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

Кафедра «Автомобильный транспорт и автосервис»

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПРОФИЛАКТИКИ НА НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Эксплуатационная надежность транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования»
для студентов направления 23.04.03 (190600.68)

Курган 2015

Кафедра: «Автомобильный транспорт и автосервис»

Дисциплина: «Эксплуатационная надежность транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования»
(направление 23.04.03 (190600.68))

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

Утверждены на заседании кафедры «4» декабря 2014 г.

Рекомендованы методическим советом университета «20» декабря 2013 г.

Лабораторная работа №1

Анализ влияния профилактики на надежность технической системы

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Освоить методику определения оптимального значения частоты профилактики при различных законах распределения времени до отказа системы.

2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В процессе функционирования сложной технической системы ухудшаются характеристики ее элементов, происходит разрегулировка узлов, наблюдается явление старения техники. Профилактика предназначена для устранения этих дефектов.

При постоянной интенсивности отказов $\lambda(t)$ система в профилактике не нуждается. Она проводится лишь частично в процессе восстановления отказавших элементов.

Профилактика нужна как средство продления периода эксплуатации системы, когда интенсивность отказов – величина переменная. В процессе старения системы она необходима для снижения скорости роста $\lambda(t)$.

Периодичность профилактики можно научно обосновать по статистическим данным об отказах техники и известным требованиям на показатели ее надежности. Однако такие способы обоснования периодичности профилактики имеют следующий недостаток.

Время между отказами элементов при любых законах распределения имеет большую дисперсию. А это означает, что могут возникнуть большие ошибки в выборе периодичности профилактики данного конкретного образца техники.

Поэтому целесообразно проводить профилактику техники по ее состоянию. Для этого необходим непрерывный контроль ее состояния.

Надежность элементов сложной системы (узлов, подсистем) различна. Поэтому и периодичность профилактики должна быть различной. Однако если проводить профилактику по состоянию элементов, то это потребует большого общего времени за счет увеличения частоты профилактики.

В данной лабораторной работе требуется оценить влияние профилактики на надежность системы, если время до отказа имеет не экспоненциальное распределение.

2.1 Постановка задачи

Дано:

– закон распределения времени безотказной работы системы и его параметры;

– закон распределения времени восстановления системы и его параметры;

– T_2 – среднее время между очередными профилактиками, в часах;

– T_{B2} – среднее время проведения профилактик, в часах.

Определить:

– математическое ожидание T_1 и среднее квадратическое отклонение σ_1 времени безотказной работы системы без профилактики;

– математическое ожидание T_2 и среднее квадратическое отклонение σ_{B1} времени восстановления системы без профилактики.

Определить показатели надежности системы без профилактики:

– $K_{Г1}$, T, T_B;

– функцию готовности системы $K_{Г1}(t)$;

– среднее суммарное число отказов системы $M_1(t)$;

– среднюю суммарную наработку системы $m_1(t)$ за время t.

Определить для системы с профилактикой:

– коэффициент готовности $K_{ГС}$, наработку на отказ T_C и среднее время восстановления T_{BC};

– зависимость коэффициента готовности системы от периодичности профилактики для различных значений времени ее проведения в виде таблицы и графика;

– оптимальное значение частоты профилактики $T_{2\ ОПТ}$, при которой коэффициент готовности системы $K_{ГС}$ превышает коэффициент готовности $K_{Г1}$ системы без профилактики и имеет при этом наибольшее значение.

2.2 Сведения из теории

Профилактика применяется с целью продления периода эксплуатации системы. Теоретические вопросы изложены в /1, разд. 10.3/. Там же приведены соотношения для расчета стационарных показателей надежности системы с учетом проведения профилактик.

