

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева»**

Институт информатики и телекоммуникаций

Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №1
по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»

Оценка остаточного ресурса
(вариант №10)

Руководитель

Е.В. Сугак
инициалы, фамилия

Обучающийся

номер группы

К.Н. Фокин
инициалы, фамилия

Красноярск 2023

Цель работы:

Провести оценку остаточного ресурса детерминированными и статистическими методами.

В таблице 1 приведены экспериментальные данные об изменении определяющего параметра технических объектов в процессе их эксплуатации. Предельное значение $X_{пр} = 70$, а значение вероятности $\gamma = 95\%$.

Таблица 1 – Экспериментальные данные

Экспериментальные данные							
t, мес	0	1	2	3	4	5	6
X эксп	-	0	19	10	36	36	33
t, мес	7	8	9	10	11	12	13
X эксп	28	39	42	45	43	55	51
t, мес	14	15	16	17	18	19	20
X эксп	44	46	58	61	55	59	56

Задание:

Задание на лабораторную работу включает выполнение следующих задач:

- определение характера изменения определяющего параметра времени (вида и параметров функции $X(t)$);
- оценка среднего и гарантированного (гамма-процентного) остаточных ресурсов детерминированными методами;
- оценка среднего и гарантированного (гамма-процентного) остаточных ресурсов статистическими методами.

Ход работы:

По экспериментальным данным из таблицы 1 построим облако точек в Microsoft Excel (рисунок 1).

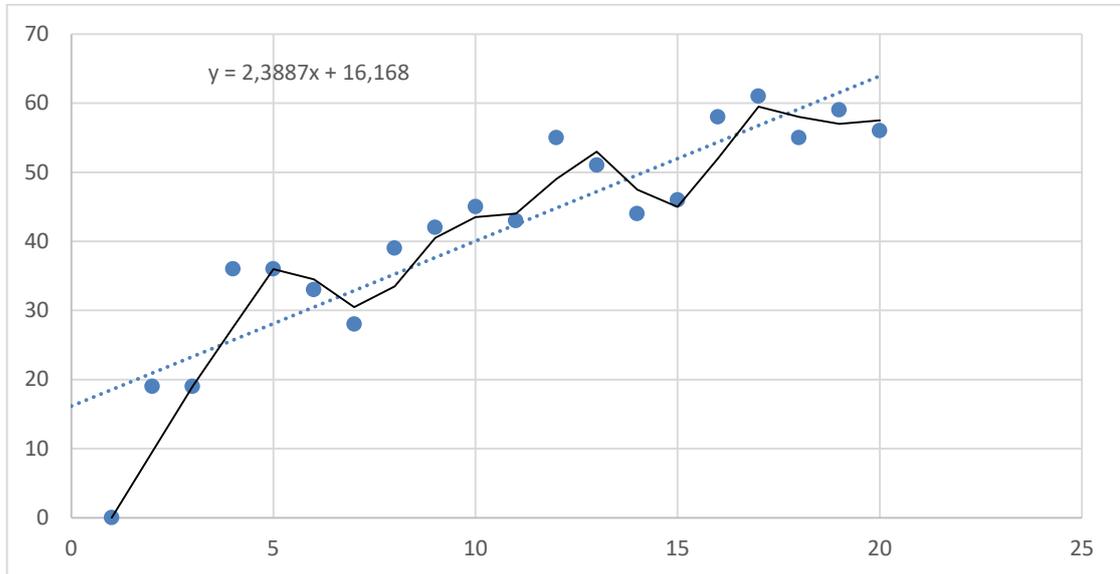


Рисунок 1 – Исходные данные на графике

По расположению точек можно предположить, что зависимость функции $X(t)$ является линейной, а значит, общий вид функции имеет вид:

$$y = \alpha x + b \quad (1)$$

Чтобы получить уравнение кривой, которая будет наилучшим образом аппроксимировать набор исходных точек, необходимо вычислить коэффициенты α и b методом наименьших квадратов (МНК) по следующим формулам:

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}; \quad b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_i^2 - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n x_i y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \quad (2)$$

При подстановке в формулы (2) исходных данных были получены следующие значения коэффициентов: $\alpha = 2,40$; $b = 16,10$. Все промежуточные вычисления представлены в приложении А.

Таким образом, зависимость $X(t)$ выражается формулой:

$$X(t) = 2,40t + 16,10 \quad (3)$$

Проверим правильность найденных коэффициентов средствами Microsoft Excel. Для этого на основе исходных точек построим линейную линию тренда с отображением ее уравнения (рисунок 2).

