

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ  
МИНИСТЕРСТВА ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

---

**18/32/2**

**Одобрено кафедрой  
«Теплотехника и гидравлика  
на железнодорожном  
транспорте»**

## **НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

**Задание на контрольную работу  
с методическими указаниями  
для студентов V курса  
специальности**

**290800 ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ (ВК)**



**Москва – 2004**

С о с т а в и т е л ь — доц. А.И. МАЛЬЦЕВ

Р е ц е н з е н т — ст. преп. Е.В. ДРАБКИНА

© **Российский государственный открытый технический университет  
путей сообщения Министерства путей сообщения Российской  
Федерации, 2004**

## ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Контрольная работа состоит из ответов на два контрольных вопроса по курсу «Надежность систем водоснабжения и водоотведения» и решения пяти прикладных задач на обработку статистики отказов, определение показателей надежности ремонтируемого и неремонтируемого оборудования и расчет показателей надежности сложных систем. Варианты контрольных вопросов приведены в табл. 1, варианты исходных данных для задач даны непосредственно в задачах. Номер варианта соответствует последней цифре учебного шифра студента. Задачи снабжены методическими указаниями к их решению.

Ответы на контрольные вопросы должны быть краткими, но исчерпывающими, решения задач должны сопровождаться их объяснением, графики и структурные схемы для расчета надежности следует приводить на отдельных листах.

Т а б л и ц а 1

	Вариант (последняя цифра учебного шифра студента)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Номера контрольных вопросов	3	4	6	5	7	9	11	2	1	6
	13	18	17	10	16	14	18	8	15	12

## ПЕРЕЧЕНЬ КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ

1. Понятие отказа в системах водоснабжения и водоотведения. Категории систем водоснабжения.

2. Вероятностный характер показателей надежности. Связь теории надежности с теорией вероятности.

3. Законы распределения случайных величин. Нормальное распределение. Экспоненциальное распределение как статистическая модель для времени безотказной работы оборудования.

4. Дайте определение следующих показателей надежности: вероятности безотказной работы, вероятности отказа, среднего времени наработки на отказ, интенсивности отказов оборудования.

5. Напишите формулы, по которым рассчитываются на практике по статистическим данным об отказах перечисленные в предыдущем вопросе характеристики.

6. Дайте определение следующих показателей надежности ремонтируемого оборудования: среднего времени восстановления, интенсивности восстановления, коэффициента готовности оборудования.

7. Напишите формулы, по которым определяются на практике по статистическим данным об отказах перечисленные в предыдущем вопросе характеристики.

8. Какие вы знаете данные о статистике отказов элементов систем водоснабжения по данным эксплуатации?

9. Надежность системы элементов. Чем отличаются принципиальная и структурная схемы системы элементов при расчете ее надежности?

10. Нерезервируемые системы. Расчет их показателей надежности.

11. Резервирование системы. Параллельное включение элементов в системе. Кратность резервирования. Приведите примеры.

12. Виды резервирования: ненагруженный резерв и резерв замещением.

13. Приведите формулы для расчета показателей надежности систем при резервировании элементов.

14. Приведите формулы для расчета надежности работы водоводов.

15. Сложные системы. Смешанное соединение резервируемых элементов. Приведите примеры.

16. Способ расчета показателей надежности станции водоснабжения, его структурная схема.

17. Методы повышения надежности работы систем водоснабжения.

18. Оптимизация уровня надежности с учетом произведенных затрат.

## ЗАДАЧА 1

На испытании находилось  $N_0 = 100$  образцов неремонтируемого оборудования. Число отказов оборудования  $n(\Delta t)$  фиксировалось через каждые 200 часов работы. Данные об отказах оборудования приведены в таблице. По этим опытным данным вычислить количественные показатели надежности:

1.  $P(t)$  — вероятность безотказной работы за время  $t$ .
2.  $a(t)$  — частота отказов за время  $t$ .
3.  $\lambda(t)$  — интенсивность отказов за время  $t$ .
4.  $T_{\text{cp}}$  — средняя наработка до первого отказа, час.