Средняя наработка на отказ T_C, среднее время восстановления T_{BC} и коэффициент готовности $K_{ГС}$ вычисляются по формулам:

$$T_C = \frac{m_1(T_2)}{M_1(T_2) + K_{Г1}(T_2)}; \tag{2.1}$$

$$T_{BC} = \frac{T_{B1} \cdot M_1(T_2) + T_{B2} \cdot K_{Г1}(T_2)}{M_1(T_2) + K_{Г1}(T_2)}; \tag{2.2}$$

$$K_{ГС} = \frac{m_1(T_2)}{m_1(T_2) + T_{B1} \cdot M_1(T_2) + T_{B2} \cdot K_{Г1}(T_2)}, \tag{2.3}$$

где T_2 – время между профилактиками;

T_{B2} – время проведения профилактики;

$K_{Г1}(T_2)$ – функция готовности системы в момент времени T_2;

$m_1(T_2)$ – средняя суммарная наработка системы в течение времени T_2;

$M_1(T_2)$ – среднее суммарное число отказов системы в течение времени

Из приведенных соотношений следует, что для системы с постоянной интенсивностью отказов проведение профилактики оказывается лишним, более того, оно даже уменьшает коэффициент готовности системы. Поэтому проведение профилактик в этом случае вредно. Профилактические работы могут быть выгодны только для систем с не экспоненциальным законом распределения времени до отказа. Критерием такой выгоды является выполнение неравенства:

$$K_Г \geq \frac{T_1}{T_1 + T_{B1}}. \quad (2.4)$$

Если для заданных значени й T_2 и T_{B2} неравенство (2.4) имеет место, то проведение профилактики целесообразно. Если это неравенство оказывается неверным, то профилактика лишь уменьшает готовность системы. В этом случае надо выяснить два вопроса:

– существует ли периодичность профилактики, для которой справедливо неравенство (2.4);

– при положительном ответе на первый вопрос определить оптимальную периодичность между профилактиками $T_{2ОПТ}$, для которого коэффициент готовности системы достигает максимального значения.

Таблица 2.1 – Связь параметров распределений с первыми двумя моментами

Распределение	m	σ
Экспоненциальное $Exp(\lambda)$	$\frac{1}{\lambda}$	$\frac{1}{\lambda}$
Равномерное $U(a, b)$, $a \geq 0$	$\frac{a+b}{2}$	$\frac{b-a}{2 \cdot \sqrt{3}}$
Гамма $Г(\alpha, \beta)$	$\alpha \cdot \beta$	$\sqrt{\alpha \cdot \beta}$
Усеченное нормальное $TN(m_0, \sigma_0)$	$m_0 + k \cdot \sigma_0$	$\sigma_0 \cdot \sqrt{1 + k \cdot \frac{m_0}{\sigma_0} - k^2}$, $k = \frac{c}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{\frac{m_0^2}{2 \cdot \sigma_0^2}}$, $C = \left(0{,}5 + \Phi_0\left(\frac{m_0}{\sigma_0}\right)\right)^{-1}$
Рэлея $R(\lambda)$	$\sqrt{\frac{\pi}{4 \cdot \lambda}}$	$\sqrt{\frac{4-\pi}{4 \cdot \lambda}}$
Вейбулла $W(\alpha, \beta)$	$\beta \cdot Г(1 + 1/\alpha)$	$\beta \cdot \sqrt{Г(1 + 2/\alpha) - Г^2(1 + 2/\alpha)}$
Нормальное $N(m, \sigma)$ $m > 3 \cdot \sigma$	m	σ

В таблице $\Phi_o(t)$ – функция Лапласа, $Г(t)$ – гамма-функция.

По формулам (2.1) – (2.3) можно рассчитать показатели надежности без использования математических пакетов только для случая постоянных интенсивностей отказов и восстановлений системы. Однако, как раз при этом применять профилактику и не нужно. В общем случае для расчетов необходимо иметь соответствующее программное средство. Будем использовать для анализа надежности системы с профилактикой программу prevention.exe /1/.

Исходными данными являются параметры распределений. Для применения программы требуется знание математического ожидания и среднего квадратического отклонений этих распределений. Соответствующие формулы содержатся в таблице 2.1.

2.3 Методика выполнения работы

Предположим, что наработка системы до отказа подчинена распределению Вейбулла с параметрами $\alpha = 3$, $\beta = 100$ час. Время восстановления системы имеет экспоненциальное распределение с параметром $\lambda = 0{,}05$ час$^{-1}$.

Средняя наработка между очередными профилактиками T_2 =120 час, среднее время проведения профилактик $T_{в2}$ – 1, 3 и 5 часов (рассмотреть три варианта).

Решение. Для проведения расчетов воспользуемся формулами связи начальных моментов с параметрами распределений.

