-технологического выполнения	Условия испытания частота, Гц выдержка, с	Долговечность до появления трещины длиной 0,3 мм $N_m$ , цикла	Долговечность до разрушения $N_p$ , цикл	Живучесть диска $N_{жс} = N_p - N_m$ цикл
Исходное состояние (среднее для 2-х дисков)	$\frac{0,1}{3}$	2600	5691	3091
Исходное состояние $R = 1,2$ мм	0,2	2000	9014	7014
Исходное состояние $R = 1,2$ мм	$\frac{1,0}{3}$	4000	14789	10789
Исходное состояние $R = 1,2$ мм	$\frac{0,01}{60}$	911	3731	2820
Обработка в ПСА	$\frac{0,1}{3}$	6600	12648	6048
Увеличенный радиус $R = 2$ мм	$\frac{0,1}{3}$	5000	8491	3491
Увеличенный радиус $R = 2$ мм	0,2	5000	15876	10876
$R = 2$ мм + ПСА	$\frac{0,1}{3}$	16000	32874	16874

Испытания дисков IV и V ступени КВД из титанового сплава ВТ-9 показали, что при изменении температуры с 390°C до 430°C (для V ступени КВД) существенного изменения долговечности не происходит. Введение выдержки в цикле нагружения существенно влияет на малоцикловую усталость дисков компрессора.

При кратковременной выдержке на максимальной нагрузке цикла  $t_{выд} = 5$  с малоцикловая усталость на уровне эксплуатационных нагрузок снижается в 3...6 раз. Увеличение времени выдержки до 60 с при тех же условиях нагружения снизило долговечность натурных образцов в 10 раз (рис. 9).

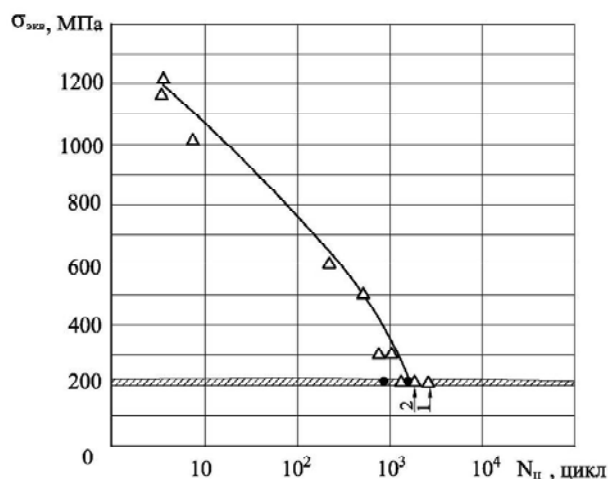


**Рис. 9.** Кривые малоцикловой усталости дисков IV и V ступеней КВД:

\*; □; • – натурные образцы из дисков IV ступени КВД при  $T = 390$  °C; \* – без выдержки, □ – с выдержкой 5 с, • – с выдержкой 60 с; △; ▲ – натурные образцы из дисков V ступени КВД при  $T = 430$  °C; ▲ – без выдержки, △ – с выдержкой 60 с; ○ – круглые образцы с надрезом  $\rho = 0,1$ ,  $\alpha_Q = 4,9$ ,  $T = 450$  °C

Следовательно, неучет реальных условий нагружения дисков ГТД в процессе эксплуатации может привести к ошибке в определении фактической долговечности в 2...10 раз. Поэтому при формировании режимов испытаний дисков необходимо учитывать влияние частоты и формы цикла нагружения.

Долговечность образцов из дисков IV и V ступеней КВД при испытаниях с выдержкой 1 мин сопоставима с долговечностью дисков, имеющих трещины или обрыв МПВ при стендовых испытаниях в составе двигателя и находится в диапазоне 950...3700 циклов (рис. 10).



**Рис. 10.** Сравнение результатов испытания дисков IV и V ступеней КВД при испытании на натурных образцах

• – образцы из дисков IV ступени КВД при  $T=390$ °C,  $T_{выд} = 60$  с; △ – образцы из дисков V ступени КВД при  $T=430$ °C,  $T_{выд} = 60$  с;  
1 – обрыв МПВ диска IV ступени КВД дв. №22530370027;  
2 – трещины у основания МПВ при испытании дв. №136-14

## Выводы

1. При увеличении радиуса выкружки паза в диске с  $R = 1,2$  мм до  $R = 2$  мм долговечность дисков возросла в 2 раза.
2. Обработка дисков в ПСА повышает их долговечность в 2,5...3 раза.
3. Обработка диска с увеличенным радиусом  $R = 2$  мм в выкружке паза методом ПСА повышает долговечность в 5...6 раз по сравнению с серийным диском.
4. Живучесть дисков составила от 41 до 77,8 % от полной долговечности.
5. Долговечность до разрушения межпазовых выступов дисков IV и V ступеней КВД составила 950...3700 циклов.

