

УДК 629.7.036.3-226.2.001.4

Группа Д19

# ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ

## ЛОПАТКИ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

ОСТ 1 00304-79

Нормирование  
повреждений лопаток компрессоров  
от попадания посторонних предметов

На 15 страницах

Введен впервые

ОКСТУ 7530

Распоряжением Министерства от 2 марта 1979 г.

№ 087-16

срок действия установлен с 1 июля 1979 г.

Настоящий стандарт устанавливает правила нормирования поврежденных лопаток компрессоров от попадания посторонних предметов. Стандарт предназначен для определения механических повреждений, допустимых при эксплуатации или подлежащих исправлению при различного вида ремонтах, или требующих замены поврежденных лопаток на двигателе.

Инв. № дубликата  
Инв. № подлинника

4077

Издание официальное

ГР 8122814 от 26.03.79

Перепечатка воспрещена





3.4. Для лопаток рассматриваемой ступени рекомендуется определять распределение напряжений по кромкам, спинке и торцу пера лопатки, а уровень напряженности - по соответствующей форме колебаний.

3.5. Предел выносливости определяется в соответствии с действующей нормативно-технической документацией и ОСТ 1 00870-77.

3.6. На основании тензометрирования и значений пределов выносливости определяется распределение местных запасов прочности в лопатке с учетом статических напряжений и температуры по формуле

$$K_{\text{вп}} = \frac{\sigma_a}{\sigma_v}, \quad (1)$$

где  $\sigma_a$  - предел выносливости, который определяется по результатам испытаний партии неработавших лопаток с учетом поправки на температуру и асимметрию цикла;

$\sigma_v$  - максимальная амплитуда переменных напряжений цикла в рассматриваемом сечении на кромках, определяемая по кривой распределения напряжений и данным тензометрирования, соответствующим наиболее неблагоприятным режимам работы лопатки.

#### 4. НАЗНАЧЕНИЕ ОСМОТРОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЛОПАТОК С ПОВРЕЖДЕНИЯМИ

4.1. Периодичность проведения осмотров лопаток выполняется согласно нормативно-технической документации на двигатель и назначается на основании данных о минимальных запасах прочности, приведенных в табл. 1.

Таблица 1

№ изм. № изв.	Минимальный запас прочности лопаток $K_v$	Отсутствие повреждения	Наличие повреждения	Наличие усталостного разрушения	
Инв. № дубликата Инв. № подлинника	4077	Для титановых сплавов $> 6$ Для стальных и алюминиевых сплавов $> 5$	Осмотр не обязателен	Осмотр рекомендуется	Осмотр рекомендуется  Рекомендуется уточнить запасы прочности
		Для титановых сплавов $4,5 < K_v \leq 6$ Для стальных и алюминиевых сплавов $3,5 \leq K_v \leq 5$	Осмотр рекомендуется		Осмотр обязателен
		Для титановых сплавов $\leq 4,5$ Для стальных и алюминиевых сплавов $K_v \leq 3,5$	Осмотр обязателен		

Примечание. Для лопаток двигателей, изготавливаемых по заказу МО СССР, величины минимальных запасов прочности допускается уменьшать на 20%.

Инв. № дубликата	
Инв. № подлинника	4077

№ изм.														
№ изв.														

Таблица 2

Запас прочности в местах повреждения $K_{V\pi}$	Необходимость выведения повреждения зачисткой		Допустимое снижение предела выносливости поврежденной или отремонтирован- ной лопатки	Испытания, необходимые для проверки надежности
	при отсутствии усталостных разрушений	при наличии усталостных напряжений		
Для титановых сплавов $> 6$ Для стальных и алюминиевых сплавов $> 5$	Допускается не вы- водить повреждений	Рекомендуется вы- водить забоины	Без выведения $K_G \leq 2$	Усталостные испытания Стендовые испытания двигателя
			С зачисткой $K_G \leq 1,2$	Усталостные испытания
Для титановых сплавов $4,5 < K_{V\pi} \leq 6$ Для стальных и алюминиевых сплавов $3,5 < K_{V\pi} \leq 5$	Допускается не вы- водить повреждений	Выводить повреж- дения обязательно	Без выведения $K_G \leq 1,35$	Усталостные испытания Стендовые испытания двух двигателей
			С зачисткой $K_G \leq 1,2$	Усталостные испытания
Для титановых сплавов $3,5 \leq K_{V\pi} < 4,5$ Для стальных и алюминиевых сплавов $2,5 \leq K_{V\pi} < 3,5$	Выводить повреж- дения обязательно	Повреждение и ремонт в эксплуатации не до- пускаются. Необходи- ма замена лопатки	$K_G \leq 1,2$	Усталостные испытания

