

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Методические указания
к выполнению контрольных работ
по направлению подготовки 23.03.01
«Технология транспортных процессов»

Пенза 2016

УДК 629.3.004.1(075.8)

ББК 30.14+30.82я73

О-93

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензент: кандидат технических наук, доцент
кафедры «Эксплуатация автомо-
бильного транспорта» В.В. Лянден-
бурский (ПГУАС)

Оценка надежности технических систем: метод. указания к
О-93 выполнению контрольных работ по направлению подготовки
23.03.01 «Технология транспортных процессов» /А.С.Ширшиков. –
Пенза: ПГУАС, 2016. – 32 с.

Приводится материал для контрольных работ по дисциплине «Оценка надежности технических систем».

Методические указания подготовлены на кафедре «Организация и безопасность движения» и предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов», изучающих дисциплину «Оценка надежности технических систем», а также для студентов других специальностей.

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2016

© Ширшиков А.С., 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

Целью проведения контрольных работ по дисциплине «Оценка надежности технических систем» является оценивание уровня знаний и умений студентов.

Контрольные работы подготовлены в соответствии с программой дисциплины «Оценка надежности технических систем» и предназначены для использования студентами первого курса, обучающимися по направлению подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов», при изучении дисциплины «Оценка надежности технических систем», относящейся к обязательным дисциплинам вариативной части.

Изучение дисциплины «Оценка надежности технических систем» способствует формированию компетенций, предусмотренных Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов».

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенции «способность к расчету и анализу показателей качества пассажирских и грузовых перевозок, исходя из организации и технологии перевозок, требований обеспечения безопасности перевозочного процесса».

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- основные термины и определения теории надежности;
- показатели надежности;
- законы распределения случайной величины, используемые при оценке надежности;
- структурные схемы надежности;
- способы прогнозирования надежности;
- методы повышения надежности систем при проектировании и при эксплуатации;
- виды испытаний;
- конструктивные и технологические методы обеспечения надежности.

Уметь:

- рассчитывать основные показатели надежности;
- использовать законы распределения случайной величины при оценке надежности;
- составлять структурные схемы надежности;
- прогнозировать надежность;
- повышать надежность систем при проектировании и при эксплуатации;
- организовывать испытания на надежность;

– обеспечивать конструктивные и технологические показатели надежности.

Владеть:

- методами экспериментального определения показателей надежности;
- методиками расчетов показателей надежности.

Иметь представление:

о системе управления надежностью

В данных методических указаниях приводятся типовые вопросы с правильными ответами. При проведении контрольных работ каждому студенту выдается по три вопроса и одной задаче. Варианты ответов могут выдаваться или не выдаваться (в этом случае студенты пишут ответы в произвольной форме).

Знания, полученные студентами, могут быть использованы при изучении дисциплины «Конструктивная и эксплуатационная надежность подвижного состава», при выполнении выпускной квалификационной работы и в дальнейшей профессиональной деятельности.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

Теоретические вопросы

	Вопрос	Ответы
	1	2
	Основные термины и определения теории надежности	
1	Что называется надежностью?	Свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах все параметры, обеспечивающие выполнение требуемых функций в заданных условиях (условиях применения, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования)
2	Что понимается под качеством изделий?	Совокупность свойств изделий, обуславливающих его пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с его назначением
3	Что называется изделием?	Единица продукции, выпускаемая данным предприятием, цехом и т.д.
4	Что называется элементом?	Условно неделимая составная часть системы
5	Что называется системой?	Совокупность совместно действующих элементов, предназначенная для самостоятельного выполнения заданных функций
6	Какие изделия называются невосстанавливаемыми?	Изделия, которые не могут быть восстановлены потребителем
7	Какие изделия называются восстанавливаемыми?	Изделия, которые могут быть восстановлены потребителем
8	Какие состояния изделия характеризуют его надежность?	1) работоспособное 2) исправное 3) предельное
9	Что называется работоспособным состоянием?	Состояние изделия, при котором оно способно выполнять заданные функции
10	Что называется исправным состоянием?	Состояние изделия, при котором оно удовлетворяет не только основным, но и всем вспомогательным требованиям
11	Что называется предельным состоянием?	Состояние изделия, при котором эксплуатация или восстановление изделия нецелесообразны

	1	2
12	Какое событие характеризует надежность изделия?	Отказ
13	Что называется отказом?	Событие, заключающееся в полной или частичной утрате работоспособности
14	Что называется дефектом?	Каждое отдельное несоответствие изделия установленным требованиям
15	Что называется критерием отказа?	Признаки неработоспособного состояния изделия, установленные в нормативно-технической или конструкторской документации
16	На какие виды делятся отказы в соответствии с характером их развития и проявления?	1) внезапные 2) постепенные по развитию и внезапные по проявлению 3) постепенные
17	В чем заключаются постепенные отказы?	В плавном выходе параметров за границы допуска
18	На какие виды делятся отказы по возможности дальнейшего использования изделия?	1) полные 2) частичные
19	Что называется полным отказом изделия?	Отказ, исключающий возможность работы изделия до устранения отказа
20	Что называется частичным отказом изделия?	Отказ, при котором изделие может частично использоваться
21	На какие виды делятся отказы по времени их возникновения?	1) приработочные 2) отказы при нормальной эксплуатации 3) износные
22	Что называется периодом нормальной эксплуатации?	Период, когда постепенные отказы еще не проявились и в изделии возникают только внезапные отказы
23	Какие отказы называются самоустраняющимися?	Отказы изделия, которые устраняются самопроизвольно, без вмешательства извне
24	На какие виды делятся отказы по причинам их возникновения?	1) конструкционные 2) технологические 3) эксплуатационные

