

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Л.Г. Дерюшев

НАДЕЖНОСТЬ СООРУЖЕНИЙ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Учебное пособие

Москва 2015

УДК 628.1
ББК 38.761
Д36

Рецензенты:

профессор, доктор технических наук *О.Г. Примин*,
заместитель генерального директора ОАО «МосводоканалНИИпроект»;
кандидат технических наук *И.Н. Жмаков*, профессор кафедры

Д36 **Дерюшев, Л.Г.**
Надежность сооружений систем водоснабжения : учебное
пособие / Л.Г. Дерюшев, Х.Х. Фам, Н.Л. Дерюшева; М-во об-
разования и науки Рос. Федерации, Моск. гос. строит. ун-т. Мо-
сква : МГСУ, 2015. 280 с.
ISBN 978-5-7264-

Изложены основы теории вероятностей, математической статисти-
ки и теории надежности, которые применяются при решении задач по
оценке и обеспечению надежности сооружений систем водоснабжения.
Приведены примеры оценки надежности сооружений систем водоснаб-
жения.

Для студентов строительных вузов, научных работников и инжене-
ров, которые занимаются вопросами проектирования, строительства и
эксплуатации сооружений систем водоснабжения и водоотведения.

УДК 628.1
ББК 38.761

ISBN 978-5-7264-

© ФГБОУ ВПО «МГСУ», 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

В предлагаемом пособии рассмотрены основные вопросы теории надежности водопроводных объектов в предельно простой форме. Потребность в таком пособии уже давно назрела в связи с изменившимися нормативными требованиями по оценке эффективности объектов на стадии их проектирования, строительства и эксплуатации. В учебных планах строительных вузов изучению «надежности объектов систем водоснабжения и водоотведения» отводится очень небольшое количество часов, следовательно, пособие по этой дисциплине не может вместить ни разъяснений сложных вопросов, ни доказательств отдельных математических моделей, ни сколько-нибудь подробных практических примеров по оценке надежности водопроводных сооружений. Предлагаемое пособие необходимо использовать совместно с тем перечнем материалов, который приведен в библиографическом списке.

При составлении пособия ставилась цель описать необходимые понятия и методы, необходимые исследователю при решении проблемы надежности объекта на стадии его проектирования или эксплуатации, в их логической последовательности. Изложенные в пособии модели и предложения помогут студенту оценить надежность системы, сооружения, установить уровни надежности и определить способы достижения этих уровней. Предложения почерпнуты главным образом из монографий ведущих специалистов МГУ, МГСУ, СПбГАСУ в области теории надежности, собственной производственной и исследовательской практики. Следует иметь в виду, что, несмотря на значительное место, отведенное примерам оценки надежности водопроводных сооружений, они служат в первую очередь иллюстрацией представлений в области теории надежности водопроводных объектов.

Автор выражает глубокую благодарность аспирантам *Ха Хай Фам* и *Н.Л. Дерюшевой* за сбор исходных данных и оформление пособия.

Л.Г. Дерюшев

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Введение	4
Глава 1. Понятие надежности	6
1.1. Термины и определения надежности в теории водоснабжения.....	6
1.2. Закон распределения случайной величины	11
1.2.1. Законы распределения дискретных случайных величин	12
1.2.2. Законы распределения непрерывной случайной величины	17
1.2.3. Некоторые свойства функции распределения.....	18
1.3. Числовые характеристики случайных величин.....	19
1.3.1. Используемая терминология	19
1.3.2. Коэффициент вариации	23
1.3.3. Корреляция между двумя событиями	24
1.3.4. Коэффициент асимметрии $\sum t$ (или α_3).....	25
1.3.5. Коэффициент эксцесса E_x (или α_v)	26
Глава 2. Показатели надежности объектов водоснабжения	28
2.1. Формирование показателей надежности.....	28
2.2. Числовые характеристики.....	31
2.3. Законы надежности	36
2.3.1. Понятие о законах надежности	36
2.3.2. Экспоненциальный (показательный) закон	37
2.3.3. Нормальный закон	40
2.3.4. Нормально-экспоненциальный закон	41
2.3.5. Закон Вейбулла.....	42
2.3.6. Гамма-распределение	43
Глава 3. Надежность системы	45
3.1. Надежность систем с последовательно соединенными элементами	45
3.1.1. Понятие объекта в теории надежности	45
3.1.2. Стареющие элементы.....	53
3.1.3. Надежность восстанавливаемого элемента.....	55
3.2. Надежность системы при постоянном резервировании.....	57

