

Министерство образования и науки Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

# НАДЕЖНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Под редакцией кандидата технических наук Б.А. Кайтукова  
и кандидата технических наук В.И. Склея

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ  
по образованию в области строительства в качестве учебника  
для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по программе бакалавриата  
по направлению подготовки 08.03.01 Строительство  
(профиль «Механизация и автоматизация строительства»)  
(01.06.2015 г., № 102-15/891)*

Москва 2015

УДК 621.8+69.002.5

ББК 34.42

Н17

**Рецензенты:**

доктор технических наук, проф. *В.А. Уваров*,  
заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции  
Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова;  
кандидат технических наук, академик Межрегиональной общественной организации  
«Академия проблем качества» РФ *Ю.И. Гудков*,  
директор Государственного конструкторско-технологического института  
по механизации монтажных и специальных строительных работ;  
доктор технических наук *А.П. Горносько*,  
директор по развитию ЗАО «ПАТРИОТ-Инжиниринг»

**Авторы:**

*В.А. Черкасов, Б.А. Кайтуков, П.Д. Капырин,  
В.И. Скель, М.А. Степанов*

**Н17 Надежность машин и механизмов** : учебник / В.А. Черкасов и [др.], под ред. Б.А. Кайтукова и В.И. Скеля ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. Москва : НИУ МГСУ, 2015. 272 с.

ISBN 978-5-7264-1184-2

Изложен курс дисциплины «Надежность машин и механизмов». Показано, как с помощью методов теории надежности можно решать вопросы обеспечения надежности строительных машин, оборудования и механизмов на разных этапах (проектирования, производства и эксплуатации) жизненного цикла машин и механизмов; раскрыты математические, инженерные, организационные и управленческие аспекты надежности машин. В необходимых случаях приведены примеры решения задач.

Для студентов, обучающихся по программе бакалавриата по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (профиль «Механизация и автоматизация строительства»). Может быть полезен студентам, изучающим дисциплину «Надежность механического оборудования и комплексов» по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (профиль «Механическое оборудование и технологические комплексы строительных материалов, изделий и конструкций») и дисциплину «Надежность машин и оборудования» по направлению подготовки 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы (профиль «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование»). Представляет интерес для конструкторов, производителей и специалистов, эксплуатирующих строительную технику.

УДК 621.8+69.002.5

ББК 34.42

ISBN 978-5-7264-1184-2

© НИУ МГСУ, 2015

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	3
Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ КАЧЕСТВА И НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ .....	7
1.1. Основные понятия и показатели качества продукции .....	7
1.2. Методы управления качеством строительной техники .....	9
1.3. Нормирование и обеспечение надежности строительной техники.....	13
1.4. Понятия и определения теории надежности технических систем.....	14
Глава 2. ОСНОВЫ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ.....	17
2.1. Понятия и определения теории надежности.....	17
2.1.1. Состояния технического объекта .....	17
2.1.2. Классификация и критерии отказов технических объектов.....	19
2.2. Основные свойства надежности .....	21
2.2.1. Основные понятия надежности.....	21
2.2.2. Классификация машин и оборудования по надежности .....	23
2.3. Показатели свойств надежности.....	24
2.3.1. Временные понятия .....	24
2.3.2. Показатели свойств надежности .....	25
2.4. Надежность невосстанавливаемых и восстанавливаемых объектов .....	28
2.4.1. Системы эксплуатации объектов.....	28
2.4.2. Надежность невосстанавливаемых объектов .....	30
2.4.3. Надежность восстанавливаемых объектов .....	35
2.4.4. Процесс эксплуатации восстанавливаемого объекта .....	40
2.4.5. Показатели долговечности восстанавливаемых объектов.....	45
Глава 3. ЭЛЕМЕНТЫ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ .....	53
3.1. Основные методы теории надежности .....	53
3.2. Краткие сведения о понятиях теории надежности .....	54

3.2.1. Основные понятия теории надежности .....	54
3.2.2. Характеристики случайных величин.....	57
3.3. Законы распределения показателей надежности .....	61
3.3.1. Экспоненциальное распределение.....	61
3.3.2. Нормальное и логарифмически нормальное распределения .....	62
3.3.3. Распределение Вейбулла .....	64
3.3.4. Распределение Пуассона.....	66
3.3.5. Проверка гипотезы о законе распределения и определение числа наблюдаемых объектов.....	66
<b>Глава 4. МЕТОДЫ АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ.....</b>	<b>76</b>
4.1. Выбор критериев отказа элементов строительных машин и оборудования .....	76
4.2. Надежность систем. Структурные схемы ее определения ....	80
4.3. Расчет надежности систем методом блок-схем .....	82
4.3.1. Система с основным соединением элементов .....	82
4.3.2. Надежность систем с резервным соединением элементов.....	84
4.3.3. Общее постоянное резервирование с целой кратностью (параллельное соединение) .....	85
4.3.4. Система со смешанным соединением элементов .....	86
4.4. Методы составления и анализа структурных схем.....	89
4.4.1. Методы составления структурных схем .....	89
4.4.2. Системные методы анализа безотказности.....	92
<b>Глава 5. ЭЛЕМЕНТЫ ФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ.....</b>	<b>105</b>
5.1. Методы прогнозирования надежности и ресурса строительных машин и оборудования .....	105
5.1.1. Строительные машины и оборудование как механические системы .....	105
5.1.2. Вероятностные модели в расчетах строительных машин и оборудования .....	106
5.2. Основные факторы, определяющие надежность строительных машин и оборудования .....	109
5.2.1. Нагрузки на строительные машины, оборудование и их элементы .....	109
5.2.2. Схематизация нагруженности .....	110

