

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет



НАДЕЖНОСТЬ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Методические указания
к выполнению контрольных работ и тестированию
по дисциплине «Надежность автотранспортных средств»
для студентов специальности 7.09.0258
«Автомобили и автомобильное хозяйство»
всех форм обучения

Севастополь
2008



Методические указания к выполнению контрольной работы и тестированию по дисциплине «Надежность автотранспортных средств» для студентов специальности 7.09.0258 «Автомобили и автомобильное хозяйство» всех форм обучения. / Сост. А.О. Харченко, В.П. Долгин, О.В. Хромов. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2008. – 28 с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам при выполнении контрольной работы и изучении разделов теории надежности. Излагаются вопросы по дисциплине «Надежность автотранспортных средств», требования к содержанию и оформлению контрольной работы, варианты задач по разделам дисциплины и вопросы для тестирования.

Методические указания рассмотрены и утверждены кафедрой «Автомобильного транспорта» (протокол № ____ от _____ 200__ г.)

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент: С.М. Братан, зав. каф. технологии машиностроения, доктор техн. наук, профессор.

Ответственный за выпуск: В.Н. Торлин, зав. каф. автомобильного транспорта, доктор техн. наук, профессор.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Вопросы для самопроверки.....	5
Задача №1	
Вычисление и построение графиков экспериментальных распределений наработки до отказа.....	6
Задача 1.1.....	7
Задача №2	
Применение законов распределения наработки до отказа.....	8
Задача 2.1.....	8
Задача 2.2.....	8
Задача 2.3.....	9
Задача 2.4.....	9
Задача №3	
Расчет надежности ремонтируемых систем.....	10
Задача 3.1.....	11
Задача 3.2.....	13
Задача 3.1.....	13
Библиографический список.....	14
Приложение А. (справочное).....	15
Приложение Б. (пример оформления титульного листа контрольной работы).....	17
Приложение В. (пример алгоритмизации решения задачи №3 с помощью математического пакета MAPLE).....	18
Приложение Г. Вопросы для тестирования.....	23

ВВЕДЕНИЕ

Контрольная работа состоит из двух частей: теоретической и расчетной. Теоретическая часть включает два вопроса, расчетная часть – четыре задачи.

Задания оформляются на листах формата А4, затем сшиваются. На обложке необходимо указывать кроме названий министерства, университета, кафедры и работы, фамилию студента, группу, номер зачетной книжки.

Студент выбирает задания для выполнения теоретической и расчетной части в соответствии с последней цифрой в номере зачетной книжки из приведенной таблицы 1.

Таблица 1 – Выбор теоретических вопросов контрольной работы

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4
Теоретическая часть					
Номера вопросов	1, 11	2, 12	3, 13	4, 14	5, 15
Расчетная часть					
Номера выполняемых задач	1.1,2.1 2.3,3.1	1.1,2.2 2.4,3.2	1.1,2.3 3.1,3.3	1.1,2.4 3.2,3.3	11,2.1 2.4,3.1
Номера вариантов задач (по указанию преподавателя)	1	2	3	4	5
	11	12	13	14	15

Продолжение таблицы 1

Последняя цифра шифра	5	6	7	8	9
Теоретическая часть					
Номера вопросов	6, 16	7, 17	8, 18	9, 19	10, 20
Расчетная часть					
Номера выполняемых задач	1.1,2.1 2.3,3.1	1.1,2.2 2.4,3.2	1.1,2.3 3.1,3.3	1.1,2.4 3.2,3.3	1.1,2.1 2.4,3.1
Номера вариантов задач (по указанию преподавателя)	6	7	8	9	10
	16	17	18	19	20

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

- 1) Надежность, основные понятия. Показатели надежности.
- 2) Законы распределения случайных величин.
- 3) Отказы элементов автомобилей. Причинно-следственные связи между изменениями в элементах автомобиля и обусловленными ими отказами.
- 4) Характеристика надежности элементов автомобиля.
- 5) Обеспечение надежности на стадии проектирования. Схемная надежность и резервирование.
- 6) Влияние отказов элементов на отказы системы в целом.
- 7) Надежность на стадиях производства (технологическая надежность) и эксплуатации (эксплуатационная надежность).
- 8) Надежность системы «водитель - автомобиль - дорога - среда». Межэлементные и межсистемные связи.
- 9) Испытания на надежность.
- 10) Эксплуатационная надежность автомобильных двигателей. Причины нарушения работоспособности.
- 11) Трение и смазка поверхностей. Виды и периоды изнашивания. Характерные отказы.
- 12) Классификация случайных процессов при технической эксплуатации автомобилей.
- 13) Системно-морфологические методы в проектировании транспортных средств повышенной надежности.
- 14) Анализ надежности автомобильных систем и агрегатов с использованием марковских случайных процессов.
- 15) Размеченные графы состояний автомобильных систем с учетом отказов функционирования. Уравнения А.Н. Колмогорова.
- 16) Надежность парка автомобилей.
- 17) Основные допущения модели функционирования парка автомобилей (марковский процесс, стационарность, ординарность потока переходов событий).
- 18) Применение уравнений финальных вероятностей для оценки надежности парка автомобилей.
- 19) Определение потребности в запасных частях автомобилей.
- 20) Оценка экономической эффективности работы автопарка.

ЗАДАЧА №1

ВЫЧИСЛЕНИЕ И ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ НАРАБОТКИ ДО ОТКАЗА

Отказ – событие случайное. Поэтому для расчета показателей надежности используются методы теории вероятностей и математической статистики.

