МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Курганский государственный университет

Кафедра автоматизации производственных процессов

НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Методические указания

к практическим занятиям и контрольные задания для студентов
специальности 280101 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере»
и направления 280700 «Техносферная безопасность»

Курган 2012

Кафедра «Автоматизация производственных процессов»

Дисциплина: «Надежность технических систем», «Надежность технических систем и техногенный риск»

Составила: доц. Иванова И.А.

Утверждены на заседании кафедры 6.09.2012 г.

Рекомендованы методическим советом университета

28 сентября 2012 г.

В данных методических указаниях с единых позиций рассматриваются вопросы надежности технических систем. Исходя из того, что наилучшим методом изучения теории является решение практических задач, приведены типовые задачи и дается их решение, а также составлены задачи для самостоятельного решения.

1. Основные понятия и определения

Задачами эксплуатации технической системы являются организация и проведение различных мероприятий, обеспечивающих подготовку к использованию, использование по назначению, поддержание исправного состояния.

Под эксплуатационными свойствами технической системы понимают ее надежность, готовность к выполнению основных функций, приспособленность к техническому обслуживанию, экономичность.

Надежность – это свойство технической системы выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технических обслуживаний, ремонтов, хранения и транспортирования.

Готовность – это свойство технической системы, характеризующее ее приспособленность к переводу из любого исходного состояния в состояние непосредственного применения к назначению.

Надежность является одним из важнейших эксплуатационных свойств технической системы, так как он в значительной степени определяет эффективность применения технической системы по назначению, а также требуемый уровень надежности во многом определяет и стоимость изготовления технической системы.

Надежность является комплексным свойством. В зависимости от назначения технической системы и условий ее эксплуатации надежность может включать в себя безотказность, ремонтопригодность, сохраняемость и долговечность.

Безотказность - это свойство объекта сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки. При этом под работоспособностью (работоспособным состоянием) понимают такое состояние технической системы, при котором она способна выполнять заданные функции, сохраняя значения заданных параметров в проделах, установленных нормативно-технической документацией. Если же значение хотя бы одного параметра не соответствует установленным требованиям, то техническая система находится в неработоспособном состоянии.

Более широким, характеризующим техническое состояние технической системы, является понятие «исправность», или «исправное состояние».

Под исправным состоянием понимают такое состояние технической системы, при котором она соответствует всем требованиям, установленным нормативно-технической документацией. Из этого определения видно, что понятие

«исправность» шире, чем понятие «работоспособность», так как техническая система может быть и неисправной, но работоспособной.

Событие, заключающееся в нарушении работоспособности технической системы, называют отказом. Под отказом нужно понимать не только полную потерю работоспособности, но и ее ухудшение вследствие изменения значения параметров.

Отказы подразделяются:

1) по характеру изменения параметров до момента возникновения отказа – внезапные и постепенные.

Внезапным называют отказ, характеризующийся скачкообразным изменением одного или нескольких параметров.

Постепенным называют отказ, характеризующийся постепенным изменением значений одного или нескольких параметров;

2) по взаимосвязи между собой – зависимые и независимые.

Зависимым называют отказ элемента объекта, обусловленный отказом другого элемента.

Независимым называют отказ элемента объекта, не обусловленный отказами других элементов;

3) по характеру времени нарушения работоспособности – на сбои и перемежающиеся.

Сбоем называют самоустраняющийся отказ, приводящий к кратковременному нарушению работоспособности.

Перемежающимся отказом называют многократный возникающий сбой одного и того же характера.

4) по наличию внешних признаков – явные и неявные.

Явный отказ - это отказ, который обнаруживается сразу после его появления без применения измерительных приборов.

Неявный отказ (скрытый) – это отказ, который не имеет внешних признаков проявления и может быть обнаружен только с помощью соответствующих измерений;

5) по причинам возникновения – конструкционный, производственный и эксплуатационный.

Конструкционным называют отказ, возникающий в результате нарушения установленных правил или норм конструирования объекта.

Производственным называют отказ, возникающий в результате нарушения установленного процесса изготовления и ремонта объекта.

Эксплуатационным называют отказ, возникший в результате нарушения установленных правил или условий эксплуатации объекта.

Кроме того, вся техническая система и ее составные части делятся на ремонтируемые и неремонтируемые. **Ремонтируемым** называют такой объект, исправность и работоспособность которого в случае возникновения отказа или повреждения подлежит восстановлению. Объект, у которого исправность или работоспособность не подлежат восстановлению, называется **неремонтируемым**.

Ремонтопригодность - свойство технической системы, заключающееся в приспособлении к предупреждению и обнаружению причин возникновения ее отказов, повреждений и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

В процессе эксплуатации техническая система может транспортироваться, а также храниться иногда в течение длительного времени.

Свойства технической системы непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние в течение и после хранения, транспортирования называется **сохраняемостью**.

Долговечность- это свойство технической системы сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов. Предельным называют такое состояние, при котором дальнейшая эксплуатация технической системы должна быть прекращена. Признаки предельного состояния устанавливаются нормативно-технической документацией.

2. Основные понятия теории вероятностей

Возникновение отказов в технических системах зависит от различных факторов, определяемых как внутренними свойствами технической системы, так и воздействием внешних условий. Это приводит к тому, что процесс возникновения отказов в процессе эксплуатации носит случайный характер. Поэтому для количественной оценки различных характеристик технической системы широко используются вероятностные методы.