Построить графики зависимостей этих характеристик от времени.

$\Delta t$ , час	0–200	200–400	400–600	600–800	800–1000	1000–1200	1200–1400
$n(\Delta t_i)$	9	6	4	3	2	3	3

$\Delta t$ , час	1400–1600	1600–1800	1800–2000	2000–2200	2200–2400	2400–2600
$n(\Delta t_i)$	2	3	3	3	2	3

$\Delta t_i$ , час	2600–2800	2800–3000
$n(\Delta t_i)$	5	7

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЗАДАЧЕ 1

**Вероятность безотказной работы** — вероятность того, что при определенных условиях эксплуатации в заданном интервале времени  $t$  не произойдет ни одного отказа:

$$P(t) = P(T \geq t), \quad (1)$$

здесь  $t$  — заданный интервал времени;

$T$  — момент отказа.

На практике для определения величины  $P(t)$  по данным статистических испытаний об отказах оборудования используют выражение:

$$P(t) = [N_0 - n(t)]/N_0, \quad (2)$$

где  $N_0$  — число изделий в начале испытаний;  
 $n(t)$  — число изделий, отказавших к моменту  $t$ .

При большом числе  $N_0$  статистическая оценка  $P(t)$  практически совпадает с вероятностью безотказной работы  $P(t)$ .

**Частота отказов оборудования** характеризует отношение числа отказавших образцов в единицу времени к первоначальному количеству образцов, при условии, что отказавшие образцы не восстанавливаются и не заменяются новыми:

$$a(t) = n(\Delta t)/N_0 \cdot \Delta t. \quad (3)$$

При большом  $N_0$  частота отказов есть плотность вероятности времени работы изделия до первого отказа:

$$a(t) = (d/dt) \cdot [1 - P(t)] = -dP(t)/dt.$$

**Интенсивность отказов** есть отношение числа отказавших изделий в единицу времени к среднему числу исправных изделий на данном интервале времени:

$$\lambda(t) = n(\Delta t)/N_{cp} \cdot (\Delta t) \cdot \Delta t; \quad N_{cp}(\Delta t) = (N_i + N_{i+1})/2. \quad (4)$$

При большом  $N_0$  интенсивность отказов  $\lambda(t)$  есть условная вероятность отказа оборудования в интервале времени  $(t, t + \Delta t)$  при условии, что до момента  $t$  оборудование работало исправно

$$\lambda(t) = a(t)/P(t). \quad (5)$$

**Среднее время безотказной работы оборудования**  $T_{cp}$  (или средняя наработка до первого отказа) называется математическое ожидание времени работы оборудования до отказа:

$$T_{cp} = M[t] = \int P(t) \cdot dt. \quad (6)$$

По статистическим данным об отказах средняя наработка до первого отказа вычисляется по формуле :

$$T_{\text{cp}} = \sum_{i=1}^m n_i \cdot t_{\text{cpi}} / N_0, \quad (7)$$

где

$$t_{\text{cpi}} = t_{i-1} + t_i/2 ; m = t_h/\Delta t,$$

здесь  $t_h$  — время, в течение которого вышли из строя все  $N_0$  элементов.

## ЗАДАЧА 2

Один насос из группы насосов имеет среднюю наработку на отказ  $T_{\text{cp}}$  и среднее время восстановления  $T_{\text{в}}$ .

Определить коэффициент готовности насоса, а также интенсивность отказов  $\lambda$  и интенсивность восстановления  $\mu$  при экспоненциальном законе надежности. Найти вероятность исправного состояния насоса в течение времени  $t$ .