Одним из основных понятий, используемых при расчетах показателей надежности, является «наработка». Для автомобилей наработку (продолжительность работы) измеряют в километрах или в часах (моточасах). Для определения параметров надежности весь диапазон наработок разбиваем на равные интервалы. Значения середины интервала будем обозначать t_i (тыс. км), число отказов в каждом интервале n_i . Число отказов к моменту t_i (накопленное число отказов):

$$r(t_i) = \sum_{i=1}^k n_i \quad (1)$$

Число работоспособных объектов к моменту времени t_i

$$N(t_i) = N_0 - r(t_i); \quad (2)$$

относительная доля отказов в интервале (частость):

$$\omega_i = \frac{n_i}{N_0}; \quad (3)$$

накопленная частость отказов (вероятность наступления отказа):

$$F(t_i) = \frac{r(t_i)}{N_0}; \quad (4)$$

накопленная частость (вероятность безотказной работы):

$$F(t_i) = \frac{N(t_i)}{N_0}. \quad (5)$$

Оценка плотности распределения наработок до отказа (оценка плотности вероятности):

$$f(t_i) = \frac{n_i}{N_0 \cdot \Delta t}, \quad (6)$$

где Δt – интервал наработки.

Средняя наработка до первого отказа (математическое ожидание):

$$\bar{t}_{cp} = \sum_{i=1}^k \frac{t_i \cdot n_i}{N_0}, \quad (7)$$

где k – число интервалов.

Построение гистограмм и графической взаимосвязи между вероятностями безотказной работы $P(t_i)$ и отказа $F(t_i)$ подробно рассмотрено в методических указаниях [3].

Задача 1.1

Используя данные о наработке до отказа, полученные в результате проведения испытаний N_0 автомобильных невосстанавливаемых узлов (например, термостатов или неразборных амортизаторов) при диапазоне наработки на отказ R (тыс. км) (таблица 2) вычислить значения и построить графики:

- 1) статистической оценки интенсивности отказов;
- 2) статистической плотности распределения наработки до отказа;
- 3) статистической функции надежности.

Таблица 2 – Исходные данные к задаче 1.1

Номер варианта	N_0 , кол-во изделий	Интервалы наработки, тыс. км							
		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
1	30	5	7	5	3	4	1	3	2
2	46	2	4	8	10	9	7	5	1
3	30	1	1	3	5	8	4	5	3
4	38	3	2	4	6	9	6	7	1
5	49	5	4	6	8	10	7	6	3
6	26	1	2	4	2	4	5	4	4
7	45	3	5	8	12	10	2	3	2
8	51	6	7	10	14	7	4	2	1
9	69	7	8	7	15	14	10	3	5
10	67	5	6	11	13	11	10	9	2
11	57	4	7	4	10	9	14	5	4
12	33	3	2	3	4	7	8	4	2
13	28	2	3	1	7	6	5	3	1
14	29	1	4	8	9	2	1	1	3
15	58	5	3	6	10	15	9	6	4
16	53	2	8	8	14	10	7	3	1
17	55	3	2	3	7	16	10	9	5
18	60	8	10	11	11	9	4	3	4
19	54	6	4	7	10	12	5	8	2
20	66	3	7	9	13	11	12	5	6

ЗАДАЧА №2

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАРАБОТКИ ДО ОТКАЗА

Задача 2.1

Какая часть машин из общего числа N (см. таблицу 3) откажет к моменту наработки $t = t_{cp}$, если отказы распределяются по экспоненциальному закону и отказавшие машины не восстанавливаются? Характеристики некоторых законов распределения указаны в приложении А.

Таблица 3 – Исходные данные к задаче 2.1

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N, шт.	20	30	45	50	34	65	92	74	85	56
Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
N, шт.	72	105	96	82	39	250	160	146	114	88

Задача 2.2

Пусть элемент имеет экспоненциальное распределение работы до отказа с параметром распределения λ (см. таблицу 4).

Требуется вычислить основные показатели надежности элемента:

- 1) вероятность безотказной работы за время t (см. таблицу 4);
- 2) вероятность отказа за то же время;
- 3) среднее время работы до отказа.

Таблица 4 – Исходные данные к задаче 2.2

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
λ , ч ⁻¹	0,05	0,001	0,005	0,01	0,02	0,03	0,04	0,002	0,003	0,004
t , ч	2000	1000	500	600	700	800	900	1200	1500	1600
Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
λ ч ⁻¹	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
t , ч	1700	1800	2200	2500	2600	2700	2800	3000	3200	3500

Задача 2.3

Из наблюдений за партией двигателей и последующей обработки получены значения t_{cp} и σ (таблица 5). Предполагается, что распределение отказов подчиняется нормальному закону. Определить показатели надежности, вероятность безотказной работы P , вероятность отказа F , плотность вероятности отказов f и интенсивность отказов λ для наработки t (таблица 5).

Таблица 5 – Исходные данные к задаче 2.3

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t_{cp} , тыс.км	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280
σ	40	50	60	70	80	90	70	100	95	85
t , тыс.км	200	250	300	350	400	380	320	500	420	360
Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
t_0 , тыс.км	270	250	230	210	190	170	150	130	110	90
σ	75	65	55	35	40	50	60	70	30	10
t , тыс.км	210	100	120	140	170	95	190	60	220	195

Задача 2.4

Путем обработки данных об отказах клинового ремня двигателя установлено, что распределение отказов подчиняется закону Вейбулла с параметрами t_0 и b (см. таблица 6). Найти показатели надежности P , F , f , t , D , σ , и λ при наработке t_1 .

Таблица 6 – Исходные данные к задаче 2.4

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t_0 , тыс.км	120	140	150	160	170	180	190	200	210	220
b	2	2,5	3	3,5	4	3,5	3	2	3	3,5
t_1 , тыс.км	50	40	30	20	10	20	30	40	50	60
Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
t_0 , тыс.км	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320
b	4	3,5	3	2,5	2	2,5	3	3,5	4	3,5
t_1 , тыс.км	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160

Примечание – Значения гамма-функции используются из таблицы методических указаний [3].