5.3. Отказы и дефекты строительных машин и оборудования .....	115
5.3.1. Основные виды отказов строительных машин, оборудования и их элементов .....	115
5.3.2. Общие сведения о дефектах строительных машин и оборудования .....	119
5.4. Виды испытаний на надежность строительных машин и оборудования .....	121
5.4.1. Цели и виды испытаний технических систем .....	121
5.4.2. Оценка надежности машин и оборудования по данным стендовых испытаний и эксплуатации ...	122
5.5. Прогнозирование показателей надежности машин и оборудования по критерию усталости .....	125
5.5.1. Несущая способность элементов машин и оборудования .....	125
5.5.2. Определение безотказности и долговечности элементов строительных машин и оборудования .....	129
5.6. Прогнозирование показателей надежности строительных машин и оборудования по износу .....	136
5.6.1. Трение и изнашивание элементов машин и оборудования .....	136
5.6.2. Прогнозирование показателей надежности строительных машин и оборудования по износу .....	144
<b>Глава 6. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ .....</b>	<b>152</b>
6.1. Управление надежностью строительных машин и оборудования .....	152
6.1.1. Система обеспечения надежности .....	152
6.1.2. Прогнозирование и нормирование показателей надежности строительных машин и оборудования .....	153
6.2. Обеспечение надежности строительных машин и оборудования при проектировании .....	157
6.2.1. Методы распределения норм надежности .....	157
6.2.2. Основные принципы обеспечения надежности строительных машин и оборудования при проектировании .....	159
6.3. Обеспечение надежности строительных машин и оборудования при производстве .....	164
6.3.1. Роль технологии в обеспечении надежности .....	164

6.3.2. Обеспечение надежности строительных машин и оборудования при производстве.....	169
6.4. Обеспечение надежности строительных машин и оборудования при эксплуатации .....	175
6.4.1. Инженерные методы и организационно-технические мероприятия для поддержания машин и оборудования в исправном состоянии .....	175
6.4.2. Определение ремонтно-обслуживающих воздействий на эксплуатируемые машины и оборудование .....	180
<b>Глава 7. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ, ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА, СЕРТИФИКАЦИЯ И ЛИЗИНГ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ .....</b>	<b>187</b>
7.1. Планирование числа запасных частей.....	187
7.1.1. Определение расхода запасных частей невосстанавливаемых объектов .....	187
7.1.2. Определение расхода запасных частей по сроку службы .....	189
7.1.3. Определение расхода запасных частей восстанавливаемых элементов.....	190
7.2. Диагностика надежности строительных машин и оборудования .....	193
7.2.1. Основные понятия и задачи технического диагностирования надежности.....	193
7.2.2. Методы технического диагностирования .....	196
7.2.3. Методика и порядок технического диагностирования .....	200
7.2.4. Основные средства технического диагностирования .....	204
7.2.5. Организационные формы технического диагностирования .....	206
7.3. Сертификация и надежность строительных машин и оборудования .....	208
7.3.1. Система сертификации надежности .....	208
7.3.2. Схемы и процедуры сертификации .....	210
7.4. Лизинг строительной техники .....	214
7.4.1. Предмет и виды лизинга .....	214
7.4.2. Аренда строительной техники .....	217

Глава 8. НАДЕЖНОСТЬ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ .....	221
8.1. Экономический анализ показателей свойств надежности строительных машин и оборудования .....	221
8.2. Методы определения эффективности показателей надежности .....	224
8.2.1. Методы определения эффективности по экономическим условиям .....	224
8.2.2. Экономия от повышения безотказности .....	226
8.2.3. Экономия от повышения надежности новой строительной техники .....	227
8.3. Маркетинг и менеджмент строительной техники .....	228
8.3.1. Основные принципы маркетинга строительной техники .....	228
8.3.2. Основные принципы менеджмента строительной техники .....	230
8.4. Пути повышения эффективности работы парка строительной техники .....	231
8.5. Стратегия увеличения объемов продаж продукции строительно-дорожного машиностроения .....	233
Глава 9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ .....	237
9.1. Определение показателей надежности бетоносмесителей .....	237
9.1.1. Определение ресурса и коэффициента технического использования бетоносмесителей .....	237
9.1.2. Определение ресурса и коэффициента технического использования бетоносмесителя объемом 1500 л .....	239
9.2. Определение показателей надежности технологических линий по производству строительных материалов и изделий .....	244
9.3. Определение показателей надежности лифтов .....	252
Библиографический список .....	258
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	261