

УДК 621.43
ББК 31.365
М42

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *Ю.Н.Мясников*; доктор технических наук, профессор *А.М.Никитин*; доктор технических наук, профессор *А.Л.Кузнецов*.

Медведев В.В.

М42 Применение имитационного моделирования для обеспечения надежности и безопасности судовых энергетических установок: учебное пособие. – СПб.: Страта, 2013. – 352 с.

ISBN 978-5-906150-04-2

В учебном пособии рассмотрены вопросы, связанные с применением имитационного моделирования для обеспечения надежности и безопасности судовых энергетических установок на разных этапах их проектирования. Особое внимание уделено разработке методик и алгоритмов, используемых при подготовке и реализации имитационного моделирования функционирования компонентов «машина» и «рабочая среда» системы «человек-машина-среда».

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению "Техника и технологии кораблестроения и водного транспорта" по программам "Судовые энергетические установки", "Судовое оборудование", "Двигатели внутреннего сгорания", а также для специалистов, занимающихся разработкой, модернизацией и эксплуатацией судовых энергетических установок.

Ил. 122. Табл. 18. Библиогр.: 338 назв.

УДК 621.43
ББК 31.365

© В.В.Медведев, 2013
© ООО «Страта», 2013

ISBN 978-5-906150-04-2

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА	3
ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА.....	9
ВВЕДЕНИЕ.....	11
1. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ И ВЫБОР ПУТЕЙ ЕЕ РЕШЕНИЯ	19
1.1. Анализ данных по отказам, обзор литературных источников, выбор методов исследования обеспечения надежности и безопасности СЭУ	19
1.2. Обоснование возможности использования имитационного моделирования для обеспечения надежности и безопасности СЭУ	33
1.3. Разработка методики и рекомендаций по организации процедуры имитационного моделирования применительно к СЭУ	39
2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ГЛАВНОГО СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ ПО РЕСУРСНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ	55
2.1. Основные принципы и предпосылки применения имитационного моделирования для прогноза и оценки надежности и безопасности главного судового дизеля	55
2.2. Выбор основных соотношений для прогноза ресурсных показателей двигателя.....	63
2.2.1. Прогнозирование остаточного ресурса деталей по критерию износа.....	63
2.2.2. Прогнозирование наработки до отказа деталей по критерию усталостной прочности	68
2.2.2.1. Определение наработки деталей судовых ДВС до образования видимых трещин	69
2.2.2.2. Оценка ресурса коленчатых валов судовых дизелей	79
2.2.2.3. Оценка остаточной наработки до отказа детали с трещиной	85
2.3. Основные подходы к расчету характеристик надежности дизеля как сложной системы	95
2.3.1. Аварийное предельное снижение мощности и частоты вращения главного судового дизеля	97
2.3.1.1. Определение параметров аварийного дизеля, приводящих к его остановке из-за малости оборотов	99
2.3.1.2. Определение параметров аварийного дизеля, приводящих к потере возможности управлять судном	102
2.3.1.3. Аварийная работа дизеля при отключении цилиндров	104
2.3.1.4. Аварийное состояние турбокомпрессоров	106
2.3.2. Другие подходы	108
2.4. Выводы по главе	115

3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ СЭУ ПО УРОВНЯМ ВИБРАЦИИ И ШУМА.....	117
3.1. Основные принципы и предпосылки применения имитационного моделирования для прогноза и оценки уровней вибрации и шума ..	117
3.2. Метод прогноза и оценки риска превышения предельно допустимых уровней шума в машинном помещении с дизельной энергетической установкой	123
3.3. Метод прогноза и оценки риска превышения предельно допустимых уровней шума и вибрации в помещениях судна с дизельной энергетической установкой.....	129
3.3.1. Обзор существующих методов расчета	130
3.3.2. Новый метод расчета динамически связанных конструкций с высоким демпфированием	136
3.3.3. Результаты сопоставления расчетов по новому методу расчета динамически связанных конструкций с высоким демпфированием с данными экспериментов	146
3.3.3.1. Результаты исследования высокодемпфированного крупномасштабного стенд-макета.....	146
3.3.3.2. Результаты обработки данных по демпфированию натурной модели корпуса стального судна покрытием из мастики АДЕМ	158
3.3.3.3. Расчетная оценка полученного эффекта демпфирования подмоторной рамы дизель-генератора ДГ 5AL25/30 покрытием из мастики АДЕМ	165
3.3.4. Пример выполнения прогноза риска превышения нормативных значений уровней вибрации и шума в судовых помещениях	170
3.3.5. Возможное направление развития предлагаемого метода расчета звуковых вибраций высокодемпфированных сложных динамических структур за счет учета энергии звукоизлучения ...	173
3.3.6. Возможное направление использования предлагаемого метода расчета для повышения надежности и безопасности судовых дизелей.....	177
3.4 Выводы по главе	181
4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ПО ТЕПЛОВОМУ СОСТОЯНИЮ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ СЭУ.....	183
4.1. Основные принципы и предпосылки применения имитационного моделирования для прогноза и оценки теплового состояния деталей.....	183
4.2. Результаты экспериментального и теоретического исследования гидродинамики и теплообмена пристенных струй, вытекающих в ограниченное пространство.....	193

4.2.1. Визуализация течения	194
4.2.2. Экспериментальное исследование поля скоростей в камерах с пристенными струями.....	207
4.2.3. Математическая модель струйного течения в ограниченном пространстве.....	214
4.2.3.1. Расчет границы плоской струи, вытекающей в ограниченное пространство	215
4.2.3.2. Экспериментальное исследование распределения статического давления в камере	226
4.2.3.3. Поле скоростей и теплоотдача пристенной струи в камере.....	230
4.2.4. Экспериментальное исследование теплообмена и гидравлики на моделях лопатки соплового аппарата первой ступени	243
4.2.4.1. Гидравлические испытания моделей, имитирующих фрагменты внутренней полости сопловой лопатки со вставными перегородками	244
4.2.4.2. Расчет коэффициента расхода модели натурной лопатки.....	253
4.2.4.3. Результаты гидравлических испытаний модели натурной лопатки со вставными перегородками	257
4.2.4.3. Тепловые испытания на модели, имитирующей фрагмент внутренней полости пера сопловой лопатки	259
4.2.4.4. Тепловые испытания модели натурной сопловой лопатки.....	268
4.3. Расчет и сравнение теплового состояния лопатки с продольными перегородками со штатной дефлекторной лопаткой	274
4.3.1. Температурное поле модельного варианта лопатки со вставными перегородками	276
4.3.2. Тепловое состояние штатной дефлекторной лопатки	278
4.3.3. Тепловое состояние лопатки с перегородками во внутренней полости.....	282
4.4. Пример применения прогноза и оценки риска превышения допустимых уровней температур в деталях главных судовых двигателей вследствие влияния технологических отклонений.....	287
4.5. Выводы по главе	292
5. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ СЭУ	295
5.1 Выводы по главе.....	313
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	315
Список литературы	319