ЗАДАЧА №3

РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ РЕМОНТИРУЕМЫХ СИСТЕМ

При вычислении показателей надежности ремонтируемых систем наиболее часто применяется метод дифференциальных уравнений. В этом методе используется допущение о показательном (экспоненциальном) распределении времени между отказами и времени восстановления.

Вначале перечисляются возможные состояния системы и составляется ее математическая модель в виде схемы состояний, на которой прямоугольниками или кружками изображаются возможные состояния и стрелками – возможные направления переходов из одного состояния в другое. По схеме состояний составляют систему дифференциальных уравнений для вероятностей состояний.

Решение системы дифференциальных уравнений позволяет определить требуемые показатели надежности.

Когда перерывы в работе допустимы, рассматривают установившийся режим эксплуатации (при $t \rightarrow \infty$). Тогда левые части дифференциальных уравнений приравниваются нулю и система переходит в систему алгебраических уравнений

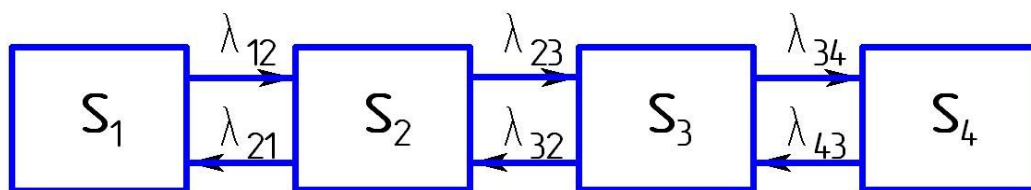


Рисунок 1 – Схема процесса «Гибели и размножения»

Финальные вероятности, характеризующие среднее время пребывания системы в соответствующих состояниях $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ для схемы (рисунок 1) «гибели и размножения» определяются из уравнений:

$$\left. \begin{aligned}
 P_1 &= \left(1 + \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{21}} + \frac{\lambda_{23}\lambda_{12}}{\lambda_{32}\lambda_{21}} + \frac{\lambda_{34}\lambda_{23}\lambda_{12}}{\lambda_{43}\lambda_{32}\lambda_{21}} + \dots + \frac{\lambda_{n-1,n}\dots\lambda_{12}}{\lambda_{n,n-1}\dots\lambda_{21}} \right)^{-1}; \\
 P_2 &= \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{21}} P_1; \\
 P_3 &= \frac{\lambda_{23}\lambda_{12}}{\lambda_{32}\lambda_{21}} P_1; \\
 P_k &= \frac{\lambda_{k-1,k}\dots\lambda_{12}}{\lambda_{k,k-1}\dots\lambda_{21}} P_1.
 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Если в марковском процессе с непрерывным временем дискретные состояния связаны между собой в одно кольцо и имеют односторонние переходы, то такой процесс называется циклическим (рисунок 2).

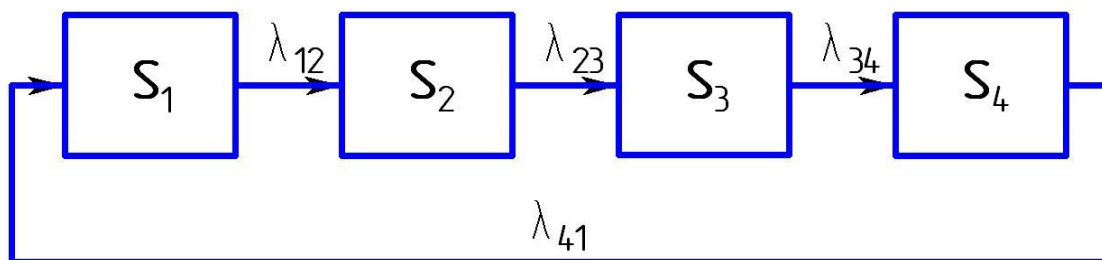


Рисунок 2 – Схема циклического процесса

Решая систему уравнений Колмогорова, получим:

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= 1 + \lambda_{12} \cdot \left(\frac{1}{\lambda_{23}} + \frac{1}{\lambda_{34}} + \dots \frac{1}{\lambda_{n,1}} \right)^{-1} \\ P_2 &= \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{23}} P_1; \quad P_3 = \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{34}} P_1; \\ P_k &= \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{k,k+1}} P_1; \quad P_n = \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{n,1}} P_1; \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Задача 3.1

На крупном АТП имеется компрессорная станция, состоящая из n одинаковых компрессоров. Средняя выработка на отказ каждого из компрессоров составляет $\bar{T}$. Поток отказов простейший. Среднее время ремонта равно $\bar{T}_p$. Определить вероятности каждого из состояний, используя схему «гибели и размножения» (рисунок 1).

Таблица 7 – Исходные данные к задаче 3.1

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n	3	4	2	4	3	2	3	4	5	3
$\bar{T}$, ч	60	50	70	80	90	100	90	80	70	60
$\bar{T}_p$, ч	3	4	2	4	3	2	3	4	5	3
Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
n	4	2	3	4	2	3	4	3	2	3
$\bar{T}$, ч	50	60	70	80	90	10	110	120	130	140
$\bar{T}_p$, ч	4	2	3	4	2	3	4	3	2	3