Находим математическое ожидание времени безотказной работы системы (таблица 2.1):

$$m = \beta \cdot \Gamma(1+1/\alpha) = 100 \cdot \Gamma(1+1/3) = 100 \cdot \Gamma(1.3333).$$

Среднее квадратическое отклонение времени безотказной работы:

$$\sigma = \beta\sqrt{\Gamma(1+2/\alpha - \Gamma^2(1+1/\alpha} = 100\sqrt{\Gamma(1+2/3 - \Gamma^2(1+1/3)} =$$
$$= 100\sqrt{\Gamma(1{,}6667) - \Gamma^2(1{,}3333).}$$

Вычисление значений гамма-функции легко выполнить в программе Excel. Для этого в ячейки A1 и A2 запишем выражения:

A1 = EXP(ГАММАНЛОГ(1,3333)),

A1 = EXP(ГАММАНЛОГ(1,6667)).

Тогда в этих ячейках получим:

$\Gamma(1{,}3333) = 0{,}8930$, $\Gamma(1{,}6667) = 0{,}9028$.

Следовательно, $T_1 = 100 \cdot \Gamma(1{,}3333) = 89{,}3$ ч,

$\sigma_1 = 100\sqrt{\Gamma(1{,}6667) - \Gamma^2(1{,}3333)} = 32{,}5$ ч.

Среднее время восстановления системы равно $T_{B1} = \dfrac{1}{\lambda} = 20$ ч. Таково же и значение σ_{B1}.

Вычислим коэффициент готовности системы без профилактики:

$$K_{\Gamma 1} = \frac{T_1}{T_1 + T_{B1}} = \frac{89{,}3}{89{,}3 + 20} = 0{,}8170.$$

Для расчетов остальных характеристик воспользуемся программой prevention.exe. Рабочая форма программы prevention.exe приведена на рисунке 2.1.

