

Проект «Инженерные кадры Зауралья»

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Автомобильный транспорт и автосервис»

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ДИАГНОСТИКИ
Методические указания
к выполнению курсовой работы
по дисциплине «Основы теории диагностики»
для студентов направления 190600.62

Курган 2013

Кафедра «Автомобильный транспорт и автосервис»

Дисциплины: «Основы теории диагностики» (направление 190600.62)

Составили: канд. техн. наук, доцент Г.В. Осипов,
канд. техн. наук, доцент А.В. Шарыпов

Утверждены на заседании кафедры «9» ноября 2013 г.

Рекомендованы методическим советом университета в рамках проекта
«Инженерные кадры Зауралья» «22» ноября 2013 г.

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические указания предназначены для оказания помощи студентам при выполнении ими курсовой работы по дисциплине «Основы теории диагностики».

1 ЦЕЛЬ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Целью курсовой работы является изучение студентами методов выбора диагностического параметра, статистическая обработка данных и корректировка допустимого значения диагностического параметра, выбор оптимальной периодичности диагностирования, расчет надежности систем. Закрепление знаний, относящихся к задачам определения показателей надежности технических систем с использованием прикладных программных средств.

2 ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

Задание на курсовую работу включает в себя выборку значений наработки на отказ; выборку значений диагностического параметра для группы автомобилей, находящихся в эксплуатации; относительные затраты на проведение текущего ремонта; относительные затраты на проведение технического обслуживания (профилактики); затраты на проведение диагностирования.

3 ОБЪЕМ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа состоит из расчетно-пояснительной записки объемом 20...40 страниц формата А4 (210×297мм).

Порядок расположения материала в расчетно-пояснительной записке следующий:

- Титульный лист;
- Задание на курсовую работу;
- Содержание;
- Введение;
- 1 Статистическая обработка данных наработок на отказ;
- 2 Расчет периодичности технического обслуживания;
- 3 Расчет допустимого значения диагностического параметра
- 4 Расчет оптимальной периодичности диагностирования
- 5 Расчет надежности систем
- Заключение.
- Литература.
- Приложения.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

- 1 Статистическая обработка данных наработок на отказ

Табличный процессор Excel имеет библиотеку встроенных *функций рабочего листа* (Worksheet function). Одним из разделов этой библиотеки является раздел Статистические функции. В этот раздел входят 83 функции, предназначенные для решения некоторых наиболее востребованных задач теории вероятностей и математической статистики.

В связи с разнообразием программного обеспечения и их модификаций, возможно изменение алгоритма поиска значений и использования тех или иных функций.

Основными числовыми характеристиками выборочной совокупности являются выборочное среднее, выборочная дисперсия, выборочное среднее квадратическое (или стандартное) отклонение, наименьшее и наибольшее значения, размах выборки, асимметрия, эксцесс.

Для расчета указанных характеристик в Excel необходимо поставить курсор в ячейку, в которую будет записано значение характеристики, вызвать соответствующую функцию и в качестве ее аргумента указать блок ячеек со статистическими данными.

Исходные данные представлены в задании на курсовой проект.

Данными для статистической обработки данных будут являться наработки до отказа.

Для удобства следующих операций значения случайной величины X (статистические данные) запишем в прямоугольный блок ячеек, например в ячейки A1 : J10. Нарботка до отказа отдельного элемента, агрегата или системы можно представить в размерности — тысяч километров.

Значения вычисляемых характеристик будем располагать в ячейках с G12 по G19, как показано в таблице 1.

Вычисление выборочных характеристик осуществляется по формулам:

- выборочное среднее: $G12 = \text{СРЗНАЧ}(A1 : J10)$;
- выборочная дисперсия: $G13 = \text{ДИСП}(A1 : J10)$;
- выборочное среднее квадратическое отклонение:
 $G14 = \text{СТАНДОТКЛОН}(A1 : J10)$ ИЛИ $G14 = \text{КОРЕНЬ}(G13)$;
- наименьшее значение: $G15 = \text{МИН}(A1 : J10)$;
- наибольшее значение: $G16 = \text{МАКС}(A1 : J10)$;
- размах выборки: $G17 = G16 - G15$;
- асимметрия: $G18 = \text{СКОС}(A1 : J10)$;
- эксцесс: $G19 = \text{ЭКСЦЕСС}(A1 : J10)$.

Таблица 1 – Расчет выборочных характеристик

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	17,68	29,19	17,75	34,38	6,29	4,98	5,70	3,44	21,96	17,51
2	38,68	9,52	16,03	9,53	27,22	15,66	19,10	13,64	25,46	5,91
3	2,87	6,58	4,86	8,98	8,53	24,33	19,38	39,52	41,72	27,54
4	28,55	14,08	4,53	16,62	27,99	30,43	7,87	18,60	9,58	2,58
5	4,86	28,76	2,61	26,79	43,88	17,28	19,70	20,41	15,08	20,05
6	12,84	17,23	84,86	15,76	56,95	5,46	16,34	25,38	35,96	9,76
7	33,74	16,93	8,92	58,53	4,52	20,64	9,94	27,92	12,78	35,14
8	13,24	14,71	4,64	5,90	28,99	43,44	53,56	23,23	24,53	15,20
9	42,10	17,22	29,16	15,64	4,38	17,55	3,45	6,95	17,31	20,73
10	11,04	20,31	23,33	10,48	12,85	17,93	26,95	15,20	11,86	23,21
11										
12	Выборочное среднее						19,79			
13	Выборочная дисперсия						190,76			
14	Выборочное ср. квадр. отклонение						13,81			
15	Наименьшее значение						2,58			
16	Наибольшее значение						84,86			
17	Размах выборки						82,28			
18	Асимметрия						1,69			
19	Экцесс						4,62			

Для наглядного представления статистических данных используется группировка. Числовая ось разбивается на интервалы, и для каждого интервала подсчитывается число элементов выборки, которые в него попали. Группировка данных производится в следующей последовательности:

– наименьшее значение округляется в меньшую сторону, а наибольшее — в большую сторону до «хороших» чисел x_{min} и x_{max} ;

– выбирается количество групп k , удовлетворяющее неравенству $6 < k < 20$; иногда оно определяется по формуле $k = [5 \cdot \lg n]$. Например, если объем выборки $n=100$, то $k=10$;

– находится шаг по формуле $h = \frac{R}{k}$,

где $R = x_{max} - x_{min}$ – длина промежутка, в котором содержатся статистические данные;

– определяются границы частичных интервалов:

$$a_0 = x_{min}, a_1 = a_0 + h, a_2 = a_1 + h, \dots, a_k = a_{k-1} + h = x_{max}; \quad (1)$$

– в каждом интервале вычисляются средние значения $\tilde{x}_i = \frac{a_{i-1} + a_i}{2}$;

– для каждого интервала $[a_{i-1}, a_i]$, $i = 1, 2, \dots, k$ находятся:

а) частоты n_i , т.е. число выборочных значений, попавших в интервал;

б) относительные частоты $\frac{n_i}{n}$;

в) накопленные частоты $w_i = n_1 + n_2 + \dots + n_i$;

г) накопленные относительные частоты $\frac{w_i}{n}$.