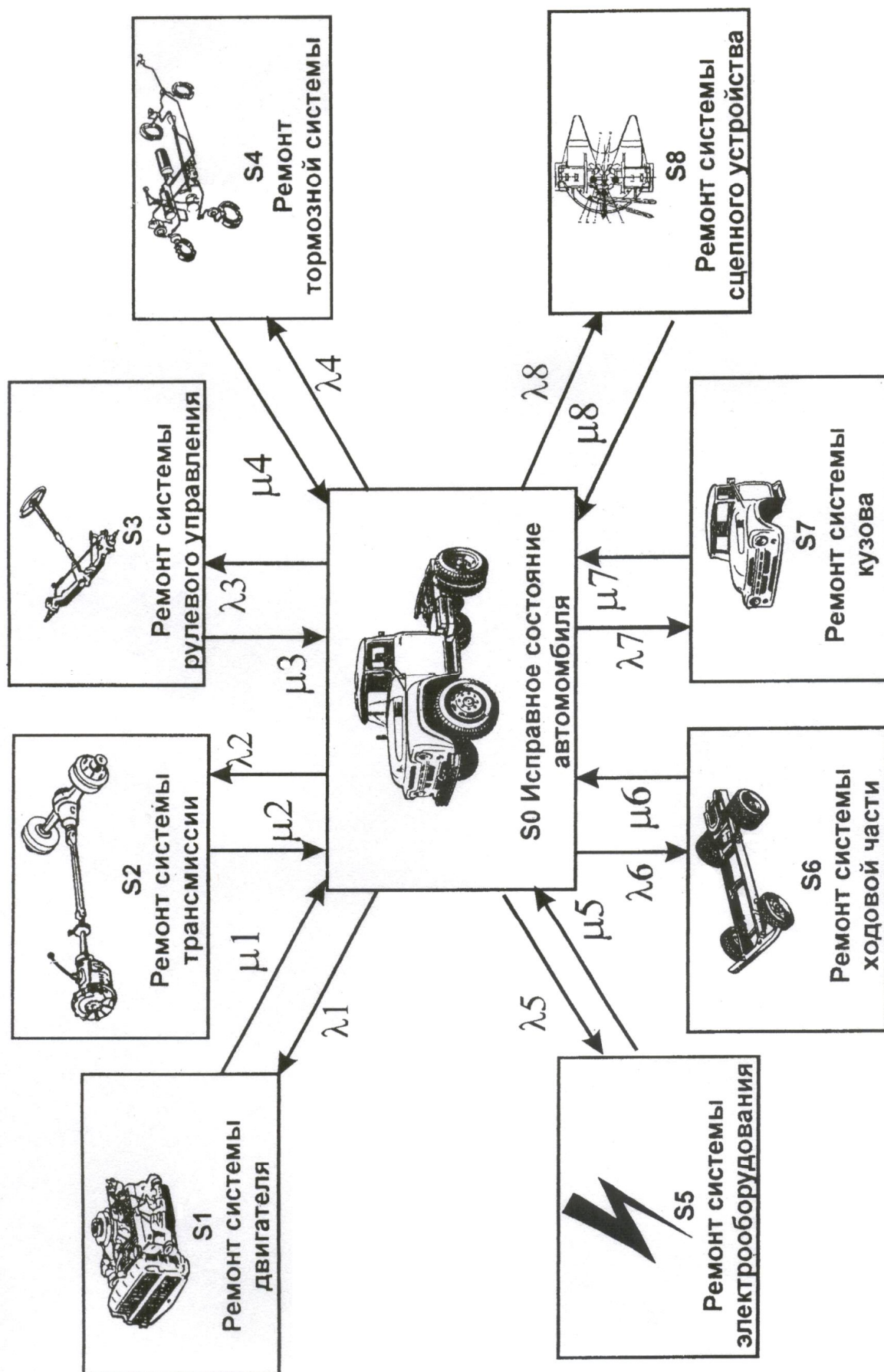


Рисунок 3 – Граф состояний автомобиля с учетом отказов функционирования его систем

Задача 3.2

Автомобиль последовательно (рисунок 2) может быть исправным и работать (S_1), ожидать ремонта (S_2), ремонтироваться (S_3), ожидать работы после ремонта (S_4) и снова работать (S_1). Определить предельные вероятности при условии, что

$$\bar{T}_1 = T_H; \bar{T}_2 = 0,5 \cdot T_H; \bar{T}_3 = 0,2 \cdot T_H; \bar{T}_4 = 0,6 \cdot T_H,$$

где T_H – среднее время нахождения автомобиля в наряде.

Таблица 8 – Исходные данные к задаче 3.2

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T_H , ч	10	15	20	30	40	32	28	25	18	16
Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
T_H , ч	12	8	34	22	15	17	21	27	29	7

Задача 3.3

Составить размеченный граф состояний автомобиля (узла автомобиля) с учетом отказов функционирования его систем, описать его системой уравнений финальных вероятностей.

Таблица 9 – Исходные данные к задаче 3.3

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Марка автомобиля (узел)	ЗИЛ--4331	ЗИЛ-ММЗ-555	КамАЗ-5320	МАЗ-5516	КрАЗ-257	ЛАЗ-202	ЛиАЗ-5256	ЗИЛ-131	УАЗ-3160	ГАЗ-3302
Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Марка автомобиля (узел)	ВАЗ-2108	М-2141	ЗАЗ-1102	УАЗ-31514	Сцепление	Подвеска	Двигатель	Рулевое управление	Система питания	Система охлаждения

Примеры решений рассмотрены в работе [3] и на рисунке 3.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вентцель Е.С. Исследование операций / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1988. – 208 с.
2. Гуревич И. Б. Эксплуатационная надежность автомобильных двигателей / И. Б. Гуревич, П. Э. Сыркин. – М.: Транспорт, 1984. – 138 с.
3. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Надежность автотранспортных средств» / А.О. Харченко [и др.]. – Севастополь: Изд-во СевГТУ, 1999. – 65 с.
4. Надежность машин: учеб. пособие для машиностроительных специальностей вузов / Под ред. Д.Н. Решетова. – М.: Высш. шк., 1988. – 238 с.
5. Ротенберг Р. В. Основы надежности системы «Водитель-автомобиль-дорога-среда» / Р. В. Ротенберг. – М.: Машиностроение, 1986. – 216 с.
6. Техническая эксплуатация автомобиля / Под ред. Н. С. Кузнецова. – М.: Транспорт, 1991. – 410 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Таблица А.1 – Характеристики некоторых законов распределения