В теории вероятностей случайной называется величина, которая в результате опыта может принять то или иное значение, предугадать которое заранее и достоверно невозможно.

Все случайные величины делятся на непрерывные и дискретные. Примерами непрерывных случайных величин являются время безотказной работы устройства, значение того или иного технического параметра и т.д. Дискретными величинами являются число отказов, возникающих за определенный период работы устройства, число неисправных устройств и т.п.

Событием в теории вероятностей считается всякий факт, который в результате опыта может произойти или не произойти. Для количественного сравнения между собой событий по степени их возможности используют определенное число, которое тем больше, чем более возможно событие. Такое число называется вероятностью события.

Если вероятность одного события не изменяется от того, произошло или не произошло другое событие, то такие события называются независимыми. Если же возможность появления одного события зависит от того, произошло или не произошло другое событие, то такие события называются зависимыми. События называются несовместными, если никакие два из них не могут появиться вместе. Событие, вероятность которого равна единице, называется достоверным событием.

Вероятность суммы несовместных событий равна сумме вероятностей этих событий – теорема сложения вероятностей.

Вероятность произведения независимых событий равна произведению вероятностей этих событий – теорема умножения вероятностей.

На практике зачастую обе теоремы приходится применять совместно. На основании теоремы сложения и умножения вероятностей формулируется теорема полной вероятности.

Допустим, что нужно определить вероятность некоторого события **A**, которое может произойти вместе с одним из событий **H**, образующих полную группу несовместных событий, называемых гипотезами. Тогда теорема полной вероятности

$$P(A) := \Sigma \quad \blacksquare\,\blacksquare\, \iota P\left(H_\iota\right) \blacksquare \cdot P\left(\frac{A}{H_\iota}\right) \qquad (1)$$

т.е. вероятность события А вычисляется как сумма произведений вероятности каждой гипотезы на вероятность события при этой гипотезе.

Пример 1. На складе находится 100 приборов, из них 50 исправные, 30 не имеют отказов и 20 отказавших. Найти вероятность того, что взятый наугад прибор окажется работоспособным.

Решение. Рассмотрим события:

А- выбор работоспособного прибора;

А1- выбор исправного прибора;

А2- выбор безотказного прибора.

Тогда P(A)= P(A2)+ P(A1) = 0,5+0,3=0,8.

Пример 2. В шкафу находится 6 однотипных приборов. В начале опыта все они новые. Для временной эксплуатации берут наугад два прибора. После эксплуатации их возвращают в шкаф. По внешнему виду используемые приборы не отличаются от новых. Найти вероятность того, что после трехкратного выбора и эксплуатации в шкафу не останется новых приборов.

Решение. Событие А, заключающееся в том, что не останется новых приборов, может произойти единственным способом: и первый раз, и второй, и третий из шкафа будут взяты новые приборы.

Рассмотрим события:

А1- выбор новых приборов первый раз;

А2 – выбор одного нового прибора при первом вынимании при вторичном выборе;

А3 – выбор одного нового прибора при втором вынимании при вторичном выборе;

А4 – выбор одного нового прибора при первом вынимании при трехкратном выборе;

А5 – выбор одного нового прибора при втором вынимании при трехкратном выборе.

Тогда P(A)=P(A1)P(A2/A1)P(A3/A2)P(A4/A3)P(A5/A4)=
=1*4/6*3/5*2/6*1/5=0,027.

3. Безотказность

Основной количественной мерой является вероятность безотказной работы P(t) – вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникает. Наработка – термин, определяющий продолжительность работы объекта.

Практически величина вероятности безотказной работы

определяется статистическим путем по информации об отказах за выбранный промежуток времени t:

$$P=(N-n)/N, \qquad (2)$$

где N - число объектов в начале испытаний; n-число объектов, отказавших за время **t**.

Показателями безотказности неремонтируемых объектов являются: вероятность безотказной работы P(t),частота отказов f(t), интенсивность отказов λ(t) и средняя наработка до первого отказа Tср.

По статистическим данным частота отказов

$$f=\Delta n/(N*\Delta t), \qquad (3)$$

где Δn - число отказов в интервале времени Δt; N - число испытуемых элементов; Δt - время испытаний.

Критерием, наиболее полно характеризующим надежность неремонтируемых объектов, является интенсивность отказов $\lambda(t)$. В отличие от частоты отказов f(t) этот показатель характеризует надежность элемента в каждый данный момент, т.е. его локальную надежность. Под интенсивностью отказов понимают число отказов в единицу времени, отнесенное к среднему числу элементов, безотказно работающих в данный промежуток времени. При этом отказавшие элементы не заменяются. Из опытных данных эта характеристика рассчитывается по формуле:

$$\lambda=\Delta n/(Ncp*\Delta t), \qquad (4)$$

где Ncp - среднее число работоспособных элементов.

Средней наработкой до первого отказа Tср называется математическое ожидание времени работы до первого отказа. По данным испытаний

$$Tcp = \Sigma t/N, \qquad (5)$$

где **t**- время исправной работы **i**-того элемента, N - общее число испытуемых элементов.

Пример 3. На испытаниях находились N=1000 неремонтируемых образцов. Число отказов Δn фиксировалось через каждые 100 часов работы (Δt=100 ч). Ниже приведены данные об отказах:

Δt	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600 ;
Δn	50	40	32	25	20	16 ;

Δt	600-700	700-800	800-900	900-1000 ;
Δn	15	14	15	14 .

