

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА»

НОВОМОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)

**ДИАГНОСТИКА И НАДЁЖНОСТЬ
СИСТЕМ
АВТОМАТИЗАЦИИ**

Программа , контрольные задания и методические указания по курсу

Новомосковск
2018

УДК 621.3.3
ББК 30.14
Д 44

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент *И.Д. Моисеева*
(НИ (филиал) ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева)
кандидат технических наук, доцент *А.Г. Лопатин*
(НИ (филиал) ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева)

Составители: Предместьин В.Р. Сидельников С.И. Киреев П.А.

Б447 Диагностика и надёжность систем автоматизации: Программа и контрольные задания по курсу /ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И.Менделеева, Новомосковский институт (филиал); Новомосковск, 2018. – 14 с.

Программа курса, контрольные задания и методические указания по курсу «Диагностика и надёжность систем автоматизации» предназначены для студентов – заочников направления 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» и содержат перечень основных понятий и определений по программе курса, перечень лабораторных работ, а также контрольные задания по материалам курса с рекомендациями и указаниями к решению.

Библиогр.: 8 назв.

УДК 621.3.3
ББК 30.14

©Новомосковский институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический
университет им. Д.И. Менделеева», 2018

Оглавление

Введение	3
1.Цели и задачи дисциплины.....	3
2.Программа курса	4
3.Лабораторные работы (перечень)	6
4.Контрольные задания	6
5.Список тем рефератов по курсу ДНСА.....	12
Заключение.....	12
Список использованных источников.....	13

Введение

Курс “ Диагностика и надёжность систем автоматизации ” изучается в течении VIII семестра (IV год обучения) по направлению 15.03.04 “Автоматизация технологических процессов и производств”. В соответствии с учебным планом в VIII семестре студенты – заочники выполняют контрольные задания по курсу, позволяющие усвоить: основные понятия теории надёжности; основные показатели надёжности автоматических систем, методы расчёта их количественных характеристик. Данное учебное пособие предназначено для студентов – заочников, в отличие от предыдущего издания по курсу, ориентированного в большей степени на студентов дневной формы обучения.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

- способность участвовать в организации диагностики технологических процессов, оборудования, средств и систем автоматизации и управления(СЭД) (ПК-25);
- способность участвовать в работах по проведению диагностики и испытаниях технологических процессов, оборудования, средств и систем автоматизации и управления (СЭД) (ПК-36).

Задачами преподавания дисциплины являются:

- приобретение знаний функциональных и числовых показатели надёжности и ремонтпригодности технических и программных элементов и систем;
- приобретение знаний методов анализа (расчета) автоматизированных технических и программных систем;
- приобретение знаний методов диагностирования технических и программных систем;
- формирование и развитие умений определять по результатам испытаний и наблюдений, оценки показателей надёжности и ремонтпригодности технических элементов и систем;
- формирование и развитие умений анализировать надёжность локальных технических (технологических) систем;
- формирование и развитие умений синтезировать локальные технические системы с заданным уровнем надёжности;
- приобретение и формирование навыков оценки показателей надёжности и ремонтпригодности технических элементов и систем;

- приобретение и формирование навыков использования компьютерных технологий для решения задач диагностики и надежности автоматизированных систем;
- приобретение и формирование навыков технической диагностики автоматизированных систем.

2. ПРОГРАММА КУРСА

Дисциплина изучается студентами специальности 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» на четвертом курсе в течение второго семестра.

Объём лекционных, практических, лабораторных занятий:

Лекции - 34 (час)

Лабораторные занятия - 18 (час)

Практические (семинарские) занятия - 17 (час)

самостоятельные занятия - 32 (час)

Всего часов - 108 (час)

Форма контроля: Зачёт.

2.1. Наименование тем, основные понятия, необходимые для освоения курса.

Проблема надежности в технике, технологиях, автоматике. Задачи, решаемые теорией надежности, математический аппарат теории надежности.

Понятие технического элемента, системы. Понятие отказа элемента (системы), классификация отказов. Надежность и ее составляющие: безотказность, восстанавливаемость (ремонтпригодность), сохраняемость и долговечность. Значимость составляющих надежности для технических средств автоматизации.

Функциональные показатели надежности: вероятность безотказной работы и восстановления за заданное время, плотность и интенсивность отказов и восстановления, функция готовности. Числовые показатели надежности: средняя наработка на отказ и восстановления, гамма-процентный ресурс (гарантированный ресурс). Срок сохраняемости, коэффициент готовности и др.