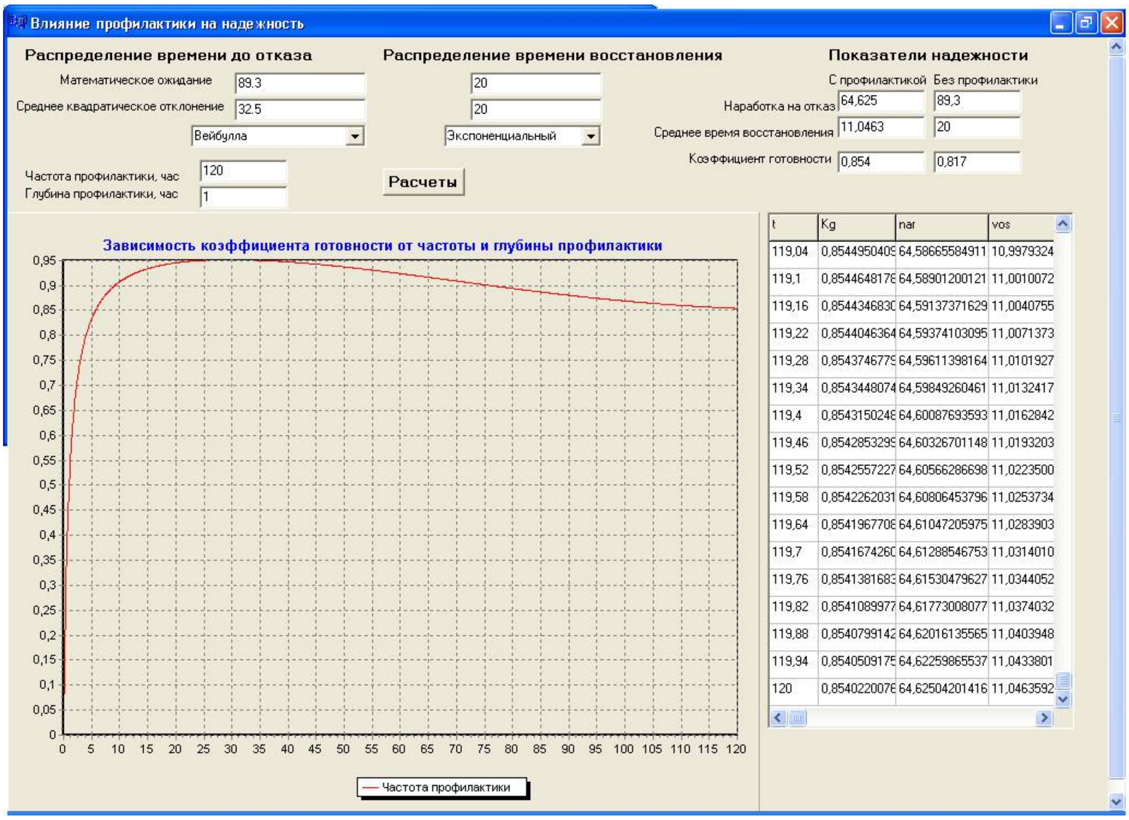


Рисунок 2.1 – Рабочая форма программы prevention.exe

осле запуска программы необходимо ввести следующие исходные данные:

по времени безотказной работы системы:

– математическое ожидание $T_1 = 89{,}3$ ч;

– среднее квадратическое отклонение $\sigma_1 = 32{,}5$ ч;

– выбрать из списка распределение Вейбулла;

по времени восстановления системы:

– математическое ожидание $T_{B1}|$=20 ч;

– среднее квадратическое отклонение $\sigma_{B1} = 20$ ч;

– выбрать из списка экспоненциальное распределение;

– время между очередными профилактиками $T_2 = 120$ ч;

– время проведения профилактик $T_{B2} = 1$ час.

Результатами решения являются:

– показатели надежности системы без учета и с учетом профилактики;

– файл prevention.txt, содержащий требуемые по заданию характеристики надежности системы в зависимости от времени ее работы;

– таблица значений и график зависимости коэффициента готовности системы от частоты профилактики.

Показатели надежности системы при различном времени проведения профилактики приведены в таблице 2.2.

Из таблицы 2.2 следует, что профилактика заметно повышает коэффициент готовности системы для широкого диапазона времени ее проведения. Если время профилактики равно 1 часу, то выигрыш составит:

$$G_{Kr1} = \frac{0{,}8540 - 0{,}8170}{0{,}8170} \cdot 100\% = 4{,}5\%.$$

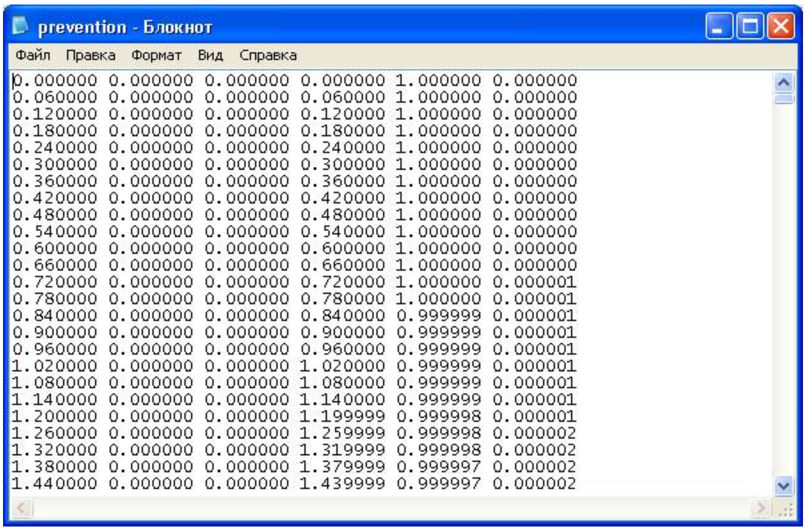
Таблица 2.2 – Стационарные показатели надежности системы

Показатели надежности	Без профилактики	С профилактикой		
		T_{B2} = 1 ч	T_{B2} = 3 ч	T_{B2}= 5 ч
$K_Г$	0,8170	0,8540	0,8435	0,8332
T_C, ч	89,3	64,6	64,6	64,6
T_{BC}, ч	20	11,05	11,99	12,93

Наработка на отказ не зависит от времени профилактики. Это ясно из физических соображений, а также из таблицы 2.2 и из формулы (2.1). Поскольку после профилактики система обновляется, то время ее восстановления сокращается, а за счет этого происходит увеличение коэффициента готовности.

Уменьшение времени восстановления системы T_{BC} следует из формулы (2.2), если T_{B2} меньше T_{B1}.