Для выборочной совокупности (таблица 1) результаты группировки в Excel представлены в таблице 2.

Сначала следует указать объем выборки, максимальное и минимальное значения, размах выборки, количество групп и шаг:

$$A23 = 100, B23 = 100, C23 = 0, D23 = B23 - C23, E23 = 10, F23 = D23 / E23.$$

В ячейках A25 : H25 указываются заголовки будущей таблицы. В этой таблице колонки B и C можно заполнить в соответствии с формулами (1) или заполнить две строки и скопировать их в последующие так, чтобы всего получилось $k = 10$ строк. Колонку D можно заполнить, используя формулу:

$$D26 = (B26 + C26) / 2$$

с последующим копированием в ячейки D27 : D35.

Таблица 2 – Группировка статистических данных

	A	B	C	D	E	F	G	H
21								
22	n	x_{\max}	x_{\min}	R	k	h		
23	100	100	0	100	10	10		
24								
25	Группа	Левая граница	Правая граница	Сере- дина	Частота	Относ. частота	Накоп. частота	Накоп. относ. частота
26	1	0	10	5	27	0,27	27	0,27
27	2	10	20	15	34	0,34	61	0,61
28	3	20	30	25	24	0,24	85	0,85
29	4	30	40	35	7	0,07	92	0,92
30	5	40	50	45	4	0,04	96	0,96
31	6	50	60	55	3	0,03	99	0,99
32	7	60	70	65	0	0	99	0,99
33	8	70	80	75	0	0	99	0,99
34	9	80	90	85	1	0,01	100	1
35	10	90	100	95	0	0	100	1

Для заполнения колонки E следует выделить ячейки E26 : E35 и обратиться к функции ЧАСТОТА, указав массив статистических данных и массив правых границ интервалов:

$$\{= \text{ЧАСТОТА}(A1:J10; C26:C35)\}.$$

Одновременное нажатие клавиш <Ctrl>+<Shift>+<Enter> приведет к за-

полнению выделенных ячеек.

Заполнение колонки F производится по формуле:

$$F26 = E26 / \$A\$23$$

с последующим копированием в ячейки F27 : F35.

Далее заполняются две ячейки колонки G по формулам:

$$G26 = E26, \quad G27 = G26 + E27$$

с последующим копированием G27 в ячейки G28 : G35.

Колонка H заполняется по формуле: $H26 = G26 / \$A\23

с последующим копированием в ячейки H27 : H35.

Данные, собранные в таблице 2, нуждаются в наглядном представлении. Формами такого наглядного представления являются:

– полигоны частот – графическая зависимость частот (относительных частот) от середин интервалов (рисунок 1);

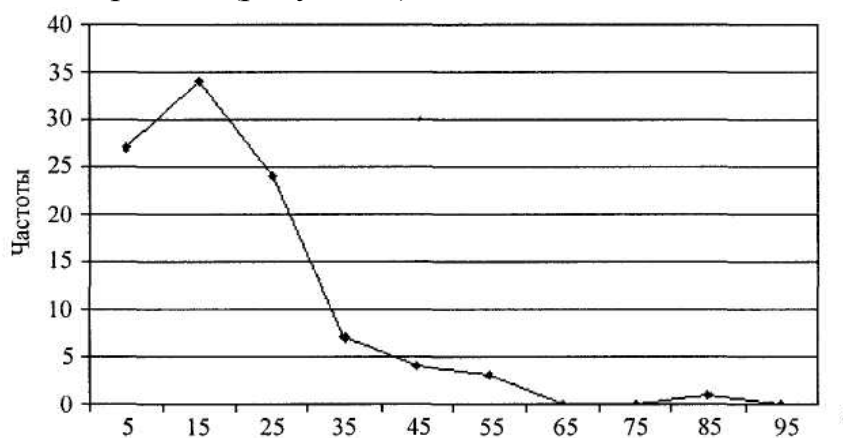


Рисунок 1 – Полигон частот

– кумуляты частот – графическая зависимость накопленных частот (накопленных относительных частот) от середин интервалов (рисунок 2).

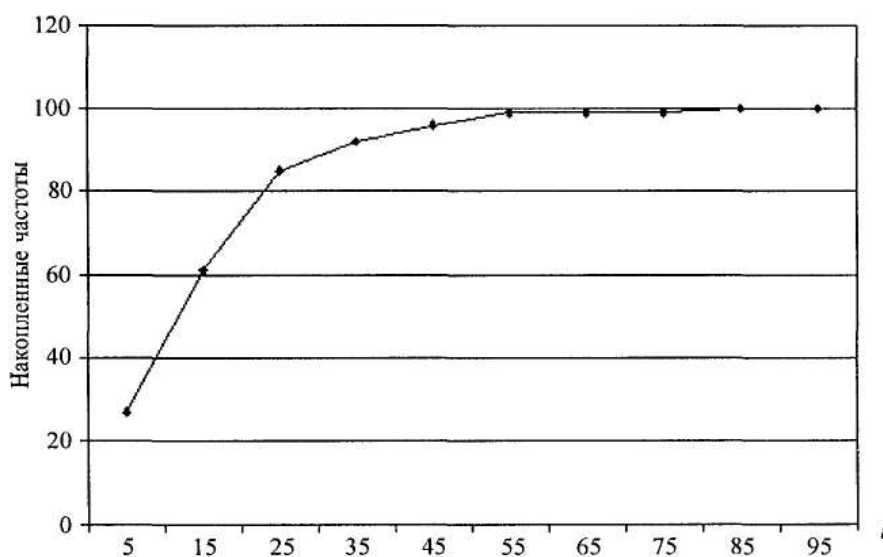


Рисунок 2 – Кумулята частот

2 Расчет периодичности технического обслуживания

Периодичность ТО может быть определена: по допустимому уровню безотказной работы агрегата, узла или системы; технико-экономическим методом; экономико-вероятностным методом.

