

ВОЕННО-КОСМИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ ИМЕНИ А.Ф. МОЖАЙСКОГО

Кафедра информационно-вычислительных систем и сетей

УТВЕРЖДАЮ

Начальник 24 кафедры

полковник

А. Басыров

« ____ » _____ 20 ____ года

Автор: преподаватель 24 кафедры,
кандидат технических наук, доцент В. Тимофеев

Тема 3. Испытания и контроль надёжности АС

Практическое занятие

Моделирование случайных событий и величин

по дисциплине

Надёжность автоматизированных систем

Обсуждено и одобрено на заседании 24 кафедры
« ____ » _____ 20 ____ года протокол № ____

Санкт - Петербург

20__

Цель занятия: получение практических навыков оценки вероятностных характеристик системы методом статистического моделирования Монте-Карло.

СОДЕРЖАНИЕ ЗАНЯТИЯ И ВРЕМЯ

Введение	5 мин.
1. Разбор типового примера	40 мин.
2. Выполнение индивидуального задания	135 мин.
3. Подготовка отчета	45 мин.
4. Защита отчета о выполненной работе	40 мин.
Заключение	5 мин.

1. Типовые примеры

1.1. Пример решения задачи 1 – моделирование случайного события

Система состоит из двух блоков, соединенных последовательно. Система отказывает при отказе хотя бы одного блока. Первый блок содержит два элемента: A , B (они соединены параллельно) и отказывает при одновременном отказе обоих элементов. Второй блок содержит один элемент C и отказывает при отказе этого элемента. Требуется:

а) найти методом Монте-Карло оценку вероятности безотказной работы P^* системы, зная вероятность безотказной работы элементов: $P_A = 0,8$; $P_B = 0,85$; $P_C = 0,6$.

б) найти абсолютную погрешность $|P - P^*|$, где P – надежность системы, вычисленная аналитически.

Провести 50 испытаний.

Решение.

а) Выберем из таблицы равномерно распределённых чисел (табл. 1.2) три случайных числа: 0,10, 0,09 и 0,73; по правилу (если случайное число меньше вероятности события, то событие наступило; если случайное число больше или равно вероятности события, то событие не наступило) разыграем события A , B , C , состоящие в безотказной работе соответственно элементов A , B , C . Результаты испытания будем записывать расчетную таблицу 1.1.

Поскольку $P_A = 0,8$ и $0,10 < 0,8$, то событие A наступило, то есть элемент A в этом испытании работает безотказно. Так как $P_B = 0,85$ и $0,09 < 0,85$, то событие B наступило, то есть элемент B работает безотказно.

Таким образом, оба элемента первого блока работает; следовательно, работает и сам первый блок. В соответствующих клетках таблицы ставим знак плюс.

Таблица 1.1

Номер испытания	Блок	Случайные числа, моделирующие элементы			Заключение о работе				
					элементов			блоков	системы
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>		
1	Первый	0,10	0,09		+	+		+	
	Второй			0,73			–	–	–
2	Первый	0,25	0,33		+	+		+	
	Второй			0,76			–	–	–
3	Первый	0,52	0,10		+	+		+	
	Второй			0,35			+	+	+
4	Первый	0,86	0,34		–	+		+	
	Второй			0,5			–	–	–

Так как $P_C = 0,6$ и $0,73 > 0,6$, то событие C не наступило, то есть элемент C отказал; другими словами, второй блок, а значит и вся система, отказали. В соответствующих клетках таблицы ставим знак минус.

Аналогично разыгрываются и остальные испытания. В таблице приведены результаты четырех испытаний.

Произведя 50 испытаний, получим, что в 28 из них система работает безотказно. В качестве оценки искомой оценки вероятности безотказной работы системы P^* примем относительную частоту, т.е. $P^* = \frac{28}{50} = 0,56$.

б) Найдем надежность системы P аналитически. Вероятности безотказной работы первого и второго блоков соответственно равны:

$$P_1 = 1 - (1 - P_A) \cdot (1 - P_B) = 1 - 0,2 \cdot 0,15 = 0,97;$$

$$P_2 = P_C = 0,6.$$

Вероятность безотказной работы системы

$$P = P_1 \cdot P_2 = 0,97 \cdot 0,6 = 0,582.$$

Искомая абсолютная погрешность $|P - P^*| = 0,582 - 0,56 = 0,022$.

Таблица 1.2

10 09 73 25 33	76 52 01 35 86	34 67 35 48 76	80 95 90 91 17
37 54 20 48 05	64 89 47 42 96	24 80 52 40 37	20 63 61 04 02
08 42 26 89 53	19 64 50 93 03	23 20 90 25 60	15 95 33 47 64
99 01 90 25 29	09 37 67 07 15	38 31 13 11 65	88 67 67 43 97

