ГОУВПО
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра охраны труда и аэрологии

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «БЕЗОПАСНОСТЬ И НАДЁЖНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ГОРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ»

(для студентов горных специальностей)

РАССМОТРЕНО:
на заседании кафедры
«Охрана труда и аэрология»
Протокол № 1 от 31.09.2017 г.

УТВЕРЖДЕНО:
на заседании учебно-изда-
тельского совета ДОННТУ
Протокол № 5 от 06.09. 2017 г.

Донецк
2017

ББК 65в6

Методические рекомендации и задания для лабораторных работ по дисциплине «Безопасность и надежность технологических процессов в горном производстве» (для студентов горных специальностей всех форм обучения) / сост. В.Л Овчаренко, В.П Овсянников .– Донецк: ДОННТУ, 2017. – 42 с.

Приведены задания к лабораторным работам по курсу «Безопасность и надежность технологических процессов в горном производстве» Даны рекомендации и алгоритмы для их выполнения. Детально описан ход выполнения работ на ПЭВМ с использованием пакета программ Apache Open Office

Описания и задания к лабораторным работам 1-6 взяты из [1], составителями они адоптированы к проведению лабораторных работ студентами горных специальностей. Составителями самостоятельно разработаны алгоритмы решения всех этих задач с использованием пакета программ Apache OpenOffice а также рассмотрены способы анализа влияния параметров этих задач на результативные показатели, изменены области применения и физический смысл параметров рассматриваемых в работах.

Учебно-методические рекомендации могут быть использованы студентами горных специальностей всех форм обучения при подготовке и выполнении лабораторных работ.

Составители доц. к.т.н. В.Л. Овчаренко.
доц. к.т.н. В.П Овсянников.

Рецензент: доц. к.т.н Е.Б. Николаев

Ответственный за выпуск: проф. д.т.н. Булгаков Ю.Ф.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Современная теория надежности занимается в основном вопросами надежности техники, за более чем 50-летнюю историю своего развития она накопила большое количество полезных, проверенных на практике результатов. В данных методических указаний приводятся материалы, посвященные изучению общих методов расчета надежности для различного вида систем, используемых в горном производстве

Пособие включает восемь лабораторных работ, для успешного выполнения которых необходимо знание основ математической статистики и умение работать с пакетом Open Office Calc.

В первой лабораторной работе рассматривается технология статистического оценивания показателей надежности, а также обработка результатов исследования для определения закона распределения времени работы изделия до отказа, являющегося случайной величиной. Для подтверждения выдвинутой гипотезы о законах распределения предлагается использовать критерии значимости. При выполнении работы студентам предоставляется возможность продемонстрировать знания, полученные при изучении методов обработки экспериментальной информации.

Во второй лабораторной работе рассматриваются два метода расчета надежности систем со структурным резервированием и основные показатели, оценивающие повышение надежности за счет введения резерва.

Третья и четвертая лабораторные работы позволяют прибрести навыки по использованию математических методов расчета надежности для реальных систем, применяемых в горном производстве.

Проблема обеспечения надежности не ослабевает с годами, что связано, прежде всего, с непрерывным ростом сложности технологических процессов горного производства, а также с расширением диапазона условий эксплуатации техники. Кроме того, следует учитывать и возрастание потерь, связанных с выходом из строя столь сложной аппаратуры. В данном пособии рассмотрены лишь некоторые базовые методы расчета надежности.

Лабораторная работа №1

Интервальная оценка показателей безотказности

1.1 Цель работы

В оценке показателей надежности вследствие малых объемов наблюдений существуют случайные ошибки. Например, при испытаниях высоконадежных объектов отказы могут не наблюдаться вообще или происходят редко. Значения точечных оценок параметров распределений сильно зависят от количества наблюденных отказов. Поэтому часто целесообразно находить интервальные оценки параметров распределения, определяя границы доверительного интервала, который с доверительной вероятностью γ покроет истинное значение параметра распределения при данном объеме выборки.

Интервальной называют оценку, которая определяется двумя числами – концами интервала. Интервальные оценки позволяют установить точность и надежность оценок.

Пусть найденная по данным выборки статистическая характеристика θ^* служит оценкой неизвестного параметра θ. Будем считать θ постоянным числом (θ может быть и случайной величиной). Ясно, что θ^* тем точнее определяет параметр θ, чем меньше абсолютная величина разности $|\theta - \theta^*|$. Другими словами, если $\delta > 0$ и $|\theta - \theta^*| < \delta$, то, чем меньше δ, тем оценка точнее. Таким образом, положительное число δ характеризует точность оценки.

Однако статистические методы не позволяют категорически утверждать, что оценка θ^* удовлетворяет неравенству $|\theta - \theta^*| < \delta$ можно лишь говорить о вероятности γ, с которой это неравенство осуществляется.

Надежностью (доверительной вероятностью) оценки θ по θ^* называют вероятность γ, с которой осуществляется неравенство $|\theta - \theta^*| < \delta$. Обычно надежность оценки задается наперед, причем в качестве γ берут число, близкое к единице. Наиболее часто задают надежность, равную 0,95; 0,99 и 0,999.

Пусть вероятность того, что $|\theta - \theta^*| < \delta$., равна γ: $P[|\theta - \theta^*| < \delta] = \gamma$. Заменив неравенство $|\theta - \theta^*| < \delta$ равносильным ему двойным неравенством $-\delta < \theta - \theta^* < \delta$ или $\theta^* - \delta < \theta < \theta^* + \delta$, имеем $P[\theta^* - \delta < \theta < \theta^* + \delta] = \gamma$. Это соотношение следует понимать так: вероятность того, что интервал $(\theta^* - \delta < \theta < \theta^* + \delta)$, заключает в себе (покрывает) неизвестный параметр θ, равна γ. Доверительным называют интервал $\theta^*-\delta$, $\theta^*+\delta$ который покрывает неизвестный параметр с заданной надежностью γ

Пример выполнения работы показан на рисунке 2

Задание: получить зависимости Pv=f(γ,N,L), Pn=f(γ,N,L), Po=f(γ,N,L). Примеры зависимостей Pv=f(γ), Pn=f(γ), Po=f(γ) показаны на рисунке 3.