Принципы и закономерности изменения технологического состояния объектов. Виды диагностики и области их применения. Производственные и эксплуатационные допуски. Показатели эффективности диагностики. Вероятность обнаружения неисправностей.

Теоретические законы безотказности и восстанавливаемости: экспоненциальный, нормальный, усеченный нормальный, логарифмически нормальный, Вейбулла. Параметры законов и их связь с числовыми показателями надежности.

Надежность безызбыточных невосстанавливаемых систем
Понятие основного и избыточного (резервного) элемента. Основное соединение элементов. Структурные надежностьные схемы безызбыточных систем.

Определение показателей надежности нерезервированной системы по известным характеристикам надежности основных элементов.

Методы повышения надежности нерезервированной системы: упрощение схем, замена самых "ненадежных" элементов, повышение качества всех элементов.

Надежность систем с резервированием и восстановлением

Резервирование в технических системах и его виды: постоянное, скользящее, замещением; нагруженное, частично нагруженное, ненагруженное; групповое и индивидуальное; одно-, дробно- и многократное; мажоритарное. Структурные надежность схемы для различных видов резервирования.

Методы расчета надежности резервированных невосстанавливаемых систем по известным характеристикам элементов. Показатели эффективности резервирования, способы их определения.

Синтез резервированных систем с оптимальным уровнем надежности. Постановка задачи синтеза резервированной системы с оптимальным или заданным уровнем надежности.

Оптимизационные задачи профилактического обслуживания технических систем.

Эффективность сложных систем. Понятие сложной системы в теории надежности. Невозможность введения понятия отказа для сложной резервированной системы с восстановлением. Понятие эффективности сложной системы, критерии эффективности.

АСУТП как сложная резервированная восстанавливаемая система, анализ эффективности АСУТП при разных понятиях "состояние".

Надежность программных средств и систем. Понятие "отказа" программы, программного обеспечения (ПО). Классификация отказов ПО; ошибки в программах как источник отказа ПО. Классификация ошибок, анализ распределения ошибок по стадиям создания ПО. Способы и приемы выявления и устранения ошибок в ПО на стадиях разработки спецификаций, проектирования, реализации.

Функциональные и числовые характеристики безотказности и восстанавливаемости нерезервированных программных средств и систем. Зависимость показателей надежности программных средств от числа ошибок в программах. Оценивание числа ошибок в ПО на стадии сопровождения.

Резервирование программных средств и систем. Виды резервирования: временное, информационное, программное, программно-аппаратное. Оценка показателей надежности технических средств и систем. Определительные испытания на надежность. Планирование и проведение испытаний, методы обработки экспериментальных данных при определении статистических распределений и точечных и интервальных оценок числовых показателей надежности. Форсированные испытания на надежность. Методика их проведения и обработки данных.

Контрольные испытания технических средств и систем. Понятие ошибок первого и второго рода, риска изготовителя и пользователя. Тактика последовательного экспериментирования с целью обеспечения заданных рисков изготовителя и пользователя.

Определение оценок показателей надежности технических элементов и систем по результатам эксплуатации. Методы сбора данных о наработках между отказами и восстановлениями; оценивание показателей надежности; анализ влияния условий эксплуатации элементов и систем на оценки показателей надежности.

3. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ (перечень)

1. Лабораторная работа 1. “Определение вида закона распределения наработки до отказа по результатам испытания технической системы”
2. Лабораторная работа 2. “Оценка параметров времени исправной работы технической системы”
3. Лабораторная работа 3. “Исследование методов повышения надёжности системы за счёт применения резервных элементов”.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Задача 1.

На испытание поставлено N_0 систем. За время t час. вышло из строя $n(t)$ систем. За последующий интервал времени Δt вышло из строя $n(\Delta t)$ систем. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы за время t и Δt , частоту отказов и интенсивность отказов на интервале Δt . $N_0=N$, $t=a$ час., $\Delta t=b$ час., $n(t)=c$, $n(\Delta t)=d$.

Указания к решению.

Вероятность безотказной работы по статистическим данным об отказах определяется по формуле:

$$\bar{P}(t) = (N_0 - n(t)) / N_0,$$

где N_0 — число изделий в начале испытания; $n(t)$ — число отказавших изделий за время t ; $\bar{P}(t)$ — статистическая оценка вероятности безотказной работы.