	1	2
25	Что является конструкционными причинами отказов?	Недостатки конструкции
26	Что является технологическими причинами отказов?	Несовершенство технологии производства
27	Что является эксплуатационными причинами отказов?	Неправильная эксплуатация
28	Какие причины отказов называются случайными?	Причины, возникновение которых нельзя предугадать заранее
29	Какие причины отказов называются систематическими?	Причины, возникновение которых можно предугадать заранее
30	Какие свойства изделий характеризуют их надежность?	1) безотказность 2) долговечность 3) ремонтпригодность 4) сохраняемость
31	Что называется безотказностью?	Свойство непрерывно сохранять работоспособность в течение заданной наработки
32	Что называется долговечностью?	Свойство сохранять работоспособность до предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов
33	Что называется ремонтпригодностью?	Свойство изделия, заключающееся в его приспособленности к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей путем проведения технического обслуживания и ремонтов
34	Что называется сохраняемостью?	Свойство изделия сохранять значение показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности во время хранения и транспортирования
Случайные величины, их свойства и характеристики		
35	Если случайной величиной X является наработка до отказа, то по какой формуле определяется вероятность возникновения отказа $Q(x)$ в течение наработки x ?	$Q(x)=F(x)$, где $F(x)$ – функция распределения величины X

	1	2
36	Как называют в теории надежности плотность распределения?	Плотностью вероятности
37	По какой формуле определяется относительная частота появления события А?	$P^*(A)=m/N$, где m – число появлений события A при проведении N испытаний
38	Какое событие в теории вероятности называют суммой событий?	Событие, заключающееся в том, что произошло по крайней мере одно из событий
39	Какие события называются совместными?	События, которые могут произойти одновременно
40	Какое событие в теории вероятности называют <i>произведением событий</i> ?	Событие, заключающееся в том, что произошли все события
41	По какой формуле определяется вероятность суммы n событий $A_1, A_2, \dots, A_n$? 1. $P(\sum_{i=1}^n A_i) = \sum_{i=1}^n P(A_i) - \sum_{i<j} P(A_i A_j) + \sum_{i<j<k} P(A_i A_j A_k) - \dots + (-1)^{n-1} P(A_1 A_2 \dots A_n).$ 2. $P(\sum_{i=1}^n A_i) = \sum_{i=1}^n P(A_i) + \sum_{i<j} P(A_i A_j) + \sum_{i<j<k} P(A_i A_j A_k) - \dots + P(A_1 A_2 \dots A_n).$	$P(\sum_{i=1}^n A_i) = \sum_{i=1}^n P(A_i) - \sum_{i<j} P(A_i A_j) + \sum_{i<j<k} P(A_i A_j A_k) - \dots + (-1)^{n-1} P(A_1 A_2 \dots A_n).$

	1	2
	$3. P(\sum_{i=1}^n A_i) = \sum_{i=1}^n P(A_i) -$ $- \sum_{i < j}^n P(A_i A_j) -$ $- \sum_{i < j < k}^n P(A_i A_j A_k) - \dots$ $\dots - P(A_1 A_2 \dots A_n).$	
42	Какое событие A в теории вероятности называют <i>независимым</i> от события B ?	Событие A называют независимым от события B , если вероятность события A не зависит от того, произошло ли событие B
43	По какой формуле определяется вероятность произведения n независимых событий $A_1, A_2, \dots, A_n$?	$P(A_1 A_2 \dots A_n) = P(A_1) P(A_2) \dots P(A_n)$
44	Если случайной величиной является наработка до отказа, то функция распределения этой величины $F(x)$ равна...	Вероятности возникновения отказа $Q(x)$ в течение наработки x
45	Производная от функции распределения $F(x)$ по переменной x равна...	Плотности распределения случайной величины
46	Площадь под кривой плотности распределения на заданном интервале значений случайной величины равна...	Вероятности попадания случайной величины в этот интервал
	Показатели надежности	
47	Для чего служат показатели надежности?	Для количественной характеристики надежности
48	По каким признакам классифицируют показатели надежности?	1) по способу их получения 2) по области их использования 3) по области их распространения 4) по свойствам изделий, характеризующим надежность

	1	2
49	На какие виды делятся показатели надежности по способу их получения?	1) эксплуатационные 2) экспериментальные 3) расчетные
50	Что называется эксплуатационными показателями надежности?	Показатели, получаемые по данным эксплуатации
51	Что называется экспериментальными показателями надежности?	Показатели, получаемые по данным испытаний
52	Что называется расчетными показателями надежности?	Показатели, получаемые расчетными методами
53	На какие виды делятся показатели надежности по области их использования?	1) нормативные 2) оценочные
54	Что называется нормативными показателями надежности?	Показатели, используемые в нормативно-технической или конструкторской (проектной) документации
55	Что называется оценочными показателями надежности?	Показатели, используемые для оценки надежности по результатам испытаний и эксплуатации
56	На какие виды делятся показатели надежности по области их распространения?	1) индивидуальные 2) групповые
57	Что называется индивидуальными показателями надежности?	Показатели, характеризующие надежность одного изделия
58	Что называется групповыми показателями надежности?	Показатели, характеризующие надежность партии изделий
59	На какие виды делятся показатели надежности по свойствам изделий, характеризующим их надежность?	1) показатели безотказности 2) показатели долговечности 3) показатели сохраняемости 4) показатели ремонтопригодности 5) показатели, характеризующие комбинацию свойств (комплексные показатели)

	1	2
60	Что оценивают с помощью единичных показателей надежности?	Одно из свойств изделия, характеризующих его надежность
61	Что оценивают с помощью комплексных показателей надежности?	Оценивают одновременно несколько свойств изделия, характеризующих его надежность
62	По какой формуле определяется статистическая оценка вероятности безотказной работы $P(t)$ в течение наработки t ?	1) $P(t) = \frac{N_p(t)}{N}$, где $N_p(t)$ – число работоспособных изделий к концу времени t испытаний или эксплуатации; N – число изделий, поставленных на испытания или эксплуатацию; 2) $P(t) = 1 - \frac{n(t)}{N}$, где $n(t)$ – число изделий, отказавших в течение наработки t; N – число изделий, поставленных на испытания или эксплуатацию
63	По какой формуле определяется вероятность отказа $Q(t)$?	1) $Q(t) = 1 - P(t)$, где $P(t)$ – вероятность безотказной работы; 2) $Q(t) = \frac{n(t)}{N}$, где $n(t)$ – число отказов в течение наработки t; 3) $Q(t) = F(t)$, где $F(t)$ – функция распределения наработки до отказа
64	По какой формуле определяется плотность распределения наработки до отказа $f(t)$?	$f(t) = -\frac{dP(t)}{dt}$, где $P(t)$ – вероятность безотказной работы
65	По какой формуле определяется интенсивность отказов?	$\lambda(t) = \frac{\Delta n(t)}{N_p(t)\Delta t}$, где $\Delta n(t)$ – число отказов в интервале наработки $[t; t+\Delta t)$, $N_p(t)$ – число работоспособных изделий в момент времени t
66	Что называется средней наработкой до отказа T_{cp} ?	Математическое ожидание наработки изделия до первого отказа