Метод определения периодичности по допустимому уровню безотказности предусматривает выбор такой периодичности $l_{ТО}$, при которой вероятность возникновения отказа или неисправности ранее установленной периодичности будет меньше обусловленного уровня. При этом для агрегатов, узлов и систем, обеспечивающих безопасность движения, допустимая вероятность безотказной работы принимается $R_d = 0,90...0,95$, для прочих узлов и агрегатов $R_d = 0,85...0,90$.

Искомая периодичность $l_{ТО}$ может быть получена по зависимости:

$$l_{ТО} = \beta_1 \bar{l}, \quad (2)$$

где β_1 – коэффициент оптимальной периодичности, учитывающий величину и характер вариации наработки на отказ, а также принятую допустимую вероятность безотказной работы. Величина β_1 может быть определена из таблицы.

Таблица 3 – Значения β_1

Rg	β_1 при ν			
	0,2	0,4	0,6	0,8
0,85	0,80	0,55	0,40	0,25
0,95	0,67	0,37	0,20	0,10

Экономико-вероятностный метод предусматривает проведение технического обслуживания с периодичностью $l_{ТО}$ при которой суммарные удельные затраты на проведение ТО и ТР будут минимальными. При этом удельные затраты определяются как отношение средневзвешенной по вероятности стоимости соответствующей операции к средневзвешенной наработке:

$$C_{\Sigma} = C_{ТО} + C_{ТР} = \frac{dP}{l_{cp}} + \frac{c(1-P)}{l_{cp}}, \quad (3)$$

где d – затраты на операции ТО;

c – затраты на операции ТР;

P – вероятность безотказной работы при пробеге $l_{ТО}$.

Величина средневзвешенной наработки l_{cp} может быть определена:

$$l_{cp} = l_{ТО}P + \int_{l_{min}}^{l_{ТО}} l\phi(l)dl, \quad (4)$$

где l_{min} – минимальная наработка на отказ по выборке;

$\phi(l)$ – дифференциальная функция распределения отказов.

Для того, чтобы определить оптимальную периодичность обслуживания,

необходимо, изменяя в достаточно широких пределах величину l_{TO} , произвести вычисления до достижения минимального значения C_{Σ} .

В рамках выполнения данной курсовой работы определение l_{TO} производится с использованием компьютера, используя специально разработанную программу. При этом результаты расчета заносятся в таблицу 4. Затем результаты расчета представляются в виде графика, отражающего зависимости:

$$C_{TO} = \phi_1(l_{TO}), \quad C_{TP} = \phi_2(l_{TO}), \quad C_{\Sigma} = \phi_3(l_{TO}). \quad (5)$$

Таблица 4 – Определение оптимальной периодичности технического обслуживания экономико-вероятностным методом

l_{TO}	C_{TO}	C_{TP}	C_{Σ}
1	2	3	4

В случае невозможности использования компьютера для проведения расчетов по согласованию с руководителем курсовой работы студент может определить оптимальную периодичность технического обслуживания, используя коэффициент оптимальной периодичности:

$$l_{TO} = \beta_2 \bar{l}, \quad (6)$$

$$\text{где } \beta_2 = \left[\frac{2(d/c)v}{(1+v^2) \cdot (1-v)} \right]^v. \quad (7)$$

Величина v представляет собой коэффициент вариации наработки на отказ.

3 Расчет допустимого значения диагностического параметра

В рамках выполнения курсовой работы расчет допустимого значения диагностического параметра S_D рекомендуется проводить, используя статистический метод.

В соответствии с этим методом:

- значения диагностического параметра из выборки, приведенной в задании, расположить в порядке возрастания и выбрать предварительные границы выборки $S_{min} \dots S_{max}$;

- для выборки, находящейся в диапазоне $S_{min} \dots S_{max}$ определить количество интервалов k и ширину интервалов ΔS , и построить гистограмму распределения:

- определить среднее значение выборки S_{cp} и среднеквадратическое отклонение σ ;

- по полученным значениям S_{cp} и σ определить теоретический закон распределения $f(S)$, считая его нормальным, и найти по критерию χ^2 Пирсона

вероятность его согласования $P_{\text{сог}}$ с гистограммой в диапазоне $S_{\text{min}} \dots S_{\text{max}}$;

– произвести последовательное изменение границ выборки таким образом, чтобы вероятность согласования вновь рассчитанных теоретических законов повысилась. При этом границы выборки могут как сужаться, так и расширяться, а также смещаться вправо или влево, но обязательно должны включать в себя начальное значение параметра S_n . Закон считается подобранным при наибольшей вероятности согласования, но не меньшей 0,3;

– определить, исходя из физической природы параметра и вида гистограммы, вид его ограничения (снизу, сверху или двухсторонний) и принять допустимый уровень вероятности рассеивания ($A_{0,85}$ или $A_{0,95}$). Для диагностических параметров узлов, агрегатов и систем, влияющих на безопасность движения, принимают более жесткое 85%-ограничение ($A_{0,85}$), чем для менее ответственных, для которых принимают 95% - ограничение ($A_{0,95}$).

Рассчитать допустимое значение диагностического параметра S_D , исходя из следующего:

- одностороннее ограничение сверху
 - при $A_{0,85}$ норматив $S_D = S_{cp} + \sigma$,
 - при $A_{0,95}$ норматив $S_D = S_{cp} + 1,7\sigma$,
- одностороннее ограничение снизу
 - при $A_{0,85}$ норматив $S_D = S_{cp} - \sigma$,
 - при $A_{0,95}$ норматив $S_D = S_{cp} - 1,7\sigma$,
- двухстороннее ограничение
 - при $A_{0,85}$ норматив $S_D = S_{cp} \pm 1,5\sigma$,
 - при $A_{0,95}$ норматив $S_D = S_{cp} \pm 2\sigma$.

Для удобства обработки данных диагностических параметров рекомендуется расположить исходные данные выборки в порядке их возрастания в ячейки A1: J10 Excel.

Таблица 5 – Пример расположения значений, сформированные в порядке возрастания

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	40	52	59	66	70	75	78	85	100	115
2	44	53	59	66	71	75	79	85	102	117
3	44	53	60	68	72	76	79	85	103	117
4	45	56	60	68	72	76	81	86	106	118
5	45	57	61	69	72	76	82	86	107	122
6	46	57	61	69	73	76	82	88	110	123
7	48	58	61	69	73	76	83	90	110	124
8	49	58	62	70	74	77	83	92	111	125
9	50	58	63	70	75	77	83	93	111	131
10	50	58	63	70	75	78	85	93	112	134

По данным значениям выборки значений диагностического параметра для дальнейших расчетов необходимо определить следующие числовые характеристики: выборочное среднее, выборочное среднее квадратическое отклонение, наименьшее и наибольшее значения, размах выборки.