12 80 79 99 70	80 15 73 61 47	64 03 23 66 53	98 95 11 68 77
66 06 57 47 17 31 06 01 08 05 85 26 97 76 02 63 57 33 21 35 73 79 64 57 53	34 07 27 68 50 45 57 18 24 06 02 05 16 56 92 05 32 54 70 48 03 52 96 47 78	36 69 73 61 70 35 30 34 26 14 68 66 57 48 18 90 55 35 75 48 35 80 83 42 82	65 81 33 98 85 86 79 90 74 39 73 65 38 52 47 28 46 82 87 09 60 93 52 03 44
98 52 01 77 67 11 80 50 54 31 83 45 29 96 34 88 68 54 02 00 99 59 46 73 48	14 90 56 86 07 39 80 82 77 32 06 28 89 80 83 86 50 75 84 01 87 51 76 49 69	22 10 94 05 58 50 72 56 82 48 13 74 67 00 78 36 76 66 79 51 91 82 60 89 28	60 97 09 34 33 29 40 52 42 01 18 47 54 06 10 90 36 47 64 93 93 78 56 13 68
65 48 11 76 74 80 12 43 56 35 74 35 09 98 17 69 91 62 68 03 09 89 32 05 05	17 46 85 09 50 17 72 70 80 15 77 40 27 72 14 66 25 22 91 48 14 22 56 85 14	58 04 77 69 74 45 31 82 23 74 43 23 60 02 10 36 93 68 72 03 46 42 75 67 88	73 03 95 71 86 21 11 57 82 53 45 52 16 42 37 76 62 11 39 90 96 29 77 88 22
91 49 91 45 23 80 33 69 45 98 44 10 48 19 49 12 55 07 37 42 63 60 64 93 29	68 47 92 76 86 26 94 03 68 58 85 15 74 79 54 11 10 00 20 40 16 50 53 44 84	46 16 28 35 54 70 29 73 41 35 32 97 92 65 75 12 86 07 46 97 40 21 95 25 63	94 75 08 99 23 53 14 03 33 40 57 60 04 08 81 96 64 48 94 39 43 65 17 70 82
61 19 69 04 46 15 47 44 52 66 94 55 72 85 73 42 48 11 62 13 23 52 37 83 17	26 45 74 77 74 95 27 07 99 53 67 89 75 43 87 97 34 40 87 21 73 20 88 98 37	51 92 43 37 29 59 36 78 38 48 54 62 24 44 31 16 86 84 87 67 68 93 59 14 16	66 39 45 95 93 82 39 61 01 18 91 19 04 25 92 03 07 11 20 59 26 25 22 96 63
04 49 35 24 94 00 54 99 76 54 35 96 31 53 07 59 80 80 83 91 46 05 88 52 36	75 24 63 38 24 64 05 18 81 59 26 89 80 93 54 45 42 72 68 42 01 39 09 22 68	45 86 25 10 25 96 11 96 38 96 33 35 13 54 62 83 60 94 97 00 77 28 14 40 77	61 96 27 93 35 54 69 28 23 91 77 97 45 00 24 13 02 12 48 92 93 91 08 36 47
32 17 90 05 97 69 23 46 14 06 19 56 54 14 30 45 15 51 49 38 94 86 43 19 94	87 37 92 52 41 20 11 74 52 04 01 75 87 53 79 19 47 60 72 46 36 16 81 08 51	05 56 70 70 07 15 95 66 00 00 40 41 92 15 85 43 66 79 45 43 34 88 88 15 53	86 74 31 71 57 18 74 39 24 23 66 67 43 68 06 59 04 79 00 33 01 54 03 54 56

1.2. Пример решения задачи 2 – моделирование значений случайной величины

Устройство состоит из двух узлов, соединенных последовательно. Первый узел содержит два элемента: A , B , которые соединены параллельно. Второй узел содержит один элемент C . Время безотказной работы элементов распределено по показательному закону с параметрами, соответственно равными $\lambda_A = 0,04$ (1/ч); $\lambda_B = 0,05$ (1/ч); $\lambda_C = 0,10$ (1/ч).

Найти методом Монте-Карло оценку $P^*(t)$ вероятности безотказной работы устройства за время длительностью 10 ч. Произвести 50 испытаний.

Решение.

Разыграем время (в часах) безотказной работы элементов по формулам:

$$t_A = -(1/0,04)\ln y_1 = 25(-\ln y_1),$$

$$t_B = - (1/0,05)\ln y_2 = 20(-\ln y_2),$$

$$t_C = - (1/0,10)\ln y_3 = 10(-\ln y_3),$$

где y_1, y_2, y_3 – случайные числа. Например, для первого испытания возьмем из таблицы равномерно распределенных чисел (табл. 1.2) три случайных числа: 0,10; 0,09; 0,73 и по ним разыграем время безотказной работы элементов:

$$t_A = 25(-\ln y_1) = 25 \cdot 2,30 = 57,50,$$

$$t_B = 20(-\ln y_2) = 20 \cdot 2,41 = 48,20,$$

$$t_C = 10(-\ln y_3) = 10 \cdot 0,32 = 3,2.$$

Элементы A и B первого узла соединены параллельно, поэтому для его работы достаточно, чтобы работал хотя бы один элемент. Следовательно, в первом испытании первый узел будет работать $\max(57,50; 48,20) = 57,50$ ч.

Первый и второй узлы соединены последовательно, поэтому устройство работает, если оба узла работают одновременно. Следовательно, в первом испытании устройство будет работать $\min(57,50; 3,2) = 3,2$ ч.

