

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Глава 1	
Технологические особенности обеспечения несущей способности лопаток компрессоров газотурбинных двигателей	8
1.1 Геометрические параметры лопаток из сплавов ВТЗ-1 и ВТ8М	8
1.1.1 Лопатка III ст. компрессора низкого давления (КНД) двигателя Д-36	8
1.1.2 Лопатка I ст. компрессора двигателя ТВЗ-117	10
1.2 Технологические и эксплуатационные факторы, влияющие на зарождение усталостных трещин	13
1.3 Оценка упрочняемости титановых сплавов ВТЗ-1 и ВТ8	34
1.4 Методика и оборудование для испытаний на усталость лопаток ГТД.....	37
1.5 Методика испытаний лопаток на ударную прочность	45
1.6 Определение напряженно-деформированного состояния лопатки I ст. компрессора двигателя ТВЗ-117.....	47
1.6.1 Определение распределения напряжений по сечению лопатки III ст. КНД двигателя Д-36	57
1.7 Определение напряженно-деформированного состояния лопатки компрессора с повреждениями входной кромки	58
1.8 Технологические особенности методов отделочно-упрочняющей и комплексной обработки пера лопаток.....	65
1.8.1 Виброабразивная обработка пера лопаток.....	66
1.8.2 Виброобработка лопаток	74
1.8.3 Дробеструйное упрочнение шариками крупногабаритных лопаток	79
1.8.4 Упрочнение лопаток шариками в ультразвуковом поле	83
1.8.5 Пневмодробеструйное упрочнение шариками	87
1.8.6 Ионно-плазменное азотирование	89
1.8.7 Магнитно-абразивное полирование деталей ГТД	92
1.8.8 Особенности МАП лопаток компрессора.....	96

1.9	Определение рационального режима ионно-плазменного азотирования пера лопаток.....	99
1.9.1	Распределение химических элементов в поверхностном слое лопаток.....	106
1.10	Оценка параметров шероховатости и формирование микрорельефа поверхности лопаток.....	110
1.11	Исследование параметров наклепа поверхности лопаток.....	115
1.12	Закономерности формирования остаточных напряжений в лопатках разных ступеней компрессора.....	120
1.12.1	Методика определения остаточных напряжений на лопатках компрессора.....	120
1.12.2	Формирование остаточных напряжений в лопатках ультразвуковой обработкой шариками.....	122
1.12.3	Влияние режимов ПДУ на формирование остаточных напряжений.....	128
1.12.4	Исследование формирования остаточных напряжений в поверхностном слое пера лопаток I ст. компрессора.....	130
1.12.5	Определение остаточных напряжений рентгеноструктурным методом на лопатках после финишной обработки пера.....	142
1.13	Влияние технологии изготовления лопаток на формирование структурной и кристаллографической неоднородности.....	149
1.13.1	Методика исследования кристаллографической текстуры и фазового состава.....	149
1.13.2	Исследование структурного состояния и фазового состава при упрочнении пера лопаток I ст. компрессора.....	151
1.13.3	Влияние ультразвуковой обработки шариками лопаток III ст. КНД на кристаллографическую неоднородность.....	160
1.13.4	Влияние технологии изготовления на текстурированность лопаток.....	164
1.13.5	Исследование структурного состояния и фазового состава при упрочнении пера лопаток.....	170
1.14	Определение условного предела текучести приповерхностного слоя лопаток кинетическим индентированием.....	174
1.15	Определение влияния наработки в эксплуатации на сопротивление усталости лопаток компрессора.....	180

1.16	Влияние отделочно-упрочняющей обработки пера лопаток на сопротивление усталости.....	187
1.17	Влияние комплексного упрочнения на сопротивление усталости лопаток.....	204
1.18	Аналитическая оценка ударной прочности упрочненных лопаток.....	215
1.19	Оценка ударной прочности лопаток при моделировании условий соударения.....	230
1.20	Оценка ударной прочности лопаток при воздействии знакопеременных нагрузок.....	236
1.21	Влияние комплексной обработки на ударную прочность лопаток.....	241
1.22	Влияние отделочно-упрочняющих методов обработки на ударную прочность лопаток III ст. КНД двигателя Д-36.....	254
1.23	Влияние комплексного упрочнения сплава ВТ8 на сопротивление малоциклового усталости.....	258
1.24	Оценка частотных характеристик лопаток компрессора после отделочно-упрочняющей обработки.....	263
1.25	Исследование эрозионной стойкости покрытий при воздействии жидких и твердых частиц.....	272
1.26	Технологические рекомендации по применению комплексной обработки лопаток компрессора из титановых сплавов.....	276
	Литература.....	279

Глава 2

	Технологическое обеспечение несущей способности моноколес современных ГТД.....	292
2.1	Конструктивно-технологические особенности и условия работы моноколес.....	293
2.2	Технологические аспекты формообразования аэродинамических поверхностей моноколес.....	301
2.3	Анализ причин разрушения лопаток блинга компрессора из жаропрочного сплава ЭК79-ИД в эксплуатации.....	304

2.4	Формирование характеристик поверхностного слоя аэродинамических поверхностей блинга компрессора при механической обработке	312
2.5	Особенности формообразования лопаток моноколес высокоскоростным строчным фрезерованием	322
2.6	Формирование характеристик поверхностного слоя аэродинамических поверхностей лопаток моноколес из жаропрочных сплавов при формообразовании высокоскоростным строчным фрезерованием	327
2.7	Особенности повышения несущей способности лопаток моноколес технологическими методами	335
2.8	Влияние деформационного упрочнения лопаток блинга компрессора на эксплуатационные характеристики при нормальной и повышенной температурах	352
2.9	Модель несущей способности лопаток моноколес	374
2.10	Методы упрочнения моноколес ГТД	384
2.11	Рекомендации к разработке технологических процессов изготовления блингов компрессоров из жаропрочных сплавов	398
	Литература	401

Глава 3

	Статистическая оценка и прогнозирование параметров выносливости деталей ГТД	409
3.1	Применение ускоренного метода определения пределов выносливости деталей.....	409
3.2	Построение полных диаграмм усталости лопаток компрессора по ограниченной выборке.....	417
3.3	Оценка рассеяния характеристик сопротивления усталости деталей, обработанных алмазным выглаживанием	428
3.4	Влияние виброгалтовки на рассеяние долговечности лопаток компрессора из стали 14X17H2Ш.....	438
3.5	Расчет коэффициентов упрочнения и характеристик поверхностного слоя	444
3.6	Обоснование факторов, влияющих на изменение коэффициента упрочнения алмазным выглаживанием	450

3.7	Методика выбора безразмерных критериев для модели коэффициента упрочнения	462
3.8	Обоснование критериев математической модели коэффициента упрочнения	466
3.9	Обоснование математической модели коэффициента упрочнения при обкатывании роликами и шариками	490
3.10	Самоорганизация моделей коэффициентов упрочнения алмазным выглаживанием и обкатыванием роликами	501
3.11	Разработка программы для расчета коэффициента упрочнения на стадии проектирования техпроцесса	517
3.12	Обоснование математической модели коэффициента упрочнения деталей, работающих в условиях повышенных температур	520
3.13	Математическая модель коэффициента ультразвукового упрочнения лопаток	534
	Литература	546
	Заключение	551