

Л.Н. Александровская, И.З. Аронов,
В.И. Круглов, А.Г. Кузнецов,
Н.Н. Патраков, А.М. Шолом

**БЕЗОПАСНОСТЬ
И НАДЕЖНОСТЬ
ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**
УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Москва • «Логос» • 2004

УДК 681
ББК 22.172
А46

Рецензенты:

доктор технических наук *Грозовский Г.И.* (ВНИИНМАШ),
доктор технических наук *Федоренко Г.И.* (ВНИИС)

Безопасность и надежность технических систем / Л.Н. Александровская, И.З. Аронов, В.И. Круглов, А.Г. Кузнецов, Н.Н. Патраков, А.М. Шолом: Учебное пособие. — М.: Логос, 2004. — 000 с.: ил.

ISBN

Даны основные понятия в области обеспечения безопасности и надежности технических систем и их наиболее важные показатели. Систематизированы методы обеспечения безопасности и надежности изделий на различных этапах их жизненного цикла: при разработке, производстве и эксплуатации. Основное внимание уделено методам качественного анализа («дерево отказов», метод анализа характера и последствий потенциальных отказов), превентивным методам борьбы с отказами (принципы обеспечения бездефектного производства, обнаружение предотказного состояния и предотвращение отказов в эксплуатации). Значительное место в пособии занимает системное изложение современной теории вероятностно-статистического анализа безопасности сложной технической продукции. В качестве базовой концепции принята методология «приемлемого риска». Применение методов вероятностного анализа безопасности проиллюстрировано на большом числе примеров.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся в высших учебных заведениях по техническим специальностям. Может использоваться при подготовке аспирантов, специализирующихся в области испытаний, проектирования и эксплуатации сложных технических систем.

УДК 681
ББК 22.172

ISBN

© «Логос», 2004

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Введение</i>	7
Часть I. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	
<i>Глава 1. Краткий обзор формирования методов обеспечения надежности и безопасности техники</i>	9
1.1. Три этапа в развитии научно-технического направления «Надежность»	9
1.2. Краткий обзор формирования методов анализа безопасности	12
<i>Глава 2. Социально-экономические проблемы обеспечения надежности и безопасности техники</i>	14
2.1. Социальные аспекты безопасности	14
2.2. Экономические аспекты безопасности	19
<i>Глава 3. Основные понятия в области надежности и безопасности</i>	21
3.1. Состояния объектов при анализе надежности и безопасности	21
3.2. Основные показатели надежности и безопасности	26
3.3. Связь между понятиями надежности, эффективности и безопасности сложных технических систем	38
Контрольные вопросы	43
Часть II. МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	
<i>Глава 4. Методы обеспечения потенциальной (проектной) надежности ...</i>	44
4.1. Выбор запасов прочности	44
4.1.1. Модель «прочность—нагрузка»	44
4.1.2. Примеры расчета безотказности с использованием модели «прочность—нагрузка»	50
4.1.3. Переход от параметрических к непараметрическим моделям безотказности	53
4.2. Выбор метода резервирования	56
4.2.1. Пуассоновский процесс возникновения отказов	56
4.2.2. Включение резервного оборудования замещением	59
4.2.3. Параллельное соединение резервного оборудования системы	63
4.3. Качественный анализ надежности	66
4.3.1. Общие положения	66
4.3.2. Построение «дерева отказов»	70
4.4. Анализ зависимых отказов	84
<i>Глава 5. Методы обеспечения технологической надежности</i>	91
5.1. Статистические методы управления технологическими процессами	91