Примечание. Для лопаток двигателей, изготавливаемых по заказу МО СССР, величины минимальных запасов прочности допускается уменьшать на 20%.

## 6. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ПРОВЕРКИ НАДЕЖНОСТИ

6.1. Надежность работы лопаток с повреждениями и эффективность мероприятий по восстановлению их прочности устранением повреждения необходимо проверять лабораторными испытаниями лопаток на усталость и одним из видов испытаний двигателей (длительными, технологическими, эквивалентными или специальными резонансными).

6.2. Усталостные испытания проводятся в соответствии с ОСТ 1 00870-77.

6.3. Проверка надежности проводится для лопаток, имеющих повреждения, полученные при эксплуатации. Допускается проведение испытаний с искусственно нанесенными забоинами. Условия нанесения забоин - по рекомендуемому приложению 2.

6.4. Рекомендуется проверять надежность поврежденных лопаток ступеней, имеющих наименьшие запасы прочности. Результаты этих испытаний допускается распространять на лопатки других ступеней в случаях, когда проверяется надежность по близким формам колебаний и размеры лопаток этих ступеней отличаются не более чем в 2 раза, а технология изготовления и зачистки одинакова.

6.5. Если при стендовых испытаниях обеспечена наработка по базе  $N = 2 \cdot 10^7$  циклов на резонансных оборотах для лопаток ступеней с минимальным запасом прочности, то при увеличении ресурса допускается не проводить повторных стендовых испытаний.

## 7. ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЯМ

7.1. Испытаниям на стенде подвергают двигатели данной компоновки, специально подготовленные для этих целей.

7.2. На каждой ступени, предназначенной для стендовых испытаний, должно проверяться на надежность не менее 10 поврежденных лопаток. Повреждения могут наноситься искусственно (см. рекомендуемое приложение 2).

7.3. Повреждения в местах максимальных напряжений в профильной части лопаток должны располагаться согласно данным по распределению напряжений и тензометрированию лопаток в рабочих условиях. Для более вероятного попадания повреждения в место максимальных напряжений допускается наносить по 2-3 забоины, которые должны находиться на расстоянии, равном 8-12-кратной глубине забоины.

7.4. Устранение повреждений, в зависимости от цели проверки, производится на двигателе или при ремонте по технологии предприятия.

7.5. Все лопатки, подготовленные для установки на двигатель, подвергаются определению частот собственных колебаний по основной форме, а также по формам

№ изм.	№ изв.

4077

Инв. № дубликата	Инв. № подлинника

с повышенными переменными напряжениями. Определение частот производится дважды: до и после нанесения повреждений. На лопатках, которые подвергаются зачистке забоин, частоты определяются до нанесения забоин и после зачистки (повторная операция может производиться после стендовых испытаний).

7.6. По окончании стендовых испытаний составляется акт или заключение.

## 8. ПРОВЕДЕНИЕ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ

8.1. Длительные, эквивалентные, технологические или специальные резонансные испытания проводятся в соответствии с нормативно-технической документацией.

8.2. Программа эквивалентных испытаний должна содержать режимы резонансных колебаний лопаток, соответствующие по длительности наработке изделия на этих режимах при эксплуатации, но не более времени, необходимого для работы в течение числа циклов колебаний  $N = 2 \cdot 10^7$ .

8.3. Программа специальных испытаний должна составляться таким образом, чтобы наработка лопаток на резонансных режимах соответствовала по числу циклов значениям наработки, возможной в эксплуатации, но не более времени, необходимого для работы в течение числа циклов колебаний  $N = 2 \cdot 10^7$ .