	1	2
67	По какой формуле определяется средняя наработка до отказа $T_{\text{ср}}$ в вероятностной трактовке? а) $T_{\text{ср}} = \int_0^{\infty} P(t)dt$ б) $T_{\text{ср}} = dP(t)/dt$ в) $T_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^k P(t_i)\Delta t_i$	а) $T_{\text{ср}} = \int_0^{\infty} P(t)dt$
68	По какой формуле определяется средняя наработка до отказа $T_{\text{ср}}$ в статистической трактовке? 1) $T_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^k P(t_i)\Delta t_i$ 2) $T_{\text{ср}} = \int_0^{\infty} P(t)dt$ 3) $T_{\text{ср}} = dP(t)/dt$	$T_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^k P(t_i)\Delta t_i$
69	Что называется средней наработкой на отказ?	Математическое ожидание наработки изделия до очередного отказа после начала эксплуатации или ремонта
70	Что называется техническим ресурсом?	Наработка изделия от начала его эксплуатации после изготовления или ремонта до предельного состояния
71	В каких единицах выражается ресурс?	1) в единицах времени работы 2) в единицах длины пути 3) в единицах выпуска продукции
72	По какой формуле определяется средний ресурс T_p ?	$T_p = \frac{\sum_{i=1}^N T_{pi}}{N}$ где T_{pi} – ресурс i-го изделия; N – число изделий, поставленных на испытания.
73	Что называется гамма-процентным ресурсом?	ресурс, обеспечиваемый с гамма-процентной вероятностью

	1	2
74	Что называется назначенным ресурсом?	Суммарная наработка изделия, при достижении которой работа изделия прекращается независимо от его технического состояния для проведения капитального ремонта или списания
75	Что называется установленным ресурсом?	Значение ресурса, обусловленное конструкцией, технологией изготовления и условиями эксплуатации изделия
76	Что называется сроком службы?	Календарная наработка до предельного состояния
77	Что называется гарантийной наработкой?	Наработка изделия, до завершения которой изготовитель гарантирует и обеспечивает определенное качество изделия при условии соблюдения потребителем правил эксплуатации, в том числе правил хранения и транспортирования
78	Что называется сроком гарантии?	Календарная наработка изделия, до завершения которой изготовитель гарантирует и обеспечивает определенное качество изделия при условии соблюдения потребителем правил эксплуатации, в том числе правил хранения и транспортирования
79	Укажите основные показатели сохраняемости	1) средний срок сохраняемости 2) гамма-процентный срок сохраняемости 3) назначенный срок сохраняемости 4) установленный срок сохраняемости 5) гарантийный срок хранения
80	Что называется сроком сохраняемости?	Календарная продолжительность хранения или транспортирования изделия, в течение которой показатели его надежности сохраняются в пределах, заданных в нормативно-технической документации
81	Что называется гамма-процентным сроком сохраняемости?	Срок сохраняемости, обеспечиваемый с гамма-процентной вероятностью
82	Что называется назначенным сроком хранения?	Суммарный срок сохраняемости изделия, при достижении которого работа изделия прекращается независимо от его технического состояния для проведения капитального ремонта или списания

	1	2
83	Что называется установленным сроком сохраняемости?	Значение срока сохраняемости, обусловленное конструкцией, технологией изготовления и условиями эксплуатации изделия
84	Что называется коэффициентом готовности K_r ?	Вероятность того, что изделие окажется работоспособным в произвольный момент времени кроме планируемых перерывов в его работе (плановое техническое обслуживание, перерывы между рабочими сменами)
85	По какой формуле определяется коэффициент технического использования $K_{т.и}$?	$K_{т.и.} = \frac{T_{раб}}{T_{раб} + T_{рем} + T_{ТО}}$, где $T_{раб}$ – суммарная наработка всех изделий в единицах времени, $T_{рем}$ – суммарное время, затраченное на восстановление работоспособности, $T_{ТО}$ – суммарное время, затраченное на техническое обслуживание
86	По какой формуле определяется коэффициент оперативной готовности $K_{о.г}$?	$K_{о.г.} = K_r \cdot P(t_0, t_1)$, где K_r – коэффициент готовности, $P(t_0, t_1)$ – вероятность безотказной работы изделия в интервале $[t_0, t_1]$

Задачи

Задача 1. Определить вероятность отказа хотя бы одного из четырёх габаритных огней, если вероятность отказа каждого габаритного огня равна $P(A_1)=P(A_2)=P(A_3)=P(A_4)=0,001$. Здесь A_1, A_2, A_3, A_4 – отказ соответствующего габаритного огня. Предполагается, что отказы не зависимы друг от друга.

Задача 2. Определить вероятность отказа хотя бы двух из четырёх габаритных огней, если вероятность отказа каждого габаритного огня равна $P(A_1)=P(A_2)=P(A_3)=P(A_4)=0,001$. Здесь A_1, A_2, A_3, A_4 – отказ соответствующего габаритного огня. Предполагается, что отказы не зависимы друг от друга.

Задача 3. Техническое устройство состоит из двух, не влияющих друг на друга элементов A_1 и A_2 . Элемент A_1 – основной, элемент A_2 – дублирующий. Определить вероятность отказа устройства, если вероятность отказа каждого из элементов равна 0,5.

Задача 4. Производят диагностирование автомобиля в трех СТО. Вероятность правильного определения технического состояния автомобиля в первом–третьем СТО соответственно равна: $P_1=0,3$; $P_2=0,6$; $P_3=0,8$. Определить вероятность хотя бы одного правильного определения технического состояния автомобиля.