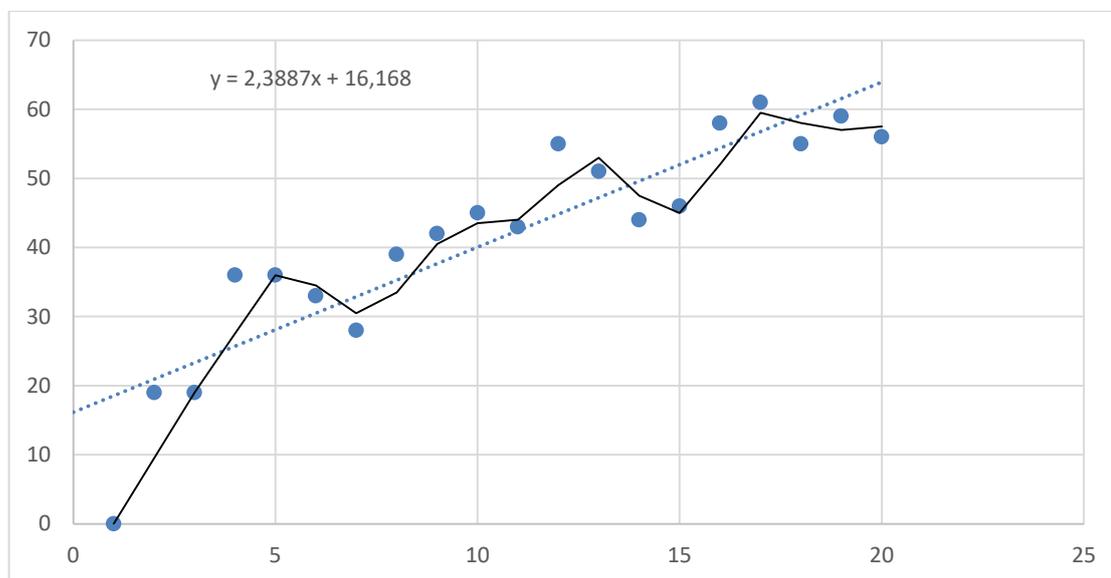


Рисунок 2 – Линия тренда через исходные точки

При округлении полученных коэффициентов до требуемой точности, можно заметить, что они совпадают с полученными расчетными коэффициентами. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что аппроксимирующая функция была найдена верно.

Для определения среднего технического ресурса экстраполируем прямую до значения $X_{np} = 30$. При подстановке предельного значения в уравнение прямой было получено следующее значение ресурса:

$$T = \frac{X_{np} - b}{a} = \frac{30 - 16,10}{2,40} = 5,79 \text{ мес.} \quad (4)$$

Проверим полученные данные с помощью добавление прогноза на линию тренда (рисунок 3).