Для расчета указанных характеристик в Excel необходимо поставить курсор в ячейку, в которую будет записано значение характеристики, вызвать соответствующую функцию и в качестве ее аргумента указать блок ячеек со статистическими данными. Наименование параметров располагаем в ячейках A12 – A17. Значения вычисляемых характеристик будем располагать в ячейках G12 - G17 (таблица 6).

Вычисление выборочных характеристик осуществляется по следующим формулам:

– выборочное среднее (наименование в ячейке A12):
 $G12 = \text{СРЗНАЧ}(A1: J10);$ (8)

– выборочное среднее квадратическое отклонение (наименование в ячейке A14):

$G14 = \text{СТАНДОТКЛОН}(A1: J10)$ ИЛИ $G14 = \text{КОРЕНЬ}(G13);$ (9)

– наименьшее значение (наименование в ячейке A15):
 $G15 = \text{МИН}(A1: J10);$ (10)

– наибольшее значение (наименование в ячейке A16):
 $G16 = \text{МАКС}(A1: J10);$ (11)

– размах выборки (наименование в ячейке A17):
 $G17 = G16 - G15;$ (12)

Результаты расчета будут представлены в форме, представленной в таблице 6.

Таблица 6 – Расчет выборочных характеристик

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	40	52	59	66	70	75	78	85	100	115	
2	44	53	59	66	71	75	79	85	102	117	
3	44	53	60	68	72	76	79	85	103	117	
4	45	56	60	68	72	76	81	86	106	118	
5	45	57	61	69	72	76	82	86	107	122	
6	46	57	61	69	73	76	82	88	110	123	
7	48	58	61	69	73	76	83	90	110	124	
8	49	58	62	70	74	77	83	92	111	125	
9	50	58	63	70	75	77	83	93	111	131	
10	50	58	63	70	75	78	85	93	112	134	
11											
12	Выборочное среднее						78				
14	Выборочное среднее квадратическое отклонение						22,3913				
15	Наименьшее значение						40				
16	Наибольшее значение						134				
17	Размах выборки						94				

Корректировка данных для приведения к нормальному закону распределения.

Для наглядного представления статистических данных используется группировка. Числовая ось разбивается на интервалы, и для каждого интервала подсчитывается число элементов выборки, которые в него попали. Группировка

данных производится в следующей последовательности:

- определяется объем выборки (n);
- задается наименьшее и наибольшее значение выборки x_{min} и x_{max} ;
- определяется длина промежутка (размах – R), в котором содержатся статистические данные:

$$R = x_{max} - x_{min};$$

– выбирается количество интервалов (групп) k , удовлетворяющее неравенству $6 < k < 20$; иногда оно определяется по формуле $k = [5 \lg n]$. Например, если объем выборки $n = 100$, то $k = 10$;

- находится шаг группирования по формуле:

$$h = \frac{R}{k}; \quad (13)$$

- определяются границы частичных интервалов:

$$a_0 = x_{min}, \quad a_1 = a_0 + h, \quad a_2 = a_1 + h, \quad \dots \quad a_k = a_{k-1} + h = x_{min}; \quad (14)$$

- в каждом интервале вычисляются средние значения:

$$\tilde{x}_i = \frac{a_{i-1} + a_i}{2}; \quad (15)$$

- для каждого интервала $[a_{i-1}, a_i]$, $i = 1, 2, \dots, k$ находятся:

а) частоты n_i , т.е. число выборочных значений, попавших в интервал;

б) относительные частоты $\frac{n_i}{n}$;

в) накопленные частоты $w_i = n_1 + n_2 + \dots + n_i$;

г) накопленные относительные частоты $\frac{w_i}{n}$;

д) вероятность;

е) критерий χ^2 .

Сначала следует указать объем выборки, максимальное и минимальное значения, размах выборки, количество групп и шаг. Наименование показателей указывается в ячейках A22:F22.

Объем выборки (в ячейке A23) определяется выражением:

$$=100\text{-СЧИТАТЬПУСТОТЫ}(A1:J10)$$

При уменьшении количества данных будет автоматически учитываться количество их значений и соответственно, последующий перерасчет показателей по данной выборке.

Наибольшее значение выборки выбирается из предыдущих вычислений, в нашем случае в ячейку B23 заносится значение ячейки G16 (наибольшее значение выборки):

$$B23 = G16.$$

Наименьшее значение выборки выбирается из предыдущих вычислений, в нашем случае в ячейку C23 заносится значение ячейки G15 (наименьшее значение выборки):

$$C23 = G15.$$

В ячейку D23 заносится определяемая величина длины промежутка (размах – R), в котором содержатся статистические данные:

$$D23=B23-C23.$$

Количество интервалов для выборки из 100 значений – $k=10$

$$E23 = 10.$$

Шаг группирования (h) заносится в ячейку F23.

$$F23 = D23/E23.$$

Заполнение полей таблицы A26:J35 производится в последовательности изложенной ниже.

В колонке A26:A35 указываются номера интервалов группирования данных (от 1 до k).

В ячейке B26 задается значение левой границы интервала:

$$B26=(A26-1)*F\$23+\$C\$23.$$

с последующим копированием в ячейки B27:B35.

В ячейке C26 задается значение правой границы интервала:

$$C26=B26+\$F\$23.$$

с последующим копированием в ячейки C27:C35.

В ячейке D26 задается значение середины интервала:

$$D26=(B26+C26)/2$$

с последующим копированием в ячейки D27:D35.

Для заполнения колонки E следует выделить ячейки E26 : E35 и обратиться к функции ЧАСТОТА, указав массив статистических данных и массив правых границ интервалов:

$$\{= \text{ЧАСТОТА}(A1:J10; C26:C35)\}.$$

Одновременное нажатие клавиш <Ctrl>+<Shift>+<Enter> приведет к заполнению выделенных ячеек.

Заполнение колонки F производится по формуле:

$$F26 = E26 / \$A\$23 \tag{16}$$

с последующим копированием в ячейки F27 : F35.