Требуется найти P(1000), λ(950) и Tср.

Решение.

1. P(1000)=(1000-241)/1000=0,759.
2. λ(950)=14/100(773+759)/2=0,182* 10^{-3}.

3. $$T_{ср}=\frac{50*50+40*150+32*250+\ldots+15*950}{241}=371 \text{ ч.}$$

4. Общие сведения о законах распределения времени безотказной работы

В силу того, что процесс возникновения отказов в технических системах носит случайный характер и зависит от многих факторов, следовательно, время безотказной работы – случайная величина и для описания ее распределения в теории надежности используется ряд законов: Вейбулла, экспоненциальный, Релея, нормальный, Пуассона и др.

Распределение Вейбулла является наиболее общим законом распределения времени безотказной работы. Этому закону подчиняется распределение отказов в объектах, содержащих большое количество однотипных неремонтируемых элементов.

Экспоненциальное распределение. Его можно рассматривать как частный случай закона Вейбулла. Экспоненциальное распределение типично для большинства сложных технических систем, содержащих большое число различных неремонтируемых элементов, имеющих преимущественно внезапные отказы. Основные соотношения для экспоненциального закона распределения:

$$P(t)= e^{-\lambda\tau}, \quad (6)$$

$$\lambda(t)=const,\ T_o = 1/\lambda \quad (7)$$

Распределение Релея. Это распределение достаточно полно описывает поведение ряда объектов и элементов с явно выраженным эффектом старения и износа.

Нормальное распределение. Оно широко используется в теории вероятностей, а также и в теории надежности. Этот закон распределения описывает надежность объектов, для которых типичен износ, причем все отказы однородны по качеству и имеют малый разброс износа.

5. Готовность

Готовность является важным фактором, определяется следующими основными свойствами и факторами:

- надежностью;
- принятой системой технического обслуживания и контроля технического состояния;
- квалификацией обслуживающего персонала.

Показатели готовности называют еще комплексными показателями надежности, так как они характеризуют одновременно несколько свойств, составляющих надежность.

Показателями готовности являются: коэффициент готовности Кг, коэффициент оперативной готовности Ког, коэффициент технического использования Кти.

Коэффициент готовности Кг представляет собой отношение суммарного времени исправной работы к общему времени исправной работы и ремонта, взятых за определенный период эксплуатации.

Коэффициент оперативной готовности

$$Ког = Кг * P(t) \qquad (8)$$

Пример 4. Прибор к началу наблюдения за отказами проработал 458 ч. К концу наблюдения наработка составила 2783 ч. Всего зарегистрировано 5 отказов. Среднее время ремонта составило 1,5 часа. Определить наработку на отказ То и Кг.

Решение. То = (2783-458) / 5 = 465 ч;

Кг =То/ (То + Тр) = 465 / (465 +1,5) = 0,997.

6. Структурные схемы надежности и расчет показателей надежности

Математическая модель описания сложной технической системы в теории надежности получила название структурной схемы надежности (ССН).

Структурная схема надежности представляет собой условную запись или графическое изображение, позволяющее определять ее работоспособность че-

рез работоспособность ее элементов с учетом их связей и функционального назначения.

ССН должна:

1. Достаточно точно описывать работоспособность системы через работоспособность ее элементов.

2. Однозначно выражать показатели надежности системы через показатели надежности ее элементов.

3. Основываться на достаточно простых принципах построения на базе функциональной схемы системы.

4. Иметь физический смысл, поддаваться формализации и алгоритмированию при поведении вычислительных работ.

В практике расчетов надежности нашли распространение

графический и аналитический способы построения ССН. Наибольшее распространение получил графический способ построения ССН.

Этот способ состоит в том, что отдельный элемент технической системы условно представляют в виде прямоугольников, соединенных между собой в определенной последовательности. Последовательно соединяются элементы, отказ каждого из которых приводит к отказу всей системы. При составлении ССН пользуются методом «слабых звеньев», т.е. в сложной системе выделяют только те узлы и блоки, надежность которых в данных условиях минимальна.

Кроме последовательного соединения звеньев существует и параллельное соединение, при котором система работает до тех пор, пока не откажет последнее звено. Такие системы называются системами с резервированием. Резервирование является способом повышения надежности технических систем, в то же время резервирование ведет к увеличению стоимости системы и габаритных размеров.

6.1. Определение показателей надежности системы с последовательным соединением звеньев

Если надежность отдельных узлов технической системы не зависит друг от друга, т .е. выход из строя какой-либо части не меняет надежности других элементов, то в этом случае надежность системы определяется произведением надежности составных частей:

$$Pc = P1*P2*P3*\ldots..Pn = \Pi\ Pi \qquad (9)$$

Если закон распределения наработки на отказ каждого элемента системы является экспоненциальным, то надежность системы равна

$$Pc = e^{-\lambda_T}, \qquad (10)$$

где $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \ldots + \lambda_n$. (11)

При последовательном соединении элементов надежность системы не превышает надежности наименее надежного элемента.

6.2. Определение показателей надежности системы с параллельным соединением элементов

Вероятность отказа системы

$$Qc = \Pi (1 – Pi). \qquad (12)$$

Вероятность безотказной работы:

$$Pc = 1 – Qc = 1 – \Pi (1 – P\ i). \qquad (13)$$

При анализе надежности с параллельным соединением элементов предполагается , что при включении системы работают все элементы и что отказы отдельных элементов не влияют на отказы элементов, продолжающих работать.