5.2. Комплексная параллельная разработка допусков	114
5.3. Индексы воспроизводимости технологических процессов	123
Глава 6. Методы обеспечения эксплуатационной надежности	134
6.1. Классические методы обеспечения эксплуатационной безотказности	134
6.1.1. Основные понятия	134
6.1.2. Определение коэффициента готовности систем различной конфигурации	140
6.2. Обобщенная математическая модель эксплуатации	150
6.3. Определение количества запасных частей	160
6.4. Два подхода к планированию технического обслуживания систем	161
6.4.1. Проблема перехода к обслуживанию по фактическому состоянию	161
6.4.2. Планирование обслуживания по фактическому состоянию	163
Контрольные вопросы	169
 Часть III. МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	
Глава 7. Основные принципы обеспечения безопасности технических систем	171
7.1. Принципы обеспечения безопасности потенциально опасных объектов	171
7.2. Место и роль вероятностного анализа безопасности	177
7.3. Основы регламентации (нормирования) риска	179
7.4. Использование теории риска для обоснования форм подтверждения соответствия	182
7.5. Международные стандарты в области анализа и оценки безопасности	190
Глава 8. Вероятностный анализ безопасности	195
8.1. Формулировка основных задач вероятностного анализа безопасности (этап 1)	195
8.2. Анализ исходных событий (этап 2)	198
8.3. Анализ аварийных последовательностей (этап 3)	202
8.4. Анализ конечных состояний (этап 4)	207
8.5. Расчет риска (этап 5)	208
8.6. Анализ результатов расчета риска (этап 6)	211
Глава 9. Анализ видов, последствий и критичности отказов	218
9.1. Общие положения анализа видов, последствий и критичности отказов	218
9.2. Анализ видов, последствий и критичности отказов объекта	221
9.3. Анализ видов, последствий и критичности отказов процесса	231

Глава 10. Мониторинг эксплуатационной безопасности	241
10.1. Роль статистического анализа безопасности на стадии эксплуатации объекта	241
10.2. Обоснование вероятностных показателей безопасности типа риск для стадии эксплуатации	242
10.3. Методы вычисления точечных и интервальных оценок показателей рейтинга	252
10.4. Анализ безопасности технических систем по результатам выделения предвестников аварий	257
10.5. Статистический анализ безопасности парка однотипных объектов	263
10.6. Разработка методов мониторинга безопасности технических систем на основе последовательного анализа	267
10.7. Анализ эффективности корректирующих мер на основе статистических решающих правил	272
10.8. Оперативное управление безопасностью технических систем	277
Глава 11. Влияние надежности персонала на эксплуатационную безопасность	279
11.1. Общие положения	279
11.2. Качественный анализ надежности персонала	282
11.3. Количественный анализ надежности персонала	288
Глава 12. Экспертиза результатов вероятностного анализа безопасности	296
12.1. Организация экспертизы безопасности	296
12.2. Особенности экспертизы результатов вероятностного анализа безопасности	299
12.2.1. Общие положения	299
12.2.2. Порядок проведения экспертизы результатов вероятностного анализа безопасности	300
12.2.3. Экспертиза эффективности эксплуатации объекта	305
12.3. Экспертиза результатов вероятностного анализа безопасности и управление безопасностью	310
Контрольные вопросы	312
 Часть IV. ОЦЕНИВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К НИМ	
Глава 13. Оценивание интенсивности отказов или среднего времени безотказной работы	313
13.1. Основные планы испытаний на надежность	313
13.2. Подтверждение требований к интенсивности отказов или среднему времени безотказной работы	320
13.3. Выбор плана испытаний на надежность	321

Глава 14. Выборочные методы контроля вероятности безотказной работы или уровня дефектности	324
14.1. Основные понятия выборочного контроля	324
14.2. Контроль методом однократной выборки	326
14.3. Контроль методом двухкратной выборки	330
14.4. Контроль методом последовательного анализа	333
Глава 15. Параметрические методы в испытаниях на надежность и безопасность	336
15.1. Непараметрический и параметрический толерантный интервалы	336
15.2. Построение параметрического толерантного интервала для нормального закона распределения	338
15.3. Обобщение параметрического толерантного интервала на случай произвольного распределения	340
Глава 16. Методы сокращения объемов испытаний при оценке надежности и безопасности	346
16.1. Краткая история байесовского подхода	346
16.2. Общие положения байесовской методологии	348
16.3. Процедура байесовского оценивания	353
16.4. Проверка статистической однородности априорных и экспериментальных данных	363
16.5. Проблема байесовского оценивания	363
16.6. Обобщение байесовского подхода для неоднородной объединяемой информации	370
Контрольные вопросы	373
Библиографический список	374