Программа создает файл prevention.txt (рисунок 2.2), в котором содержится информация об обобщенных показателях надежности системы, таких как параметр потока восстановлений $\omega_{B1}(t)$, среднее суммарное число отказов $M_1(t)$, средняя суммарная наработка $m_1(t)$, функция готовности $K_{Г1}(t)$. Все эти показатели являются функциями времени и содержатся в таблице 2.3. Обобщенные показатели присутствуют в расчетных формулах (2.1) – (2.3).




```
0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 1.000000 0.000000
0.060000 0.000000 0.000000 0.060000 1.000000 0.000000
0.120000 0.000000 0.000000 0.120000 1.000000 0.000000
0.180000 0.000000 0.000000 0.180000 1.000000 0.000000
0.240000 0.000000 0.000000 0.240000 1.000000 0.000000
0.300000 0.000000 0.000000 0.300000 1.000000 0.000000
0.360000 0.000000 0.000000 0.360000 1.000000 0.000000
0.420000 0.000000 0.000000 0.420000 1.000000 0.000000
0.480000 0.000000 0.000000 0.480000 1.000000 0.000000
0.540000 0.000000 0.000000 0.540000 1.000000 0.000000
0.600000 0.000000 0.000000 0.600000 1.000000 0.000000
0.660000 0.000000 0.000000 0.660000 1.000000 0.000000
0.720000 0.000000 0.000000 0.720000 1.000000 0.000001
0.780000 0.000000 0.000000 0.780000 1.000000 0.000001
0.840000 0.000000 0.000000 0.840000 0.999999 0.000001
0.900000 0.000000 0.000000 0.900000 0.999999 0.000001
0.960000 0.000000 0.000000 0.960000 0.999999 0.000001
1.020000 0.000000 0.000000 1.020000 0.999999 0.000001
1.080000 0.000000 0.000000 1.080000 0.999999 0.000001
1.140000 0.000000 0.000000 1.140000 0.999999 0.000001
1.200000 0.000000 0.000000 1.199999 0.999998 0.000001
1.260000 0.000000 0.000000 1.259999 0.999998 0.000002
1.320000 0.000000 0.000000 1.319999 0.999998 0.000002
1.380000 0.000000 0.000000 1.379999 0.999997 0.000002
1.440000 0.000000 0.000000 1.439999 0.999997 0.000002
```

Рисунок 2.2 – Пример файла prevention.txt

Таблица 2.3 - Переходные характеристики надежности системы

t, час	$\omega_{B1}(t)$	$M_1(t)$	$m_1(t)$	$K_{Г1}(t)$
0	0	0	0	1
6	0	0,0002	5,99969	0,999797
12	0	0,0017	11,99533	0,99849
18	0,0002	0,0058	17,9777	0,995255
24	0,0005	0,0138	23,93337	0,989514
30	0,0009	0,0267	29,84612	0,980908
36	0,0015	0,0458	35,6982	0,969282
42	0,0022	0,0717	41,47155	0,954687
48	0,0031	0,1051	47,14902	0,937382
54	0,0041	0,1463	52,71562	0,917827
60	0,0051	0,1953	58,15974	0,89668
66	0,0062	0,2515	63,4742	0,87476
72	0,0073	0,3141	68,65719	0,853007
78	0,0083	0,3819	73,71261	0,832417
84	0,0093	0,4535	78,65047	0,813962
90	0,01	0,5271	83,48615	0,798505
96	0,0106	0,6012	88,23987	0,786715
102	0,011	0,6742	92,93492	0,778996
108	0,0112	0,7447	97,59615	0,775441
114	0,0112	0,8117	102,2481	0,775821
120	0,011	0,8747	106,9129	0,779606

На рисунках 2.3 – 2.5 изображены графики обобщенных показателей. Функция готовности (рисунок 2.3) имеет колебательный характер. За время 120 часов она еще не вошла в стационарный режим и достаточно далека от коэффициента готовности, равного $K_{Г1}$ =0,8170. В момент времени 120 часов кривая находится ниже своего предельного значения.

Среднее суммарное число отказов (рисунок 2.4) и средняя суммарная наработка (рисунок 2.5) имеют возрастающий характер. Отношение $T_1(t) = \dfrac{m_1(t)}{M_1(t)}$ характеризует среднюю наработку системы в течение времени *t*. Предельное значение $T_1(t)$ совпадает с наработкой на отказ T_1.