Задача 5. Функция распределения непрерывной случайной величины X задана выражением:

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq 0 \\ x^3 & \text{при } 0 < x \leq 1 \\ 1 & \text{при } x > 1 \end{cases}$$

Найти: плотность распределения $f(x)$.

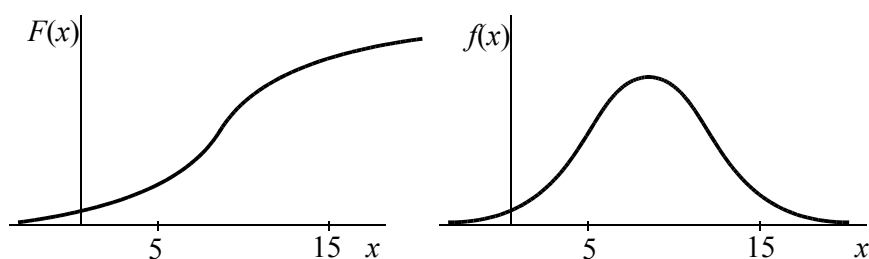
Задача 6. Плотность распределения случайной величины X описывается выражением:

$$f(x) = \begin{cases} ax & \text{при } 0 \leq x \leq 1 \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Найти: математическое ожидание, дисперсию и среднее квадратическое отклонение случайной величины.

Задача 7. Вычислить значение дисперсии D_x^* , если результаты измерения X следующие: 1,2; 1,5; 1,9; 2,4; 2,4; 2,5; 2,6; 3,0; 3,5; 3,8.

Задача 8. Показать (отобразить) графически $P(5 \leq X < 15)$, если графики $f(x)$ и $F(x)$ имеют вид:



Задача 9. На испытания поставлено $N=200$ изделий. Результаты испытаний приведены в 1-4 столбцах таблицы. Для каждого временного интервала вычислить интенсивность отказов $\lambda(t)$. Построить график временной зависимости интенсивности отказов на интервале $[0;90]$.

Порядковый номер интервала i	Границы i -го интервала, ч	t_i , ч	$\Delta n(t_i)$	$N_p(t_i)$	$\lambda(t)$, ч ⁻¹
1	[0;10[	0	10		
2	[10;20[	10	8		
3	[20;30[	20	6		
4	[30;40[	30	4		
5	[40;50[	40	2		
6	[50;60[	50	2		
7	[60;70[	60	2		
8	[70;80[	70	4		
9	[80;90[	80	5		
10	[90;100[	90	8		
11	[100;110[	100	9		

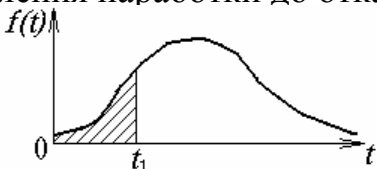
Задача 10. Определить коэффициент технического использования и коэффициент готовности машин, если известно, что машину эксплуатируют в течение года (8760 ч), на техническое обслуживание и ремонт тратится соответственно 480 и 20 ч.

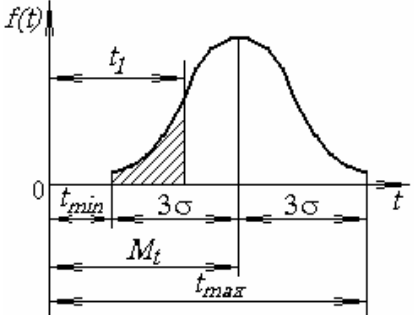
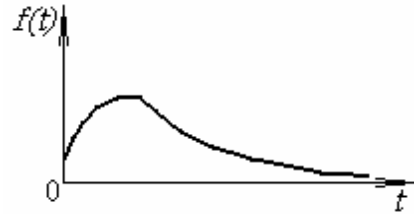
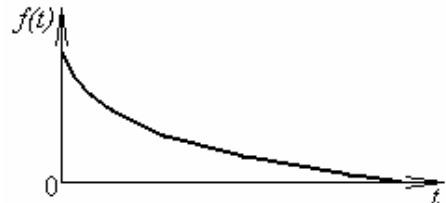
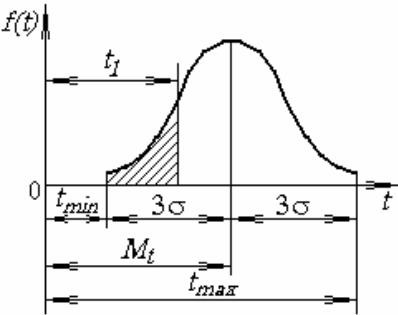
Задача 11. При эксплуатации изделий за год (8760 ч) было зафиксировано 5 отказов, на устранение каждого из которых затрачено в среднем 20 ч. Техническое обслуживание в этот период проводилось в течение 240 ч. Определить коэффициенты готовности и технического использования.

Задача 12. Определить вероятность безотказной работы и интенсивность отказов подшипника скольжения для наработки $t_1=2 \cdot 10^4$ ч, если ресурс по износу подчиняется нормальному закону распределения с параметрами $M_t=4 \cdot 10^4$ ч, $\sigma=10^4$ ч.