Составим расчетную таблицу 1.3:

Таблица 1.3

Номер испытания	Случайные числа, моделирующие элементы			Время безотказной работы					
				элементов			узлов		устройства
	A	B	C	A	B	C	первого	второго	
1	0,10	0,09	0,73	57,50	48,20	3,2	57,50	3,2	3,2
2	0,25	0,33	0,76	34,75	22,20	2,7	34,75	2,7	2,7
3	0,52	0,01	0,35	16,25	92,00	10,5	92,00	10,5	10,5
4	0,86	0,34	0,67	3,75	21,60	4,0	21,60	4,0	4,0

В таблице приведены результаты только четырех испытаний. Если произвести 50 испытаний, то окажется, что в 18 испытаниях устройство работало 10 часов (и более).

Искомая оценка надёжности устройства (вероятности его безотказной работы за время длительностью 10 часов) $P^* = 18/50 = 0,36$.

Для сравнения приведем аналитическое решение. Вероятности безотказной работы элементов:

$$P_A(10) = e^{-0,04 \cdot 10} = 0,67,$$

$$P_B(10) = e^{-0,05 \cdot 10} = 0,61,$$

$$P_C(10) = e^{-0,1 \cdot 10} = 0,37.$$

Вероятность безотказной работы первого узла за время длительностью 10 часов:

$$P_1 = 1 - (1 - 0,67) \cdot (1 - 0,61) = 0,87.$$

Вероятность безотказной работы устройства за время длительностью 10 часов:

$$P = P_1 \cdot P_C(10) = 0,87 \cdot 0,37 = 0,32.$$

$$\text{Абсолютная погрешность } |P - P^*| = |0,32 - 0,36| = 0,04.$$

2. Порядок выполнения индивидуального задания

По аналогии с разобранными в п. 1 примерами выполнить индивидуальные задания

Вариант 1

Задача 1

Система состоит из двух блоков, соединенных последовательно. Система отказывает при отказе хотя бы одного блока. Первый блок содержит три элемента: A , B , C (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе всех элементов. Второй блок содержит два элемента D , E (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе обоих элементов.

1. Найти методом Монте-Карло оценку P^* надежности (вероятности безотказной работы) системы, зная вероятности безотказной работы элементов: $P_A = 0,88$; $P_B = 0,91$; $P_C = 0,95$; $P_D = 0,78$, $P_E = 0,93$. Провести 30 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы P аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P - P^*|$.

Задача 2

Устройство состоит из трех узлов, соединенных последовательно. Первый узел содержит два элемента A и B , которые соединены параллельно. Второй узел содержит один элемент C . Третий узел содержит один элемент D . Время безотказной работы элементов распределено по экспоненциальному закону с интенсивностями, соответственно равными $\lambda_A = 0,02$ (1/ч); $\lambda_B = 0,05$ (1/ч); $\lambda_C = 0,08$ (1/ч); $\lambda_D = 0,1$ (1/ч).

1. Найти методом Монте-Карло оценку $P^*(t)$ надежности (вероятности безотказной работы) устройства за время длительностью 10 ч. Провести 20

испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы $P(t)$ аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P(t) - P^*(t)|$.

Вариант 2

Задача 1

Система состоит из двух блоков, соединенных последовательно. Система отказывает при отказе хотя бы одного блока. Первый блок содержит три элемента: A , B , C (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе всех элементов. Второй блок содержит один элемент D , и отказывает при отказе этого элемента.

1. Найти методом Монте-Карло оценку P^* надежности (вероятности безотказной работы) системы, зная вероятности безотказной работы элементов: $P_A = 0,81$; $P_B = 0,92$; $P_C = 0,69$; $P_D = 0,98$. Провести 30 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы P аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P - P^*|$.

Задача 2

Устройство состоит из двух узлов, соединенных последовательно. Первый узел содержит один элемент A . Второй узел содержит два элемента B и C , которые соединены параллельно. Время безотказной работы элементов распределено по экспоненциальному закону с интенсивностями, соответственно равными $\lambda_A = 0,05$ (1/ч); $\lambda_B = 0,04$ (1/ч); $\lambda_C = 0,06$ (1/ч).

1. Найти методом Монте-Карло оценку $P^*(t)$ надежности (вероятности безотказной работы) устройства за время длительностью 12 ч. Провести 20 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы $P(t)$ аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P(t) - P^*(t)|$.

Вариант 3

Задача 1

Система состоит из двух блоков, соединенных последовательно. Система отказывает при отказе хотя бы одного блока. Первый блок содержит два элемента: A , B (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе обоих элементов. Второй блок содержит два элемента D , E (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе обоих элементов.

1. Найти методом Монте-Карло оценку P^* надежности (вероятности безотказной работы) системы, зная вероятности безотказной работы элементов: $P_A = 0,78$; $P_B = 0,93$; $P_C = 0,84$; $P_D = 0,95$. Провести 30

испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы P аналитически.
3. Найти абсолютную погрешность $|P - P^*|$.

Задача 2

Устройство состоит из трех узлов, соединенных последовательно. Первый узел содержит один элемент A . Второй узел содержит два элемента B , C , которые соединены параллельно. Третий узел содержит один элемент D . Время безотказной работы элементов распределено по экспоненциальному закону с интенсивностями, соответственно равными $\lambda_A = 0,07$ (1/ч); $\lambda_B = 0,04$ (1/ч); $\lambda_C = 0,05$ (1/ч); $\lambda_D = 0,08$ (1/ч).