Определим зависимость коэффициента готовности системы от частоты профилактики. Для этого пересчитаем строки таблицы 2.3 по формуле (2.3). Рассчитанные значения приведены в таблице 2.4.

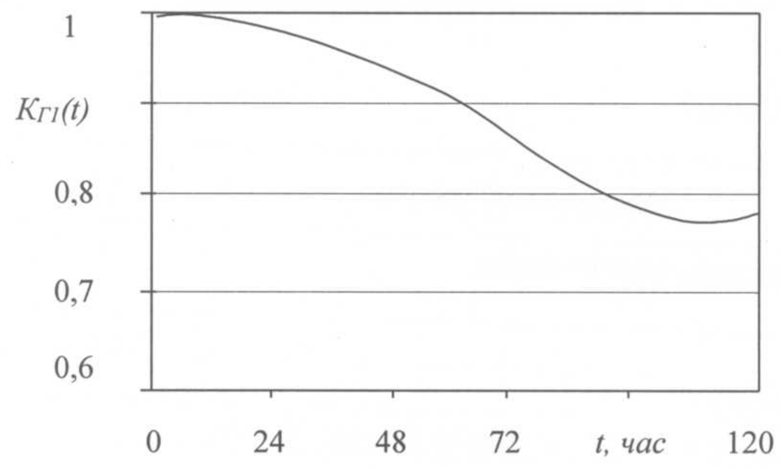


Рисунок 2.3 – Функция готовности системы

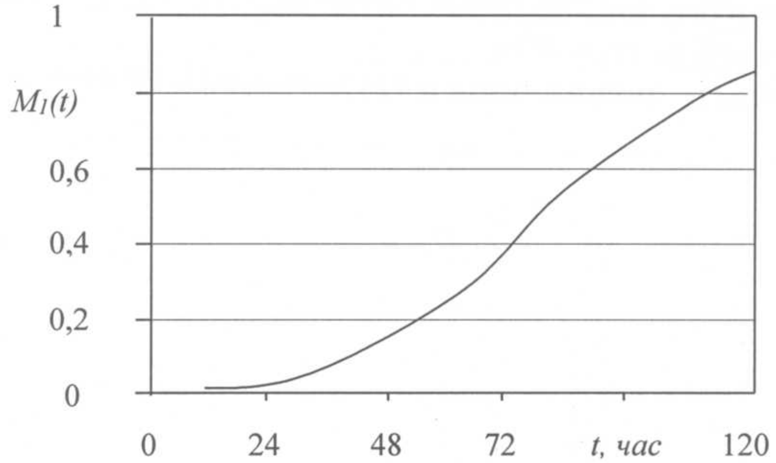


Рисунок 2.4 – Среднее суммарное число отказов системы

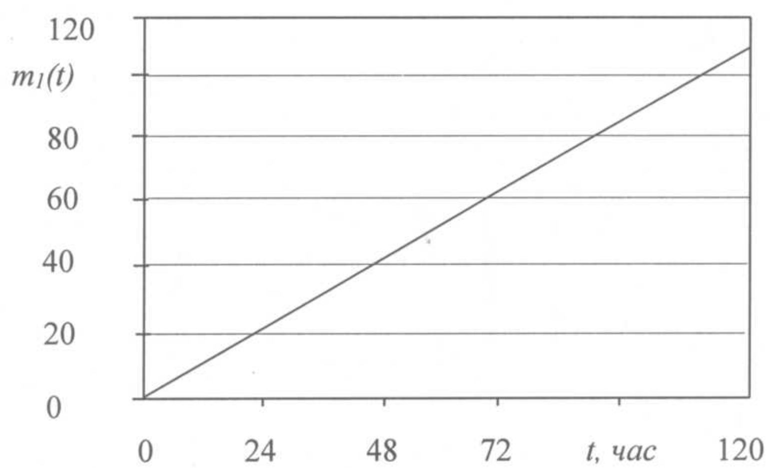


Рисунок 2.5 – Средняя суммарная наработка системы

Таблица 2.4 – Коэффициент готовности системы при различных значениях T_2 и T_{B2}