### Варианты исходных данных

Параметр	Последняя цифра учебного шифра студента									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$T_{\text{cp}}$ , ч	230	560	550	430	143	360	250	400	180	330
$T_{\text{в}}$ , ч	12	15	8	8	2	6	10	10	3	4
$t$ , ч	100	200	400	300	50	100	80	200	70	150

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЗАДАЧЕ 2

Для рассматриваемого оборудования, как правило, характерен экспоненциальный закон распределения случайного времени его работы:

$$P(t) = e^{-\lambda t} \text{ при } t \geq 0; \lambda = \text{const.} \quad (8)$$

В этом случае получаем следующую связь между средней наработкой на отказ  $T_{\text{cp}}$  и интенсивностью отказов  $\lambda$ :

$$T_{\text{cp}} = \int P(t) \cdot dt = \int e^{-\lambda t} \cdot dt = 1/\lambda. \quad (9)$$

После отказа работоспособность оборудования может быть восстановлена путем ремонта. При оценке ремонтнопригодности оборудования используются следующие основные показатели.

**Интенсивность восстановления  $\mu$**  есть предполагаемая вероятность его восстановления в интервале времени  $(t, t + \Delta t)$  при условии, что до момента  $t$  оборудование ремонтировалось.

**Вероятность восстановления оборудования  $P_b(t)$**  есть вероятность того, что при определенных условиях эксплуатации восстановление будет закончено к моменту времени  $t$ .

**Среднее время восстановления  $T_b$**  оборудования есть математическое ожидание случайной величины  $t_b$  продолжительности ремонта.

$$T_b = M[t_b] = \int P_b(t) \cdot dt. \quad (10)$$

При экспоненциальном законе распределения

$$P_b(t) = 1 - e^{-\mu t}. \quad (11)$$

В этом случае между средним временем восстановления  $T_b$  и интенсивностью восстановления получим связь :

$$T_b = 1/\mu. \quad (12)$$

Комплексным показателем надежности ремонтируемого оборудования является **коэффициент готовности  $K_r$**  — это вероятность того, что оборудование будет находиться в работоспособном состоянии при  $t \rightarrow \infty$  с начала эксплуатации. Можно показать, что

$$K_r = T_{cp} / (T_{cp} + T_b) = \mu / (\lambda + \mu). \quad (13)$$

Вероятность исправного состояния в течении времени  $t$  определяется по формуле :

$$P_r(t) = (\mu / (\lambda + \mu) + (\lambda / (\lambda + \mu)) \cdot e^{-(\lambda + \mu)t}. \quad (14)$$

### ЗАДАЧА 3

Насосная станция состоит из  $n$  однотипных насосов, включенных параллельно, из которых  $m$  являются рабочими.

Интенсивность отказов каждого из насосов  $\lambda = 0,2 \cdot 10^{-3}$  1/ч.

Необходимо определить вероятность безотказной работы насосной станции в течение  $t = 2000$  ч, а также среднюю наработку до первого отказа. Сделать то же самое для случая, когда резервирования насосов нет, сравнить полученные результаты и сделать вывод об эффективности резервирования. Начертить структурные схемы.

#### Варианты исходных данных

Параметр	Последняя цифра учебного шифра студента									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$n$	5	5	2	3	4	4	5	3	5	4
$m$	4	3	1	2	3	2	3	1	2	3

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЗАДАЧЕ 3

Для повышения надежности системы применяют резервирование. Обычно это — параллельное соединение элементов в системе, из которых часть являются резервными. Например, это насосная станция, состоящая из четырех параллельно соединенных насосов, из которых два насоса рабочие, а два насоса — резервные.

Основным параметром резервирования является его кратность. Пусть  $n$  — общее число элементов в системе, а  $m$  — число элементов, необходимых для нормальной работы системы. Под кратностью резервирования  $r$  понимается отношение числа резервных элементов к числу основных:

$$r = (n - m)/m. \quad (15)$$

Бывает резервирование с целой кратностью, когда величина  $r$  есть целое число (в этом случае всегда  $m = 1$ ), и резервирование с дробной кратностью, когда  $r$  есть дробное несокращаемое число. Например  $r = 2/2$  есть резервирование с дробной кратностью.