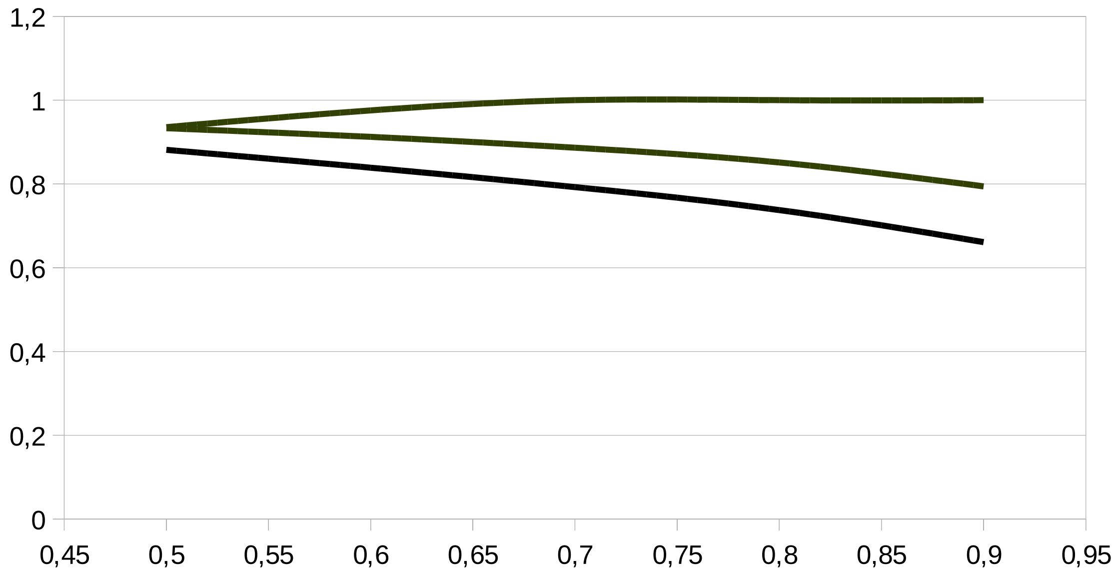


Рис. 3

1.2 Пример выполнения работы

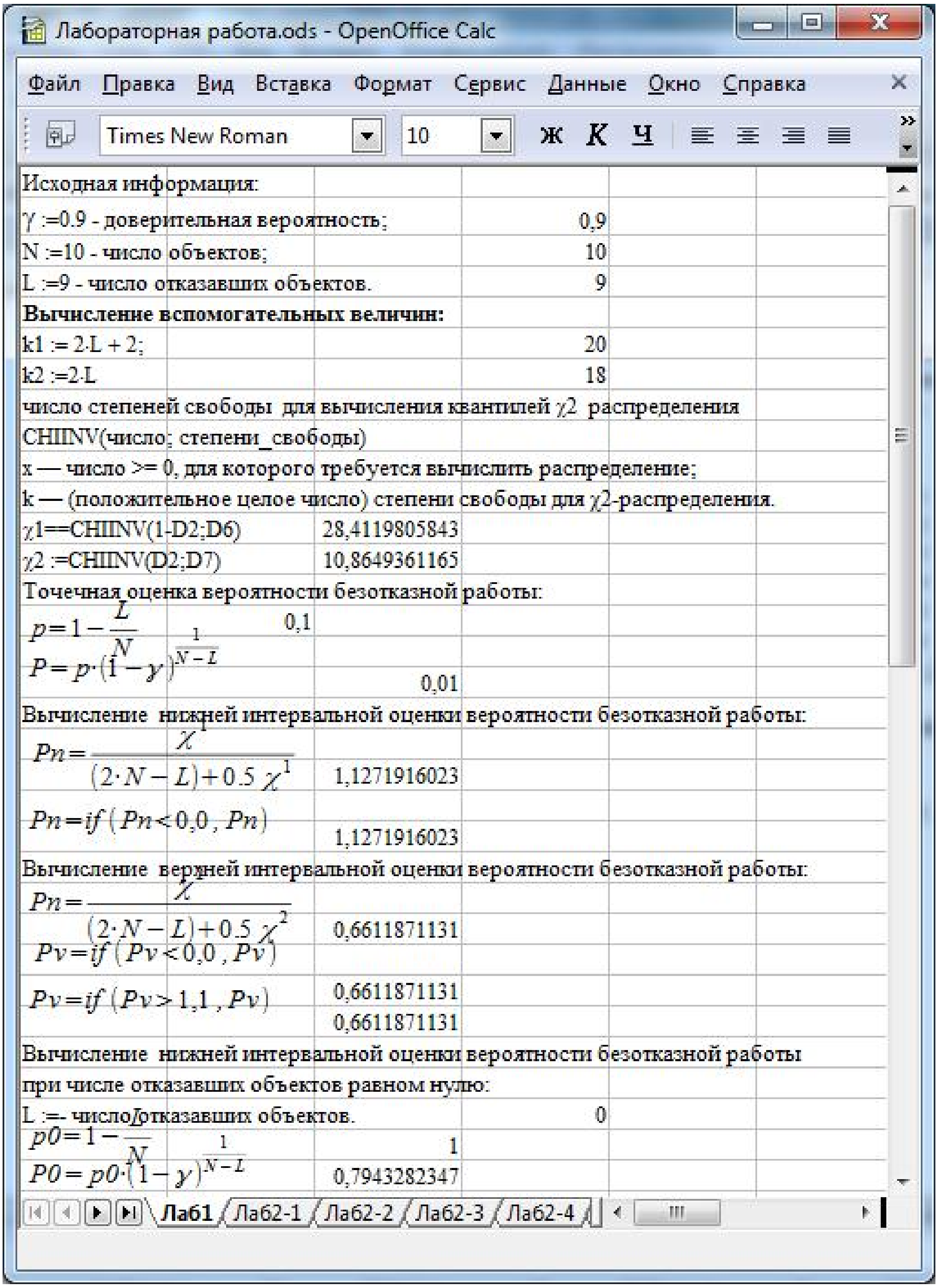


Рис. 2

1.3 Варианты заданий:

ИССЛЕДОВАТЬ:

1. Влияние величины доверительной вероятности на интервал гарантированной оценки вероятности безотказной работы.

2. Влияние числа отказов на размер области гарантированной оценки вероятности безотказной работы.

3. Рассмотреть при различной доверительной вероятности частный случай, когда число отказов L =0.

Номер варианта	Количество наблюдаемых объектов, ед.	Количество зафиксированных отказов, ед.	Доверительная вероятность, %
1	25	7	95
2	31	2	95
3	13	3	85
4	18	1	90
5	24	3	95
6	27	4	95
7	29	2	85
8	17	5	90
9	21	8	95
10	31	9	90
11	13	6	95
12	18	7	95
13	24	2	95
14	27	3	85
15	29	5	90
16	17	4	95
17	13	3	85
18	19	5	90

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОТРАЗИТЬ В ВЫВОДАХ.

1. Вероятность безотказной работы анализируемых объектов находится в интервале от ... до .... Этот результат получен с доверительной вероятностью γ =....

2. Для повышения информативности оценки вероятности безотказной работы необходимо увеличить объем выборки исходных данных или опреде-

лять закон распределения наработок до отказа, что требует новых исходных данных в виде наработок объектов до отказа.

3. С увеличением доверительной вероятности ......

4. С изменением числа отказов от ... до ... интервальные оценки изменяются следующим образом ...

5. При числе отказов, равном нулю ...

1.4 Вопросы для защиты лабораторной работы

1. Что такое гарантированная оценка показателей надежности?

2. Что является пределом верхней интервальной оценки Pбр при доверитель-

ной вероятности, стремящейся к единице?

3. Что является пределом нижней интервальной оценки Pбр при доверительной вероятности, стремящейся к единице?

4. Как будет выглядеть гарантированная оценка Pбр при числе отказов равном нулю?

5. Что такое доверительная вероятность?

6. Что такое квантиль функции распределения случайной величины?

Лабораторная работа № 2

Определение закона распределения надежности невосстанавливаемых технических объектов по полностью определенной выборке

2.1 Цель работы

ИССЛЕДОВАТЬ:

1. Определить закон распределения надежности предложенного объекта.

2. Проверить выдвинутую гипотезу.

РЕЗУЛЬТАТ ИССЛЕДОВАНИЙ ОТРАЗИТЬ В ВЫВОДАХ

1. Распределение наработок до отказа для группы анализируемых объектов может быть представлено экспоненциальным законом с параметром α = … или усеченно-нормальным законом с соответствующими параметрами при доверительной вероятности α = 0,95.

2. По внешнему виду гистограммы распределения и полигона частот при проверке третьей гипотезы можно сделать вывод, что соответствующей корректурой параметров формы и масштаба можно подтвердить согласие и с законом Вейбулла.

3. Возможными причинами отказов могут быть: - нарушение уровня функционирования из-за постепенного изменения параметров объекта; - исчерпание запасов прочности узлов, ресурс которых определяется износом; - исчерпание долговечности узлов, элементов и деталей, которым предусмотрен плановый капитальный ремонт; - наработка до предельного состояния невосстанавливаемых элементов; - отказ элементов из-за механического разрушения деталей вследствие накопления усталостных повреждений.