## Список литературы

1. Технологическое обеспечение эксплуатационных характеристик деталей ГТД. Диски компрессора и турбины: монография / В. А. Богуслаев, И. Ф. Кравченко, А. Я. Качан и др. – Ч. III. – Запорожье : АО «Мотор Сич», 2011. – 428 с.
2. Богуслаев В. А. Технологическое обеспечение и прогнозирование несущей способности деталей ГТД / В. А. Богуслаев, В. К. Яценко, В. Ф. Притченко. – К. : Манускрипт, 1993. – 333 с.
3. Агишев Б. М. Применение методов поверхностного пластического деформирования для повышения усталостной прочности дисков компрессоров авиационных ГТД / Б. М. Агишев, А. А. Еланцев, Н. В. Моисеев // Проблемы прочности. – 1977. – № 3. – С. 114–116.
4. Картышев Б. Н. Виброобработка дисков ГТД / Б. Н. Картышев, А. Б. Родиченко // Авиационная промышленность. – 1976. – № 3. – С. 23–25.
5. Технология производства авиационных двигателей. Часть III. Методы обработки деталей авиационных двигателей / В. А. Богуслаев, А. Я. Качан, В. К. Яценко и др. – Запорожье : Изд. ОАО «Мотор Сич», 2008. – 628 с.
6. Сахно А. Г. Оптимизация режима ультразвукового упрочнения ободной части дисков компрессора / А. Г. Сахно, В. К. Яценко, И. А. Стебельков // Авиационная промышленность. – 1993. – № 2. – С. 12–13.
7. Яценко В. К. Критерии оценки поверхностного упрочнения деталей машин / В. К. Яценко, Н. А. Костенко // Проблемы прочности. – 1985. – № 3. – С. 23–26.
8. Гончар Н. В. Выносливость ободной части дисков компрессоров из жаропрочного сплава ЭИ 698-ВД в условиях рабочих температур / Н. В. Гончар, В. К. Яценко, Д. В. Павленко // Вестник двигателестроения. – 2004. – № 3. – С. 20–23.
9. Катаев Н. К. Повышение надежности работы диска компрессора низкого давления ГТД / Н. К. Катаев // Совершенствование процессов абразивно-отделочной и упрочняющей технологии в машиностроении : сб. науч. трудов. – Пермь : Изд. Пермский Политехнический институт. – 1984. – С. 109–113.
10. Исследование геометрических параметров пазов диска компрессора типа «ласточкин хвост» и определение их оптимального сочетания / Н. В. Гончар, Д. В. Павленко, М. А. Трубников [и др.] // Вестник двигателестроения. – 2007. – №1. – С. 60–65.

Одержано 25.10.2019

## Качан О. Я., Уланов С. О. Підвищення довговічності дисків компресорів ГТД із титанових сплавів обробкою в псевдозрідженому шарі абразиву

**Мета роботи.** Підвищення довговічності дисків компресорів ГТД із титанових сплавів обробкою в псевдозрідженому шарі абразиву.

**Методи і устаткування для дослідження.** Дослідження проводилися на дисках I ступеня КНТ із титанового сплаву ВТ3-1 і дисках IV і V ступенів КВТ із титанового сплаву ВТ-9 авіаційного двигуна Д-36.

При виготовленні дисків компресорів застосовувалися технологічні методи: ультразвукове зміцнення (УЗЗ) і обробка в псевдозрідженому шарі абразиву (ПЗА).

УЗЗ виконувалося на серійній установці АТ «Мотор Січ», а обробка в ПЗА – на установці АПС-600А.

Випробування дисків до та після обробки проводилося на спеціальному електрогідравлічному стенді із багатовісною системою навантаження із застосуванням пристосування з відтворенням радіальної і окружної напруг у основі міжпазового виступу.

Випробування проводилося при температурі зразків 390°C та 430°C.

Для вимірювання довжини тріщин і часу їхньої появи в пазах диски контролювали методом ЛЮМ-1-ОВ, а також за допомогою мікроскопа МПБ-2 і катетометра КМ-8.