6.3. Расчет надежности систем со сложной структурной схемой

Для расчета надежности систем со сложной структурной схемой применяются способы преобразования соединения «треугольником» в соединение «звездой» и обратно и преобразование ССН с помощью разложения по базовому элементу.

Способ разложения по базовому элементу основан на использовании теоремы о сумме вероятностей несовместных событий. В сложной ССН выбирают базовый элемент или группу элементов и делают следующие допущения:

1. Базовый элемент находится в работоспособном состоянии.
2. Базовый элемент находится в неработоспособном состоянии.

Исходная ССН преобразуется в две новые схемы: в первой схеме вместо базового элемента ставится короткое замыкание цепи, во второй схеме - разрыв.

Пример 5. Рассчитаем надежность следующей схемы (рис 1):

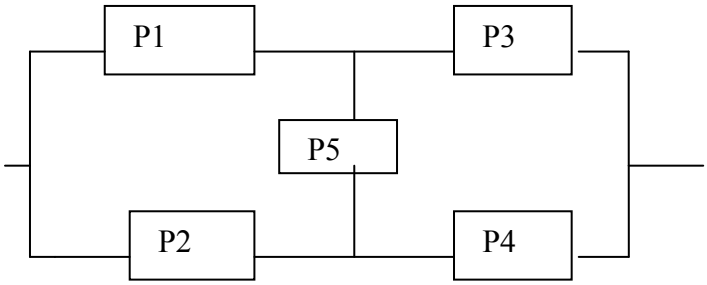

Рис. 1

Исходную схему разбиваем на две схемы:
1-я схема (рис. 2), 2-я схема (рис. 3).

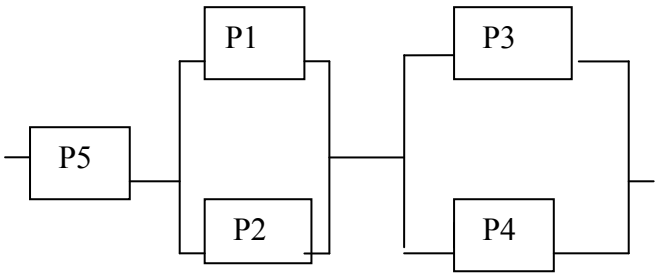

Рис. 2

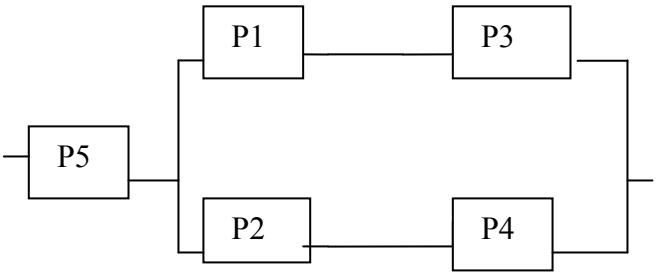

Рис. 3

Вероятность безотказной работы исходной системы согласно теореме о сумме вероятностей несовместных событий определяется путем суммирования вероятностей безотказной работы двух новых схем:

Pc = P5(1-(1-P1)*(1-P2))*(1-(1-P3)*(1-P4)) +
+(1- P5)*(1- (1-P1*P3)*(1-P2*P4))

7. Расчет надежности по статистическим данным

Расчет надежности по статистическим данным может производиться либо в процессе испытаний на надежность, либо на основе опыта эксплуатации. Основой являются журнал учета отказов и отчеты о надежности. При расчете надежности по данным отчетов для каждого типа технических систем составляется таблица потока отказов:

Таблица 1

№ отказа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Наработка То ч.	37	53	86	65	2	15	18	69	77	5
№ отказа	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Наработка То ч.	6	25	21	3	119	107	98	56	35	28
№ отказа	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Наработка То ч.	20	13	9	3	7	8	9	8	17	16

На основании этой таблицы строится вариационный ряд наработки данного устройства:

Таблица 2

№ отказа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Наработка То ч.	2	3	3	5	6	7	8	8	9	9
№ отказа	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Наработка То ч.	13	15	16	17	18	20	21	25	28	35
№ отказа	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Наработка То ч.	37	53	56	65	69	77	86	98	107	119

При большем числе наблюдений (порядка сотен) вариационный ряд перестает быть удобной формой записи статистического материала – он становится слишком громоздким и малонаглядным. Для придания ему большей компактности он подвергается дополнительной обработке. Для этого весь диапазон зафиксированных значений отказов делится на интервалы времени Δt_i и подсчитывается количество отказов n_i, приходящихся на каждый интервал. Таблица 3 называется статистическим рядом, где

$P(t=20) = (30 - 16)/30 = 0,46$

$\lambda(t=20) = 16/(20*(30+14)/2) = 0,0363$:

Таблица 3

Ti,час	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	100-120
Ni	16	5	2	3	2	2
λ (t),1/ч	0,0363	0,0218	0,0125	0,027	0,033	-
P(t)	0,46	0,3	0,23	0,13	0,07	-

Остальные данные в таблицу заносятся по аналогичным формулам.