2.2 Пример выполнения работы

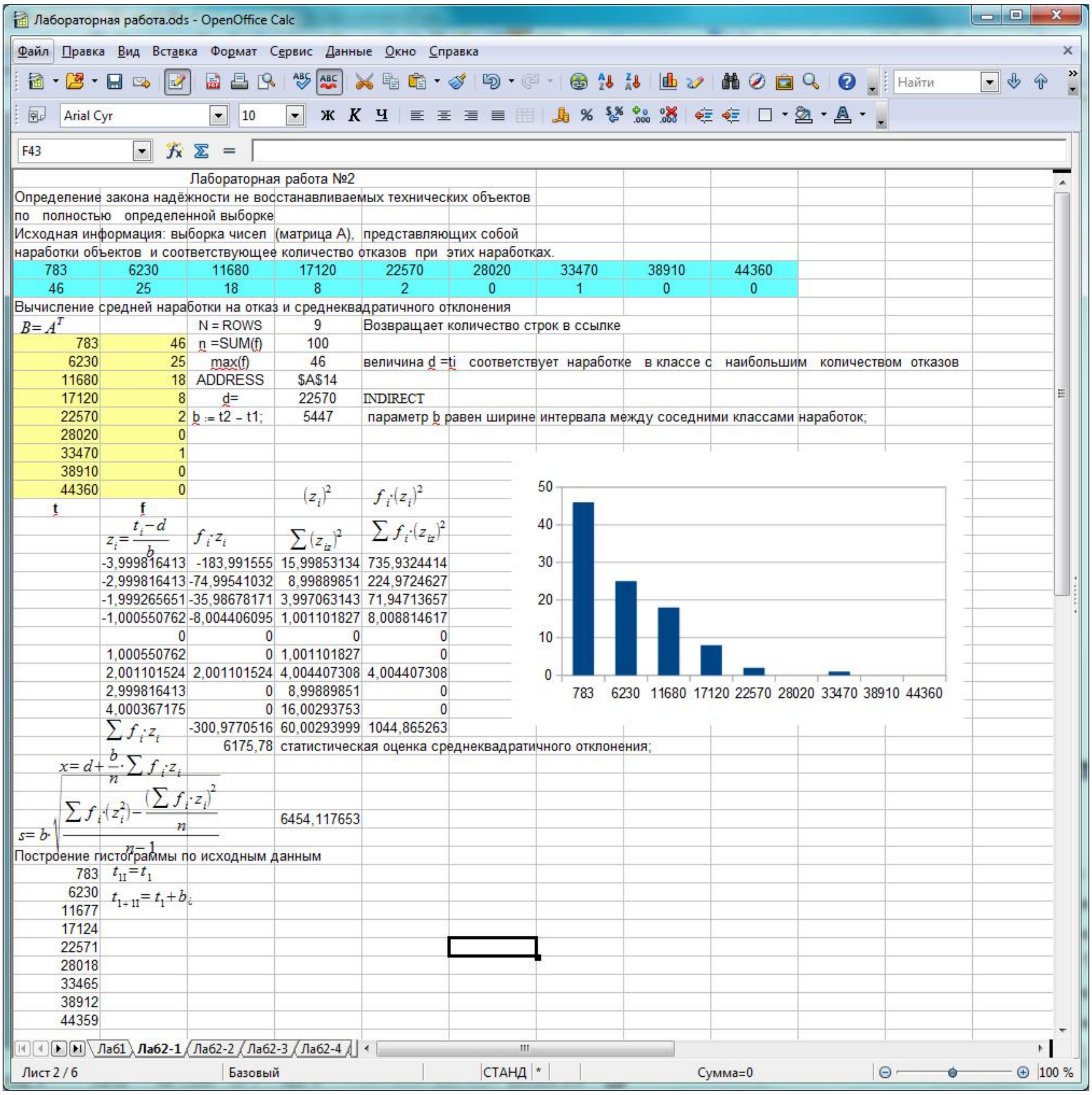
Пример выполнение лабораторной работы определение закона надежности невосстанавливаемых технических объектов по полностью определенной выборке Исходная информация: выборка чисел (матрица А), представляющих собой наработки объектов и соответствующее количество отказов при этих наработках.

	7	6	1	1	2	2	3	3	4
A	81	230	1680	7120	2570	8020	3470	8910	4360
:=(	4	2	1						
	6	5	8	8	2	0	1	0	0

1 Вычисление средней наработки на отказ и среднеквадратического отклонения: $B = A^T$;

781	46
6230	25
1168 0	18
1712 0	8

22570	2
28020	0
33470	1
38910	0
44360	0



N=ROWS(B(i,1))=9;

f= B(i,2);

46
25
18
8
2
0
1
0
0

n=SUM(f)=100

max(f)= 46

w= if(max(f)=f(i);f(i);0)

780
0
0
0
0
0
0
0
0

d = 780 (d=SUM(w)) - величина d =ti соответствует наработке в классе с наибольшим количеством отказов;

t=B(i,1);

780
6230
1168
0
1712
0
2257
0
2802
0
3347
0
3891
0
4436

0

$b = t_2 - t_1$; - параметр b равен ширине интервала между соседними классами наработок = 5450

$$z_i = \frac{t_i - d}{b}$$

0
1
2
2,99816
51376
3,99816
51376
4,99816
51376
5,99816
51376
6,99633
02752
7,99633
02752

$x := d + \frac{b}{n} \cdot \sum_i f_i \cdot z_i = 6174{,}4$ - среднее значение наработки на отказ;

0
25
36
23,98532
11009
7,996330
2752
0
5,998165
1376
0
0
98,97981
65138

статистическая оценка среднеквадратического отклонения;

$$f_i \cdot (z_i)^2, \sum f_i \cdot (z_i)^2$$

0
1

4
8,9889941
924
15,985324
4676
24,981654
7429
35,977985
0181
48,948637
3201
63,941297
8705
203,82389
36116

$$s = b \cdot \sqrt{\frac{\sum f_i \cdot (z_i^2) - \frac{\left(\sum f_i \cdot z_i\right)^2}{n}}{n-1}}$$ =6455,28

Построение гистограммы по исходным данным

$$\mathrm{int}_i := t_i, \mathrm{int}_{i+1} := \mathrm{int}_i + b$$

780
6230
11680
17130
22580
28030
33480
38930
44380

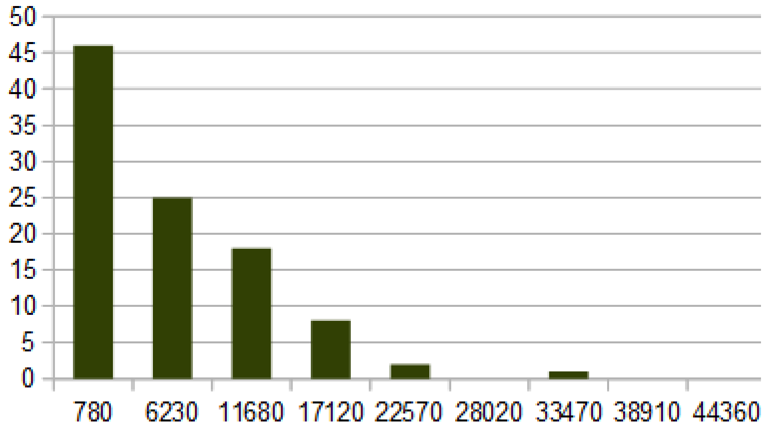


Рис 2.1 Гистограмма

2.4 Вопросы для защиты лабораторной работы

1. Как проверяется согласие эмпирического закона распределения случайной величины и выдвинутой гипотезы?

2. Что такое квантиль функции распределения случайной величины?

3. В каких случаях на практике встречается экспоненциальный закон распределения наработок до отказа?

4. Какие отказы чаще всего приводят к распределению наработок по закону Вейбулла?

5. Как по внешнему виду гистограммы можно обоснованно выдвинуть гипотезу о законе распределения случайной величины?

Лабораторная работа № 3 Проверка статистических гипотез:

3.1 Гипотеза №1: Распределение исходных данных о наработке до отказа соответствует экспоненциальному закону.