Частотой отказов называется отношение числа отказавших изделий в единицу времени к первоначальному числу испытываемых изделий при условии, что все вышедшие из строя изделия не восстанавливаются.

$$\bar{f}(t) = n(\Delta t) / (N_0 \cdot \Delta t),$$

где $n(\Delta t)$ — число отказавших образцов в интервале времени от $t - \Delta t/2$ до $t + \Delta t/2$.

Интенсивностью отказов называется отношение числа отказавших изделий в единицу времени к среднему числу изделий, исправно работающих в данный отрезок времени. Согласно определению:

$$\bar{\lambda}(t) = n(\Delta t) / (N_{cp} \cdot \Delta t) \quad (1.6)$$

где $N_{cp} = (N_i + N_{i+1}) / 2$ — среднее число исправно работающих изделий в интервале Δt ; N_i — число изделий, исправно работающих в начале интервала Δt ; N_{i+1} — число изделия исправно работающих в конце интервала Δt .

Варианты.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
N	1000	1050	1100	1100	600	900	1500	800	1050	950	1100	700	900	1600	800
a	5000	4000	3000	5000	4000	3000	4000	3000	4000	2000	6000	4000	2500	2000	3000
b	1000	1000	500	500	500	500	1000	900	1000	500	400	300	700	100	410
c	160	150	100	120	120	100	200	150	150	63	220	120	102	200	150
d	50	47	120	60	60	60	77	81	47	50	60	60	60	77	81

Задача 2.

Пусть время работы до отказа подчинено экспоненциальному закону распределения с параметрами $\lambda = x \cdot 10^{-5}$ час.

Требуется вычислить количественные характеристики надежности $P(t)$, $f(t)$, T_{cp} для $t = a, b, c$ час. Построить графики соответствующих функций ($P(t)$, $f(t)$, $\lambda(t)$).

Указания к решению.

Для экспоненциального закона распределения вероятность безотказной работы системы определяется выражением:

$$P(t) = e^{-\lambda t}, \quad \text{где } \lambda - \text{показатель экспоненциального закона}$$

$$\text{Вероятность отказа - } g(t) = 1 - e^{-\lambda t};$$

$$\text{Частота отказов - } f(t) = dg(t)/dt = \lambda \cdot e^{-\lambda t};$$

$$\text{Интенсивность отказов - } \lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = \frac{\lambda \cdot e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t}} = \lambda = const$$

Интенсивность отказов равна параметру экспоненциального закона и является постоянной величиной.

Варианты.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
x	1,2	1,5	1,7	2	2,1	2,5	1,6	2,2	2,3	3	2,6	2,7	2,8	2,9	3
a	500	200	600	200	500	700	500	450	500	200	450	200	310	200	300
b	1000	1200	1500	1700	1000	1200	1000	1300	1150	1250	1000	1200	1560	1270	1200
c	2000	2500	2000	3500	2000	1500	2000	2500	3000	2500	4000	2500	2000	2300	2100

Задача 3.

Пусть время работы до отказа подчинено усеченному нормальному закону распределения с параметрами $T_1 = x$ час., $\sigma = y$ час.

Требуется вычислить количественные характеристики надежности $P(t)$, $f(t)$, $\lambda(t)$, T_{cp} для $t = a, b, c, d$ час. Построить графики соответствующих функций ($P(t)$, $f(t)$, $\lambda(t)$).

Указания к решению.

Для усечённого нормального закона распределения вероятность безотказной работы системы определяется выражением:

$$P(t) = \frac{F\left[\frac{T-t}{\sigma}\right]}{F\left[\frac{T}{\sigma}\right]},$$

где $F(U) = \begin{cases} 0,5 + \Phi_0(U), & \text{если } U \geq 0 \\ 0,5 - \Phi_0(|U|), & \text{если } U < 0 \end{cases},$

$\Phi_0(U) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_0^U e^{-\frac{U^2}{2}} dU$ - нормированная функция Лапласа; T – среднее время

наработки на отказ; σ - среднеквадратичное отклонение.