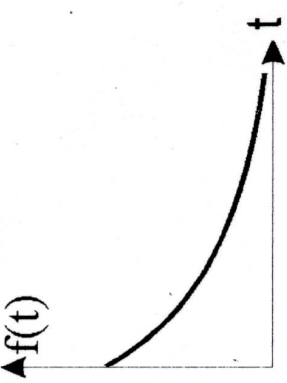
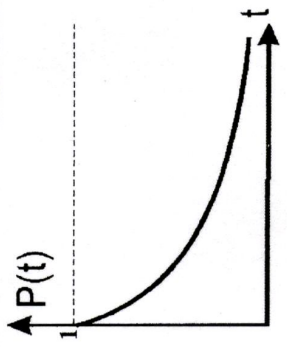
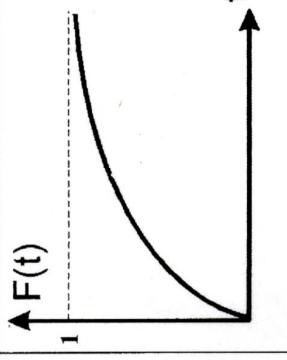
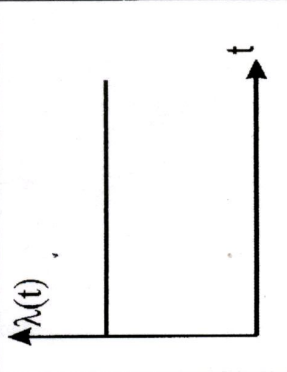
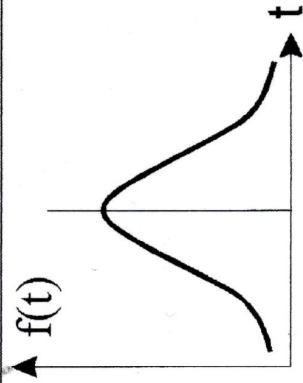
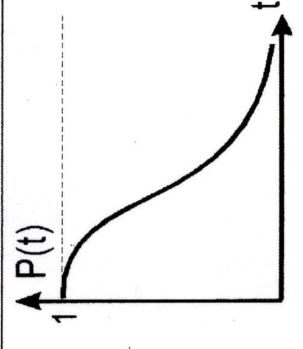
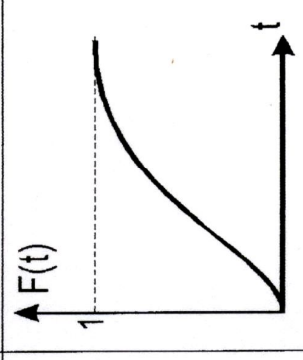
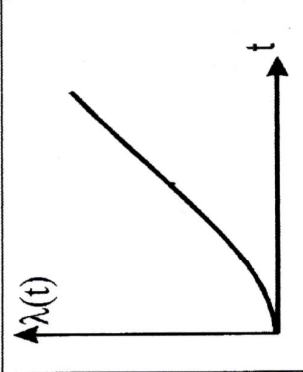
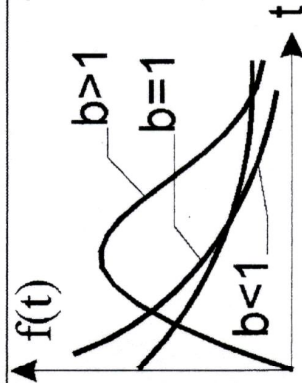
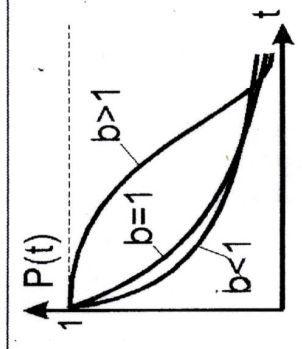
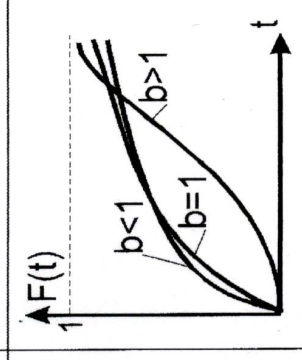
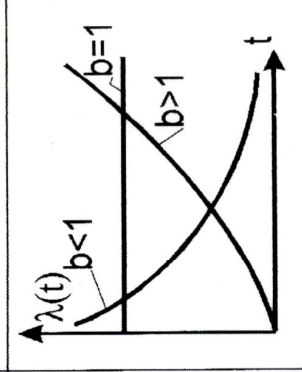
Наименование закона распределения	Плотность вероятности отказа $f(t)$	Вероятность безотказной работы $P(t)$	Вероятность отказа $F(t) = 1 - P(t)$	Интенсивность отказов $\lambda(t)$	Средняя наработка до отказа t_{cp}	Дисперсия D
Экспоненциальный	$\lambda e^{-\lambda t}$	$e^{-\lambda t}$	$1 - e^{-\lambda t}$	$\lambda = const$	$\frac{1}{\lambda}$	t_{cp}^2
Нормальный	$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-T_{cp})^2}{2\sigma^2}}$	$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^{\infty} e^{-\frac{(t-T_{cp})^2}{2\sigma^2}} dt$	$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-\frac{(t-T_{cp})^2}{2\sigma^2}} dt$	$\frac{f(t)}{P(t)}$	t_{cp}	σ^2
Вейбулла	$\frac{b}{t_0} \left(\frac{b}{t_0}\right)^{b-1} e^{-\left(\frac{b}{t_0}\right)^b}$	$e^{-\left(\frac{b}{t_0}\right)^b}$	$1 - e^{-\left(\frac{b}{t_0}\right)^b}$	$\frac{b}{t_0} \left(\frac{b}{t_0}\right)^{b-1}$	$t_0 \Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right)$	$t_0^2 \left\{ \Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right) - \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right) \right]^2 \right\}$

Примечания: 1) Расчетное определение значений $f(t)$, $P(t)$ и $F(t)$ для нормального закона делается с помощью нормированных функций $\varphi(x)$ и $F(x)$ [3];

2) Буква Γ в количественных характеристиках закона Вейбулла обозначает гамма-функцию [3];

3) Для удобства расчетов e^{-t} приводится в таблицах или легко могут быть посчитаны с помощью средств вычислительной техники.