Число отказов при зафиксированных наработках объектов в случае экспоненциального закона распределения равно:

x=6174,4

x_1:=x-5000 =1174,4

$\lambda = \dfrac{1}{x_1}$ =8,51E-04

n:=100

P_i=EXPONDIST(t_i;λ;1)

0,48529
89011

0,99503
24897

0,99995
20573

0,99999
95333

0,99999
99955

1

1

1

1

$p_1 := P_1$

$p_r = P_r - P_{r-1}$

0,4852989011
0,5097335886
0,0049195676
0,000047476
4,62159945535667E-007
4,46042225377141E-009
4,30486757352355E-011
4,15445455814734E-013
4,10782519111308E-015

$$\sum_j p_j = 1$$

n_i := =ROUNDDOWN(n*p_i;0)

48
50
0
0
0
0
0
0
0

$$\sum_j n_j = 99$$

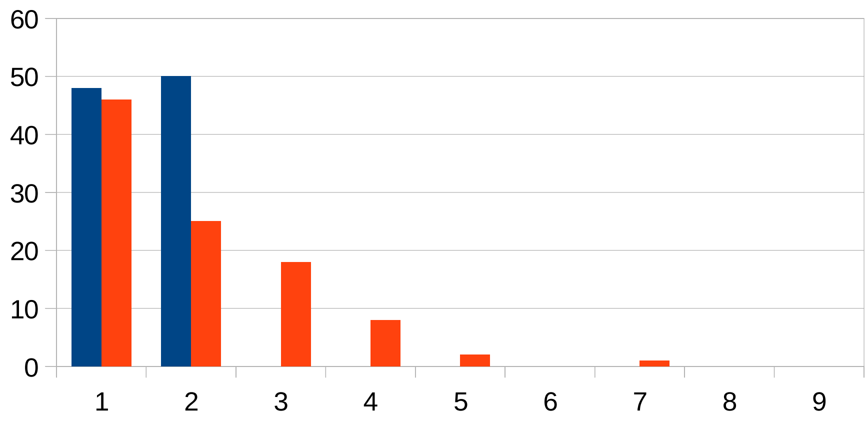


Рис 3.1 Гистограмма частот отказов при экспоненциальном законе распределения и полигон частот исходной выборки

Параметр экспоненциального закона в данном случае откорректирован путем уменьшения математического ожидания "x" исходной выборки.

Критерий Хи-квадрат Пирсона при гипотезе экспоненциального закона распределения наработок до отказа:

k:=1 ;

r:=N-k-1=9-1-1 = 7 ; - число степеней свободы

Доверительная вероятность **γ=p1=**0,95 ;

X:= =CHISQINV(p1;N)= 14,067 ;

Квантиль Хи-квадрат распределения при вероятности **γ=**0.95 и числе степеней свободы r = 7 равна X =14.067.

$$q_i := if\left[n_i > 0, \frac{(f_i - n_i)^2}{n_i}, 0\right]$$

1,47272
72727
8,20454
54545
0
0
0
0
0
0
0

$$\chi = \sum_j q_j = 9,677$$

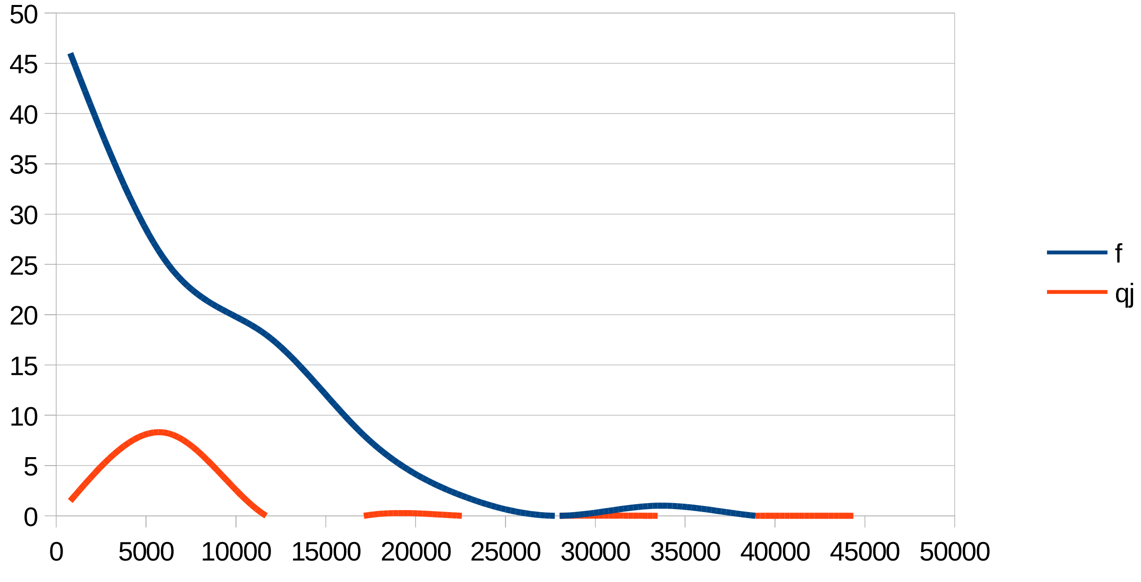


Рис 3.2

Вывод. Сравнение вычисленного значения критерия χ = 9.677 и значения квантили X = 14.067 показывает, что вычисленное значение меньше. Это позволяет сделать вывод о том, что гипотеза экспоненциального закона распределения наработок до отказа может быть принята с доверительной вероятностью 0,95.

3.2 Гипотеза №2. Распределение исходных данных о наработке до отказа соответствует нормальному закону

Число отказов при зафиксированных наработках объектов при нормальном законе распределения равно:

μ=x - 4000 =2174,4;

σ =s-1000 =5455,28;

n=100

P_i=NORMDIST(t_i; σ;μ;1)

0,39934
01019
0,77138
81625
0,95928
58243
0,99692
48287
0,99990
75085
0,99999
89193
0,99999
99952
1
1

$p_1=P_1$;

$p_r=P_r - P_{r-1}$;

0,3993401019
0,3720480606
0,1878976618
0,0376390044
0,0029826798
9,14108163643235
E-005
1,07585602160398
E-006

4,81722750578228
E-009
8,25062240750185
E-012

$$\sum_j p_j = 1$$

n_{1j}=INT(n*p_j)

39
37
18
3
0
0
0
0
0

$$\sum_j n_{1j} = 97$$

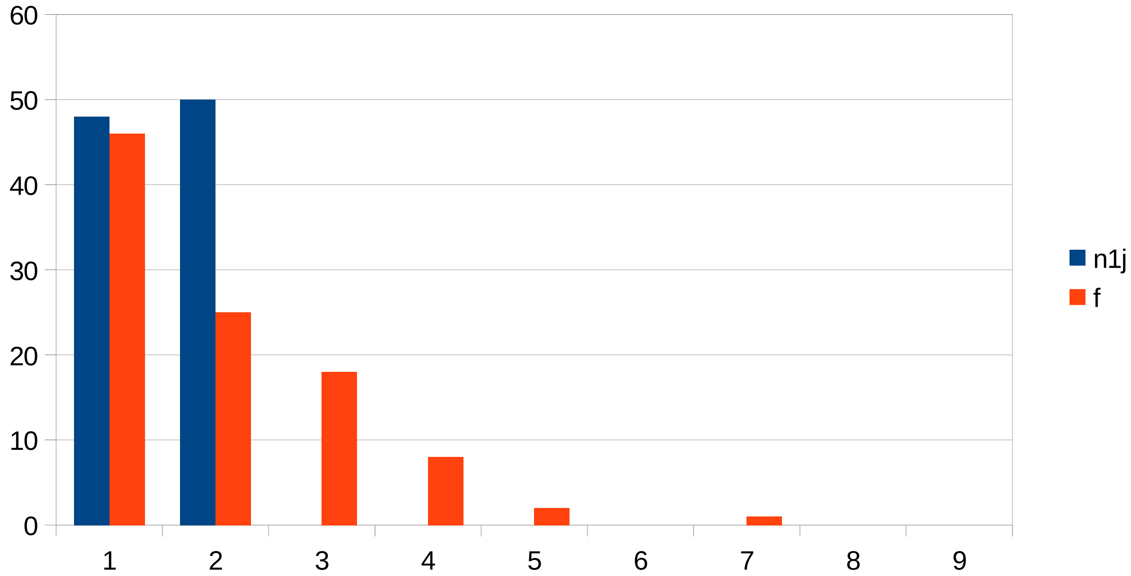


Рис 3.3 Гистограмма частот отказов при нормальном законе распределения и полигон частот исходной выборки

Вычисление критерия Хи-квадрат Пирсона при гипотезе нормального закона распределения наработок до отказа:

k = 2;

r = N - k - 1.

Число степеней свободы

p2 = 0.97.