T_2, ч	$T_{в2}$ = 1 ч	$T_{в2}$ = 3 ч	$T_{в2}$ = 5 ч
0	0	0	0
6	0,856672	0,666404	0,545294
12	0,920747	0,798369	0,704705
18	0,941785	0,852854	0,779268
24	0,949779	0,880618	0,820846
30	0,951695	0,895665	0,845867
36	0,949837	0,903248	0,861015
42	0,945539	0,906094	0,869808
48	0,939441	0,905612	0,874135
54	0,932039	0,90274	0,875228
60	0,923721	0,89814	0,873937
66	0,914891	0,892388	0,870965
72	0,905861	0,88592	0,866837
78	0,896932	0,879123	0,862008
84	0,88836	0,87232	0,85685
90	0,880408	0,865826	0,85172
96	0,873225	0,859836	0,846853
102	0,866947	0,854528	0,842459
108	0,861658	0,850019	0,83869
114	0,857369	0,846358	0,835625
120	0,854029	0,843523	0,833272

Графическая иллюстрация таблицы 2.4 приведена на рисунке 2.6.

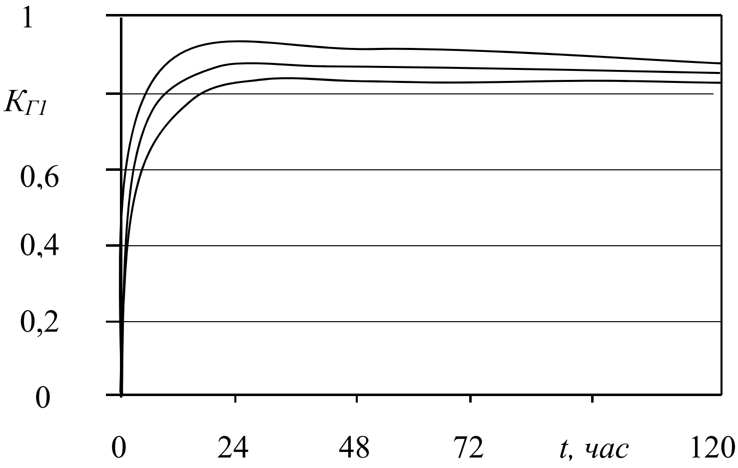


Рисунок 2.6 – Коэффициент готовности системы в зависимости от частоты и глубины профилактики

Каждая кривая, изображенная на рисунке, имеет точку максимума. Это значит, что существует оптимальная точка, в которой коэффициент готовности максимален. Для различного времени профилактики оптимальная точка $T_{2опт}$ и наибольшее значение $K_Г$ приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Оптимальный план профилактики

Время проведения профилактики	$T_{2\ опт}$,ч	$K_{Г1}$(макс)
T_{B2} =1 ч	30	0,9517
T_{B2} =3 ч	42	0,9061
T_{B2} =5 ч	54	0,8752

Оптимальная частота профилактики получена здесь приближенно, поскольку таблица 2.4 рассчитана с шагом 6 часов. Используя файл prevention.txt, можно более точно получить $T_{2\ опт}$ и максимальное значение $K_{Г1}$.

Проведенные расчеты и полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

– система, имеющая экспоненциальное время до отказа, в профилактике не нуждается; профилактика оказывает негативное влияние на коэффициент готовности системы;

– для систем с переменной интенсивностью отказа профилактика может дать ощутимый выигрыш по среднему времени восстановления и коэффициенту готовности;

– профилактика ведет к сокращению наработки на отказ;

– на основе известных законов распределения времени до отказа и восстановления можно определить частоту и глубину профилактики. Существенную помощь в этом вопросе может оказать компьютерная программа prevention.exe.

2.4 Варианты заданий к лабораторной работе

Требуется оценить влияние профилактики на надежность системы в соответствии со своим вариантом.

В таблице вариантов заданий (см. таблицу 2.6) приняты следующие обозначения законов распределения времени до отказа и времени восстановления:

R – Рэлея;
N – нормальный;
U – равномерное;
W – Вейбулла;
Г – гамма;
TN – усеченно нормальный;
Exp – экспоненциальный.