1. Найти методом Монте-Карло оценку P^* надежности (вероятности безотказной работы) устройства за время длительностью 15 ч. Провести 20 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы $P(t)$ аналитически.
3. Найти абсолютную погрешность $|P(t) - P^*(t)|$.

Вариант 4

Задача 1

Система состоит из двух блоков, соединенных последовательно. Система отказывает при отказе хотя бы одного блока. Первый блок содержит два элемента: A , B (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе всех элементов. Второй блок содержит три элемента C , D , E (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе всех элементов.

1. Найти методом Монте-Карло оценку $P^*(t)$ надежности (вероятности безотказной работы) системы, зная вероятности безотказной работы элементов: $P_A = 0,89$; $P_B = 0,93$; $P_C = 0,87$; $P_D = 0,76$; $P_E = 0,84$. Провести 30 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы P аналитически.
3. Найти абсолютную погрешность $|P - P^*|$.

Задача 2

Устройство состоит из трех узлов, соединенных последовательно. Первый узел содержит два элемента A , B , которые соединены параллельно. Второй узел содержит один элемент C . Третий узел содержит один элемент D . Время безотказной работы элементов распределено по экспоненциальному закону с интенсивностями, соответственно равными $\lambda_A = 0,01$ (1/ч); $\lambda_B = 0,04$ (1/ч); $\lambda_C = 0,08$ (1/ч); $\lambda_D = 0,06$ (1/ч).

1. Найти методом Монте-Карло оценку $P^*(t)$ надежности (вероятности безотказной работы) устройства за время длительностью 8 ч. Провести 20

испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы $P(t)$ аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P(t) - P^*(t)|$.

Вариант 5

Задача 1

Система состоит из двух блоков, соединенных последовательно. Система отказывает при отказе хотя бы одного блока. Первый блок содержит два элемента: A , B (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе всех элементов. Второй блок содержит один элемент C , и отказывает при отказе этого элемента.

1. Найти методом Монте-Карло оценку P^* надежности (вероятности безотказной работы) системы, зная вероятности безотказной работы элементов: $P_A = 0,83$; $P_B = 0,87$; $P_C = 0,94$. Провести 30 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы P аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P - P^*|$.

Задача 2

Устройство состоит из трех узлов, соединенных последовательно. Первый узел содержит один элемент A . Второй узел содержит два элемента B , C , которые соединены параллельно. Третий узел содержит один элемент D . Время безотказной работы элементов распределено по экспоненциальному закону с интенсивностями, соответственно равными $\lambda_A = 0,02$ (1/ч); $\lambda_B = 0,03$ (1/ч); $\lambda_C = 0,05$ (1/ч); $\lambda_D = 0,04$ (1/ч).

1. Найти методом Монте-Карло оценку $P^*(t)$ надежности (вероятности безотказной работы) устройства за время длительностью 19 ч. Провести 20 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы $P(t)$ аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P(t) - P^*(t)|$.

Вариант 6

Задача 1

Система состоит из двух блоков, соединенных последовательно. Система отказывает при отказе хотя бы одного блока. Первый блок содержит один элемент A и отказывает при отказе этого элемента. Второй блок содержит три элемента: B , C , D (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе всех элементов.

1. Найти методом Монте-Карло оценку P^* надежности (вероятности безотказной работы) системы, зная вероятности безотказной работы элементов: $P_A = 0,95$; $P_B = 0,83$; $P_C = 0,68$; $P_D = 0,77$. Провести 30 испытаний.

При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы P аналитически.
3. Найти абсолютную погрешность $|P - P^*|$.

Задача 2

Устройство состоит из двух узлов, соединенных последовательно. Первый узел содержит один элемент A . Второй узел содержит два элемента B, C , которые соединены параллельно. Время безотказной работы элементов распределено по экспоненциальному закону с интенсивностями, соответственно равными $\lambda_A = 0,01$ (1/ч); $\lambda_B = 0,05$ (1/ч); $\lambda_C = 0,04$ (1/ч).

1. Найти методом Монте-Карло оценку $P^*(t)$ надежности (вероятности безотказной работы) устройства за время длительностью 20 ч. Провести 20 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы $P(t)$ аналитически.
3. Найти абсолютную погрешность $|P(t) - P^*(t)|$.

Вариант 7

Задача 1

Система состоит из двух блоков, соединенных последовательно. Система отказывает при отказе хотя бы одного блока. Первый блок содержит три элемента: A, B, C (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе всех элементов. Второй блок содержит два элемента D, E (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе обоих элементов.

1. Найти методом Монте-Карло оценку P^* надежности (вероятности безотказной работы) системы, зная вероятности безотказной работы элементов: $P_A = 0,66$; $P_B = 0,78$; $P_C = 0,84$; $P_D = 0,78$; $P_E = 0,93$. Провести 30 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы P аналитически.
3. Найти абсолютную погрешность $|P - P^*|$.