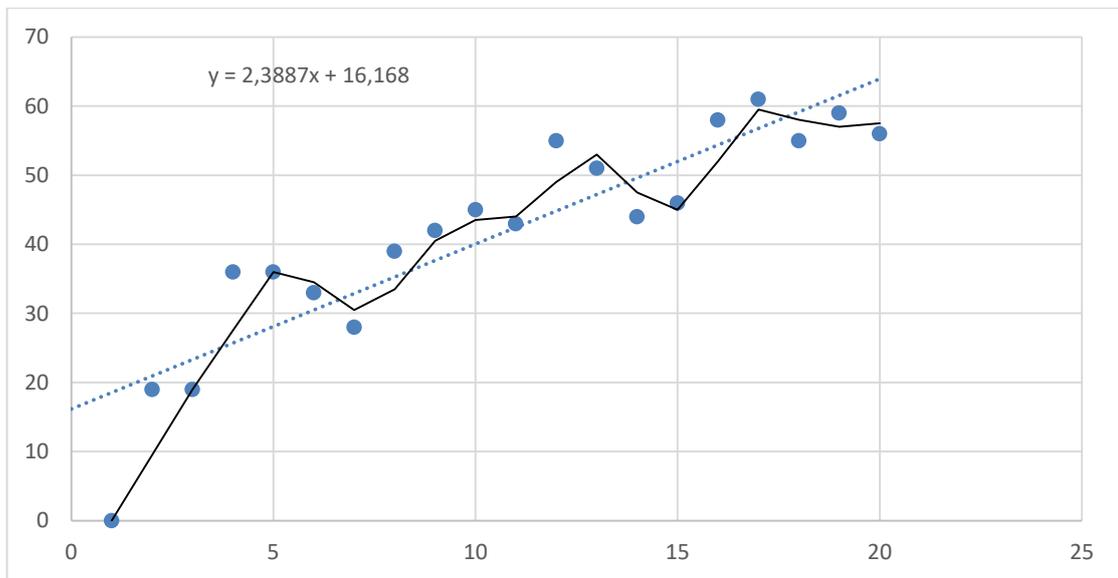


Рисунок 3 – Линейный прогноз технического ресурса

По рисунку 4 можно заметить, что значение среднего технического ресурса было найдено верно.

Остаточный ресурс равен:

$$T(\tau) = T - \tau = 22,45 - 20 = 2,45 \text{ мес.} \quad (5)$$

Для нахождения гамма-процентного (гарантированного) ресурса вычислим среднеквадратическое отклонение σ , а так же коэффициент вариации v :

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n [y_{\text{эксп}} - y_{\text{расч}}]^2} = 7,90 \quad (6)$$

$$v = \sigma / \bar{x} = 0,55 \quad (7)$$

Также необходимо знать значение квантиля нормального распределения u_γ , который при $\gamma = 95\%$ равен $u_\gamma = 1,645$.

Подставляя все полученные значения в формулу нахождения гарантированного ресурса, получим:

$$T_\gamma = T(1 - u_\gamma v_T) = T \left(1 - u_\gamma * v / \sqrt{n} \right) = 17,93 \text{ мес.} \quad (8)$$

Остаточный гамма-процентный ресурс равен:

$$T_{\gamma}(\tau) = T_{\gamma} - \tau = 17,93 - 20 = -2,07 \text{ мес.} \quad (9)$$

Выводы:

Была проведена оценка остаточного ресурса статистическими и детерминированными методами. В результате выполнения лабораторной работы была выявлена линейная зависимость определяющего параметра X от времени t , уравнение которого имеет вид $X(t) = 2,40t + 16,10$. Были получены значения среднего технического ресурса $T = 22,46$ мес. и гарантированного ресурса $T_{\gamma} = 17,93$ мес., а так же значения остаточного среднего и гамма-процентного ресурсов: $T(\tau) = 2,46$ мес., $T_{\gamma}(\tau) = -2.07$ мес.

Список используемых источников

1. Сугак Е.В. Основы теории надежности: лаб. практикум. – Красноярск: СибГАУ, 2003. – 158 с.
2. Сугак Е.В. Надежность технических систем: лаб. практикум. – Красноярск: СибГАУ, 2004. – 142 с.
3. СТО 7.5.04-2019. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению работ учащихся. – Красноярск: СибГУ, 2019.

Приложение А

Таблица 2 – Таблица промежуточных вычислений

t,мес	X _{эксп}	t _i	t _i ²	a	b	Ср. Ресурс t (мес)	Ост. Ресурс t(мес)	X _{эксп} ⁻ X _{расч}	(X _{эксп} ⁻ X _{расч}) ²	Среднеквадратическое отклонение σ	Гамма-процентный (гарантированный) ресурс T _γ (мес.)	Остаточный гамма-процентный ресурс T _{γ(t)} (мес.)
0		0	0	2,40	16,10	22,46	2,46	-16,1	259,21	7,90	17,93	-2,07
1	0	0	0	1				-18,5	342,25			
2	19	38	4	4				-1,9	3,61			
3	19	57	9	9				-4,3	18,49			
4	36	144	16	16				10,3	106,09			
5	36	180	25	25				7,9	62,41			
6	33	198	36	36				2,5	6,25			
7	28	196	49	49				-4,9	24,01			
8	39	312	64	64				3,7	13,69			
9	42	378	81	81				4,3	18,49			
10	45	450	100	100				4,9	24,01			
11	43	473	121	121				0,5	0,25			
12	55	660	144	144				10,1	102,01			
13	51	663	169	169				3,7	13,69			
14	44	616	196	196				-5,7	32,49			
15	46	690	225	225				-6,1	37,21			
16	58	928	256	256				3,5	12,25			
17	61	1037	289	289				4,1	16,81			
18	55	990	324	324				-4,3	18,49			
19	59	1121	361	361				-2,7	7,29			
20	56	1120	400	400				-8,1	65,61			
сумм	210	825	10251	2870					1184,61			