**1.Задача № 1**

По данным эксплуатационных и ремонтных служб вероятность выхода из строя ТЭД в депо, эксплуатирующем электровозы, за одну поездку составляет р = 0,15.

Определить методом перебора и проверить по максимуму функции распределения наиболее вероятное количество ТЭД, выходящих из строя в месяц, если известно, что за этот период электровоз делает в среднем n = 14 поездок.

Решение:

Согласно схеме биномиальных испытаний, вероятность того, что в n испытаниях выйдет из строя k ТЭД запишется в виде:

, (1.1)

Где  (1.2)

 (1.3)

 (1.4)

То есть из 14 поездок выйдет из строя 2 ТЭД.

При k = 1:

;

;

При k = 2:

;



При k = 3:

;



Как видно, при k = 3 вероятность Р начинает убывать, поэтому количество двигателей, которые могут выйти из строя принимаем равное 2.

Вывод: определили наибольшую вероятность р = 0,291 выхода из строя определенного числа ТЭД k = 2.

**2.Задача № 2**

Изменяются нижеследующие данные по эксплуатации ТЭД в период послегарантийного пробега локомотива. При этом известно, что в период гарантийного пробега (350000 км) ТЭД из строя не выходили. Данные приведены в таблице 2.1.

Принимая закон распределения вероятностей отказов ТЭД экспоненциальным (пробег близок к гарантийному), определить:

1. Вероятность того, что за пробег L тыс.км отказов ТЭД на локомотиве не будет.
2. Вероятность того, что ТЭД на локомотиве придется менять точно 3 раза.
3. Вероятность того, что ТЭД придется менять не менее 3 раз.
4. Сколько ТЭД на локомотиве выйдет из строя за пробег L тыс. км.

Таблица 2.1

Пробеги ТЭД до отказа

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Условные  Номера ТЭД | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Пробег, тыс. км | 385 | 435 | 485 | 395 | 455 | 595 | 735 | 635 | 745 | 645 |
| Условные номера ТЭД | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Пробег, тыс. км | 560 | 445 | 535 | 670 | 740 | 430 | 451 | 418 | 405 | 705 |

Заданный пробег локомотива – L = 564 тыс. км.

Решение:

Вероятность отказа не зависят от времени предшествующей работы, а зависит только от длины интервала, надежность элемента может быть рассчитана на основе экспоненциального закона распределения вероятностей.

1.В соответствии с этим законом вероятность безотказной работы ТЭД при пробеге L тыс. км может быть вычислена по формуле:

 (2.1)

Где  (2.2)

Где, в свою очередь  (2.3)

 (км)



Вероятность безотказной работы при пробеге L тыс. км:

 (2.4)

.

2.Вероятность того, что ТЭД на электровозе придется менять точно 3 раза:

 (2.5)



3.Вероятность того, что ТЭД придется менять не менее 3-х раз:

 (2.6)



4.Вопрос, сколько ТЭД на локомотиве выйдет из строя за пробег 564 тыс.км, решаем путем перебора вариантов с использованием формулы:

 (2.7)











В результате расчетов получаем, что количество ТЭД, которое выйдет из строя равно 4 ТЭД.

**3. Задача №3**

Пусть средний пробег локомотива по депо за год составляет тыс. км. В поездках происходит n = 8 отказов двигателей из-за размотки бандажей. По результатам обследования выясняется, что во всех случаях размотки произошли вследствие разносного боксования ТЭД.

Определить вероятность того, что в депо за общий пробег локомотива L = 564 тыс. км отказов ТЭД по якорным бандажам не произойдет. Плечи обращения локомотивных бригад составляют по всем направлениям  км. Локомотивы 4-осные.

Решение:

Вероятность отказа ТЭД из-за размотки бандажей в одной поездке, может быть вычислена как частость отказа:

, (3.1)

Где N – количество двигателей, участвующих в поездках локомотива за год, определяемое из заданного среднего пробега и заданных плеч обращения локомотивов

 ТЭД (3.2)



Вычислим количество поездок:

поездок (3.3)

Вычислим произведение 

Так как величина  мала, k – велико, произведение  и находится в пределах 0,1-20, то вероятность безотказной работы ТЭД за время  большее числа поездок k вычислим по формуле:

 (3.4)



Вывод: в ходе выполнения данной задачи определили вероятность того, что в депо за общий пробег локомотива отказов ТЭД по якорным бандажам не произойдет, р = 0,345.

**4.Задача №4**

Пусть имеются данные о времени безотказной работы моторно-якорных подшипников (таблица 4.1)

Таблица 4.1

Данные по отказам моторно-якорных подшипников

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Условные номера подшипников | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Пробег до отказа, тыс.км | 385 | 435 | 485 | 345 | 455 | 595 | 735 | 635 | 785 | 745 | 645 |
| Условные номера подшипников | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| Пробег до отказа, тыс.км | 560 | 435 | 535 | 635 | 735 | 785 | 795 | 800 | 805 | 810 | 815 |

Определить вероятность безотказной работы за L тыс. км.

Предполагается, что опасность отказа при эксплуатации локомотива остается постоянной. Пробег L = 564 тыс. км.

Решение:

1.Примем значение тыс.км;

2.Определим функцию - число отказов до пробега 600 тыс. км, 

3.Определим накопленную частость отказов:

 (4.1)

4.Опрделим опасность отказов:

Так как  (4.2)

 (4.3)

Откуда будет равна:

 (4.4)

5.Вероятность безотказной работы за 564 тыс. км:

 (4.5)



6.Вероятность отказа за тот же пробег:

 (4.6)



Вывод: в ходе выполнения данной задачи, определили вероятность безотказной работы за пробег L = 564 тыс. км, которая составила р = 0,61.