По данным этого ряда строятся гистограммы для оцениваемых показателей надежности (рис. 4, 5):

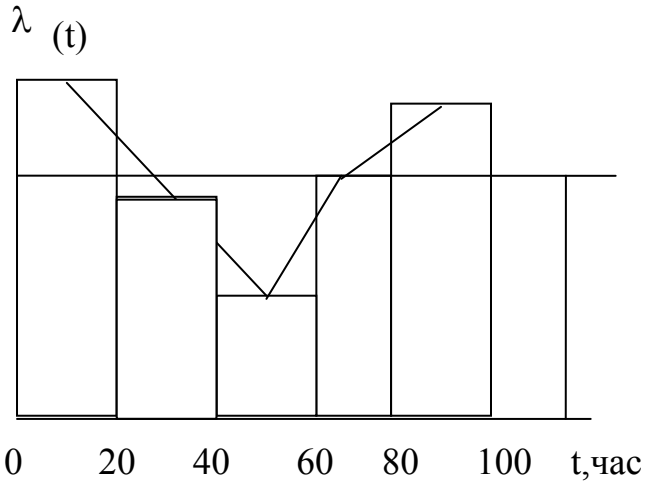

Рис. 4 Гистограмма $\lambda(t)$ ($\lambda_{ср}$ = 0,026 1/ч)

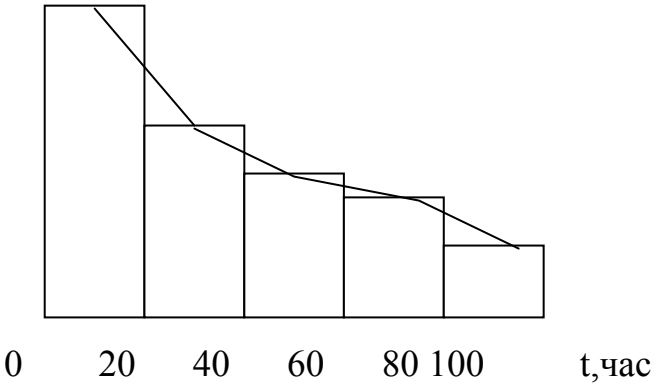

Рис. 5 Гистограмма P(t)

8. Задачи для самостоятельного решения

1. По каналу связи передаются последовательно два сообщения, каждое из которых может быть передано правильно или искажено. Вероятность передачи сообщения без искажения P1 = 0,85; вероятность искажения P2 = 0,15. Определить вероятность того, что хотя бы одно сообщение будет передано правильно.

2. Прибор состоит из 4 блоков. Выход из строя каждого блока означает выход из строя прибора в целом. За время **t** вероятность безотказной работы первого блока P1 = 0,95,второго P2 = 0,85, третьего P3 = 0,75,четвертого – P4 = 0,8. Блоки выходят из строя независимо друг от друга. Найти вероятность безотказной работы прибора в целом.

3. В шкафу стоят однотипные приборы, из которых 6 новых и 4 бывших в эксплуатации. Выбираются наугад два прибора и эксплуатируются в течение

какого-то времени, после чего возвращаются в шкаф. Затем вторично выбираются наугад два прибора. Найти вероятность события **А**, что оба вторично выбранных прибора новые.

4. В шкафу стоят однотипные приборы, из которых 4 новых и 6 бывших в эксплуатации. Выбираются наугад два прибора и эксплуатируются в течение какого-то времени, после чего возвращаются в шкаф. Затем вторично выбираются наугад два прибора. Найти вероятность события **А**, что оба вторично выбранных прибора были в эксплуатации.

5. Радиоэлектронный прибор может работать в двух режимах: нормальном и ненормальном. Нормальный режим наблюдается в 90% всех случаев работы прибора, ненормальный – в 10%. Вероятность выхода прибора из строя за время **t** в нормальном режиме равна 0,2, а в ненормальном режиме 0,7. Найти вероятность выхода из строя прибора за время **t**.

6. Каждое изделие, выпускаемое заводом, может иметь дефект (вероятность дефекта Рд = 0,95). После изготовления изделие осматривается двумя контролерами. Первый контролер обнаруживает дефект с вероятностью Р1 = 0,8, второй с вероятностью Р2 = 0,9. Определить вероятность того, что изделие будет забраковано (дефект будет найден).

7. Каждое изделие, выпускаемое заводом, может иметь дефект (вероятность дефекта Рд = 0,7). После изготовления изделие осматривается двумя контролерами. Первый контролер обнаруживает дефект с вероятностью Р1 = 0,7, второй с вероятностью Р2 = 0,8. Определить вероятность того, что изделие не будет забраковано (дефект не будет найден).

8. В шкафу находится 6 однотипных приборов. В начале опыта все они новые. Для временной эксплуатации берут наугад два прибора. После эксплуатации их возвращают в шкаф. По внешнему виду использованные приборы не отличаются от новых. Найти вероятность того, что после трехкратного выбора и эксплуатации 4 прибора останутся новыми.

9. В шкафу находится 6 однотипных приборов. В начале опыта все они новые Для временной эксплуатации берут наугад два прибора. После эксплуатации их возвращают в шкаф. По внешнему виду использованные приборы не отличаются от новых. Найти вероятность того, что после трехкратного выбора и эксплуатации 2 прибора останутся новыми.

10. В шкафу находится 3 однотипных прибора. В начале опыта все они новые. Для временной эксплуатации берут наугад один прибор и после эксплуатации возвращают в шкаф. Найти вероятность того, что после трехкратного выбора и эксплуатации в шкафу останется 1 новый прибор.

11. На испытание было поставлено N= 1200 изделий. За время t=3000 ч вышло из строя n= 600 изделий. За последующий интервал времени Δt =200 ч вышло из строя Δn= 100 изделий. Необходимо вычислить P(3000), P(3200), λ (3100).