8.4. Для обеспечения наработки по числу циклов на резонансных режимах колебаний частота вращения определяется по формуле

$$\bar{n} = \frac{d f_{ст} 60}{K n_{100}} 100\% = n_{min} \div n_{max} \% \quad (2)$$

где  $\bar{n} = \frac{n}{n_{100}}$  - относительная частота вращения;

$n_{100}$  - частота вращения, принятая за 100 %, об/мин;

$n$  - частота вращения, об/мин;

$d$  - коэффициент, равный отношению собственных частот колебаний лопатки, определенных в лабораторных условиях и при работе на двигателе;

$f_{ст} = f_{max} \div f_{min}$  - частоты собственных колебаний лопаток ступени, определенные в лабораторных условиях при подготовке к испытаниям, Гц;

$K$  - гармоника к частоте вращения.

8.5. При проведении испытаний необходима наработка двигателя в диапазоне частот вращения ротора, определенных по формуле (2). Диапазон частот должен проходиться с постоянной скоростью путем последовательного увеличения и уменьшения частоты вращения с помощью автоматического устройства с реверсом вне заданного диапазона частоты вращения. Допускается проведение испытаний другими методами, обеспечивающими необходимую наработку по числу циклов.

№ изм.	3	№ изв.	11512
Инв. № дубликата		Инв. № подлинника	4077



## ПРАВИЛА ДЕФЕКТАЦИИ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРОВ

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. В процессе эксплуатации ГТД на рабочих лопатках компрессоров возникают повреждения от попадания в двигатель посторонних предметов. Эти повреждения снижают прочность лопаток и могут явиться причиной их поломки.

Предлагаемые правила дефектации созданы для унифицирования методики дефектации лопаток компрессоров и способов учета повреждений с целью накопления статистических данных, необходимых для установления норм на допустимые повреждения.

1.2. Предлагаемая карта дефектации касается только повреждений (забоин, погнутостей) лопаток от попадания посторонних предметов. Осмотру и дефектации рабочие лопатки компрессора могут подвергнуться при регламентных работах, ремонте и разборке ГТД, бывших в эксплуатации, или при длительных стендовых испытаниях.

## 2. ДЕФЕКТАЦИЯ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРА

2.1. Дефектация лопаток компрессора с целью определения размеров и места расположения повреждений должна производиться на всех ГТД, снятых с эксплуатации (досрочный съем, выработка ресурса и т.д.) и прошедших длительные испытания в стендовых условиях.

2.2. Для координирования места повреждений поверхность лопатки разбивается на зоны. Количество зон по вертикали в зависимости от длины лопатки должно быть не менее 5 и не более 10.

По хорде лопатка разбивается на 5 зон:

- первая - радиус входной кромки;
- вторая - поверхность, ограниченная радиусом входной кромки и вертикалью, отстоящей от радиуса кромки на 10% длины хорды;
- третья - поверхность между вертикалями, расположенными на расстоянии 10% длины хорды от радиусов входной и выходной кромок;
- четвертая - поверхность, ограниченная радиусом выходной кромки и вертикалью, отстоящей на расстоянии 10% длины хорды от радиуса выходной кромки;
- пятая - радиус выходной кромки.

2.3. Определение мест повреждений рекомендуется производить с помощью шаблонов из прозрачного пластика с сеткой поясов по высоте и ширине профиля лопатки. Допускается изготовление отдельных шаблонов для спинки и корыта.

2.4. Глубина забоин и их размеры определяются специальными глубиномерами, оптическими приборами или другими средствами измерения с точностью не менее 0,1 мм.

№ изм.  
№ изв.