Задача 2

Устройство состоит из трех узлов, соединенных последовательно. Первый узел содержит два элемента A, B , которые соединены параллельно. Второй узел содержит один элемент C . Третий узел содержит один элемент D . Время безотказной работы элементов распределено по экспоненциальному закону с интенсивностями, соответственно равными $\lambda_A = 0,01$ (1/ч); $\lambda_B = 0,04$ (1/ч); $\lambda_C = 0,05$ (1/ч); $\lambda_D = 0,09$ (1/ч).

1. Найти методом Монте-Карло оценку $P^*(t)$ надежности (вероятности безотказной работы) устройства за время длительностью 8 ч. Провести 20 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы $P(t)$ аналитически.
3. Найти абсолютную погрешность $|P(t) - P^*(t)|$.

Вариант 8

Задача 1

Система состоит из двух блоков, соединенных последовательно. Система отказывает при отказе хотя бы одного блока. Первый блок содержит три элемента: A , B , C (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе всех элементов. Второй блок содержит один элемент D , и отказывает при отказе этого элемента.

1. Найти методом Монте-Карло оценку P^* надежности (вероятности безотказной работы) системы, зная вероятности безотказной работы элементов: $P_A = 0,74$; $P_B = 0,86$; $P_C = 0,65$; $P_D = 0,96$. Провести 30 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы P аналитически.
3. Найти абсолютную погрешность $|P - P^*|$.

Задача 2

Устройство состоит из двух узлов, соединенных последовательно. Первый узел содержит один элемент A . Второй узел содержит два элемента B, C , которые соединены параллельно. Время безотказной работы элементов распределено по экспоненциальному закону с интенсивностями, соответственно равными $\lambda_A = 0,01$ (1/ч); $\lambda_B = 0,08$ (1/ч); $\lambda_C = 0,04$ (1/ч).

1. Найти методом Монте-Карло оценку $P^*(t)$ надежности (вероятности безотказной работы) устройства за время длительностью 22 ч. Провести 20 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы $P(t)$ аналитически.
3. Найти абсолютную погрешность $|P(t) - P^*(t)|$.

Вариант 9

Задача 1

Система состоит из двух блоков, соединенных последовательно. Система отказывает при отказе хотя бы одного блока. Первый блок содержит два элемента: A , B (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе обоих элементов. Второй блок содержит два элемента D , E (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе обоих элементов.

1. Найти методом Монте-Карло оценку P^* надежности (вероятности безотказной работы) системы, зная вероятности безотказной работы элементов: $P_A = 0,88$; $P_B = 0,91$; $P_C = 0,87$; $P_D = 0,91$. Провести 30 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы P аналитически.
3. Найти абсолютную погрешность $|P - P^*|$.

Задача 2

Устройство состоит из трех узлов, соединенных последовательно. Первый узел содержит два элемента A , B , которые соединены параллельно. Второй узел содержит один элемент C . Третий узел содержит один элемент D . Время безотказной работы элементов распределено по экспоненциальному закону с интенсивностями, соответственно равными $\lambda_A = 0,03$ (1/ч); $\lambda_B = 0,07$ (1/ч); $\lambda_C = 0,04$ (1/ч); $\lambda_D = 0,05$ (1/ч).

1. Найти методом Монте-Карло оценку $P^*(t)$ надежности (вероятности безотказной работы) устройства за время длительностью 16 ч. Провести 20 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).
2. Найти вероятность безотказной работы системы $P(t)$ аналитически.
3. Найти абсолютную погрешность $|P(t) - P^*(t)|$.

Вариант 10

Задача 1

Система состоит из двух блоков, соединенных последовательно. Система отказывает при отказе хотя бы одного блока. Первый блок содержит два элемента: A , B (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе всех элементов. Второй блок содержит три элемента C , D , E (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе всех элементов.

1. Найти методом Монте-Карло оценку P^* надежности (вероятности безотказной работы) системы, зная вероятности безотказной работы элементов: $P_A = 0,61$; $P_B = 0,73$; $P_C = 0,71$; $P_D = 0,75$; $P_E = 0,80$. Провести 30 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).
2. Найти вероятность безотказной работы системы P аналитически.
3. Найти абсолютную погрешность $|P - P^*|$.

Задача 2

Устройство состоит из трех узлов, соединенных последовательно. Первый узел содержит один элемент A . Второй узел содержит два элемента B , C , которые соединены параллельно. Третий узел содержит один элемент D . Время безотказной работы элементов распределено по экспоненциальному закону с интенсивностями, соответственно равными $\lambda_A = 0,01$ (1/ч); $\lambda_B = 0,04$ (1/ч); $\lambda_C = 0,02$ (1/ч); $\lambda_D = 0,08$ (1/ч).

1. Найти методом Монте-Карло оценку $P^*(t)$ надежности (вероятности безотказной работы) устройства за время длительностью 16 ч. Провести 20 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).
2. Найти вероятность безотказной работы системы $P(t)$ аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P(t) - P^*(t)|$.

Вариант 11

Задача 1

Система состоит из двух блоков, соединенных последовательно. Система отказывает при отказе хотя бы одного блока. Первый блок содержит два элемента: A , B (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе всех элементов. Второй блок содержит один элемент C , и отказывает при отказе этого элемента.