**5.Задача №5**

Определить параметры распределения и оценить вероятность безотказной работы подшипников в течение времени часов и часов.

Данные о работе моторно-якорных подшипников приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Время безотказной работы моторно-якорных подшипников

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Услов. номер подшипника | Время безотказной работы.; | Услов. номер подшипника | Время безотказной работы.; | Услов. номер подшипника | Время безотказной работы.; | Услов. номер подшипника | Время безотказной работы.; | Услов. номер подшипника | Время безотказной работы.; |
| 1 | 24 | 11 | 54 | 21 | 66 | 31 | 75 | 41 | 87,5 |
| 2 | 27,5 | 12 | 55 | 22 | 68,5 | 32 | 76 | 42 | 92,5 |
| 3 | 36 | 13 | 56 | 23 | 70 | 33 | 76,5 | 43 | 96 |
| 4 | 41,5 | 14 | 57,5 | 24 | 71 | 34 | 77 | 44 | 97,5 |
| 5 | 42,5 | 15 | 28 | 25 | 71 | 35 | 78 | 45 | 105 |
| 6 | 46 | 16 | 60 | 26 | 71,5 | 36 | 79,5 | 46 | 111 |
| 7 | 47,5 | 17 | 61 | 27 | 72,5 | 37 | 80 | 47 | 116,5 |
| 8 | 49 | 18 | 62,5 | 28 | 73 | 38 | 82,5 | 48 | 132,5 |
| 9 | 51 | 19 | 63 | 29 | 74 | 39 | 83,5 | 49 | 142,5 |
| 10 | 51,5 | 20 | 65 | 30 | 74 | 40 | 80 | 50 | 145 |

Решение:

1.Найдем эмпирическое среднее и дисперсию времени безотказной работы:

 (5.1)

(ч)

 (5.2)

час2

2.Определим опасность отказов и число повреждений r:

 (5.3)

 (5.4)



3.Определим произведения  и :





4.По номограмме для определения вероятностей безотказной работы, взятой из источника [2], определяем функции и 

5.Используя нормальное распределение, запишем:

час (5.5)



6.Посчитаем аргументы функции Лапласа:

 (5.6)

 (5.7)

7. По таблице функции Лапласа, взятой из источника [2], определяем







8. Запишем вероятность безотказной работы при нормальном законе распределения:

 (5.8)





Вывод: в ходе решения данной задачи определили параметры распределения и оценили вероятность безотказной работы подшипников,  и .

**6.Задача №6**

На ресурсные испытания корпусной изоляции якорей ТЭД ЭД118А были поставлены 1461 образец. По результатам испытаний была получена следующая таблица, характеризующая их надежность.

Таблица 6.1

Результаты наблюдений и исходные данные для расчета

характеристик надежности ТЭД ЭД118А

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Интервалы  наработки | Показатели надежности | | |
| Центр интервала t, тыс.км | Число работоспособных ТЭД в интервале N(t),штук | Число отказов в момент наработки t, ni штук |
| 0 | 0 | 1461 | 0 |
| 1 | 50 | 1444 | 17 |
| 2 | 150 | 1401 | 43 |
| 3 | 250 | 1328 | 73 |
| 4 | 350 | 1224 | 104 |
| 5 | 450 | 1060 | 164 |
| 6 | 550 | 859 | 201 |
| 7 | 650 | 621 | 238 |
| 8 | 750 | 431 | 190 |
| 9 | 850 | 252 | 179 |
| 10 | 950 | 132 | 120 |
| 11 | 1050 | 69 | 63 |
| 12 | 1150 | 31 | 38 |
| 13 | 1250 | 8 | 23 |

Используя данные таблицы 6.1, рассчитать количество запасных ТЭД, которыми должно располагать эксплуатационное предприятие для случаев их замены под локомотивами в данном регионе использования на среднюю наработку локомотивов по депо в 15 000 тыс. км с заданной вероятностью обеспечения замены Р = 0,99.

Решение:

Требуемое количество ремонтов якорей ТЭД n0 в электромашинном цехе депо за период эксплуатации t или число якорей ТЭД, которое должно быть на складе для их замены на локомотивах взамен вышедших из строя, равно:

 (6.1)

Где хр – квантиль порядка Р нормального распределения, определяемого из условия Ф(хр)=Р;

Т0 – математическое ожидание времени безотказной работы корпусной изоляции якорей ТЭД. Рассчитывается как статистическое значение среднего времени безотказной работы с использованием данных таблицы 6.1 по формуле:

 (6.2)

Где - общее число отказавших ТЭД;

k – общее число моментов наработки (число интервалов наработки);

i – 1,2,…..,k – индекс наработки ТЭД в момент отказа;

ni – число отказов в момент наработки ti;

ti – момент наработки возникновения отказа (центр интервала наработки);

N – продолжительность наблюдений.

 тыс. км

 - среднее квадратичное отклонение наработки ТЭД от среднего значения:

 (6.3)



Далее, используя полученные данные и формулу (6.1), можно рассчитать для заданных условий задачи количество запасных ТЭД, которыми должно располагать эксплуатационное предприятие в данном регионе эксплуатации локомотивов:

 ТЭД

Вывод: в ходе решения данной задачи, рассчитали количество запасных ТЭД, которыми должно располагать эксплуатационное предприятие для случаев их замены под локомотивами в данном регионе использования на среднюю наработку локомотивов по депо в 15 000 тыс. км с заданной вероятностью обеспечения замены Р = 0,99, nо = 24 ТЭД.