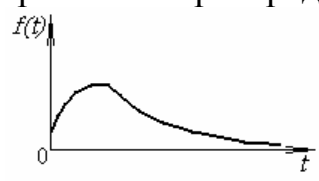
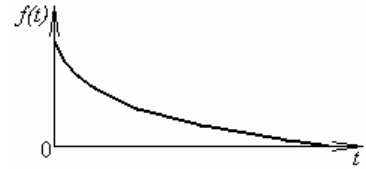
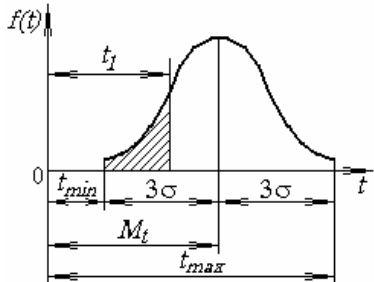
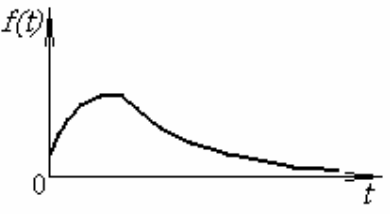
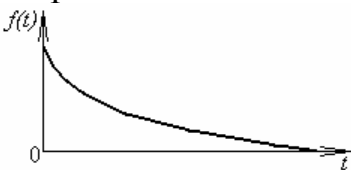
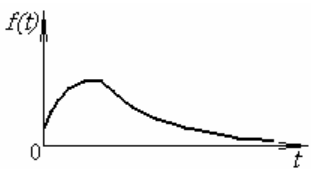
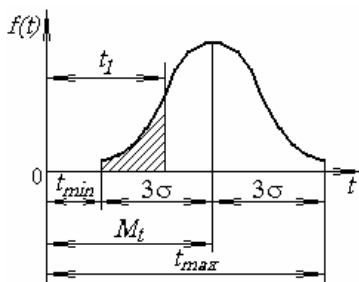
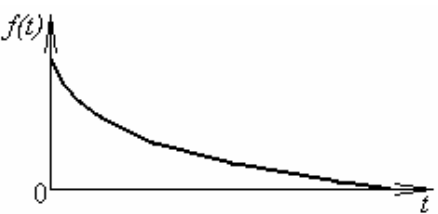
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

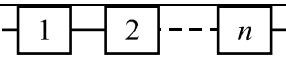
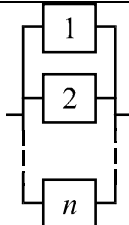
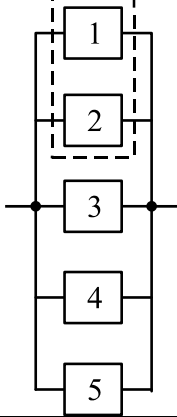
Теоретические вопросы

	Вопрос	Ответы
	1	2
	Вероятностные законы распределения, используемые в расчетах надежности	
1	В каком виде может быть представлен вероятностный закон распределения случайной величины T ?	1) В виде функции распределения $F(t)$ случайной величины T 2) В виде функции плотности распределения случайной величины T
2	Что собой представляет заштрихованная площадь под кривой плотности распределения наработки до отказа T ? 	Вероятность отказа в интервале времени $[0; t_1]$
3	Какая случайная величина подчиняется биномиальному распределению?	Дискретная случайная величина, представляющая собой число каких-либо событий
4	По какой формуле определяется вероятность отказа системы « m из n »? 1) $Q = \sum_{k=0}^{m-1} C_n^k p^k (1-p)^{n-k}$ 2) $Q = \sum_{k=m}^n C_n^k p^k (1-p)^{n-k}$ 3) $Q = \sum_{k=m+1}^n C_n^k p^k (1-p)^{n-k}$	$Q = \sum_{k=0}^{m-1} C_n^k p^k (1-p)^{n-k}$
5	По какой формуле определяется вероятность безотказной работы системы « m из n »? 1) $P = \sum_{k=m}^n C_n^k p^k (1-p)^{n-k}$ 2) $P = \sum_{k=0}^{m-1} C_n^k p^k (1-p)^{n-k}$ 3) $P = \sum_{k=m+1}^n C_n^k p^k (1-p)^{n-k}$	$P = \sum_{k=m}^n C_n^k p^k (1-p)^{n-k}$

	1	2
6	По какой формуле определяется биномиальный коэффициент, называемый “числом сочетаний (комбинаций) по m из n”? 1) $C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}$ 2) $C_n^m = \frac{m!}{n!(n-m)!}$ 3) $C_n^m = \frac{n!}{m!(n+m)!}$	$C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}$
7	Для какого периода жизни изделия при расчете показателей надежности используется нормальное распределение случайной величины?	Для периода постепенных отказов из-за износа и старения
8	Какой график отображает плотность нормального распределения? а  б  в 	а 

	1	2
9	По какой формуле определяется плотность распределения величины T при ее нормальном распределении? а) $f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(t-M_t)^2}{2\sigma^2}\right]$ б) $f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{t^2}{2}\right]$ в) $f(t) = \frac{1}{st\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2s^2}\right]$	а) $f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(t-M_t)^2}{2\sigma^2}\right]$
10	По какой формуле определяется плотность распределения f величины T при ее нормальном распределении, если известно значение плотности распределения f_0 величины $X=(T-M_t)/\sigma$? 1) $f(t) = f_0(x)/\sigma$ 2) $f(t) = f_0(x)$ 3) $f(t) = f_0(x) \sigma$	$f(t) = f_0(x)/\sigma$
11	По какой формуле определяется функция распределения $F(t)$ величины T при ее нормальном распределении, если известно значение плотности распределения $f_0(x)$ величины $X=(T-M_t)/\sigma$? 1) $F(t) = F_0(x)$ 2) $F(t) = F_0(x)/\sigma$ 3) $F(t) = F_0(x) \sigma$	$F(t) = F_0(x)$
12	Для какого периода жизни изделия при расчете показателей надежности используется логарифмически нормальное распределение?	Для периода наступления усталости материала и для периода между отказами

	1	2
13	Какой график отображает плотность логарифмически нормального распределения? а  б  в 	а 
14	Для какого периода жизни изделия при расчете показателей надежности используется экспоненциальный закон распределения?	Для периода нормальной эксплуатации изделия
15	Какой график отображает плотность экспоненциального распределения? а  б  в 	а 

	1	2
16	Чем объясняется широкое применение закона Вейбулла?	Универсальностью этого закона (он может описывать процессы с распределениями: нормальным, логарифмически нормальным, экспоненциальным и др.)
Отказоустойчивые системы		
17	Что называется отказоустойчивостью?	Способность систем сохранять свою работоспособность при отказе одного или нескольких элементов
18	В каком случае система типа « m из n » сохраняет свою работоспособность?	Если из n ее элементов работоспособными окажутся любые m и более элементов
19	В каком случае последовательная система сохраняет свою работоспособность?	Если все ее элементы работоспособны
20	В каком случае параллельная система сохраняет свою работоспособность?	Если хотя бы один ее элемент окажется работоспособным
21	Для чего предназначена структурная схема надежности?	Для графического изображения надежности систем
22	Какова структурная схема надежности последовательной системы?	
23	Какова структурная схема надежности параллельной системы?	
24	Какова структурная схема надежности системы «2 из 5»?	
25	По какой формуле определяется вероятность безотказной работы последовательной системы?	$P = P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_n$, где $P_1, P_2, \dots, P_n$ – вероятности безотказной работы соответствующего элемента системы