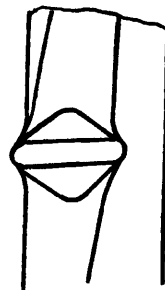
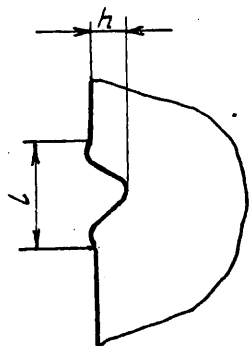
4077

Инв. № дубликата  
Инв. № подлинника

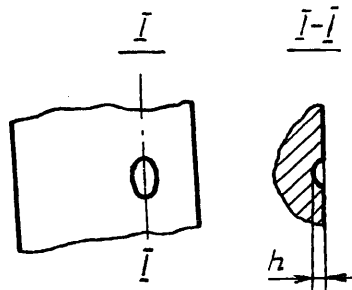
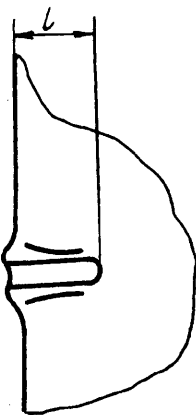


Примеры измерения величины повреждения представлены:

- забоина на входной кромке (лобовой удар) - на черт. 1;
- забоина на входной кромке по касательной к радиусу закругления кромки - на черт. 2;
- забоина (вмятина) на профильной части - на черт. 3;
- выпучивание (погнутость) - на черт. 4;
- отгиб уголка лопатки - на черт. 5.

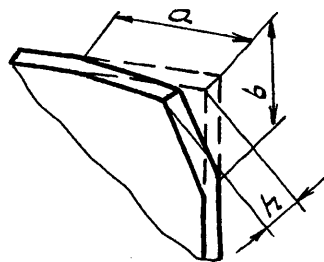
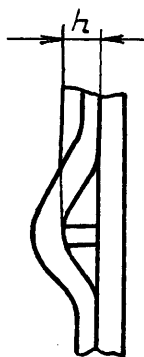


Черт. 1



Черт. 2

Черт. 3



Черт. 4

Черт. 5

№ изм.  
№ изв.

4077

Ив. № дубликата  
Ив. № подлинника

### 3. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ДЕФЕКТАЦИИ

3.1. Заполняется карта дефектации (табл. 1) на каждое дефектируемое изделие. В карту заносятся данные по дефектируемому изделию:

- заводской номер изделия;
- причина снятия с эксплуатации - выработка ресурса (ВР), повреждение лопаток компрессора (З), окончание длительных испытаний (ДИ), прочие причины (Пр); причину снятия подчеркнуть;
- наработка изделия после последнего ремонта;
- наработка после последних регламентных работ;
- общее количество запусков (для ремонтных изделий - после последних регламентных работ).

Таблица 1

Карта дефектации

№ изделия	Причина снятия с эксплуатации (ВР, З, ДИ, Пр)	Наработка, ч		Кол. запусков	
		с начала эксплуатации (после последнего ремонта)	после последних регламентных работ	с начала эксплуатации (после последнего ремонта)	после последних регламентных работ

3.2. Заполняется протокол осмотра лопаток компрессора (табл. 2), в который заносятся следующие данные:

- количество лопаток данной ступени, имеющих повреждения;
- вид забоин;
- количество забоин на одной лопатке (минимальное, максимальное);
- размеры повреждений по глубине (минимальные, максимальные);
- размеры отгиба уголка;
- количество лопаток, имеющих повреждения сверх технических условий на устранение повреждения.

Таблица 2

Протокол осмотра лопаток компрессора

№ ступени	Кол. лопаток ступени, имеющих забоины, шт.	Вид забоин	Кол. забоин на одной лопатке		Размер забоины по глубине, мм		Размер отгиба уголка, мм			Кол. лопаток, имеющих забоины сверх ТУ на зачистку, шт.
			min	max	min	max	a	b	h	
1										
2										
3										
и т.д.										

№ изм.  
№ изв.

4077

Инв. № дубликата  
Инв. № подлинника

3.3. Виды повреждений обозначаются условно буквами:

- А - повреждение по черт. 1;
- Б - повреждение по черт. 2 и т.д.

Вид повреждения с максимальной глубиной подчеркивается одной чертой, с минимальной - двумя.

3.4. Месторасположение повреждения всех лопаток ступени рекомендуется наносить на схему, приведенную на черт. 6 и представляющую собой часть меридиального сечения воздушного тракта компрессора с нанесенными ограничительными линиями зон.