1. Найти методом Монте-Карло оценку P^* надежности (вероятности безотказной работы) системы, зная вероятности безотказной работы элементов: $P_A = 0,73$; $P_B = 0,77$; $P_C = 0,91$. Провести 30 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы P аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P - P^*|$.

Задача 2

Устройство состоит из трех узлов, соединенных последовательно. Первый узел содержит два элемента A , B , которые соединены параллельно. Второй узел содержит один элемент C . Третий узел содержит один элемент D . Время безотказной работы элементов распределено по экспоненциальному закону с интенсивностями, соответственно равными $\lambda_A = 0,04$ (1/ч); $\lambda_B = 0,01$ (1/ч); $\lambda_C = 0,02$ (1/ч); $\lambda_D = 0,08$ (1/ч).

1. Найти методом Монте-Карло оценку $P^*(t)$ надежности (вероятности безотказной работы) устройства за время длительностью 11 ч. Провести 20 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы $P(t)$ аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P(t) - P^*(t)|$.

Вариант 12

Задача 1

Система состоит из двух блоков, соединенных последовательно. Система отказывает при отказе хотя бы одного блока. Первый блок содержит один элемент A и отказывает при отказе этого элемента. Второй блок содержит три элемента: B , C , D (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе всех элементов.

1. Найти методом Монте-Карло оценку P^* надежности (вероятности безотказной работы) системы, зная вероятности безотказной работы элементов: $P_A = 0,94$; $P_B = 0,82$; $P_C = 0,78$; $P_D = 0,75$. Провести 30 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы P аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P - P^*|$.

Задача 2

Устройство состоит из трех узлов, соединенных последовательно. Первый узел содержит один элемент A . Второй узел содержит два элемента B , C , которые соединены параллельно. Третий узел содержит один элемент D . Время безотказной работы элементов распределено по экспоненциальному закону с интенсивностями, соответственно равными $\lambda_A = 0,02$ (1/ч); $\lambda_B = 0,01$ (1/ч); $\lambda_C = 0,04$ (1/ч); $\lambda_D = 0,08$ (1/ч).

1. Найти методом Монте-Карло оценку $P^*(t)$ надежности (вероятности безотказной работы) устройства за время длительностью 13 ч. Провести 20 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы $P(t)$ аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P(t) - P^*(t)|$.

Вариант 13

Задача 1

Система состоит из двух блоков, соединенных последовательно. Система отказывает при отказе хотя бы одного блока. Первый блок содержит три элемента: A , B , C (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе всех элементов. Второй блок содержит два элемента D , E (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе обоих элементов.

1. Найти методом Монте-Карло оценку P^* надежности (вероятности безотказной работы) системы, зная вероятности безотказной работы элементов: $P_A = 0,82$; $P_B = 0,91$; $P_C = 0,94$; $P_D = 0,71$; $P_E = 0,93$. Провести 30 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы P аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P - P^*|$.

Задача 2

Устройство состоит из трех узлов, соединенных последовательно. Первый узел содержит один элемент A . Второй узел содержит два элемента B , C , которые соединены параллельно. Третий узел содержит один элемент D . Время безотказной работы элементов распределено по экспоненциальному закону с интенсивностями, соответственно равными $\lambda_A = 0,04$ (1/ч); $\lambda_B = 0,05$ (1/ч); $\lambda_C = 0,02$ (1/ч); $\lambda_D = 0,06$ (1/ч).

1. Найти методом Монте-Карло оценку $P^*(t)$ надежности (вероятности безотказной работы) устройства за время длительностью 12 ч. Провести 20 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы $P(t)$ аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P(t) - P^*(t)|$.

Вариант 14

Задача 1

Система состоит из двух блоков, соединенных последовательно. Система отказывает при отказе хотя бы одного блока. Первый блок содержит три элемента: A , B , C (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе всех элементов. Второй блок содержит один элемент D и отказывает при отказе этого элемента.

1. Найти методом Монте-Карло оценку P^* надежности (вероятности безотказной работы) системы, зная вероятности безотказной работы элементов: $P_A = 0,81$; $P_B = 0,90$; $P_C = 0,72$; $P_D = 0,95$. Провести 30 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы P аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P - P^*|$.

Задача 2

Устройство состоит из трех узлов, соединенных последовательно. Первый узел содержит два элемента A , B , которые соединены параллельно. Второй узел содержит один элемент C . Третий узел содержит один элемент D . Время безотказной работы элементов распределено по экспоненциальному закону с интенсивностями, соответственно равными $\lambda_A = 0,05$ (1/ч); $\lambda_B = 0,02$ (1/ч); $\lambda_C = 0,04$ (1/ч); $\lambda_D = 0,01$ (1/ч).

1. Найти методом Монте-Карло оценку $P^*(t)$ надежности (вероятности безотказной работы) устройства за время длительностью 20 ч. Провести 20 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы $P(t)$ аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P(t) - P^*(t)|$.

Вариант 15

Задача 1

Система состоит из двух блоков, соединенных последовательно. Система отказывает при отказе хотя бы одного блока. Первый блок содержит два элемента: A , B (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе обоих элементов. Второй блок содержит два элемента D , C (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе обоих элементов.