Далее заполняются две ячейки колонки G по формулам:

$$G26 = E26, \quad G27 = G26 + E27 \quad (17)$$

с последующим копированием G27 в ячейки G28 : G35.

Колонка H заполняется по формуле:

$$H26 = G26 / \$A\$23 \quad (18)$$

с последующим копированием в ячейки H27 : H35.

В ячейку I26 заносятся значения теоретической вероятности:

НОРМРАСП(правая граница интервала; выборочное среднее; среднее квадратическое отклонение; ИСТИНА) – (левая граница интервала; выборочное среднее; среднее квадратическое отклонение; ИСТИНА).

Следует обратить внимание на изменяемые и неизменяемые параметры (\$) в формуле при дальнейшем копировании.

Скопировать значение в ячейки I27: I35.

В ячейку J26 записываются значения критерия χ^2 :

$$J26=(E26-\$A\$23*I26)^2/(\$A\$23*I26)$$

с последующим копированием в ячейки J27 : J35.

Для наглядности представления информации необходимо построить гистограмму частот по серединам интервалов (рисунок 3).

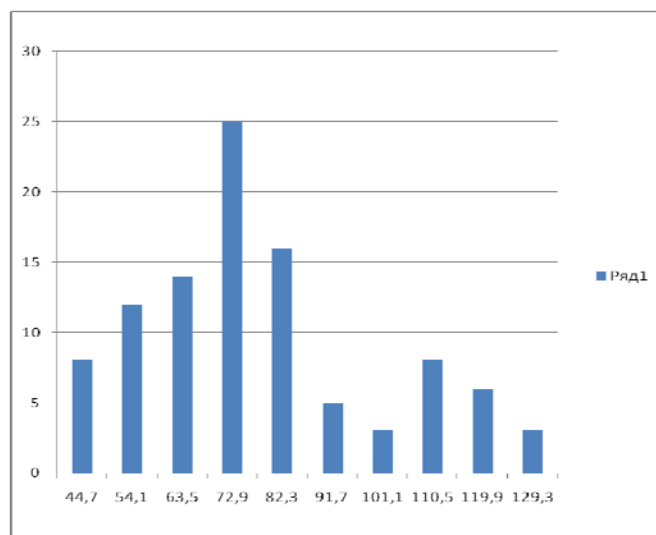


Рисунок 3 – Гистограмма частот

Гипотеза о виде закона распределения должна быть принята, если вычисленное значение $\chi^2_{выч}$ достаточно мало, а именно не превосходит критического значения $\chi^2_{кр}$, которое определяется по распределению χ^2 в зависимости от заданного уровня значимости α и числа степеней свободы $r = k' - s - 1$. Здесь s – число неизвестных параметров распределения, которые были определены по выборке (для равномерного, нормального и гамма-распределений $s = 2$). В дан-

ном примере $r = k' - s - 1 = 10 - 3 = 7$. Полагая $\alpha = 0,05$, критическое значение критерия χ^2 в Excel рассчитывается по формуле:

$$\text{ХИ2ОБР}(0,05;2).$$

При подборе необходимо данные, выходящие за пределы нормального распределения (неисправное состояние), перенести из массива A1:J10 в другие ячейки за пределы массива, для возможности по мере необходимости вернуть их в массив. Корректируя количество данных в массиве добиться выполнения неравенства $\chi^2 < \chi_{кр}^2$. Построить гистограмму после подбора.

Вычислить допустимое значение диагностического параметра, учитывая его влияние на безопасность движения и вид ограничения.

Для выборочной совокупности результаты группировки в Excel представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Группировка статистических данных

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
21										
22	n	x_{\max}	x_{\min}	R	k	h				
23	100	134	40	94	10	9,4				
24										
25	Группа	Левая граница	Правая граница	Середина	Частота	Относ. частота	Накоп. частота	Накоп. относ. частота	Вероятность	χ^2
26	1	40	49,4	44,7	8	0,08	8	0,08	0,055912	1,037804
27	2	49,4	58,8	54,1	12	0,12	20	0,2	0,09484	0,66749
28	3	58,8	68,2	63,5	14	0,14	34	0,34	0,135222	0,016886
29	4	68,2	77,6	72,9	25	0,25	59	0,59	0,16206	4,771913
30	5	77,6	87	82,3	16	0,16	75	0,75	0,163262	0,006519
31	6	87	96,4	91,7	5	0,05	80	0,8	0,138253	5,633569
32	7	96,4	105,8	101,1	3	0,03	83	0,83	0,09841	4,755506
33	8	105,8	115,2	110,5	8	0,08	91	0,91	0,05888	0,757546
34	9	115,2	124,6	119,9	6	0,06	97	0,97	0,029611	3,118592
35	10	124,6	134	129,3	3	0,03	100	1	0,012517	2,44197
									Сумма χ^2	23,20779
	χ^2 кр.	14,06714								

4 Расчет оптимальной периодичности диагностирования

Определение оптимальной периодичности производится экономико-вероятностным методом, сущность которого заключается в назначении такой периодичности l_d , при которой достигается минимум суммарных удельных затрат на ремонт, обслуживание и диагностирование:

$$C_{\text{сум}} = \frac{cQ}{l_\phi} + \frac{d(1-Q)}{l_\phi} + \frac{c_d K}{l_\phi} \rightarrow \min, \quad (19)$$

где c – стоимость аварийного ремонта;
 d – стоимость профилактической операции;
 c_d – стоимость диагностической проверки;
 K – среднее число диагностических проверок объекта до восстановления;
 Q – суммарная вероятность отказов;
 l_ϕ – фактический средний ресурс.

Суммарная вероятность отказов определяется по формуле:

$$Q = \sum_{i=1}^n \int_{l^{i-1}}^{il_d} \varphi(l) dl, \quad (20)$$

где i – порядковый номер (цикл) диагностирования;
 n – последний межконтрольный период;
 $\varphi(l)$ – плотность распределения ресурса по параметру S .

Величина $l^{i-1} = \frac{S_n}{S_d} (i-1)l_d$, где S_n и S_d соответственно предельная и допустимая величина диагностического параметра. При этом

$$n = \frac{1}{1 - (S_d / S_n)}. \quad (21)$$

Фактический средний ресурс определяется выражением:

$$l_\phi = \sum_{i=1}^n \int_{l^{i-1}}^{il_d} l \varphi(l) dl + \sum_{i=1}^n il_d \int_{il_d}^{l^i} \varphi(l) dl. \quad (22)$$

Таким образом, организовав расчет и, перебирая в достаточно широком диапазоне значение l_d , можно определить ее оптимальную величину.