Доверительная вероятность

γ= p2 ;

X=CHISQINV(γ;r)= 13,9676169268

Квантиль Хи -квадрат распределения при вероятности $\gamma = 0.97$ и числе степеней свободы r= 6 равна: X = 13.968 .

Расчетное значение критерия:

$$q_i := if\left[n_i > 0, \frac{(f_i - n_i)^2}{n_i}, 0 \right]$$

0,08333
33333
12,5
0
0
0
0
0
0
0

$$\chi = \sum_j q_j = 12,58$$

Вывод. Сравнение вычисленного значения критерия $\chi = 12.58$ и значения квантили X = 13.968 показывает, что вычисленное значение меньше. Это позволяет сделать вывод о том, что гипотеза распределения отказов в анализируемой выборке наработок до отказа по нормальному закону может быть принята с уровнем доверия $\gamma = 0.97$.

Примечание. Для получения согласия при проверке гипотезы может потребоваться корректировка математического ожидания, полученного по статистической выборке.

3 .3 Гипотеза №3. Распределение исходных данных о наработке до отказа соответствует закону Вейбулла

Параметры закона Вейбулла

x3 = x = 6174,40
s3 = s = 6455,28

$$\nu = \frac{s_3}{x_3}$$ -коэффициент вариации = 1,0454914547

Параметр формы в распределении Вейбулла находятся по одной их формул: при коэффициенте вариации меньше единицы первая формула, а в противном случае - вторая.

b1(ν)=0,96707224+16.24125· exp(0.0558258- 6.1325054·ν);

b2(ν) =0.2405184+ 0.7908285·exp(0.636202- 0.7747214·ν);

b(ν) =if(ν<1, b1(ν),b2(ν))

$$Kb = \Gamma\left(1 + \frac{1}{b(\nu)}\right)$$=0,9823770775

$$a = \frac{x3}{Kb}$$ **параметр масштаба в распределении Вейбулла;**

B = b(ν)-параметр формы в распределении Вейбулла.

Вероятность попадания случайной величины в заданный интервал при распределении Вейбулла находится по формуле:

r=2…N;

$t_{N+1}=t_N$

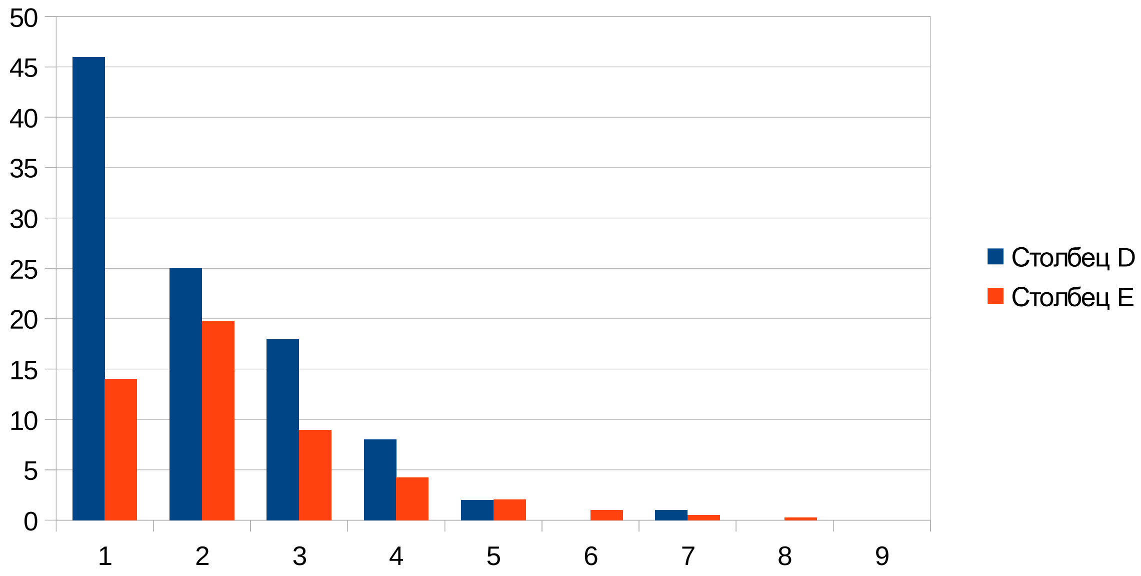
$$w_j = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t_j}{a}\right)^b\right]$$

$pw_1=w_1$

$pw_r=w_r- w_{r-1}$

$\sum pw_r$= 0,5083366686

Число отказов в выделенных интервалах наработки объекта при законе Вейбулла равно: $\sum nw_r$**=51**



3.4 Гистограмма при распределении наработок до отказа по закону Вейбулла
и полигон частот исходной выборки

Вычисление критерия Хи-квадрат Пирсона при законе распределения наработок до отказа соответствующего распределению Вейбулла:

k = 2;

r = N - k – 1 = 9-2-1 =6;

Число степеней свободы

p2 = 0.97.

Доверительная вероятность

γ= p2 ;

X=13,9676169268 CHISQINV(I14;I13)

Квантиль Хи-квадрат распределения при вероятности γ= 0.95 и числе степеней свободы r = 6 равна X = 13.96 .

Расчетное значение критерия:

$$q_i := if\left[nw_i > 0, \frac{(f_i - nw_i)^2}{nw_i}, 0 \right]$$

qj

72,79135

72463

1,398753

7797

9,187834

2162

3,320913

9128

0,002116

2601

1,025008

991

0,455687

081

0,263232

8133

0

$$\chi = \sum_j q_j = 84.445$$

Вывод. Сравнение вычисленного значения критерияχ=13.482 и значения квантили X = 84.445 показывает, что вычисленное значение больше. Это позволяет сделать вывод о том, что распределение отказов в анализируемой выборке наработок до отказа не соответствует закону Вейбулла. Вывод сделан с уровнем доверия 0,95.

Лабораторная работа №4

Определение закона надежности невосстанавливаемых объектов по малой случайно цензурированной выборке

4.1 Цель работы

1. Восстановленная функция распределения наработки до отказа представляет собой эмпирический закон ненадежности, который можно использовать непосредственно для расчетов надежности объекта.

2. Вероятность того, что объект проработает время большее, чем ... ч, равна

3. Вероятность того, что объект откажет при наработке не более .... ч, равна ….

4. Более полную информацию о надежности объектов можно получить при идентификации этой функции распределения одним из известных методов, например, методом Колмогорова. Это позволит установить теоретический законе надежности и тем самым выполнить более полный анализ показателей надежности.

I		M	
1	A		δ
1	150		1
2	200		1
3	250		0
4	300		1
5	350		0
6	400		1
7	500		0
8	550		0
9	600		1
10	700		1
11	800		1
12	800		0
13	800		0
14	850		1
15	900		1
16	900		0
17	950		1

18	1000	1
19	1000	0
20	1050	1
21	1100	0
22	1150	1
23	1150	0
24	1200	1
25	1200	0
26	1250	1

4.2 Пример выполнения работы

Исходная информация

M - матрица наработок объектов до отказов и до приостановки наблюдения; второй столбец матрицы - это индикаторный массив, характеризующий смысл наработок в первом столбце;

N -объем выборки;

I - индикаторный массив. $I_0 = 1$; $I_1 = 1$; $I_{i+1} = I_i + 1$; $\delta = M^{<1>}$; δ - индикаторный массив; $\delta_{N+1} = \delta_N$;

$$F_i = \frac{(N - I_i) \cdot F_{i-1} + \delta_i}{(N - I_i) + \delta_i}$$ -расчетная формула.