Рассмотрим следующие случаи резервирования.

1. При резервировании с постоянно включенным резервом и с целой кратностью вероятность безотказной работы системы определяется по формуле:

$$P_{\text{сист}}(t) = 1 - [1 - P_1(t) \cdot P_2(t) \dots P_m]^{r+1}, \quad (16)$$

где  $P_i(t)$  — вероятность безотказной работы отдельного  $i$ -го элемента системы в течение времени  $t$ .

Если все элементы системы одинаковы, то при экспоненциальном законе надежности получаем

$$P_{\text{сист}}(t) = 1 - [1 - e^{-m\lambda}]^{r+1}, \quad (17)$$

а для среднего времени наработки системы на отказ

$$T_{\text{ср сист}} = (1/\lambda) \cdot \sum_{i=0}^r 1/(1+i), \quad (18)$$

здесь  $\lambda$  — интенсивность отказа отдельного элемента. Например, при  $n = 3$  и  $m = 1$  получаем ( $r = n - m/m = 3 - 1/1 = 2$ ):

$$P_{\text{сист}} = 1 - [1 - P^m]^{r+1} = 1 - [1 - P]^3 = 1 - (1 - 3P + 3P^2 - P^3) = 3P - 3P^2 + P^3 = 3 \cdot e^{-\lambda t} - 3 \cdot e^{-2\lambda t} + e^{3\lambda T},$$

а

$$T_{\text{ср сист}} = 1/\lambda(1 + 1/2 + 1/3) = 11/6\lambda.$$

2. При резервировании с постоянно включенным резервом и дробной кратностью получаем следующие формулы:

$$P_{\text{сист}}(t) = \sum C \cdot P_0^{n-i}(t) \cdot e(-1)^j \cdot C_i^j \cdot P_0^j(t); \quad (19)$$

$$T_{\text{ср сист}} = 1/\lambda \sum_{i=0}^r 1/(m+i), \quad (20)$$

где  $P_0(t)$  — вероятность безотказной работы отдельного элемента системы;

$C_i^j$  — число сочетаний из  $i$  элементов по  $j$ .

Например, при  $n = 4$  и  $m = 2$  ( $r = n - m/m = 2/2$ ) получаем:

$$P_{\text{сист}}(t) = C_4^0 \cdot P_0^4 + C_4^1 \cdot P_0^3 \cdot (1 - C_1^1 \cdot P_0) + C_4^2 \cdot P_0^2 \cdot (1 - C_2^1 P_0 + C_2^2 \cdot P_0^2) = \sum C_4^i \cdot P_0^{4-i} \cdot \sum (-1)^j \cdot C_i^j \cdot P_0^j = P_0^4 + 4P_0^3 \cdot (1 - P_0) + 6 \cdot P_0^2 \cdot (1 - 2P_0 + P_0^2) = 6 \cdot P_0^2 - 8P_0^3 + 3P_0^4;$$

$$T_{\text{ср сист}} = 1/\lambda \cdot \sum 1/(2+i) = 1/\lambda \cdot (1/2 + 1/3 + 1/4) = 13/12 \cdot \lambda.$$

3. В случае отсутствия резервирования ( $r = 0$ ), когда к отказу системы приводит отказ любого из ее элементов, получаем:

$$P_{\text{сист}}(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot P_3(t) \dots P_n(t). \quad (21)$$

Для одинаковых элементов и при экспоненциальном законе надежности:

$$P_{\text{сист}}(t) = P_0^n(t) = e^{-n\lambda \cdot t}; \quad (22)$$

$$T_{\text{ср сист}} = 1/(n \cdot \lambda). \quad (23)$$

В целом можно показать, что для всех указанных случаев можно составить таблицу, например, для системы, состоящей не более чем  $n = 5$  однотипных элементов, при любых требованиях, накладываемых на возможные состояния их работы (работа  $m$  элементов из  $n$ ), где каждая клетка таблицы дает формулу для вычисления вероятности безотказной работы соответствующей системы.