**Отримані результати.** Установлено, що для дисків I ступеня КНТ із титанового сплаву ВТ3-1 сполучення збільшення радіуса викружки із подальшою обробкою в ПЗА підвищує їх довговічність до появи тріщини у 6 разів, а живучість дисків із тріщиною – у 5,5 разів.

Живучість диска становить від 41% до 77,8% від повної довговічності.

Обробка дисків компресора з титанового сплаву ВТ-9 у ПЗА створює в поверхневому шарі залишкові напруги стиску із максимальною величиною до 300 МПа.

Випробування дисків I ступеня КНТ показало, що частота і форма диска впливають як на довговічність до появи тріщини, так і на довговічність до руйнування дисків у всьому дослідженому діапазоні частот навантаження від 0,01 Гц до 1,0 Гц.

Випробування дисків IV і V ступенів КВТ із титанового сплаву ВТ-9 показали, що зміна температури з 390°C до 430°C істотно не впливає на зміну довговічності. Введення витримки у цикл навантаження істотно впливає на малоциклову утомленість дисків компресора.

Збільшення часу витримки до 60 с при тих самих умовах навантаження знизило довговічність натурних зразків у 10 разів.

**Наукова новизна.** Показано, що обробка дисків компресора із титанових сплавів у ПЗА підвищує їхню циклічну довговічність у 5...6 разів порівняно з їхньою обробкою за серійною технологією.

**Практична цінність.** Запропоновано технологічну схему і відпрацьовано режими обробки дисків компресора в ПЗА, що забезпечують підвищення довговічності у 5...6 разів порівняно із серійною технологією.

**Ключові слова:** псевдозріджений шар абразиву, циклічна довговічність, ультразвукове зміцнення, диски компресора.

#### **Kachan A., Ulanov S. Increasing fatigue life of gte compressor disks made of titanium alloys by discs treatment in fluidized abrasive layer**

**Purpose.** Increasing fatigue life of GTE compressor disks made of titanium alloys by discs treatment in the fluidized abrasive bed.

**Investigation methods and equipment.** The investigations were carried out using LPC stage I discs of BT3-1 alloy and HPC stages IV and V discs made of BT-9 titanium alloy of Д-36 aircraft engine.

In the process of discs manufacture the following manufacturing methods were used: ultrasonic hardening and treatment in the fluidized abrasive bed.

The ultrasonic hardening was carried out using Motor Sich serial installation and the fluidized abrasive bed treatment – using the АПС-600А installation.

The discs were tested before and after the treatment on a special electrohydraulic test bench with a multi-axis loading system using a fixture reproducing radial and circumferential stresses at the base of an inter-slot projection.

The testing was carried out at specimens temperature of 390 °C and 430 °C.

For measuring the length of cracks and the time of their occurrence in the slots, the discs were inspected by ЛЮМ-1-ОВ method and using the МПБ-2 microscope and КМ-8 cathetometer.

**Obtained results.** It has been established that for LPC stage I discs made of BT3-1 alloy the increased fillet radius combined with subsequent treatment in the fluidized abrasive bed increases fatigue life of the discs by 6 times before crack occurrence, and increases durability of the disc with a crack by 5.5 times.

Durability of a disc is within 41 % to 77.8 % of their total fatigue life .

Treatment of the compressor discs made of BT-9 titanium alloy in the fluidized abrasive bed creates residual compression strain up to 300 MPa in the surface layer.

Testing of the LPC stage I discs showed that frequency and shape of the discs effect both fatigue life prior to a crack occurrence and durability prior to discs destruction within the entire investigated loading frequency range of 0.01 Hz to 1.0 Hz.

Testing of HPC stages IV and V discs of BT-9 titanium alloy showed that temperature variation within 390 °C to 430 °C did not contribute significantly to the fatigue life change. Introduction of endurance into the loading cycle has a considerable effect on the low-endurance fatigue of the compressor discs.

Increase of the soak time up to 60 seconds under the same loading conditions decreased fatigue life of the full-scale specimens by 10 times.

**Scientific novelty.** It was demonstrated that treatment of the compressor disks made of titanium alloys in the fluidized abrasive bed increases their cyclic life by 5 to 6 times in comparison with their treatment in accordance with serial technology.

**Practical effect.** A process sheet was proposed and the modes of compressor discs treatment in the fluidized abrasive layer were developed that provide increase of the fatigue life by 5 to 6 times as compared with a serial technology.

**Key words:** fluidized abrasive bed, cyclic life, ultrasonic hardening, compressor disks.