Для проведения расчетов по определению оптимальной периодичности диагностирования необходимо использовать ЭВМ. В случае невозможности использования ЭВМ для проведения расчетов (например, для иногородних студентов-заочников) оптимальная периодичность диагностирования может быть определена по следующей методике.

Для определения оптимальных значений S_d и l_d разработана номограмма (рисунок 4), полученная путем моделирования на ЭВМ суммарных удельных затрат в широком диапазоне значений исходных показателей. Для примера определим оптимальный допустимый норматив и периодичность диагностирования углов схождения передних колес автомобиля.

Исходные данные: стоимость ремонта в случае отказа $c=6,6$; стоимость предупредительного ремонта $d=3,1$; стоимость диагностирования $c_d=0,5$; начальное значение параметра $S_n=40$; предельное значение $S_n=10$; средний пробег до достижения параметром предельной величины $\bar{l}=5$ тыс.км.; коэффициент вариации ресурса $v=0,5$.

Чтобы воспользоваться номограммой, исходные данные нормируют:

$$K^0 = c/d = 2,1; B^0 = c_{д}/d = 0,16.$$

Соответственно величине B^0 проведем из точки A шкалы B^0 (нижняя часть номограммы) горизонталь до пересечения с кривой коэффициента вариации $v=0,5$ для значения $k=2$ (точки B). Проведя из точки B вертикаль до пересечения со шкалой l^0 , получим (точка C) $l^0 = 2,1$. Отсюда оптимальная периодичность:

$$l_{\text{допт}} = l/l^0 = 5/2,1 = 2,4 \text{ тыс. км.}$$

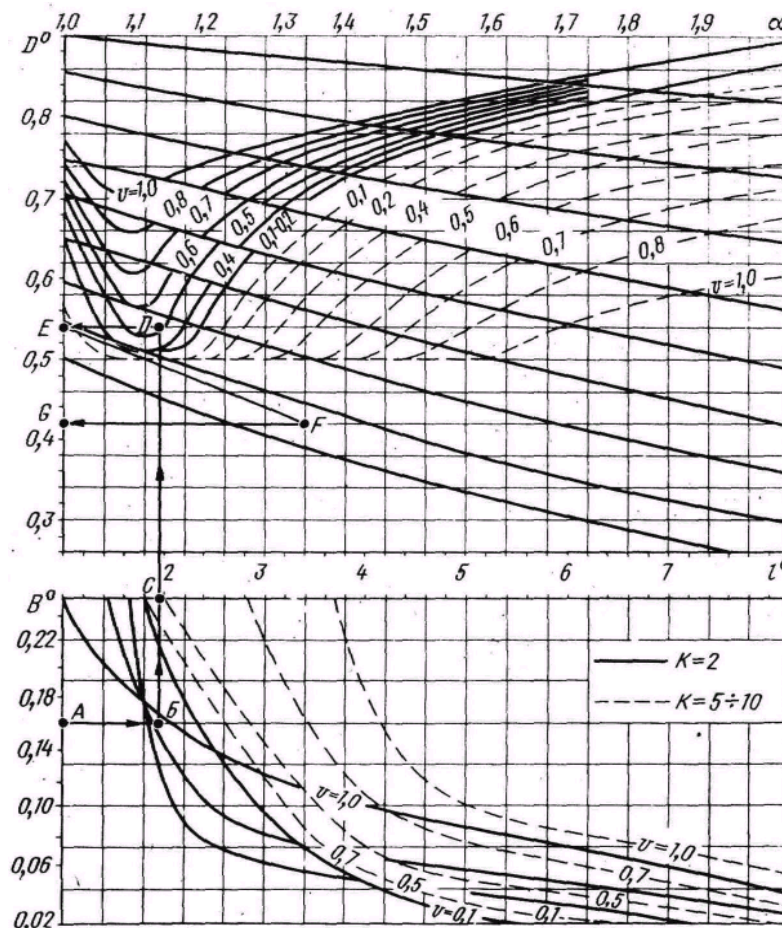


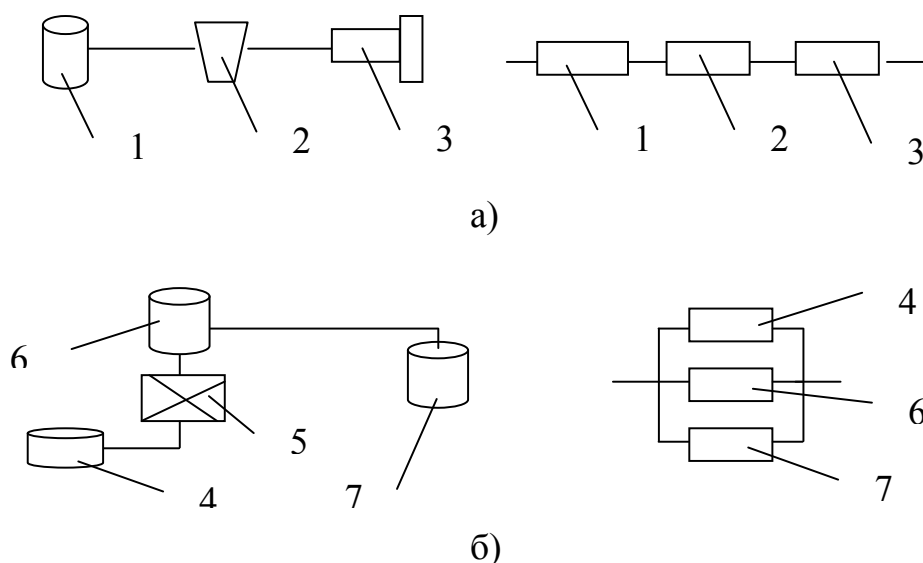
Рисунок 4 – Номограмма для определения допускаемых отклонений диагностических параметров и межконтрольных пробегов

5 Расчет надежности систем

В данном разделе курсовой работы расчет вероятности безотказной работы заданной системы проводится из предположения, что все элементы данной системы являются независимыми элементами.

Надежность любой системы автомобиля, состоящей из заданного числа элементов, зависит не только от надежности каждого из них, но и от способа их соединения. Анализ схемы соединения топливных фильтров системы питания двигателя (рисунок 5 а), например, включающей фильтр-отстойник 1, фильтры бензонасоса 2 и карбюратора 3, показывает, что при отказе любого из них нарушается подача топлива. Такое соединение фильтров следует считать после-

ДОВАТЕЛЬНЫМ.