3.5. Повреждения, расположенные на кромках и корыте, обозначаются знаком "Δ" (треугольник), а на спинке - знаком "+" (крест). Если месторасположения повреждений на различных лопатках одной ступени совпадают, наносится координата одного повреждения, а в скобках указывается количество забоин с указанной координатой на всех лопатках данной ступени.

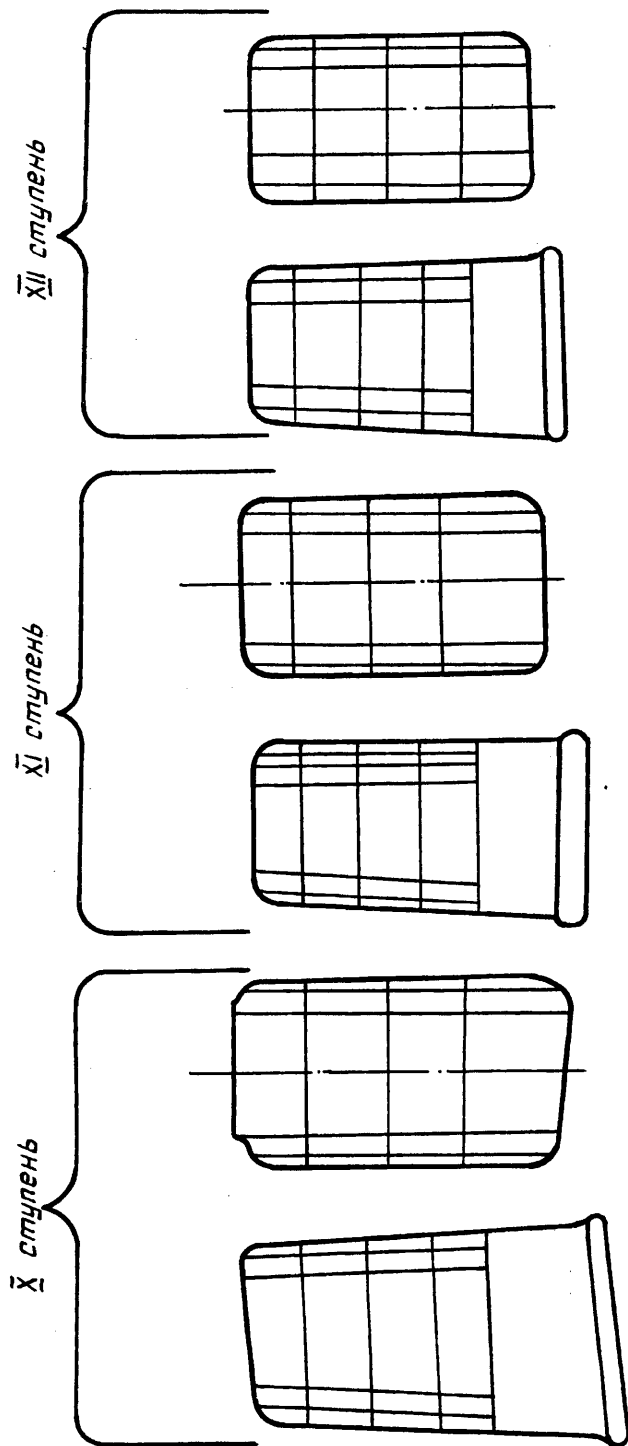
3.6. Заполненные формы подписываются дефектовщиком и инженером-дефектовщиком и один раз в квартал направляются в соответствующие организации заказчика.

№ изм.	
№ изв.	

Инв. № дубликата	4077
Инв. № подлинника	

Инв. № дубликата	
Инв. № подлинника	4077

№ изм.											
№ изв.											



Черт. 6



ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ изм.	Номера страниц				Номер "Изв. об изм."	Подпись	Дата	Срок введения изменения
	Изме- ненных	Заме- ненных	Новых	Анну- лиро- ванных				
						Переиздан с учетом изменений 1, 2, 3, а.		