Таблица 2

$m$ -число элементов для нормальной работы	Значения $P_{\text{сист}}$ при общем числе $n$ элементов в системе				
	$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$	$n = 5$
1	$P_0$	$2P_0 - P_0^2$	$3P_0 - 3P_0^2 + P_0^3$	$4P_0 - 6P_0^2 + 4P_0^3 - P_0^4$	$5P_0 - 10P_0^2 + 10P_0^3 - 5P_0^4 + P_0^5$
2	–	$P_0^2$	$3P_0^2 - 2P_0^3$	$6P_0^2 - 8P_0^3 + 3P_0^4$	$10P_0^2 - 20P_0^3 + 15P_0^4 - 4P_0^5$
3	–	–	$P_0^3$	$4P_0^3 - 3P_0^4$	$10P_0^3 - 15P_0^4 + 6P_0^5$
4	–	–	–	$P_0^4$	$5P_0^4 - 4P_0^5$
5	–	–	–	–	$P_0^5$

При решении задачи использовать приведенные выше формулы и таблицу.

## ЗАДАЧА 4

На рис. 1 приведены две схемы обвязки насосной станции, состоящей из двух насосов типа Д200-95. Очевидно, что в обоих случаях используется одно и то же оборудование. Какая из этих схем обладает большей надежностью, при условии, что оба насоса являются рабочими? Расчет провести для времени работы  $t = 1000$  ч.

При расчете показателей надежности величины  $\lambda$  и  $\mu$  взять из таблицы приложения.

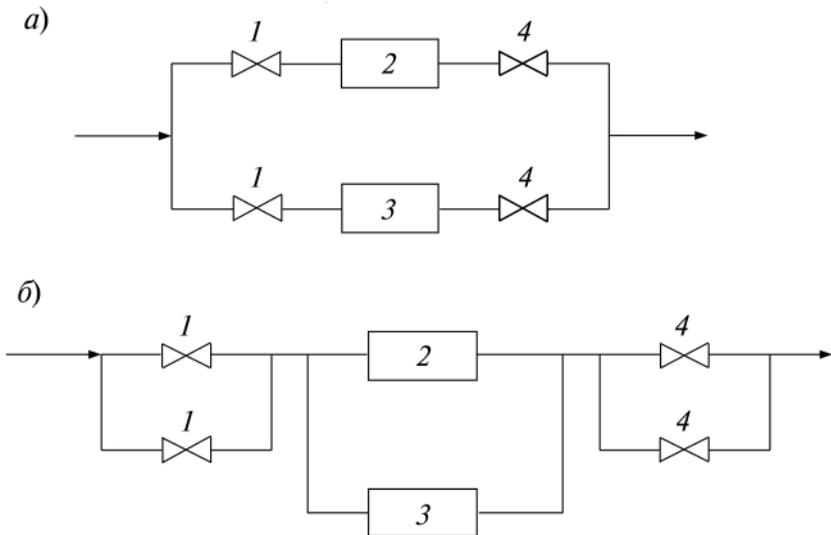


Рис. 1. Схемы обвязки насосной станции:

1, 4 — задвижки; 2, 3 — насосы

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ 4

В данном случае имеем смешанное соединение элементов в систему. Для обоих случаев следует составить структурные схемы надежности и написать уравнения надежности.

Очевидно, что для схемы (см. рис. 1, а) отказ насосной станции происходит при выходе из строя по логике «или» любого из ее компонентов. Структурная схема надежности будет в этом случае последовательной. Нетрудно составить уравнение надежности для этого случая:

$$P_c(t) = P_1(t)P_2(t)P_4(t)P_1(t)P_3(t)P_4(t),$$

и найти вероятность безотказной работы системы в течение 1000 ч, при этом вероятность исправного состояния каждого из элементов следует рассчитать по формуле (14).