а – в системе питания; б – в системе смазки

Рисунок 5 – Схемы соединений фильтров

Если вероятность безотказной работы каждого из фильтров равна P_1 , P_2 , P_3 , то вероятность безотказной работы системы очистки топлива в целом определяется из выражения:

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3. \quad (23)$$

Система смазки двигателя включает в себя также три фильтра: маслозаборника 4 масляного насоса 5, грубой очистки 6 и тонкой очистки 7 (рисунок 5 б). Фильтры работают независимо один от другого, и засорение любого из них не отражается на работе остальных. Такое включение фильтров следует считать параллельным. Вероятность безотказной работы фильтров при такой системе их соединения определяется по формуле:

$$P = 1 - (1 - P_4) \cdot (1 - P_6) \cdot (1 - P_7), \quad (24)$$

где P_4 , P_6 , P_7 – вероятности безотказной работы фильтров в маслозаборнике, фильтрах грубой и тонкой очистки масла соответственно.

Анализ последней формулы показывает, что параллельное соединение элементов значительно повышает безотказную работу, а следовательно и надежность всей системы. Поэтому параллельное включение элементов системы является основой весьма важного метода повышения надежности – структурного резервирования.

Резервирование – это метод повышения надежности объекта введением избыточности, т.е. дополнительных средств и возможностей сверх минимально необходимых для выполнения объектом заданных функций. Если избыточность достигается использованием избыточных элементов структуры объекта, то такое резервирование называют структурным.

При структурном резервировании конструктивные элементы могут быть

Рисунок 7 – Структурная схема тормозной системы

С целью упрощения расчетов необходимо разбить структурную схему на блоки с последовательными и параллельными соединениями (рисунок 8):

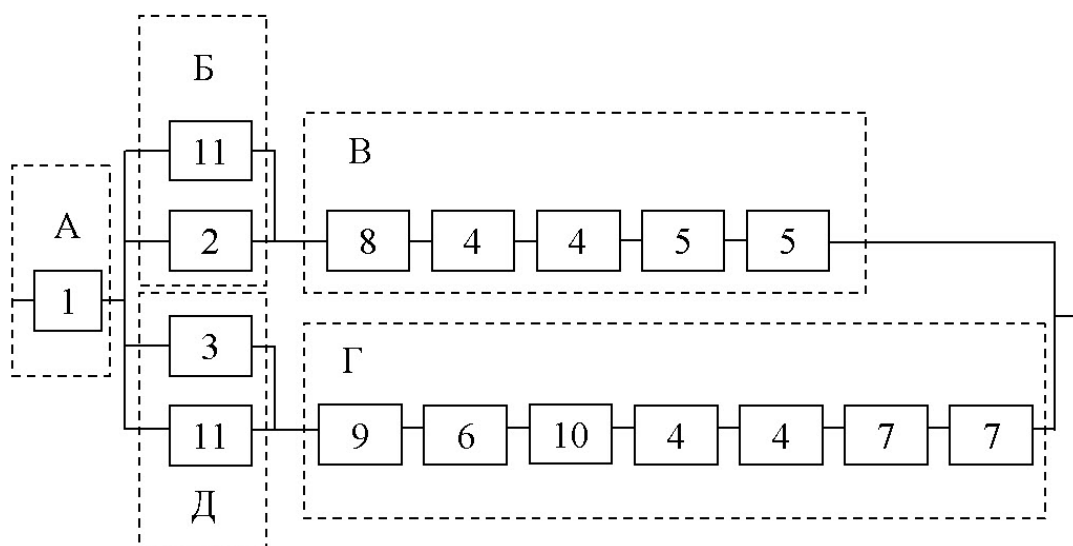


Рисунок 8 – Разбивка структурной схемы по блокам

$$P_A = P_1$$

$$P_B = 1 - (1 - P_2)(1 - P_{11})$$

$$P_D = 1 - (1 - P_3)(1 - P_{11})$$

$$P_C = P_8 \cdot P_4 \cdot P_4 \cdot P_5 \cdot P_5$$

$$P_Z = P_9 \cdot P_6 \cdot P_{10} \cdot P_4 \cdot P_4 \cdot P_7 \cdot P_7$$

После последующего упрощения структурная схема примет следующий вид (рисунок 9).

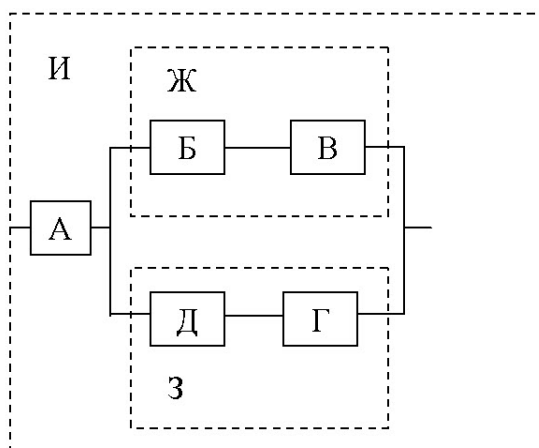


Рисунок 9 – Упрощенная структурная схема

$$P_{Ж} = P_B \cdot P_V$$

$$P_З = P_D \cdot P_G$$

$$P_I = P_A \cdot (1 - (1 - P_{Ж})(1 - P_З))$$

Вариант структурной схемы выбирается по сумме двух последних цифр номера зачетной книжки (таблица 8).

Таблица 8 – Варианты структурных схем тормозных механизмов

Номер варианта задания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Номер варианта структурной схемы	1	2	3	4	1	2	3	4	1	
Номер варианта задания	10	11	12	13	14	15	16	17	18	0
Номер варианта структурной схемы	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3