Вероятность отказа - $g(t) = 1 - P(t)$;

Частота отказов- $f(t) = \frac{1}{F\left[\frac{T}{\sigma}\right] \cdot \sqrt{2 \cdot \pi} \cdot \sigma} \cdot e^{-\frac{(t-T)^2}{2\sigma^2}};$

Интенсивность отказов - $\lambda(t) = \left[\frac{1}{F\left[\frac{T}{\sigma}\right] \cdot \sqrt{2 \cdot \pi} \cdot \sigma} \cdot e^{-\frac{(t-T)^2}{2\sigma^2}} \right]$

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
x	8000	7000	5000	6000	7000	5090	7000	5000	6000	7000	6000	8000	7000	5000	
y	2000	1000	1000	2000	1100	1025	2300	1000	2000	1100	1000	2000	1000	2000	
a	4000	1000	1500	4000	1000	1640	4000	1025	4000	1000	1640	4000	1000	1300	2000
b	6000	2000	2000	6000	2100	2060	2000	2000	6121	2000	2000	6300	2000	2000	
c	8000	4000	5000	8100	4000	5080	4000	5583	4500	5000	5100	8000	5000	5000	
d	1000	6000	7000	9000	6000	7000	1000	6000	7000	9000	6000	7500	7200	1300	1200
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Задача 4.

Время безотказной работы системы подчиняется закону Вейбулла с параметрами $k=S$, $\nu=L \cdot 10^{-4}$ 1/час, а время его работы $t=A$ час.

Требуется вычислить количественные характеристики надежности системы. Построить графики соответствующих функций $P(t)$, $f(t)$, $\lambda(t)$.

Указания к решению.

Согласно закону Вейбулла:

Вероятность безотказной работы определяется как:

$P(t) = e^{-k \cdot t^\nu}$; где k и ν - параметры распределения Вейбулла; k – масштабируемый коэффициент; при его изменении кривые либо расширяются, либо сужаются; (обычно $\nu=(1..2)$);

Частота отказов-

$$f(t) = -\frac{dP(t)}{dt} = k \cdot \nu \cdot t^{\nu-1} \cdot e^{-k \cdot \nu \cdot t^\nu};$$

Интенсивность отказов -

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = k \cdot \nu \cdot t^{\nu-1}$$

В случае $\nu=1 \Rightarrow P(t)=e^{-kt}$ - экспоненциальный закон.

Варианты.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
S	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2	2,4	2,2	2,3	3	2,7	1,4	1,1	1,2
L	1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,2	1	1	2,3	1,1	1,4	1,5	1,6	1,7	1,1
A	100	200	111	120	190	124	105	108	109	219	300	412	214	431	132

Задача 5.

За наблюдаемый период эксплуатации в аппаратуре было зафиксировано 8 отказов. Время восстановления составило: $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8$ (мин.). Определить среднее время восстановления.

Указания к решению.

Среднее время восстановления определяется согласно выражению:

$$t_6 = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}, \text{ где } n - \text{число отказов.}$$

Варианты.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
t_1	12	11	28	9	12	17	11	6	20	25	17	24	23	28	24
t_2	23	24	25	17	23	28	24	9	17	31	11	12	15	25	12
t_3	15	12	31	28	15	25	12	16	19	23	27	45	9	9	23
t_4	9	23	15	25	9	9	23	15	25	9	13	26	7	9	23
t_5	17	15	9	31	22	25	15	25	17	9	7	15	25	25	15
t_6	28	9	7	15	25	31	9	25	28	20	45	25	25	17	8
t_7	25	17	8	9	31	15	16	31	25	17	26	17	25	17	23
t_8	31	28	32	41	15	17	31	9	31	11	23	28	31	28	15

Задача 6.

Схема расчета надежности показана на рисунке (рис.1.):

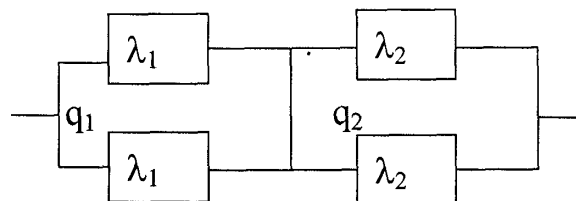


Рис. 1. Структурная схема расчёта надёжности

Необходимо найти по известным вероятностям отказов элементов q_1 и q_2 вероятность безотказной работы изделия.

Указания к решению.