12. На испытание было поставлено N= 1500 изделий. За время t=2000 ч вышло из строя n= 600 изделий. За последующий интервал времени Δt =200 ч

вышло из строя Δn= 200 изделий. Необходимо вычислить P(2000), P(2200), λ (2100).

13. Система состоит из 3 устройств. Для первого устройства интенсивность возникновения отказов λ 1 = 0,16 $*10^{-3}$= const. Для второго устройства λ 2 = 0,23 $*10^{-3}$, для третьего λ 3= 0,6 $*10^{-3}$. Определить вероятность безотказной работы системы в течение t= 100 ч. Распределение экспоненциальное.

14.Система состоит из 4 устройств. Для первого устройства интенсивность возникновения отказов λ 1 = 0,1 $*10^{-3}$, для второго λ 2 =0,2$*10^{-4}$, для третьего λ 3 =0,5$*10^{-5}$, для четвертого λ 4 =0,6$*10^{-5}$. Определить вероятность безотказной работы системы в течение t= 200 ч. Распределение экспоненциальное.

15. Система состоит из 4 устройств. Для первого устройства интенсивность возникновения отказов λ 1 = 0,2 $*10^{-3}$, для второго λ 2 =0,3$*10^{-4}$, для третьего λ 3 =0,4$*10^{-5}$, для четвертого λ 4 =0,5$*10^{-5}$. Определить вероятность безотказной работы системы в течение t= 100 ч. Распределение экспоненциальное.

16. Время безотказной работы сложной ремонтируемой системы подчиняется экспоненциальному закону распределения, интенсивность отказов λ с = 0,001. Среднее время ремонта Тт.р. = 10 ч. Определить коэффициент готовности системы.

17. Время безотказной работы сложной ремонтируемой системы подчиняется экспоненциальному закону распределения, интенсивность отказов λ с = 0,0002. Среднее время ремонта Тт.р. =20 ч. Определить коэффициент готовности системы.

18. В результате анализа данных об отказах объекта состоящего из 4 устройств, установлено, что вероятность безотказной работы устройства в течение времени t = 100 ч равна: P1(100) = 0,96, P2(100) = 0.97, P3(100) = 0,985, P4(100) = 0,995. Требуется найти коэффициент готовности, коэффициент оперативной готовности объекта для t= 200 ч и Тт.р. = 10 ч при экспоненциальном законе распределения времени безотказной работы.

19. Прибор состоит из 4 блоков, отказ любого из которых ведет к отказу прибора. Первый блок отказал 15 раз в течение 18000 ч работы, второй 16 раз в течение 21000 ч работы, третий 6 раз и четвертый 12 раз в течение 15000 ч работы. Определить наработку на отказ прибора, если справедлив экспоненциальный закон надежности для каждого из блоков.

20. Система состоит из 5 приборов, наработка на отказ и среднее время ремонта которых соответственно равны:

1 прибор – То = 500 ч, Т т.р. = 3 ч;

2 прибор – То = 800 ч , Тт.р. = 4 ч ;
3 прибор – То = 300 ч, Тт.р. = 5 ч ;
4 прибор – То = 600 ч, Тт.р. = 4 ч;
5 прибор – То = 700 ч, Тт.р. = 4 ч.

Для прибора справедлив экспоненциальный закон надежности. Определить коэффициент готовности системы и коэффициент оперативной готовности для t= 100 часов.

21. Найти вероятность безотказной работы схемы (рис. 6):
P1 =0,97 ; P4 = 0,9; P2 = 0,8; P5 = 0,8; P3 = 0,95.

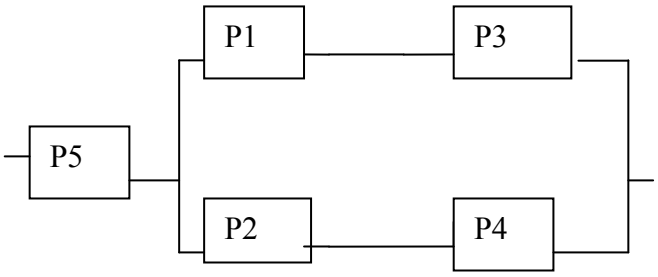

Рис. 6

22. Найти вероятность безотказной работы схемы (рис. 7):
P1 = 0,9; P2 = 0,9; P3 = 0,8; P4 = 0,8; P5 = 0,95; P6 = 0,85.

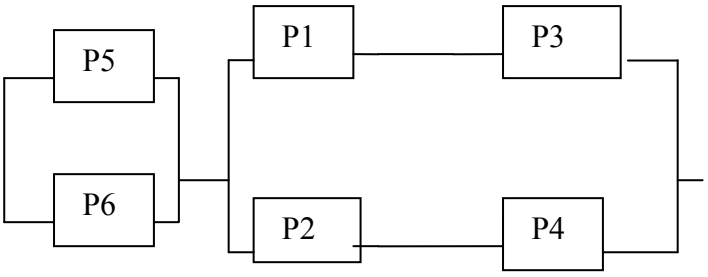

Рис. 7

23. Найти вероятность безотказной работы схемы (рис. 8):
P1 = 0,98; P2 = 0,95; P3 = 0,9; P4 = 0,85; P5 = 0,9; P6 = 0,5;
P7 = 0,6; P8 = 0,8.