	1	2
26	По какой формуле определяется вероятность безотказной работы параллельной системы?	$P=1-(1-P_1)\cdot(1-P_2)\cdot\ldots\cdot(1-P_n)$, где $P_1, P_2, \ldots P_n$ – вероятности безотказной работы соответствующего элемента системы
	Прогнозирование надежности	
27	Современные методы прогнозирования надежности	1. Методы экспертных оценок 2. Методы моделирования, базирующиеся на основных положениях теории подобия 3. Статистические методы
28	Методы экспертных оценок – это метод, сущность которых сводится к ...	...к обобщению, статистической обработке и анализу мнений специалистов
29	Методы моделирования базируются на ...	...на основных положениях теории подобия
30	В основе метода экстраполяции лежат закономерности...	...изменения прогнозируемых параметров во времени
31	Что является основными причинами неточного прогнозирования надежности?	1) Недостаточная полнота 2) Недостаточная достоверность 3) Недостаточная однородность информации 4) Низкая квалификация прогнозиста
	Методы повышения надежности систем при проектировании	
32	Каковы основные пути повышения надежности систем при проектировании?	1) Повышение надежности элементов 2) Изменение структурной схемы системы
33	Что называется резервированием?	Применение дополнительных средств и возможностей с целью сохранения работоспособного состояния объекта при отказе одного или нескольких его элементов
34	Что называется структурным резервированием?	Введение в структуру объекта дополнительных элементов, способных выполнять функции основных элементов в случае их отказа
35	Что называется общим резервированием?	Резервирование, при котором резервируется объект в целом
36	Что называется раздельным резервированием?	Резервирование, при котором резервируются отдельные элементы или их группы

	1	2
37	Что называется постоянным резервированием?	Резервирование, при котором структура объекта при возникновении отказа его элемента не перестраивается
38	Что называется динамическим резервированием?	Резервирование, при котором при отказе элемента происходит перестройка структуры объекта
39	Что называется горячим резервированием	Резервирование, при котором резервные элементы все время находятся во включенном (рабочем) состоянии
40	Что называется нагруженным резервированием?	Горячее резервирование, при котором резервные элементы одновременно с основными элементами выполняют все их функции
41	Что называется облегченным резервированием?	Горячее резервирование, при котором резервные элементы одновременно с основными элементами выполняют часть их функции
42	Что называется ненагруженным резервированием?	Горячее резервирование, при котором резервные элементы начинают выполнять функции основных элементов только после их отказа
43	Что называется холодным резервированием?	Резервирование, при котором резервный элемент выключен и в случае отказа основного элемента должен быть включен и запущен вручную
44	Что называется скользящим резервированием?	Резервирование, при котором несколько основных элементов резервируется одним или несколькими резервными, каждый из которых может заменить любой основной
45	Что называется кратностью резервирования?	Отношение числа резервных элементов к числу резервируемых ими основных элементов, выраженное несокращаемой дробью
46	Какое резервирование называется дублированием?	Резервирование одного основного элемента одним резервным
47	При какой кратности резервирования можно назвать резервирование дублированием?	1:1

	1	2
	Методы повышения надежности систем при эксплуатации	
48	Какие группы мероприятий проводят для повышения надежности систем в условиях эксплуатации?	1) разработка и внедрение научных методов эксплуатации 2) сбор, анализ опыта эксплуатации 3) повышение квалификации обслуживающего персонала
49	Какие сведения приводятся в инструкции по эксплуатации технических систем для поддержания заданной надежности?	1) сведения, регламентирующие порядок выполнения работ, исключающий поломки 2) периодичность технических обслуживаний
50	В какие документы заносятся сведения об отказах, полученных в процессе испытаний или эксплуатации?	1) карточка учета неисправностей 2) рекламационный акт
	Обеспечение и контроль надежности систем различными видами испытаний	
51	Какие испытания называют определительными?	Испытания, по результатам которых оценивают надежность систем
52	Для чего предназначены приработочные испытания?	Для выявления скрытых производственных дефектов
53	Каким испытаниям подвергают каждую сложную техническую систему?	Приемосдаточным
54	Каков общий объем приемосдаточных испытаний?	2-3 % назначенного гарантийного ресурса
55	Для чего проводятся периодические испытания?	Для дополнительного контроля производственного процесса и надежности
56	Каков объем периодических испытаний?	10 % назначенного гарантийного ресурса
57	Сколько изделий подвергают периодическим испытаниям?	Одно изделие или партию изделий от годовой программы
58	Сколько изделий подвергают гарантийным испытаниям?	Одно или несколько изделий, взятых от трехгодовой программы
59	Каков объем гарантийных испытаний?	Равный объему гарантийного ресурса
60	Что называется доверительной вероятностью (достоверностью)?	Вероятность того, что истинное значение оцениваемого параметра лежит в заданном (доверительном) интервале

	1	2
61	Что называется односторонней доверительной вероятностью (достоверностью)?	Вероятность того, что параметр не меньше заданного значения (нижней границы), или односторонняя доверительная вероятность того, что параметр не больше заданного значения (верхней границы)
62	Какие существуют способы сокращения объема контрольных испытаний на надежность?	1) форсирование режимов 2) оценка надежности по малому числу или отсутствию отказов 3) сокращение числа образцов за счет увеличения длительности испытаний 4) использование разносторонней информации о надежности деталей и узлов машины
63	В каком случае объем контрольных испытаний на надежность можно сократить за счет форсирования режима?	Если известен характер зависимости ресурса системы от одного или нескольких факторов (температуры, напряжений и др.)
64	Как известно, для подтверждения того, что $\text{Вер}(P_n \leq P) = \alpha$, где P – вероятность безотказной работы изделия, P_n – нижняя граница доверительного интервала, необходимо испытать $n = \frac{\lg(1 - \alpha)}{\lg P}$ изделий. При каком условии эта формула верна?	При условии, что отказов при испытании не возникнет
Научное планирование эксперимента		
65	За счет чего достигается резкое сокращение числа испытаний при их научном планировании?	1) за счет использования известных или предполагаемых математических зависимостей 2) за счет использования уже полученных результатов 3) за счет правильного одновременного варьирования изучаемых факторов
66	Что в кибернетике называется «черным ящиком»?	система, у которой известны входные и выходные параметры, но неизвестно внутреннее устройство

