

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Математическая модель газодинамического «решателя» и ее программная реализация	10
1.1. Математическая постановка	14
1.2. Исследование особенностей схемы на основе решения одномерных тестовых задач	29
1.3. Верификация разработанного решателя на примере решения трехмерных задач газовой динамики	31
Глава 2. Методология оценки вибронпряжений в лопатках турбомашин	57
2.1. Общие подходы к оценке динамических напряжений	59
2.1.1. Основные типы газодинамического взаимодействия и принципы их учета при проектировании	59
2.1.2. Особенности возбуждения колебаний лопаток	62
2.1.3. Особенности демпфирования колебаний лопаток	64
2.2. Математическая модель оценки динамических напряжений	67
2.2.1. Этапы оценки динамических напряжений	68
2.2.2. Математическая формулировка расчета собственных форм, частот и динамических напряжений	69
2.2.3. Учет нелинейных эффектов при оценке величины коэффициента демпфирования	80
2.2.4. Влияние неидентичности лопаток рабочего колеса	81
2.3. Верификация представленной методологии оценки динамических напряжений на основе рабочей лопатки двигателя ПС-90А2 ..	84
2.3.1. Газодинамический анализ	85
2.3.2. Методология задания коэффициентов демпфирования при анализе различных типов лопаток турбомашин	91
2.3.3. Результаты численного моделирования и их сопоставление с экспериментальными данными	95
2.4. Верификация расчета собственных форм колебаний лопаток ..	106
2.5. Расчетное исследование рабочей лопатки первой ступени ТВД перспективного авиационного двигателя	117
2.6. Расчетная оценка вибронпряженного состояния рабочей лопатки КВД перспективного авиационного двигателя	129
	315

Глава 3. Методология расчетной оценки теплового состояния лопаток турбин	143
3.1. Трехмерный газодинамический анализ	144
3.1.1. Особенности расчетного анализа	145
3.1.2. Нестационарный анализ статор–ротор-взаимодействия ..	150
3.1.3. Стационарный этап (СНТ постановка)	158
3.2. Экспериментальная установка и техника измерений	171
3.3. Сопоставление и анализ расчетных и экспериментальных данных	172
3.4. Анализ теплового состояния рабочей лопатки на взлетном режиме	180
3.5. Особенности моделирования течения в пограничном слое	183
Глава 4. Разработка методик трехмерного расчетного анализа вентиляторной ступени и реактивного сопла	192
4.1. Общие вопросы акустического моделирования	192
4.2. Подходы к оценке шума вентиляторной ступени	196
4.3. Подходы к оценке шума реактивной струи	202
4.4. Проектирование вентиляторной ступени перспективного авиационного двигателя с точки зрения акустического и аэродинамического совершенства	205
4.4.1. Аprobация подхода применительно к вентиляторной ступени двигателя ПС-90А	205
4.4.2. Проектирование вентиляторной ступени перспективного авиационного двигателя	216
4.5. Методология моделирования распространения акустических возмущений и ее применение для оценки шума авиационного двигателя	232
4.5.1. Математическая модель описания распространения акустических возмущений в области ближнего поля	233
4.5.2. Верификация программы по расчету линеаризованных уравнений Эйлера	257
4.5.3. Применение разработанного подхода к оценке шума вентиляторной ступени в дальнем поле	266
4.6. Моделирование генерации акустических пульсаций турбулентным потоком и расчетное определение шума реактивных струй ..	283
4.6.1. Аprobация методики моделирования акустических пульсаций на основе решения модельной задачи	284
4.6.2. Моделирование шума от сверхзвуковой реактивной струи .	287
4.6.3. Моделирование шума от дозвуковой реактивной струи ..	296
Список литературы	309