3.3. Надежность системы при ненагруженном резервировании.....	60
3.4. Надежность восстанавливаемой системы с независимыми элементами	62
3.4.1. Восстанавливаемые системы	62
3.4.2. Последовательное соединение	64
3.4.3. Параллельное соединение	66
3.4.4. Комбинации последовательных и параллельных соединений	68
3.4.5. Модели зависимости элементов.....	76
3.4.6. Надежность восстанавливаемой системы с независимыми последовательно соединенными элементами	84
3.4.7. Марковские методы	92
3.4.8. Оценка надежности сложных восстанавливаемых систем	107
Глава 4. Сбор информации о надежности и проверка статистических гипотез	111
4.1. Требования к информации	111
4.2. Сведения о потоках отказов	112
4.3. Пуассоновские потоки	114
4.4. Выбор модели потока отказов.....	114
4.5. Сущность проверки статистических гипотез	120
4.6. Проверка гипотез о законе распределения.....	124
4.7. Выравнивание статистического распределения с использованием λ -критерия (критерия Колмогорова)	129
4.8. Проверка однородности наблюдений (исключения ошибок наблюдений)	132
4.9. Проверка гипотез о количественных характеристиках распределений случайных величин	134
4.9.1. Классификация параметрических гипотез	134
4.9.2. Проверка однородности дисперсий	134
4.10. Проверка гипотез о равенстве средних.....	141
4.11. Непараметрические статистические гипотезы.....	148
Глава 5. Примеры оценки надежности водопроводных сооружений	158
5.1. Элементы системы водоснабжения	158
5.2. Количественная оценка надежности природных источников.....	158

5.3. Оценка надежности трубопроводов.....	163
5.4. Оценка надежности технологических систем насосных станций	172
5.4.1. Проверка однородности данных о наработке на отказ насосных установок	172
5.4.2. Проверка гипотезы о распределении наработки на отказ насосной установки по закону Вейбулла	176
5.4.3. Определение статистических параметров потока отказов насосной установки	182
5.4.4. Проверка гипотезы о законе распределения времени восстановления насосной установки после отказа по закону Эрланга 2-го порядка.....	185
5.5. Структурная схема технологической системы насосной станции	189
5.5.1. Характеристика технологических систем насосных станций	189
5.5.2. Обоснование структурных схем надежности технологических систем насосных станций.....	189
5.5.3. Условия отказа технологических систем водопроводных насосных станций.....	191
5.5.4. Математическая модель надежности технологической системы насосной станции	191
Заключение	198
Библиографический список	199
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Таблицы математической статистики.....	201
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Технологические схемы насосных станций для примеров расчета.....	270

Учебное издание

Дерюшев Леонид Георгиевич

НАДЕЖНОСТЬ СООРУЖЕНИЙ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Учебное пособие

Редактор *А.К. Смирнова*
 Корректор *В.К. Чупрова*
 Компьютерная правка *О.В. Суховой*
 Компьютерная верстка *О.Г. Горюновой*
 Дизайн обложки *Д.Л. Разумного*

Подписано в печать 27.05.2015 г. Формат 60×84/16.
 И-312. Усл.-печ. л. 00,00. Уч.-изд. л. 00,00. Тираж 100 экз. Заказ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
 «Московский государственный строительный университет».

129337, Москва, Ярославское ш., 26.

Издательство МИСИ – МГСУ.

Тел. (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95.

E-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru.

Отпечатано в типографии Издательства МИСИ – МГСУ.

Тел. (499) 183-91-90, (499) 183-67-92, (499) 183-91-44