Таблица А.2 – Типичные графики количественных характеристик некоторых законов распределения в зависимости от наработки t

Наименование закона распределения	Плотность вероятности отказа $f(t)$	Вероятность безотказной работы $P(t)$	Вероятность отказа $F(t)=1-P(t)$	Интенсивность отказов $\lambda(t)$
Экспоненциальный				
Нормальный				
Вейбулла				

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(пример оформления титульного листа контрольной работы)



Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по дисциплине

НАДЕЖНОСТЬ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

специальности 7.09.0258

«Автомобили и автомобильное хозяйство»

Выполнил: ст. гр. АВ-61з

И.О. Петров

Проверил: доц.

В.П. Долгин

Севастополь

2008



ПРИЛОЖЕНИЕ В

(пример алгоритмизации решения задачи №3 с помощью математического пакета MAPLE)

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА НА ТЕМУ: «АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНОЙ НАДЕЖНОСТИ АВТОМОБИЛЯ МЕТОДОМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИНАЛЬНЫХ ВЕРОЯТНОСТЕЙ»

МОДЕЛЬ ПОТОКОВ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ДИСКРЕТНЫМИ СОСТОЯНИЯМИ

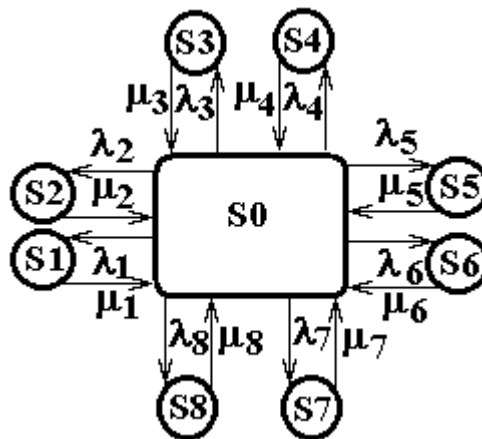


Рисунок В.1 – Размеченный граф состояний

Обозначения:

$\lambda_1 \dots \lambda_n$ – потоки отказов,

$\mu_1 \dots \mu_n$ – потоки восстановлений.

ИЗВЕСТНО:

1. ВОЗМОЖНЫЕ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ:

S0 – отсутствие отказов;

S1 – отказ двигателя;

S2 – отказ трансмиссии;

S3 – отказ рулевого управления;

S4 – отказ тормозной системы;

S5 – отказ электрооборудования;

S6 – отказ подвески;

S7 – отказ кузова и кабины;

S8 – отказ коробки передач.

2. ИНТЕНСИВНОСТИ ПОТОКОВ ОТКАЗОВ И ВОССТАНОВЛЕНИЙ (все потоки - простейшие).

ТРЕБУЕТСЯ:

- а) найти предельные вероятности состояний системы $\{p_0, \dots, p_8\}$;
- б) построить график распределения вероятностей состояний.

Для решения задачи необходимо вычислить интенсивности потоков отказов

λ_i по формуле

$$\lambda_i = V_{cp} / L_i,$$

где L_i – наработка (пробег) на отказ (км), $V_{cp} = 70 \text{ км/ч}$

и интенсивности потоков восстановлений $\mu_i = 1 / T_i$,

где T_i – среднее время восстановления в часах (по данным таблицы В.1).

В качестве данных можно использовать статистические параметры отказов и восстановлений деталей (узлов) двигателей, подвески, трансмиссии и т.п. по приведенному на рисунке В.1 графу состояний. В каждом случае данные должны выбираться для полной группы событий.

Таблица 1 – Исходные данные для определения среднего относительного времени состояний автомобиля

№ п\п	Автомобильная система	Наработка на отказ L_i , тыс. км	Среднее время восстановления T_i , ч
1	Двигатель	350	70,7
2	Трансмиссия	240	42,5
3	Рулевое управление	250	3,3
4	Тормозная система	200	4,0
5	Электрооборудование	172	9,6
6	Подвеска	323	5,2
7	Кузов	320	3,1
8	Коробка передач	250	20,3

```
> restart:
```

```
> # Вариант
```

```
№:=211119:
```

```
# Номер зачетной книжки
```

```
randomize(№);
```

211119

```
> # Блок 1
```

```
# Параметры потоков (модель)
```

```
lambda[1]:=evalf(40/1000/350,3); mu[1]:=evalf(1/70.7,3);
lambda[2]:=evalf(40/1000/240,3); mu[2]:=evalf(1/42.5,3);
lambda[3]:=evalf(40/1000/250,3); mu[3]:=evalf(1/3.3,3);
lambda[4]:=evalf(40/1000/200,3); mu[4]:=evalf(1/4.0,3);
lambda[5]:=evalf(40/1000/172,3); mu[5]:=evalf(1/9.6,3);
lambda[6]:=evalf(40/1000/323,3); mu[6]:=evalf(1/5.2,3);
lambda[7]:=evalf(40/1000/320,3); mu[7]:=evalf(1/3.1,3);
lambda[8]:=evalf(40/1000/250,3); mu[8]:=evalf(1/20.3,3);
```