F- результат восстановления функции распределения.

$$F_i = if\,(F_i \geq 1, 1, F_i)$$

4.3 Варианты заданий:

№ ВАРИАНТА	t, час	Распределение событий в моменты наблюдений														
											0	1	2	3	4	5
1	00															
2	50															
3	00															
4	00															
5	00															
6	00															
7	00															
8	00															
9	00															
10	00															
11	00															
12	00															
13	00															
14	50															
15	50															
16	50															
17	00															
18	00															
19	00															
20	00															

21	00															
22	00															
23	00															
24	00															
25	50															
26	50															

4.4 Сглаживание рассчитанной функции

F	F	Fs
0	0	-0,0192307692
0,04	0,04	0,0207692308
0,04	0,04	0,0207692308
0,0817391304	0,0817391304	0,0625083612
0,0817391304	0,0817391304	0,0625083612
0,1254658385	0,1254658385	0,1062350693
0,1254658385	0,1254658385	0,1062350693
0,1254658385	0,1254658385	0,1062350693
0,1740510697	0,1740510697	0,1548203005
0,2226363009	0,2226363009	0,2034055317
0,2712215321	0,2712215321	0,2519907629
0,2712215321	0,2712215321	0,2519907629
0,2712215321	0,2712215321	0,2519907629
0,3272814142	0,3272814142	0,308050645
0,3833412964	0,3833412964	0,3641105272
0,3833412964	0,3833412964	0,3641105272
0,4450071667	0,4450071667	0,4257763975
0,5066730371	0,5066730371	0,4874422679
0,5066730371	0,5066730371	0,4874422679
0,5771483175	0,5771483175	0,5579175483
0,5771483175	0,5771483175	0,5579175483
0,661718654	0,661718654	0,6424878848
0,661718654	0,661718654	0,6424878848
0,7744791027	0,7744791027	0,7552483334
0,7744791027	0,7744791027	0,7552483334

Сглаживание рассчитанной функции распределения при помощи стандартной функции и простейшим способом

$$F2_i = F_i - \frac{0.5}{N}.$$

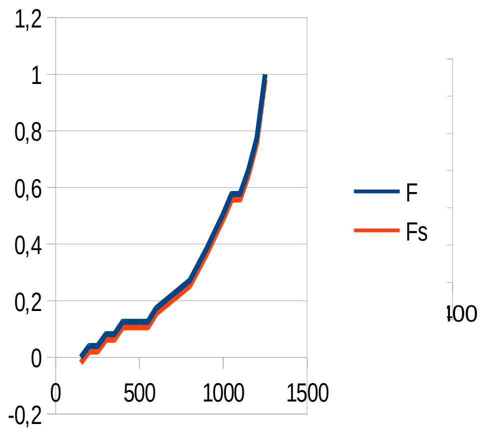


Рис. 41 Сглаживание рассчитанной функции

4.5 Вопросы для защиты лабораторной работы

1. Что такое цензурированная выборка наработок объекта?
2. Какие виды цензурирований встречаются на практике?
3. Как влияет цензурирование на показатели надежности технических объектов?
4. Что такое функция надежности?
5. Что такое функция ненадежности?

6. Изобразить график плотности распределения наработок до отказа при нормальном законе надежности.

Лабораторная работа №5

Расчет коэффициента готовности энергоснабжения участка шахты

5.1 Исходная информация

- принципиальная схема энергоснабжения участка шахты;

- средние наработки до отказа и среднее время восстановления элементов после отказа.

Часть 1. Моделируется ситуация: оба источника подключены к оборудованию участка. Мощность необходимая участка может быть обеспечен одним источником при его номинальной нагрузке.

Это позволяет рассматривать один из источников, как находящийся в нагруженном резерве

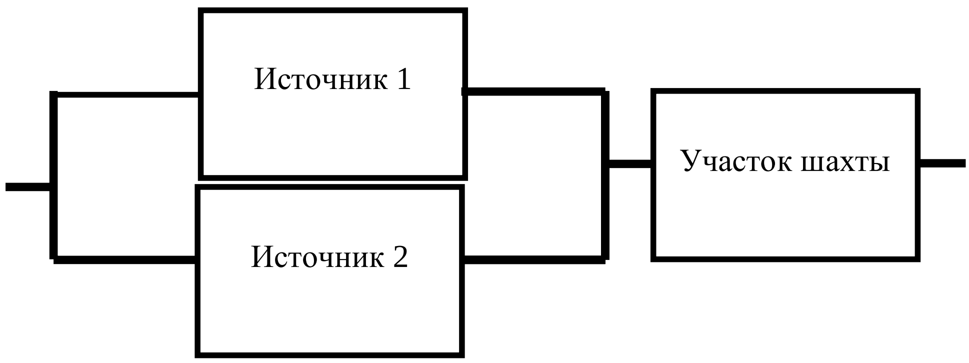


Рис. 5.1 Принципиальная схема энергоснабжения участка шахты

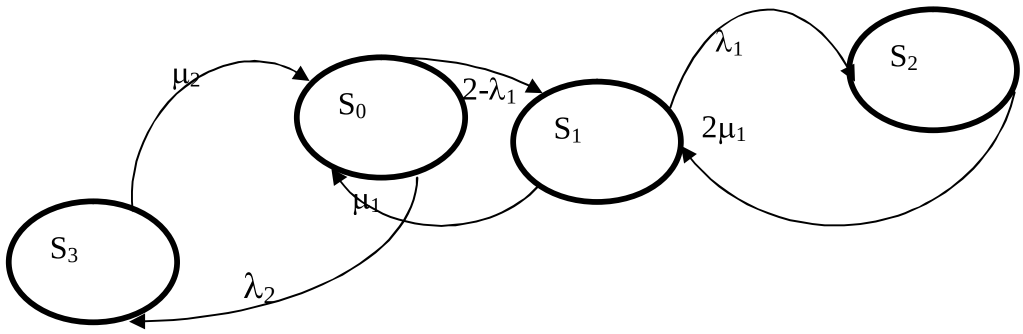


Рис. 5.2 Граф состояний энергоснабжения участка шахты: вариант горячего

(нагруженного) резерва

5.2 Пример выполнения работы

Состояния системы энергоснабжения участка шахты:

S_0 - работоспособное состояние системы энергоснабжения участка шахты;

S1 - отказ одного источника;

S2 - отказ двух источников;

S3 – отказ участка шахты .

Среднее время безотказной работы (ч):

$\tau 1=4500$;

$\tau 2=500$;

Среднее время восстановления (ч):

$\tau\nu 1=1000$;

$\tau\nu 2=650$

Интенсивности переходов:

$$\lambda 1 := \frac{1}{\tau 1} = 2.222 \cdot 10^{-4}$$

$$\lambda 2 := \frac{1}{\tau 2} = 2. \cdot 10^{-4}$$

$$\mu 1 := \frac{1}{\tau\mu 1} = 1 \cdot 10^{-3}$$

$$\mu 2 := \frac{1}{\tau\mu 2} = 1.538 \cdot 10^{-3}$$

Вектор **p** содержит начальные значения вероятностей нахождения объекта в каждом их четыре состояний (сумма всех начальных значений должна быть равна единице.).

$$p := \begin{pmatrix} 1.0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \qquad D(t,p) := \begin{bmatrix} -(2\cdot\lambda 1 \cdot p_0) + \mu 1 \cdot p_1 - \lambda 2 \cdot p_0 + \mu 2 \cdot p_3 \\ 2\cdot p_0\cdot\lambda 1 - [(\mu 1 + \lambda 1)\cdot p_1] + 2\cdot\mu 1 \cdot p_2 \\ -2\cdot\mu 1 \cdot p_2 + \lambda 1 \cdot p_1 \\ -\mu 2 \cdot p_3 + \lambda 2 \cdot p_0 \end{bmatrix}$$

D - матрица значений первых производных.

$$n := 0 .. \mathrm{rows}(Z) - 1 \qquad Z := \mathrm{rkfixed}(p, 0, 2000, 500, D)$$

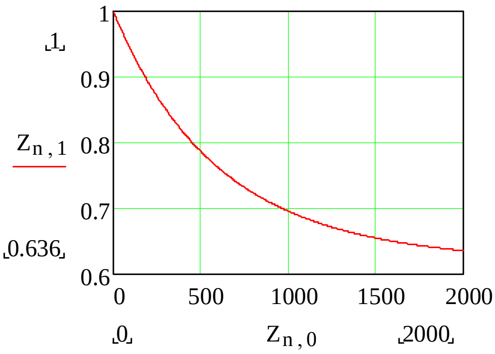


Рис. 5.3 Коэффициент готовности схемы энергоснабжения участка шахты: вариант горячего (нагруженного) резерва