Таблица 2.6 – Варианты заданий к лабораторной работе*

Вари-ант	Закон распределения		T_2	T_{B2}
	Времени до отказа	Времени восстановления		
1	R(0,006)	Exp(0,1)	60	1,3,5
2	N(300; 15)	Exp(0,06)	200	1,3,5
3	U(200; 250)	Exp(0,13)	200	1,3,5
4	W(2; 220)	Exp(0,16)	180	1,3,5
5	Г(3,5;110)	Exp(0,025)	300	1,3,5
6	UN(200; 12)	Exp(0,08)	190	1,3,5
7	Г(3; 125)	Exp(0,l)	270	1,3,5
8	R(0,002)	Exp(0,06)	100	1,3,5
9	W(l,8; 220)	Exp(0,08)	170	1,3,5
10	R(0,008)	Exp(0,11)	50	1,3,5
11	Г(3,2; 150)	Exp(0,08)	400	1,3,5
12	TN(320; 30)	Exp(0,12)	320	1,3,5
13	U(300; 400)	Exp(0,04)	290	1,3,5
14	UN(220; 10)	Exp(0,07)	340	1,3,5
15	N(300; 14)	Exp(0,09)	230	1,3,5
16	Г(2; 270)	Exp(0,06)	400	1,3,5
17	TN(270; 15)	Exp(0,03)	290	1,3,5
18	W(2,3;240)	Exp(0,1)	200	1,3,5
19	U(340; 400)	Exp(0,05)	310	1,3,5
20	R(0,004)	Exp(0,03)	80	1,3,5
21	N(190; 6)	Exp(0,08)	160	1,3,5
22	Г(3; 170)	Exp(0,11)	500	1,3,5
23	N(400; 20)	Exp(0,085)	350	1,3,5
24	W(3;200)	Exp(0,15)	150	1,3,5
25	U(150; 200)	Exp(0,075)	160	1,3,5
26	TN(280; 12)	Exp(0,06)	210	1,3,5
27	N(150; 7)	Exp(0,11)	110	1,3,5
28	Г(2; 300)	Exp(0,075)	430	1,3,5
29	Г(2; 100)	Exp(0,2)	230	1,3,5
30	W(2,4; 250)	Exp(0,07)	220	1,3,5

* В скобках указаны параметры закона для данного варианта задания.

3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1 Перед выполнением лабораторной работы студенты выбирают вариант задания в соответствии со списком группы.

2 Используя формулы связи начальных моментов с параметрами распределений (таблица 2.1) рассчитать математическое ожидание времени безотказной работы системы и среднее квадратическое отклонение времени безотказной работы системы. Определить среднее время восстановления системы и среднее квадратическое отклонение времени восстановления системы (таблица 2.1). Для расчетов использовать программу Excel.

3 Вычислить коэффициент готовности системы без профилактики.

4 Используя программу prevention.exe. рассчитать показатели надежности системы: параметр потока восстановлений $\omega_{B1}(t)$, среднее суммарное число отказов $M_1(t)$, среднюю суммарную наработку $m_1(t)$, функцию готовности $K_{Г1}(t)$. Расчеты провести для системы без учета и с учетом профилактики.

5 Построить графики обобщенных показателей.

6 Определить зависимость коэффициента готовности системы от частоты профилактики и построить соответствующий график.

7 Определить оптимальную частоту профилактики для различного времени профилактики.

8 Сделать выводы.

4 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1 Наименование и цель работы.

2 Основные определения и расчетные формулы.

3 Исходные данные и результаты вычислений (таблицы, графики).

4 Выводы и заключение.

5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1 Основное назначение профилактики?

2 Какой величиной определяется эффективность профилактики?

3 Что показывает комплексный показатель надежности системы – коэффициент готовности?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Половко А. М., Гуров С. В. Основы теории надежности. СПб. : БХВ-Петербург, 2006. 704 с.

2 Половко А. М., Гуров С. В. Основы теории надежности. Практикум. СПб. : БХВ-Петербург, 2006. 560 с.

Шарыпов Александр Владимирович
Осипов Георгий Владимирович

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПРОФИЛАКТИКИ НА НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Эксплуатационная надежность транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования»
для студентов направления 23.04.03 (190600.68)

Редактор Е.А. Могутова

Подписано в печать	Формат 60×84 1/16	Бумага 65 г/м^2
Печать цифровая	Усл. печ. л. 1,0	Уч.-изд. л. 1,0
Заказ	Тираж 13	Не для продажи

РИЦ Курганского государственного университета.
640000 г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.