$\lambda_1 := .000114$

$\mu_1 := .0141$

$\lambda_2 := .000167$

$\mu_2 := .0235$

$\lambda_3 := .000160$

$\mu_3 := .303$

$\lambda_4 := .000200$

$\mu_4 := .250$

$\lambda_5 := .000233$

$\mu_5 := .104$

$\lambda_6 := .000124$

$\mu_6 := .192$

$\lambda_7 := .000125$

$\mu_7 := .323$

$\lambda_8 := .000160$

$\mu_8 := .0493$

Вычисление предельной вероятности безотказной работы узлов автомобиля p_0 и вероятностей других состояний $p_1 \dots p_8$

> # Блок 2

Вычисление $p[0]$

```
p[0]:=1/(1+lambda[1]/mu[1]+lambda[2]/mu[2]
+lambda[3]/mu[3]+lambda[4]/mu[4]
+lambda[5]/mu[5]+lambda[6]/mu[6]
+lambda[7]/mu[7]+lambda[8]/mu[8]);
lambda_3 := .00043
```

$p_0 := .9766299466$

> # Блок 3

> # Вычисление $p[1] \dots p[n]$

```
p[1]:=p[0]*lambda[1]/mu[1];
p[2]:=p[0]*lambda[2]/mu[2];
p[3]:=p[0]*lambda[3]/mu[3];
p[4]:=p[0]*lambda[4]/mu[4];
p[5]:=p[0]*lambda[5]/mu[5];
p[6]:=p[0]*lambda[6]/mu[6];
p[7]:=p[0]*lambda[7]/mu[7];
p[8]:=p[0]*lambda[8]/mu[8];
```

$p_1 := .007896157014$

$p_2 := .006940306430$

$p_3 := .001385976492$

$p_4 := .0007813039572$

$p_5 := .002188026708$

$p_6 := .0006307401740$

$p_7 := .0003779527656$

$p_8 := .003169590091$

> # Блок 4

> # Проверка по условию нормировки

$n:=8:$

$SUM:=sum('p[i]','i'=0..n);$

$SUM := 1.000000000$

```

> # Блок 5
> # Диаграмма вероятностей отказов узлов системы
with(stats):
with(stats[statplots]):
data1:= [ Weight(1..2, p[1]), Weight(2..3, p[2]),
Weight(3..4, p[3])
,Weight(4..5, p[4]), Weight(5..6, p[5]),
Weight(6..7, p[6])
,Weight(7..8, p[7]), Weight(8..9, p[8]) ]:
histogram(data1, color=pink,thickness=2);

```

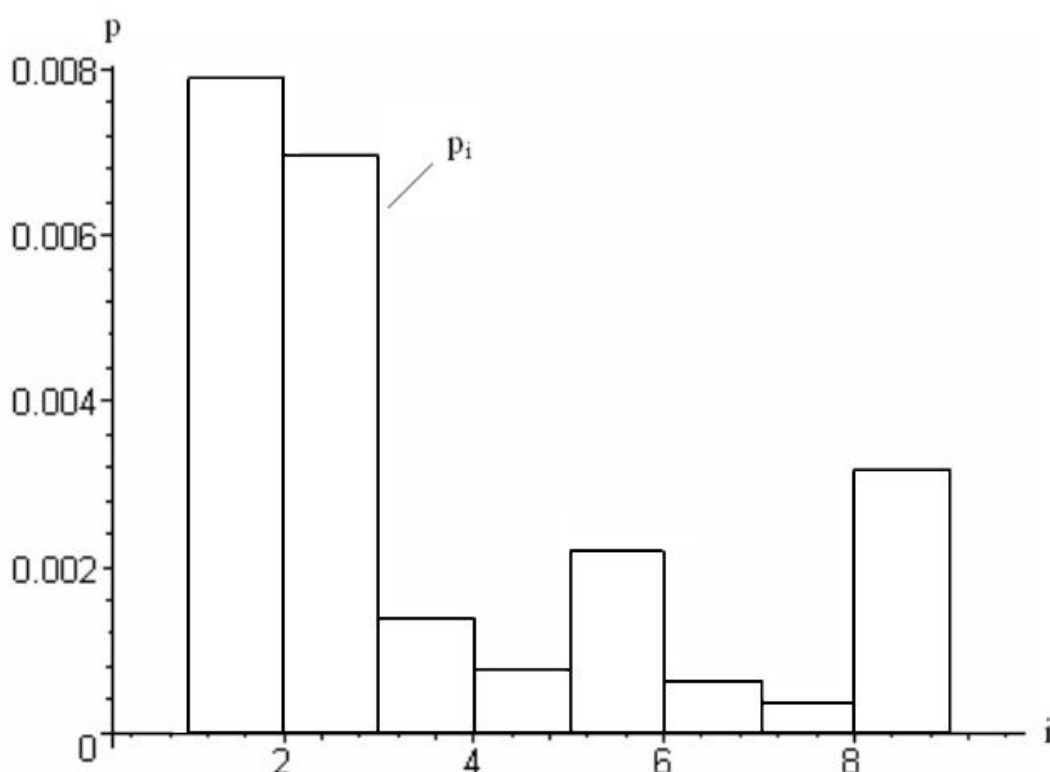


Рисунок В.2 – Гистограмма распределения автомобилей по номерам состояний

Вывод: вероятность среднего относительного времени исправного состояния автомобиля составляет $p_0 := .9766299466$

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

ВОПРОСЫ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ

1. Как называется свойство объекта выполнять заданные функции в заданных режимах и условиях использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования, сохраняя устойчивые эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени и требуемой наработки?

- а) сохраняемость;
- б) долговечность;
- в) надежность;
- г) безотказность.

2. Как называется свойство объекта, заключающееся в его приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений и устранению их последствий путем проведения ремонтов и технического обслуживания?