	1	2
67	Какие параметры называют факторами?	Входные
68	Какие параметры называют откликами?	Выходные
69	Что делается для исключения влияния неуправляемых факторов?	Неуправляемые факторы рандомизируют, т.е. делают случайными
70	Какие требования предъявляют к исследуемым факторам?	1) управляемость 2) независимость 3) совместимость
71	На какие группы могут быть разделены детали автомобилей по их ресурсу?	1) детали, по ресурсам которых назначают гарантийный пробег автомобиля 2) детали, по ресурсу которых определяется значение ресурса до капитального ремонта 3) детали, по ресурсу которых назначают значение ресурса до полного списания 4) детали, ресурс которых должен превышать ресурс до полного списания
72	Какие из указанных методов обеспечения надежности автомобиля относятся к конструктивным?	1) рационализация конструктивной схемы 2) выбор материала деталей 3) обеспечение эффективной конфигурации деталей 4) установление оптимальных зазоров и натягов в сопряжениях деталей
73	Какие из указанных методов обеспечения надежности автомобиля относятся к конструктивным?	1) выбор эксплуатационных материалов и обеспечение их качества 2) предотвращение аномальных процессов и различного рода разрегулировок в разрабатываемой системе 3) использование восстанавливаемых деталей для повышения уровня ремонтнопригодности. 4) резервирование
74	Какие из указанных методов обеспечения надежности автомобиля относятся к технологическим?	1) упрочнение деталей 2) применение покрытий и наплавки 3) чистовая обработка деталей 4) подготовка поверхностей деталей к восприятию нагрузок 5) контроль качества 6) автоматизация технологических процессов

Задачи

Задача 1. Случайная величина T нормально распределена с математическим ожиданием $M_t=20$ и среднеквадратическим отклонением $\sigma=2$. Определить вероятность того, что случайная величина T находится в диапазоне $19 \leq T < 22$.

Задача 2. Определить вероятность безотказной работы редуктора в течение $t=10^3$ ч, если ресурс распределен логарифмически нормально с параметрами $\mu=7,5$, $S=0,3$.

Задача 3. Оценить вероятность $P(t)$ отсутствия внезапных отказов изделия в течение 10000 часов, если наработки до отказа 5 изделий являются следующими:

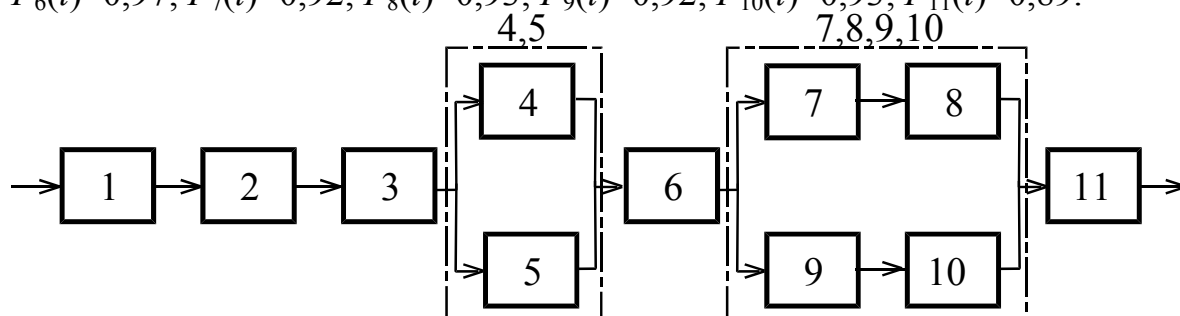
$$T_1=1,2 \cdot 10^8 \text{ ч}; T_2=1,0 \cdot 10^8 \text{ ч}; T_3=0,8 \cdot 10^8 \text{ ч}; T_4=1,1 \cdot 10^8 \text{ ч}; T_5=0,9 \cdot 10^8 \text{ ч}.$$

Задача 4. Оценить вероятность безотказной работы $P(t)$ роликотопшипников в течение $t=10^4$ ч, если их ресурс распределен по закону Вейбулла с параметрами $t_0=10^7$, $m=1,5$.

Задача 5. Пусть проводятся испытания пяти элементов ($n=5$) до тех пор, пока не откажут все элементы; наработки до отказа t_1-t_5 равны соответственно 5; 10; 15; 20 и 25 ч. Наработка до отказа имеет распределение по экспоненциальному закону с плотностью вероятности $f(t, \lambda) = \lambda e^{-\lambda t}$, где λ – параметр распределения.

Найти: оценку параметра λ методом максимального правдоподобия.

Задача 6. Рассчитать вероятность безотказной работы $P(t)$ системы, состоящей из независимых элементов. Структурная схема системы показана на рисунке. $P_1(t)=0,9$; $P_2(t)=0,95$; $P_3(t)=0,98$; $P_4(t)=0,81$; $P_5(t)=0,8$; $P_6(t)=0,97$; $P_7(t)=0,92$; $P_8(t)=0,93$; $P_9(t)=0,92$; $P_{10}(t)=0,93$; $P_{11}(t)=0,89$.



Задача 7. Интенсивность отказов шин автомобиля вследствие прокола равна $\lambda=10^{-3}$ км⁻¹. Определить вероятность $P(300)$ 300-километрового пробега при отсутствии запасной шины и вероятность $P_{\text{зап}}(300)$ при ее наличии.