1. Найти методом Монте-Карло оценку P^* надежности (вероятности безотказной работы) системы, зная вероятности безотказной работы элементов: $P_A = 0,68$; $P_B = 0,86$; $P_C = 0,78$; $P_D = 0,81$. Провести 30 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы P аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P - P^*|$.

Задача 2

Устройство состоит из трех узлов, соединенных последовательно. Первый узел содержит два элемента A, B , которые соединены параллельно. Второй узел содержит один элемент C . Третий узел содержит один элемент D . Время безотказной работы элементов распределено по экспоненциальному закону с интенсивностями, соответственно равными $\lambda_A = 0,02$ (1/ч); $\lambda_B = 0,1$ (1/ч); $\lambda_C = 0,06$ (1/ч); $\lambda_D = 0,05$ (1/ч).

1. Найти методом Монте-Карло оценку $P^*(t)$ надежности (вероятности безотказной работы) устройства за время длительностью 10 ч. Провести 20 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы $P(t)$ аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P(t) - P^*(t)|$.

Вариант 16

Задача 1

Система состоит из двух блоков, соединенных последовательно. Система отказывает при отказе хотя бы одного блока. Первый блок содержит два элемента: A, B (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе всех элементов. Второй блок содержит три элемента C, D, E (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе всех элементов.

1. Найти методом Монте-Карло оценку P^* надежности (вероятности безотказной работы) системы, зная вероятности безотказной работы элементов: $P_A = 0,80$; $P_B = 0,79$; $P_C = 0,67$; $P_D = 0,78$; $P_E = 0,82$. Провести 30 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы P аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P - P^*|$.

Задача 2

Устройство состоит из трех узлов, соединенных последовательно. Первый узел содержит один элемент A . Второй узел содержит два элемента B, C , которые соединены параллельно. Третий узел содержит один элемент D . Время безотказной работы элементов распределено по экспоненциальному закону с интенсивностями, соответственно равными $\lambda_A = 0,05$ (1/ч); $\lambda_B = 0,03$ (1/ч); $\lambda_C = 0,07$ (1/ч); $\lambda_D = 0,02$ (1/ч).

1. Найти методом Монте-Карло оценку $P^*(t)$ надежности (вероятности безотказной работы) устройства за время длительностью 25 ч. Провести 20 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы $P(t)$ аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P(t) - P^*(t)|$.

Вариант 17

Задача 1

Система состоит из двух блоков, соединенных последовательно. Система отказывает при отказе хотя бы одного блока. Первый блок содержит два элемента: A , B (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе всех элементов. Второй блок содержит один элемент C , и отказывает при отказе этого элемента.

1. Найти методом Монте-Карло оценку P^* надежности (вероятности безотказной работы) системы, зная вероятности безотказной работы элементов: $P_A = 0,74$, $P_B = 0,81$, $P_C = 0,92$. Провести 30 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы P аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P - P^*|$.

Задача 2

Устройство состоит из двух узлов, соединенных последовательно. Первый узел содержит один элемент A . Второй узел содержит два элемента B , C , которые соединены параллельно. Время безотказной работы элементов распределено по экспоненциальному закону с интенсивностями, соответственно равными $\lambda_A = 0,03$ (1/ч); $\lambda_B = 0,07$ (1/ч); $\lambda_C = 0,06$ (1/ч).

1. Найти методом Монте-Карло оценку $P^*(t)$ надежности (вероятности безотказной работы) устройства за время длительностью 15 ч. Провести 20 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы $P(t)$ аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P(t) - P^*(t)|$.

Вариант 18

Задача 1

Система состоит из двух блоков, соединенных последовательно. Система отказывает при отказе хотя бы одного блока. Первый блок содержит один элемент A и отказывает при отказе этого элемента. Второй блок содержит три элемента: B , C , D (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе всех элементов.

1. Найти методом Монте-Карло оценку P^* надежности (вероятности безотказной работы) системы, зная вероятности безотказной работы элементов: $P_A = 0,97$; $P_B = 0,85$; $P_C = 0,69$; $P_D = 0,87$. Провести 30 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы P аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P - P^*|$.

Задача 2

Устройство состоит из двух узлов, соединенных последовательно. Первый узел содержит один элемент A . Второй узел содержит два элемента B , C , которые соединены параллельно. Время безотказной работы элементов распределено по экспоненциальному закону с интенсивностями, соответственно равными $\lambda_A = 0,06$ (1/ч); $\lambda_B = 0,04$ (1/ч); $\lambda_C = 0,08$ (1/ч).

1. Найти методом Монте-Карло оценку $P^*(t)$ надежности (вероятности безотказной работы) устройства за время длительностью 14 ч. Провести 20 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы $P(t)$ аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P(t) - P^*(t)|$.

Вариант 19

Задача 1

Система состоит из двух блоков, соединенных последовательно. Система отказывает при отказе хотя бы одного блока. Первый блок содержит три элемента: A , B , C (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе всех элементов. Второй блок содержит два элемента D , E (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе обоих элементов.

1. Найти методом Монте-Карло оценку P^* надежности (вероятности безотказной работы) системы, зная вероятности безотказной работы элементов: $P_A = 0,78$; $P_B = 0,81$; $P_C = 0,80$, $P_D = 0,88$; $P_E = 0,84$. Провести 30 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы P аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P - P^*|$.