В случае схемы (см. рис. 1, б) однотипные элементы соединены в блоки, которые соединены последовательно. Отказ блоков, состоящих из задвижек, происходит по логике «и», отказ блока насосов происходит по логике «или». В соответствии с логикой отказов следует составить структурную схему надежности всей насосной станции, которая в этом случае будет смешанной, параллельно-последовательной. Далее следует составить уравнение надежности для каждого из трех блоков (пользуясь табл.2), а затем для всей насосной станции и произвести расчет вероятности безотказной работы в указанном интервале времени. Сделать вывод.

## ЗАДАЧА 5

На рис.2 приведена принципиальная схема водоочистой станции, предусматривающая следующие технологические операции:

- коагулирование воды;
- осветление воды в горизонтальных отстойниках и фильтрах с применением флокулянта;
- двухступенчатое хлорирование;
- устранение запахов (углевание).

Станция обеспечивает водой потребителя, относящегося к первой категории.

Условия функционирования станции следующие: станция эксплуатируется в режиме, допускающем ремонт и перемены в подаче хлора, ограниченные по продолжительности.

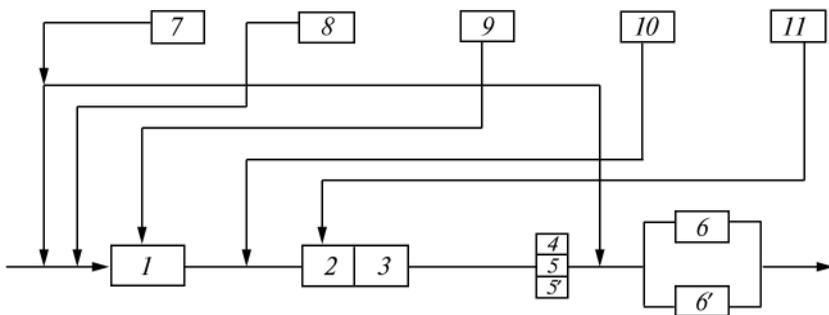


Рис. 2. Принципиальная схема очистной станции:

1 — смеситель; 2 — камера хлопьеобразования; 3 — отстойник; 4, 5, 5' — фильтры; 6, 6' — резервуары чистой воды; 7 — хлоратор; 8 — баки с коагулянтom; 9 — дозатор извести; 10 — дозатор флокулянта; 11 — дозатор активированного угля

В период резкого ухудшения качества источника воды — ливневые дожди, паводки и так далее (до 30 сут.) перерывы в подаче хлора, коагулянта, флокулянта исключены. В этот период необходимо, чтобы работали следующие элементы станции: смеситель 1, хлоратор 1-й и 2-й ступени 7, установка подачи коагулянта 8 или дозатор извести 9, камера хлопьеобразования 2 и отстойник 3, дозатор флокулянта 10 или дозатор угля 11, два из трех скорых фильтров 4, 5, 5', один из двух резервуаров чистой воды 6, 6'.

Рассчитать вероятность безотказной работы станции в этот 30-суточный период и сделать вывод о том, удовлетворяет ли она требованиям 1-й категории надежности.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ 5

С учетом требований по функционированию станции, изложенных в условиях задачи, следует составить структурную формулу для расчета надежности всей станции. В этом случае она будет смешанной, параллельно – последовательной.

На основании структурной схемы составить уравнение надежности работы всей станции очистки воды.

Для подсчета вероятности безотказной работы элементов станции можно воспользоваться формулой

$$P(t) = \exp\left(-\frac{\lambda^2}{2\lambda + \mu} t\right).$$

Величины  $\lambda$  и  $\mu$  для элементов станции взять из таблицы приложения.