Расчетная величина стационарного коэффициента готовности K =0.636

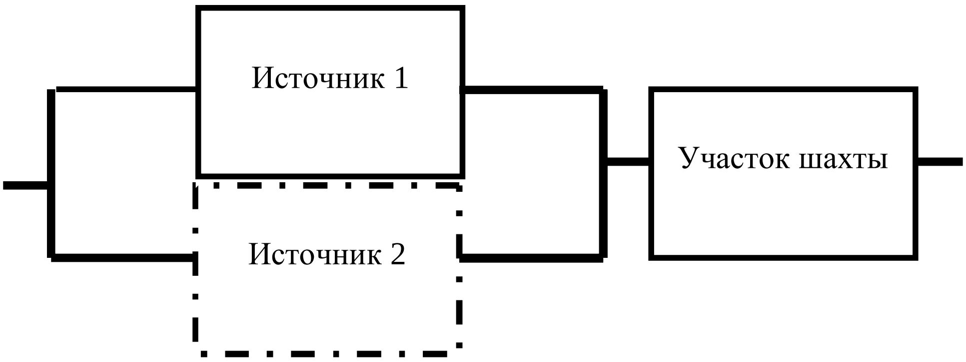


Рис. 5.4 Принципиальная схема энергоснабжения участка шахты

Часть 2. Моделируется ситуация: один источник подключен к главным потребителям, и полностью обеспечивает потребность участка в электроэнергии. Второй источник находится в готовности к действию. Это позволяет рассматривать неработающий источник электроэнергии, как находящийся в ненагруженном резерве.

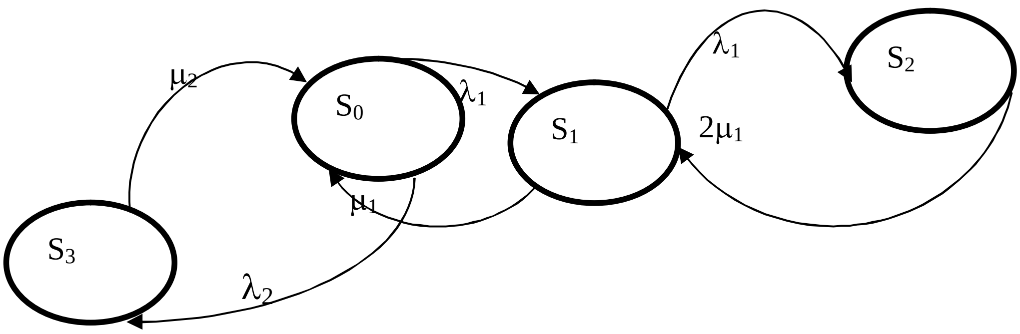


Рис. 5.5 граф состояний энергоснабжения участка шахты: вариант холодного 5(не нагруженного) резерва

$$D(t,p) := \begin{bmatrix} -(\lambda 1 \cdot p_0) + \mu 1 \cdot p_1 - \lambda 2 \cdot p_0 + \mu 2 \cdot p_3 \\ (p_0) \cdot \lambda 1 - \left[(\mu 1 + \lambda 1) \cdot p_1 \right] + 2 \cdot \mu 1 \cdot p_2 \\ -2 \cdot \mu 1 \cdot p_2 + \lambda 1 \cdot p_1 \\ -\mu 2 \cdot p_3 + \lambda 2 \cdot p_0 \end{bmatrix}$$

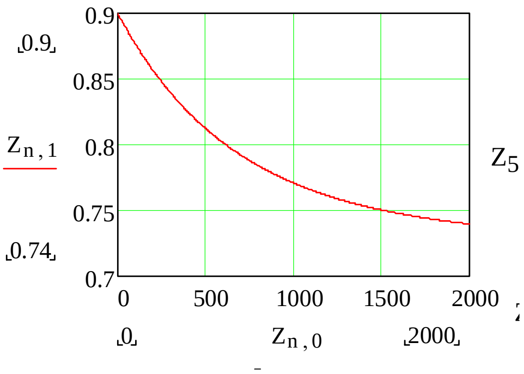


Рис. 5.6 Коэффициент готовности схемы энергоснабжения участка шахты участка шахты: вариант холодного (не нагруженного) резерва

$Z_{500,1} + Z_{500,2} + Z_{500,3} + Z_{500,4} = 1$

$Z_{500,1} = 0.74$

Расчетная величина стационарного коэффициента готовности K = 0.74

Выводы:

1. Коэффициент готовности схемы энергоснабжения участка шахты при нахождении одного из источников холодном резерве выше и составляет K = 0.74 . Это можно объяснить ......

2. При увеличении времени восстановления источников с ... ч до ... ч коэффициент готовности участка шахты ....

3. При уменьшении средней наработки источников до отказа с ... ч до ...ч коэффициент готовности участка шахты ....

4. Если в начальный момент времени участка шахты с вероятностью .... находится в состоянии ..., то коэффициент готовности…….

5.3 Вопросы для защиты лабораторной работы

1. При каком законе надежности применима Марковская модель процесса изменения состояний объекта?

2. Что такое интенсивность отказов?

3. Как изменяется интенсивность отказов с увеличением наработки объекта?

4. Что такое коэффициент готовности?

5. Как влияет резервирование на коэффициент готовности объекта?

6. Как влияет увеличение времени восстановления на коэффициент готовности?

Лабораторная работа № 6

Расчет показателей безотказности шахты

6.1 Цель работы

Исходная информация:

- принципиальная схема системы добычи и отгрузки угля;
- среднее время безотказной работы и время восстановления работоспособности основных элементов анализируемой системы.

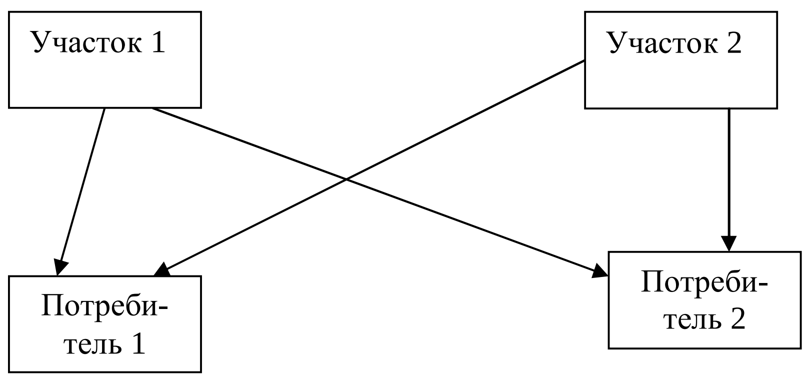


Рис. 6.1 Принципиальная схема работы участков шахты

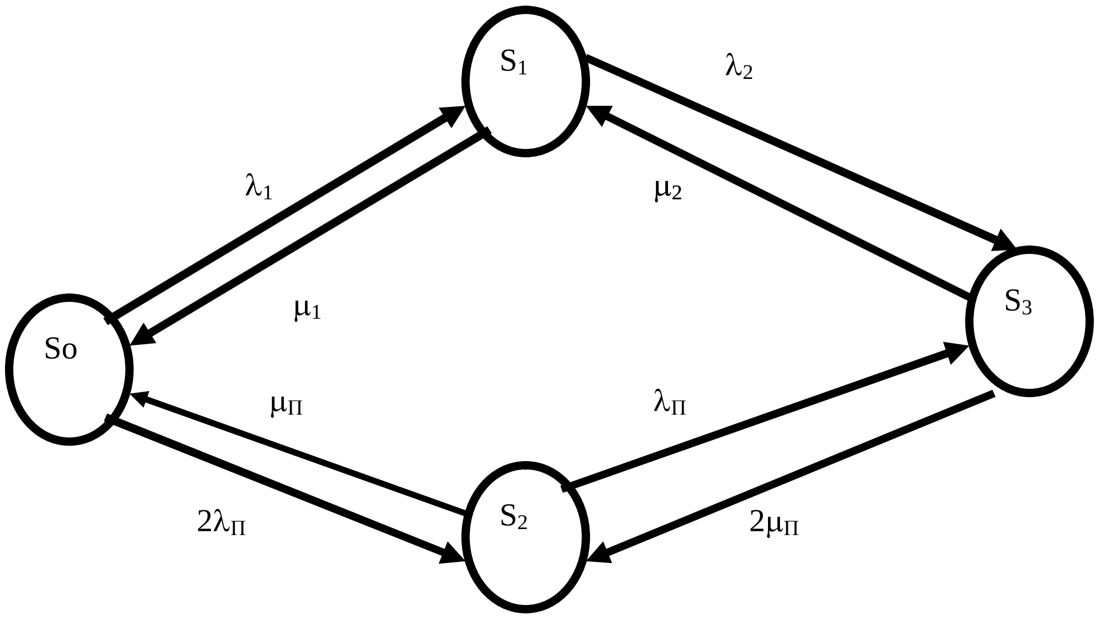


Рис. 6.2 Граф состояний работы участков шахты

S0 - работоспособное состояние системы: в работе два участка шахты и оба потребителя угля;