Задача 2

Устройство состоит из трех узлов, соединенных последовательно. Первый узел содержит один элемент A . Второй узел содержит два элемента B , C , которые соединены параллельно. Третий узел содержит один элемент D . Время безотказной работы элементов распределено по экспоненциальному закону с интенсивностями, соответственно равными $\lambda_A = 0,02$ (1/ч); $\lambda_B = 0,1$ (1/ч); $\lambda_C = 0,07$ (1/ч); $\lambda_D = 0,06$ (1/ч).

1. Найти методом Монте-Карло оценку $P^*(t)$ надежности (вероятности безотказной работы) устройства за время длительностью 15 ч. Провести 20 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы $P(t)$ аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P(t) - P^*(t)|$.

Вариант 20

Задача 1

Система состоит из двух блоков, соединенных последовательно. Система отказывает при отказе хотя бы одного блока. Первый блок содержит три элемента: A , B , C (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе всех элементов. Второй блок содержит один элемент D , и отказывает при отказе этого элемента.

1. Найти методом Монте-Карло оценку P^* надежности (вероятности безотказной работы) системы, зная вероятности безотказной работы элементов: $P_A = 0,66$; $P_B = 0,75$; $P_C = 0,68$; $P_D = 0,95$. Провести 30 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы P аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P - P^*|$.

Задача 2

Устройство состоит из двух узлов, соединенных последовательно. Первый узел содержит один элемент A . Второй узел содержит два элемента B , C , которые соединены параллельно. Время безотказной работы элементов распределено по экспоненциальному закону с интенсивностями, соответственно равными $\lambda_A = 0,01$ (1/ч); $\lambda_B = 0,04$ (1/ч); $\lambda_C = 0,02$ (1/ч).

1. Найти методом Монте-Карло оценку $P^*(t)$ надежности (вероятности безотказной работы) устройства за время длительностью 18 ч. Провести 20 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы $P(t)$ аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P(t) - P^*(t)|$.

Вариант 21

Задача 1

Система состоит из двух блоков, соединенных последовательно. Система отказывает при отказе хотя бы одного блока. Первый блок содержит два элемента: A , B (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе обоих элементов. Второй блок содержит два элемента D , E (они соединены параллельно), и отказывает при одновременном отказе обоих элементов.

1. Найти методом Монте-Карло оценку P^* надежности (вероятности безотказной работы) системы, зная вероятности безотказной работы элементов: $P_A = 0,68$; $P_B = 0,73$; $P_C = 0,74$; $P_D = 0,85$. Провести 30 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы P аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P - P^*|$.

Задача 2

Устройство состоит из трех узлов, соединенных последовательно. Первый узел содержит один элемент A . Второй узел содержит два элемента B , C , которые соединены параллельно. Третий узел содержит один элемент D . Время безотказной работы элементов распределено по экспоненциальному закону с интенсивностями, соответственно равными $\lambda_A = 0,03$ (1/ч); $\lambda_B = 0,02$ (1/ч); $\lambda_C = 0,04$ (1/ч); $\lambda_D = 0,05$ (1/ч).

1. Найти методом Монте-Карло оценку $P^*(t)$ надежности (вероятности безотказной работы) устройства за время длительностью 11 ч. Провести 20 испытаний. При решении воспользоваться таблицей равномерно распределенных случайных чисел (табл. 6.2).

2. Найти вероятность безотказной работы системы $P(t)$ аналитически.

3. Найти абсолютную погрешность $|P(t) - P^*(t)|$.

3. Содержание отчета

По выполнению задания каждый курсант должен представить отчет. Отчет должен содержать:

- название практического занятия;
- цель занятия;
- методику моделирования случайного события и случайной величины методом Монте-Карло;
- результаты выполнения индивидуального задания;
- выводы по работе.

Отчетный материал представляется преподавателю, и результаты защищаются с выставлением оценки.

4. Критерии для оценивания выполнения индивидуального задания

«Отлично», если обучающийся правильно выполнил индивидуальное задание и правильно ответил на заданные преподавателем контрольные вопросы.

«Хорошо», если обучающийся правильно выполнил индивидуальное задание и правильно ответил не на все заданные преподавателем контрольные вопросы.

«Удовлетворительно», если обучающийся неправильно выполнил индивидуальное задание, но правильно ответил на большинство заданных преподавателем контрольных вопросов.

«Неудовлетворительно», если обучающийся неправильно выполнил индивидуальное задание и не ответил на заданные преподавателем контрольные вопросы.

5. Контрольные вопросы

1. В чем состоит сущность метода статистического моделирования?
2. Каким образом решается задача моделирования случайных событий по заданным вероятностям их появления?
3. Как определить значение случайной величины по заданному закону распределения?
4. Почему при решении обеих задач статистического моделирования используется случайная величина, равномерно распределенная на интервале $[0,1]$?
5. Нарисуйте графики функции и плотности распределения равномерно распределенной случайной величины.

В. Тимофеев

(воинское звание, подпись, инициал имени, фамилия автора)

« ____ » _____ 20 ____ г.