Надежность обеспечения водой потребителей 1-й категории должна быть не менее 0.95. После проведения расчетов сделать вывод об эксплуатационной готовности данной станции очистки воды.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Показатели надежности водопроводно-канализационного оборудования по данным эксплуатации

Тип оборудования	Интенсивность отказов $\lambda \cdot 10^4$ 1/ч	Интенсивность восстановления $\mu \cdot 10^2$ 1/ч
Водоприемники раструбные	0.02	0.05
Самотечные линии (на 1 км)	0.25	0.5
Насосы типов		
К	2	4
Д	2.2	4
В	3.5	4
Фильтры скважин:		
проволочные	1.25	0.5
каркасно-стержневые	0.3	0.5
Обсадные трубы (на 1 км)	0.15	0.8
Насос погружные типов:		
ЭЦВ-6	1.2	2
ЭЦВ-8	2.1	2
ЭЦВ-10	1.5	2
Блоки управления	0.95	4
Водоприемные камеры, резервуары	0.03	1
Задвижки с электроприводом	0.6	4
Обратные клапаны	0.08	4
<b>Водоводы и водопроводные сети ( на 1 км )</b>		
Трубы чугунные диаметром, мм:		
100	1.02	от 1 до 4
150	0.92	от 1 до 4
200	0.87	от 1 до 4
250	0.8	от 1 до 4
300	0.7	от 1 до 4
400	0.62	от 1 до 4
500	0.52	от 1 до 4
600	0.48	от 1 до 4
700	0.44	от 1 до 4
800	0.39	от 1 до 4
Трубы стальные диаметром, мм:		
100	0.29	от 2 до 4
150	0.25	от 2 до 4

*Приложение (продолжение)*

Тип оборудования	Интенсивность отказов $\lambda \cdot 10^4$ 1/ч	Интенсивность восстановления $\mu \cdot 10^2$ 1/ч
200	0.22	от 2 до 4
250	0.19	от 2 до 4
300	0.13	от 2 до 4
400	0.12	от 2 до 4
500	0.11	от 2 до 4
600	0.10	от 2 до 4
<b>Насосные станции</b>		
К 8/18 , 1.5К 8/19	1.25	4
2 К 20/18 , 2 К 20/30	1	4
3 К 45/30	2	4
4 К 90/25 , 4 К 90/20	3	4
6 К 120/20	1.8	4
6 К 170/32.5	2	4
2В-1.6М , 40В-24	2.8	4
КВН-3 , КВН-4	4	4
Д 200-95	3.2	4
Д 320-70	1.9	4
Д 630-90	2.1	2
Д 1250-125	1.6	2
Д 2500-62	2	2
10Д-6 , 10Д-9 , 12Д-6	2.2	2
3 НФ , 4НФ , 6НФ	1.8	4
Сетевые задвижки	0.15	от 1 до 4
<b>Очистные сооружения</b>		
Смеситель	0.05	0.15
Камера хлопьеобразования	0.05	0.15
Дозатор коагулянта	1.25	6
Дозатор флокулфнта (ППА)	1.1	5
Дозатор извести	1.1	5
Дозатор активированного угля	1.1	5
Отстойники	0.05	0.2
Фильтры осветлительные,	0.05	1
Фильтры скорые	0.1	0.2
Резервуары чистой воды	0.03	0.1

Приложение (окончание)

Тип оборудования	Интенсивность отказов $\lambda \cdot 10^4$ 1/ч	Интенсивность восстановления $\mu \cdot 10^2$ 1/ч
Очистные сооружения		
Дренаж пористобетонный, трубчатый	0.25	1
Напорные фильтры	0.1	1.5
Барабанные сетки	1.6	2
Обеззараживающие установки ОВАКХ – 1	2.5	10
Хлораторы ЛОНИИ – 100	0.8	10
КИП	1.25	6
Задвижки с электроприводом	0.3	2

# НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Задание на контрольную работу

Редактор *В.К. Тихонычева*  
Компьютерная верстка *О.А. Денисова*

---

Тип. зак.	Изд. зак. 409	Тираж 400 экз.
Подписано в печать 01.09.04	Гарнитура Times.	Офсет
Усл. печ. л. 1,25		Формат 60×90 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>

---

Издательский центр РГОТУПС,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Типография РГОТУПС, 125993, Москва, Часовая ул., 22/2