- а) безотказность;
- б) ремонтпригодность;
- в) долговечность;
- г) сохраняемость.

3. Каким термином называют свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого промежутка времени или некоторой наработки без вынужденных перерывов?

- а) ремонтпригодность;
- б) безотказность;
- в) сохраняемость;
- г) долговечность.

4. Как называется свойство объекта непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние в течение и после хранения и транспортирования?

- а) сохраняемость;
- б) долговечность;
- в) ремонтпригодность;
- г) безотказность.

5. Каким термином характеризуется свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта?

- а) безотказность;
- б) ремонтпригодность;
- в) долговечность;
- г) сохраняемость.

6. Чем обуславливается надежность в большей степени?

- а) отказом;
- б) ремонтпригодностью;
- в) сохраняемостью;
- г) безотказностью;
- д) наработкой;
- е) долговечностью.

7. Как называется выборка, когда все поставленные на исследование объекты доработали до отказа?

- а) усеченной;
- б) переполненной;
- в) полной;
- г) заполненной.

8. Плотность вероятности отказа нормального закона распределения рассчитывается по одной из формул:

$$\text{а) } f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-t_{cp})^2}{2\sigma^2}};$$

$$\text{б) } f(t) = \lambda e^{-\lambda t};$$

$$\text{в) } f(t) = \frac{b}{t_0} \left(\frac{t}{t_0} \right)^{b-1} e^{-\left(\frac{t}{t_0} \right)^b}.$$

9. Какое из выражений характеризует интенсивность отказов закона распределения Вейбулла?

$$\text{а) } \lambda(t) = \frac{b}{t_0} \left(\frac{t}{t_0} \right)^{b-1};$$

$$\text{б) } \lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)};$$

$$\text{в) } \lambda(t) = \text{const}.$$

10. Какая зависимость описывает вероятность безотказной работы экспоненциального закона?

$$\text{а) } P(t) = e^{-\lambda t};$$

$$\text{б) } P(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^{\infty} e^{-\frac{(t-t_{cp})^2}{2\sigma^2}} dt;$$

$$\text{в) } P(t) = e^{-\left(\frac{t}{t_0} \right)^b}.$$

11. При каком законе средняя наработка до отказа рассчитывается по формуле

$$t_{cp} = \frac{1}{\lambda}?$$

а) экспоненциальном законе распределения;

б) нормальном законе распределения;

в) законе распределения Вейбулла.

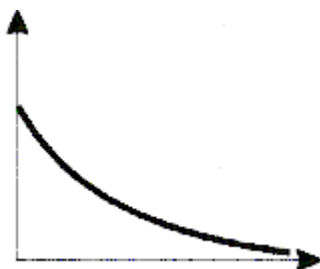
12. Какая зависимость характеризует дисперсию для нормального закона распределения?

а) $D = t_{cp}^2$;

б) $D = \sigma^2$;

в) $D = t_0^2 \left\{ \Gamma\left(1 + \frac{2}{b}\right) - \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{b}\right) \right]^2 \right\}$.

13. График какой количественной характеристики экспоненциального закона изображен на рисунке?



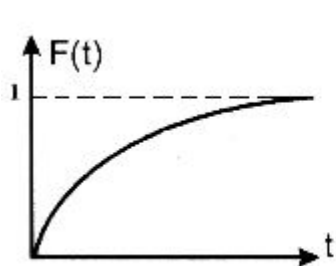
а) плотности вероятности отказа;

б) вероятности безотказной работы;

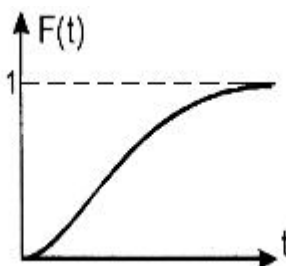
в) вероятности отказа;

г) интенсивности отказов.

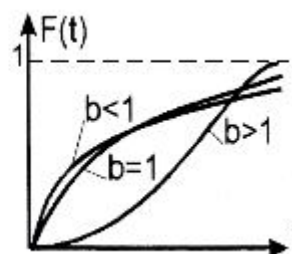
14. Каким графиком описывается вероятность отказа для нормального закона распределения?



а

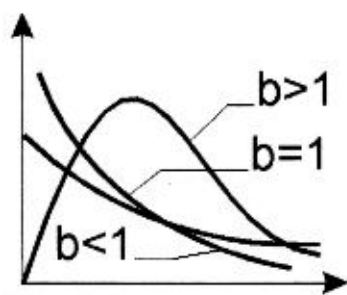


б

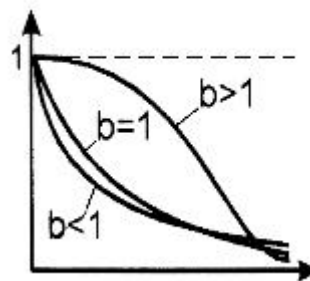


в

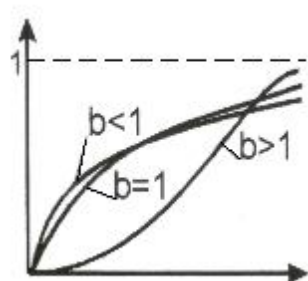
15. Каким графиком описывается вероятность безотказной работы закона распределения Вейбулла?



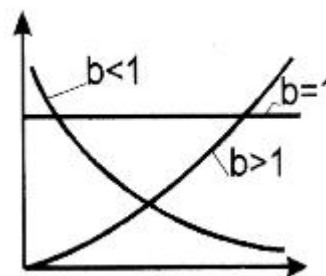
а



б



в



г

16. Какие отказы являются предметом теории надежности?

- а) несистематические;
- б) системные;
- в) систематические;
- г) регулярные.

Заказ № _____ от “ _____ ” _____ 200__ г. Тираж _____ экз.
Изд-во СевНТУ