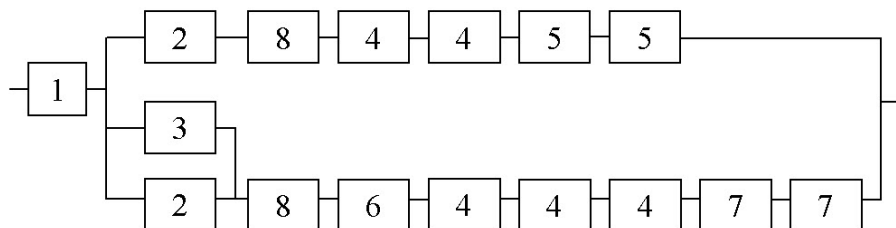


Рисунок 10 – Структурная схема № 1

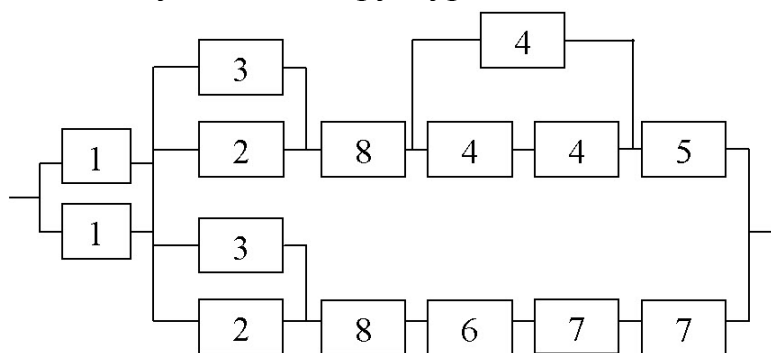


Рисунок 11 – Структурная схема № 2

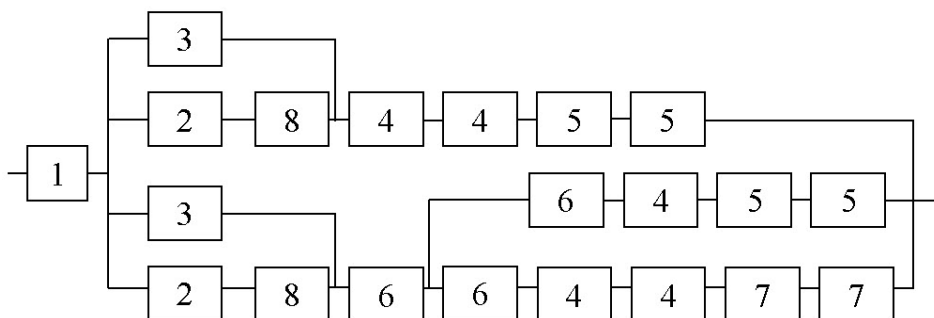


Рисунок 12 – Структурная схема № 3

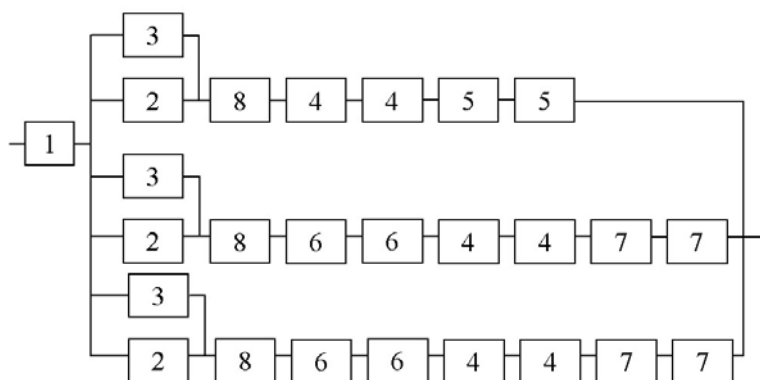


Рисунок 13 – Структурная схема № 4

Исходные данные для расчета системы выбираются из таблицы 9.

Таблица 9 – Значения вероятностей безотказной работы элементов структурной схемы

Номер элемента	1	2	3	4	5	6	7	8
Вариант задания								
1	0,99	0,97	0,98	0,93	0,92	0,89	0,68	0,92
2	0,97	0,98	0,95	0,95	0,96	0,91	0,92	0,94
3	0,94	0,99	0,97	0,96	0,94	0,84	0,86	0,75
4	0,93	0,95	0,95	0,94	0,97	0,81	0,83	0,84
5	0,99	0,93	0,94	0,97	0,98	0,92	0,87	0,85
6	0,97	0,91	0,95	0,94	0,94	0,81	0,82	0,87
7	0,91	0,97	0,97	0,95	0,93	0,83	0,81	0,87
8	0,94	0,98	0,94	0,96	0,95	0,95	0,83	0,88
9	0,95	0,96	0,95	0,92	0,97	0,91	0,84	0,85
10	0,96	0,95	0,97	0,94	0,91	0,81	0,87	0,89
11	0,97	0,94	0,98	0,97	0,92	0,89	0,90	0,88
12	0,98	0,93	0,90	0,97	0,94	0,92	0,91	0,87
13	0,99	0,92	0,92	0,94	0,98	0,87	0,85	0,83
14	0,96	0,91	0,94	0,92	0,97	0,81	0,92	0,94
15	0,92	0,97	0,91	0,97	0,98	0,82	0,91	0,85
16	0,91	0,98	0,98	0,97	0,96	0,84	0,79	0,86
17	0,98	0,95	0,99	0,98	0,95	0,82	0,88	0,87
18	0,95	0,96	0,97	0,96	0,97	0,92	0,92	0,91
0	0,94	0,92	0,94	0,93	0,91	0,90	0,83	0,84

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Зорин, В. А. Надежность машин [Текст] : учебник / В. А. Зорин, В. С. Бочаров. – Орел : Изд-во ОрелГТУ, 2003. – 549 с.

2 Шарыпов, А. В. Основы теории надежности транспортных систем [Текст] : учебное пособие / А. В. Шарыпов, Г. В. Осипов. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2006. – 128 с.

3 Половко, А. М. Основы теории надежности [Текст] / А. М. Половко, С. В. Гуров. – СПб. : БХВ-Петербург, 2006. – 704 с.

4 Половко, А. М. Основы теории надежности [Текст] : практикум / А. М. Половко, С. В. Гуров. – СПб. : БХВ-Петербург, 2006. – 560 с.

Приложение А

Образец оформления титульного листа

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Курганский государственный университет»
Кафедра «Автомобильный транспорт и автосервис»

КУРСОВАЯ РАБОТА

По дисциплине: Основы теории диагностики

Разработал студент группы _____ / _____ /

Проверил _____ / _____ /

Комиссия:

_____ / _____ /

Дата защиты _____

Оценка _____

Курган 2013

Осипов Георгий Владимирович
Шарыпов Александр Владимирович

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ДИАГНОСТИКИ

Методические указания
к выполнению курсовой работы
для студентов направления подготовки 190600.62

Редактор Е. А. Могутова

Подписано в печать 06.03.2014	Формат 60x84 1/16	Бумага тип. № 1
Печать цифровая	Усл. печ.л. 1,5	Уч-изд.л. 1,5
Заказ 80	Тираж 50	Не для продажи

Редакционно-издательский центр КГУ.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.