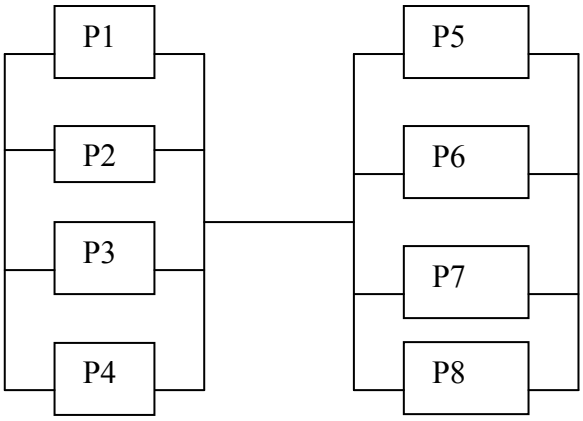

Рис. 8

24. Найти вероятность безотказной работы схемы (рис. 9):
P1 = 0,75; P2 = 0,95; P3 = 0,8; P4 = 0,8; P5 = 0,9; P6 = 0,9;
P7 = 0,85; P8 =0,9.

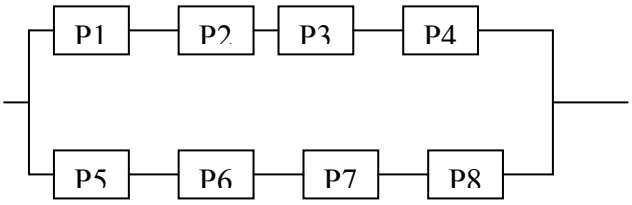

Рис. 9

25. Найти вероятность безотказной работы схемы (рис.10):

P1 = 0,9 ; P2 = 0,8; P3 = 0,9; P4 = 0,85; P5 = 0,75; P6 = 0,9

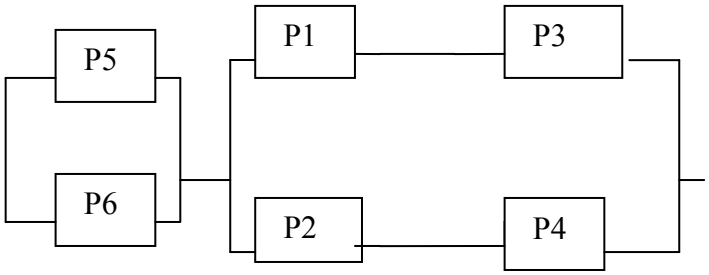

Рис. 10

26. Найти вероятность безотказной работы схемы (рис.11):
P1 = 0,9; P2 = 0,8; P3 = 0,8; P4 = 0,7; P5 = 0,7; P6 = 0,6; P7 = 0,6; P8 = 0,9.

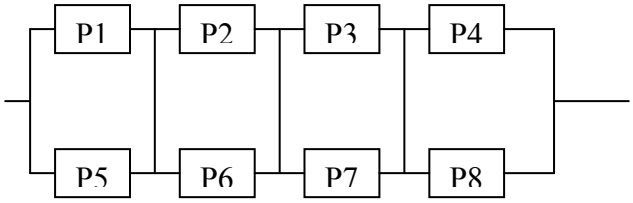

Рис. 11

27. Найти вероятность безотказной работы схемы (рис.12):
P1 = 0,9; P2 = 0,95; P3 = 0,8; P4 = 0,85; P5 = 0,7; P6 = 0,8; P7 = 0,9; P8 = 0,8.

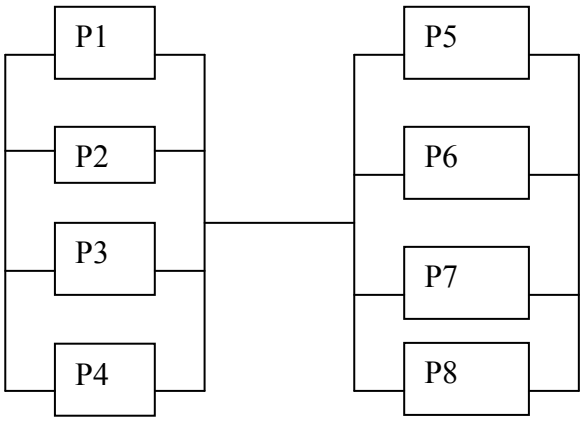

Рис. 12

28. Найти вероятность безотказной работы схемы (рис.13):
P1 = 0,9; P2 = 0,95; P3 = 0,95; P4 = 0,85; P5 = 0,9; P6 = 0,85

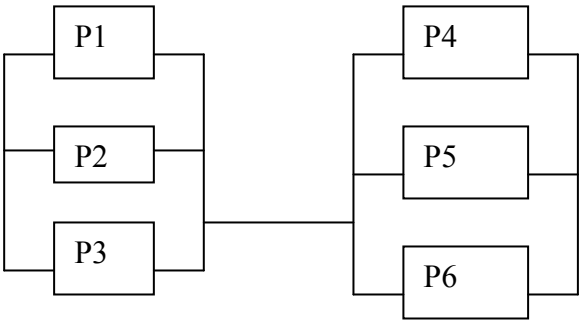

Рис. 13

29. Найти вероятность безотказной работы схемы (рис.14):
P1 = 0,8; P2 = 0,9; P3 = 0,9; P4 = 0,85; P5 = 0,9; P6 = 0,5.