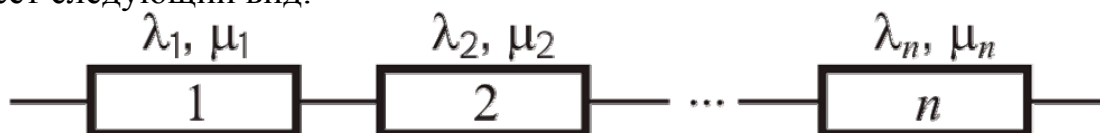
Задача 8. Система связи спроектирована таким образом, что при имеющихся пяти каналах связь обеспечивается при исправном состоянии любых двух каналов. Надежность передачи по всем каналам одинакова и обеспечивается с вероятностью безотказной работы $P=0,9$. Вычислить вероятность безотказной работы системы связи.

Задача 9. Нерезервированная система управления состоит из $n = 5000$ элементов. Для повышения надежности системы предполагается провести общее дублирование элементов.

Чтобы приближенно оценить возможность достижения заданной вероятности безотказной работы системы $P_c(t) = 0,9$ при $t = 10$ час., необходимо рассчитать среднюю интенсивность отказов одного элемента при экспоненциальном законе распределения наработки до отказа каждого элемента.

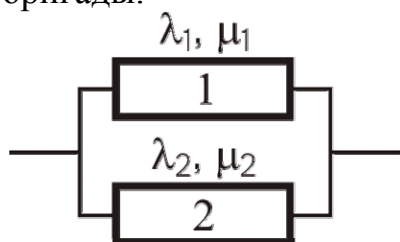
Задача 10. Устройство обработки состоит из трех одинаковых блоков. Вероятность безотказной работы устройства $P_y(t_1)$ в течение времени t_1 должна быть не менее 0,9. Определить, какова должна быть вероятность безотказной работы каждого блока в течение t_1 для случаев: а) резерв отсутствует ($P(t_1)$); б) имеется общее нагруженное резервирование всего устройства в целом ($P_{\text{общ}}(t_1)$), т.е. кратность резервирования $m=1/1$; в) имеется раздельное нагруженное резервирование каждого элемента ($P_{\text{разд}}(t_1)$), т.е. кратность резервирования $m=3/3$.

Задача 11. Начертите граф состояний нерезервированной восстанавливаемой системы, если структурная схема надежности этой системы имеет следующий вид:

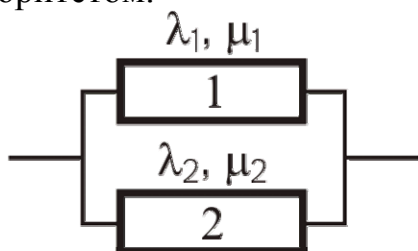


Здесь λ и μ – интенсивность отказов и интенсивность восстановления.

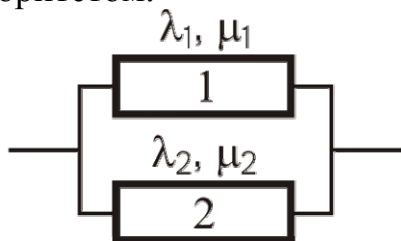
Задача 12. Представить в виде графа состояний надежность дублированной системы, структурная схема надежности которой приведена на рисунке. Рассмотреть случай, когда систему обслуживают две бригады.



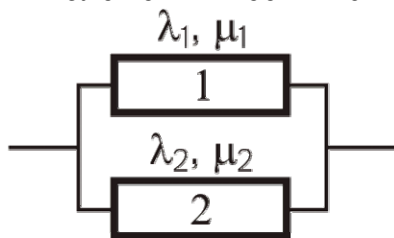
З а д а ч а 13. Необходимо описать графом надежность дублированной системы, схема надежности которой приведена на рисунке. Рассмотреть случай, когда обслуживание осуществляется одной бригадой с прямым приоритетом.



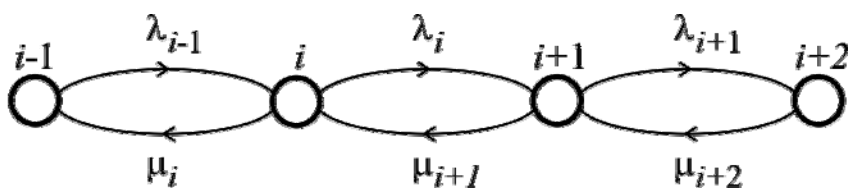
З а д а ч а 14. Необходимо описать графом надежность дублированной системы, схема надежности которой приведена на рисунке. Рассмотреть случай, когда обслуживание осуществляется одной бригадой с обратным приоритетом.



З а д а ч а 15. Необходимо описать графом надежность дублированной системы, схема надежности которой приведена на рисунке. Рассмотреть случай, когда обслуживание осуществляется одной бригадой, причем первый элемент имеет высший приоритет по сравнению со вторым.



З а д а ч а 16. Какой вид будет иметь дифференциальное уравнение типа массового обслуживания для вероятности $p_i(t)$ пребывания системы в i -м состоянии в момент времени t , если граф состояний системы показан на рисунке?



Задача 17. Определить нижнюю границу доверительного интервала при доверительной вероятности $\alpha=0,7$, если при испытании десяти изделий ни одно не отказало.

Задача 18. Проводится оценка надежности по отсутствию отказов. Какое число n изделий необходимо оценить для подтверждения с доверительной вероятностью $\alpha=0,9$ того, что вероятность безотказной работы выше 0,95?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ширшиков, А.С. Оценка надежности технических систем: учебное пособие/ А.С. Ширшиков, В.В. Лянденбургский, А.М. Белоковильский. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 246 с.
2. Ширшиков, А.С. Оценка надежности технических систем: методические указания к практическим занятиям по направлению подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов»/А.С. Ширшиков. – Пенза: ПГУАС, 2016.

О Г Л А В Л Е Н И Е

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1.....	5
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2.....	17
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	31

Учебное издание

Ширшиков Андрей Станиславович

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Методические указания к выполнению контрольных работ

по направлению подготовки 23.03.01

«Технология транспортных процессов»

Р е д а к т о р

М.А. Сухова

В е р с т к а

Н.А. Сазонова

Подписано в печать 26.05.16. Формат 60×84/16.

Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.

Усл.печ.л. 1,86. Уч.-изд.л. 2,0. Тираж 80 экз.

Заказ № 367.

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.