Вероятность безотказной работы системы последовательно-соединённых элементов определяется как произведение вероятностей безотказной работы элементов системы:

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^k P_i(t), \text{ где } k \text{ – количество последовательно-соединённых элементов.}$$

Вероятность безотказной работы системы параллельно-соединённых элементов определяется как произведение вероятностей отказов элементов системы:

$$Q_c(t) = \prod_{i=1}^k Q_i(t), \text{ где } k \text{ – количество параллельно-соединённых элементов.}$$

Вероятность безотказной работы системы будет определяться как:

$$P_c(t) = 1 - \prod_{i=1}^k Q_i(t) \text{ или } P_c(t) = 1 - \prod_{i=1}^k (1 - P_i(t)).$$

Варианты.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
q ₁	0,12	0,11	0,28	0,09	0,12	0,17	0,11	0,06	0,20	0,25	0,17	0,24	0,23	0,28	0,24
q ₂	0,23	0,24	0,25	0,17	0,23	0,28	0,24	0,09	0,17	0,31	0,11	0,12	0,15	0,25	0,12

5. Список тем рефератов по курсу ДНСА

1. Понятие «отказ». Классификация отказов. Составляющие надёжности. Безотказность, ремонтпригодность, долговечность, сохраняемость.
2. Показатели надёжности невосстанавливаемых систем. Связь между показателями надёжности невосстанавливаемых систем.
3. Экспоненциальный закон распределения.
4. Закон Вейбулла.
5. Усечённый нормальный закон распределения.
6. Поток отказов, его свойства.
7. Классификация испытаний на надёжность.
8. Комплексные показатели надёжности восстанавливаемых систем.
9. Классификация нагрузок по физической природе.
10. Надёжность программного обеспечения.
11. Надёжность оперативного персонала.
12. Структурное, информационное, временное и функциональное резервирование.
13. Структурные схемы расчёта надёжности. Типы соединений.
14. Методы расчёта структурных схем надёжности.
15. Определённые испытания, их виды. Ускоренные испытания.

Примечание: Тема выбирается согласно номеру варианта. Объём реферата – 6-7 печатных страниц формата А4.

Заключение

Учебное пособие «Программа и контрольные задания по курсу» содержит контрольные задания с указаниями к решению для студентов – заочников специальности 15.03.04 “Автоматизация технологических процессов и производств”. В пособии также приведены: перечень лабораторных работ, список рекомендуемой литературы и программа курса.

Библиографический список

1. Музипов Х.Н., Кузяков О.Н. Автоматизированное проектирование средств и систем управления
2. Гаврилов А.Н., Пятаков Ю.В. Системы управления химико-технологическими процессами. В 2 ч. Ч. 1
3. Гаврилов А.Н., Пятаков Ю.В. Средства и системы управления технологическими процессами
4. ЮРАЙТ
5. Шишмарёв В.Ю. Автоматика 2-е изд., испр. и доп. Учебник для СПО
6. Шишмарёв В.Ю. Автоматика 2-е изд., испр. и доп. Учебник для академического бакалавриата
7. Серебряков А.С. Автоматика. Учебник и практикум для академического бакалавриата
8. Троценко В.В., Федоров В.К., Забудский А.И., Комендантов В.В. Системы управления технологическими процессами и информационные технологии 2-е изд., испр. и доп. Учебное пособие для СПО
9. Троценко В.В., Федоров В.К., Забудский А.И., Комендантов В.В. Системы управления технологическими процессами и информационные технологии 2-е изд., испр. и доп. Учебное пособие для академического бакалавриата
10. Телицин В.В. Системы автоматического управления. Учебное пособие для вузов

Учебное издание

**ДИАГНОСТИКА И НАДЁЖНОСТЬ
СИСТЕМ
АВТОМАТИЗАЦИИ**

Программа , контрольные задания и методические указания по курсу

Составители:
Предместьин В.Р.
Сидельников С.И.
Киреев П.А.

Издано на средства авторов
Компьютерная верстка: ____
Редактор: *Туманова Е.М.*
Подписано в печать Формат 60x84 1/16.
Бумага «SvetoCору». Отпечатано на ризографе.
Усл.печ.л. 1,63. Уч.-изд.л. 0,56.
Тираж 50 экз. Заказ №

ФГБОУ ВО Российский химико-технологический университет
им.Д.И.Менделеева
Новомосковский институт (филиал). Издательский центр
Адрес университета:125047, Москва, Миусская площадь пл.,9