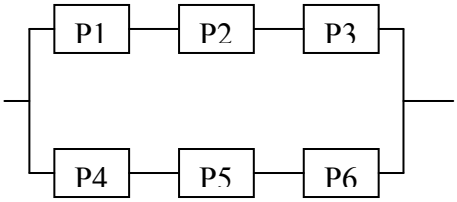

Рис 14

30. Найти вероятность безотказной работы схемы (рис.14):

P1 = 0,7; P2 = 0,6; P3 = 0,9; P4 = 0,85; P5 = 0,8; P6 = 0,6.

31.Дана таблица потока отказов. Рассчитать по статистическим данным значения интенсивности отказов и вероятности безотказной работы P(t). Построить гистограммы распределения.

Таблица 4

№ отказа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Наработка То ч.	28	3	39	45	77	65	29	33	22	58
№ отказа	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Наработка То ч.	37	12	5	43	133	5	90	12	45	38
№ отказа	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Наработка То ч.	117	7	17	55	93	17	88	23	15	18

32. Дана таблица потока отказов. Рассчитать по статистическим данным значения интенсивности отказов и вероятности безотказной работы P(t).

Таблица 5

№ отказа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Наработка То ч.	25	3	39	45	7	65	29	38	22	58
№ отказа	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Наработка То ч.	33	12	5	4	21	5	94	12	45	38
№ отказа	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Наработка То ч.	115	7	17	55	93	17	88	33	77	58

33. Дана таблица потока отказов. Рассчитать по статистическим данным значения интенсивности отказов и вероятности безотказной работы P(t).

Таблица 6

№ отказа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Наработка То ч.	28	3	39	45	7	65	29	13	22	34
№ отказа	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Наработка То ч.	37	12	5	4	32	3	94	12	45	38
№ отказа	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Наработка То ч.	115	7	17	35	93	17	67	35	63	66

34. Дана таблица потока отказов. Рассчитать по статистическим данным значения интенсивности отказов и вероятности безотказной работы P(t).

Таблица 7

№ отказа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Наработка То ч.	21	3	39	75	7	86	29	13	41	34
№ отказа	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Наработка То ч.	37	12	8	4	11	9	94	12	55	38
№ отказа	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Наработка То ч.	115	7	12	35	84	17	58	44	112	2

35. Дана таблица потока отказов. Рассчитать по статистическим данным значения интенсивности отказов и вероятности безотказной работы P(t).

Таблица 8

№ отказа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Наработка То ч.	28	3	39	45	9	59	29	13	22	25
№ отказа	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Наработка То ч.	37	12	3	9	28	3	94	12	24	38
№ отказа	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Наработка То ч.	115	7	13	35	93	17	53	3	5	110

36. Дана таблица потока отказов. Рассчитать по статистическим данным значения интенсивности отказов и вероятности безотказной работы P(t).

Таблица 9

№ отказа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Наработка То ч.	82	3	94	45	7	5	19	13	22	45
№ отказа	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Наработка То ч.	37	12	3	7	76	3	49	12	45	83
№ отказа	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Наработка То ч.	107	7	17	35	93	17	37	12	31	118

37. Дана таблица потока отказов. Рассчитать по статистическим данным значения интенсивности отказов и вероятности безотказной работы P(t).

Таблица 10

№ отказа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Наработка То ч.	31	3	39	25	7	69	29	13	22	14
№ отказа	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Наработка То ч.	37	12	5	9	11	3	94	21	45	38
№ отказа	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Наработка То ч.	115	7	13	35	83	17	37	15	21	90

38. Дана таблица потока отказов. Рассчитать по статистическим данным значения интенсивности отказов и вероятности безотказной работы P(t).

Таблица 11

№ отказа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Наработка То ч.	28	3	57	45	7	65	41	13	32	34
№ отказа	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Наработка То ч.	37	17	8	5	24	3	94	12	35	38
№ отказа	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Наработка То ч.	115	7	21	35	83	17	67	15	33	106

39. Дана таблица потока отказов. Рассчитать по статистическим данным значения интенсивности отказов и вероятности безотказной работы P(t).

Таблица 12

№ отказа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Наработка То ч.	23	3	39	53	7	65	29	13	22	34
№ отказа	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Наработка То ч.	37	19	7	4	8	3	94	12	45	98
№ отказа	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Наработка То ч.	119	7	17	35	33	17	63	11	8	33

40. Дана таблица потока отказов. Рассчитать по статистическим данным значения интенсивности отказов и вероятности безотказной работы P(t).

Таблица 13

№ отказа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Наработка То ч.	28	3	29	45	7	61	29	13	22	38
№ отказа	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Наработка То ч.	37	12	5	4	33	3	95	12	45	31
№ отказа	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Наработка То ч.	115	7	17	38	93	17	61	15	77	102

9. Оформление контрольной работы

Контрольная работа оформляется либо в виде тетради, либо на отдельных листах. Каждая задача оформляется на отдельной странице. Указываются условия задачи, и приводится решение с необходимыми пояснениями.

Иванова Ирина Александровна

НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Методические указания
к практическим занятиям и контрольные задания для студентов
специальности 280101 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» и
направления 280700 «Техносферная безопасность»

В авторской редакции

Подписано в печать	Формат 60*84 1/16	Бумага тип. № 1
Печать трафаретная	Усл. печ. л. 1.5	Уч. изд. л. 1.5
Заказ	Тираж 200	Цена свободная

РИЦ Курганского государственного университета.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.