S1 - отказ первого участка и отпуск угля осуществляется вторым участком;

S2 - в работе первый участок и заблокирован один из потребителей угля;

S3 - состояние полного отказа, когда одновременно выходят из строя либо оба участка, либо блокируются оба потребителя угля

6.2 Пример выполнения работы

Среднее время безотказной работы:

первого участка $\tau 1 = 1000$ часов.

потребителей угля $\tau 2 = 10000$ часов

второго участка $\tau 3 = 200$ часов.

Среднее время восстановления после отказа:

первого участка $\tau v1 = 50$ часов.

потребителей угля $\tau v2 = 25$ часов

второго участка $\tau v3$ = 20 часов.

Интенсивности отказов и восстановлений:

$$\lambda = \begin{Bmatrix} \dfrac{1}{t_1} \\ \\ \dfrac{1}{t_2} \\ \\ \dfrac{1}{t_3} \\ \end{Bmatrix} \quad \mu = \begin{Bmatrix} \dfrac{1}{tv_1} \\ \\ \dfrac{1}{tv_2} \\ \\ \dfrac{1}{tv_3} \\ \end{Bmatrix}$$

$\lambda t=\lambda o$ = 1e-3, $\lambda p=\lambda_1$=,1e-4 $\lambda tp=\lambda_2$=5e-3, $\mu t=\mu_o$=0.02, $\mu p=\mu_1$=0.04, $\mu tp=\mu_2$=0.04.

$$p = \begin{Bmatrix} \\ 0.95 \\ \\ 0.05 \\ \\ 0 \\ \\ 0 \end{Bmatrix}, \ \sum p=1$$

Вектор **p** содержит начальные значения вероятностей нахождения объекта в каждом их четырех состояний (сумма всех начальных значений должна быть равна единице).

$$D(t,p) := \begin{pmatrix} -\lambda t\cdot p_0 - \lambda tp\cdot 2\cdot p_0 + p_1\cdot \mu t + p_2\cdot \mu tp \\ -p_1\cdot(\lambda p + \mu t) + \lambda t\cdot p_0 + \mu p\cdot p_3 \\ -p_2(\mu tp + \lambda tp) + \lambda tp\cdot p_0\cdot 2 + p_3\cdot 2\cdot \mu tp \\ -p_3\cdot(\mu p + 2\cdot \mu tp) + p_1\cdot \lambda p + \lambda tp\cdot p_2 \end{pmatrix}$$

D - матрица значений первых производных.

Z - матрица результатов решения системы дифференциальных уравнений, столбцы которой содержат значения искомых функций.

$Z := \mathrm{rkfixed}(p, 0, 200, 200, D$ процедура решения системы дифференциальных уравнений

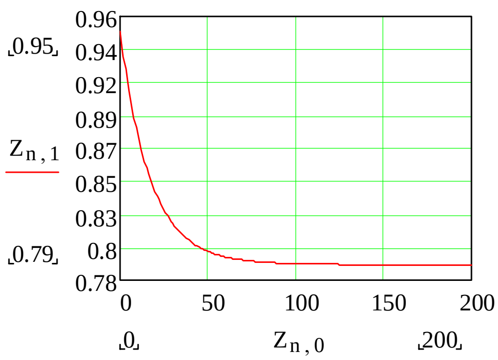


Рис. 6.3 Вероятность работоспособного состояния системы

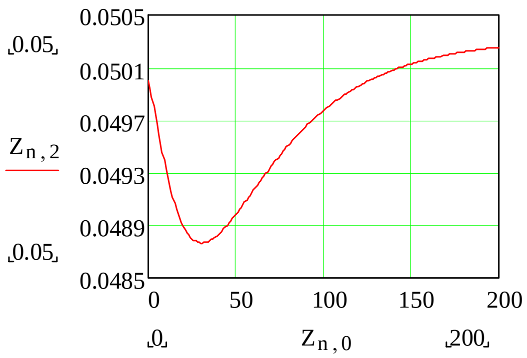


Рис. 6.4 Вероятность отказа первого участка и добычи угля на втором участке

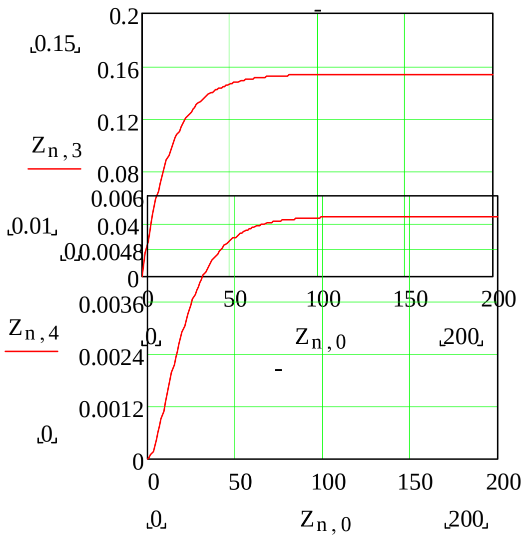


Рис. 6.5 Вероятность полного отказа (первого участка или двух потребителей одновременно)

Рис. 6.6 Вероятность блокировки одного из потребителей

$$Z_{200,1}+Z_{200,2}+Z_{200,3}+Z_{200,4}=1$$

6.3 Выводы по работе

Стационарные значения вероятностей состояний:

P0=0.79- вероятность работоспособного состояния системы;

P1=0.05 - вероятность отказа первого участка и добычи угля на втором участке;

P2=0.154 - вероятность блокировки одного из потребителей

P3=5.528х10-3- вероятность полного отказа (первого участка или двух потребителей одновременно)

Литература

1. Методические указания к комплексу лабораторных работ по курсам "Надежность технических систем", "Диагностика и надежность автоматизированных систем" [Электронный ресурс]: для студентов специальностей 220301 "Автоматизация технологических процессов и производств" (в машиностроении), 280101 "Безопасность жизнедеятельности в техносфере", 140211 "Электроснабжение" / Министерство образования и науки Российской Федерации, Курганский государственный университет, Кафедра автоматизации производственных процессов ; [сост.: Кузнецов В.П., Дмитриева О.В.]. - Электрон. текстовые дан. (тип файла: pdf ; размер: 1,01 Mb). - Курган: Издательство Курганского государственного университета, 2004. - 42 с.: рис. - Библиогр.: с. 42. http://dspace.kgsu.ru/xmlui/handle/123456789/3380

2. Надежность технических систем и техногенный риск. Учебно-методическое пособие к практическим занятиям для студентов очной формы обучения для направления 280700.62 «Техносферная безопасность» - бакалавр – Краснодар: 2011. – 85 с.

3. Алымов, В. Т. Техногенный риск: Анализ и оценка: учеб. пособие для вузов / В. Т. Алымов, Н. П.Тарасова. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 118 с.

4. Комментарий к ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 № 116-ФЗ / Колл. авт.; под общ. ред. В. М. Кульчева. – М.: Государственное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2001. – 152 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«Безопасность и надежность технологических процессов в горном производстве»
(для студентов горных специальностей)

Составители:

доц. к.т.н. В.Л. Овчаренко.

доц. к.т.н. В.П.Овсянников