ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

ИРКУТСКИЙ ФИЛИАЛ

ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО

УЧРЕЖДЕНИЯВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

Кафедра Летательных аппаратов и двигателей

Проверена Защищена

Руководитель КР с оценкой

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(подпись, дата) (подпись, дата)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(подпись, дата)

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**«Основы теории надежности»**

**Оценка и анализ надежности планера, систем, силовой**

**установки и оборудования воздушного судна**

Вариант \_\_\_

Шифр КР:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Курсовую работу выполнил

студент\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(фамилия, имя, отчество)

Группа\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(подпись, дата)

Иркутск 2019 г

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

ИРКУТСКИЙ ФИЛИАЛ

ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО

УЧРЕЖДЕНИЯВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

Кафедра Летательных аппаратов и двигателей

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ**

на курсовую работу по дисциплине «**Основы теории надежности**»

Студенту \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, группа\_\_\_\_\_\_\_

1. Вариант задания (шифр), выдаваемый преподавателем \_\_\_\_\_

2. Задания, подлежащие выполнению – *указаны в соответствии с вариантом*.

Дата выдачи технического задания на КР \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Руководитель\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Студент\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Литература:

1. Воробьев В.Г., Константинов В.Д. Надежность и техническая диагностика авиационного оборудования. – М.: МГТУ ГА, 2010. – 448 с.

2. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Основы теории надежности. Пособие по изучению дисциплины и выполнению курсовой работы. – М.: МГТУ ГА, 2015. – 68 с.

3. Ицкович А.А., Кабков П.К. Пособие по проведению практических занятий «Надежность летательных аппаратов и авиадвигателей».– М.: МГТУ ГА, 2000. – 44 с.

4. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Пособие по выполнению контрольной работы по дисциплине «Надежность авиационной техники» для студентов IV курса специальности 160901 заочного обучения. – М.: МГТУ ГА, 2006. – 46 с.

5. Чокой В.З. Оценка, анализ и прогнозирование процессов в авиатранспортных системах. Расчетно-аналитический модуль МОДЕЛЬЕР версия 1,2. Электронный ресурс. – Иркутск: Иркутский филиал МГТУ ГА, 2018. – 642 МБ.

6. Чокой В.З. Курсовая работа по дисциплине «Основы теории надежности».Рекомендации по выполнению и варианты исходных данных. Учебное пособие. Электронный ресурс. – Иркутск: Иркутский филиал МГТУ ГА, 2018. – 283 МБ.

СОДЕРЖАНИЕ

Задание 1 – Подбор экспоненциального распределения для результатов наблюдений….

Задание 2 – Подбор нормального распределения для результатов наблюдений………….

Задание 3 – Оценка параметров распределения Вейбулла………………………………….

Задание 4 – Параметрическая оценка безотказности воздушного судна…………………..

Задание 5 – Оценка безотказности системы питания анероидно-мембранных

приборов вертолета…………………………………………………………………………….

Список использованных источников…………………………………………………………

**Задание 1 – Подбор экспоненциального распределения для результатов наблюдений**

Текст задания и исходные данные.

В ходе наблюдений за состоянием смазки в подшипниках колес шасси в 70 случаях была зафиксирована внеплановая необходимость замены смазки. В частности при календарном сроке (в неделях): 2,5; 3,0; 4,0; 4,5; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,0; 6,5; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 8,5; 8,5; 9,0; 9,0; 9,0; 9,0; 9,5; 10,0; 10,0; 10,5; 10,5; 11,0; 11,0; 11,5; 11,5; 11,5; 11,5; 12,0; 12,0; 12,0; 12,0; 12,0; 12,0; 12,0; 12,5; 13,0; 13,0; 13,0; 13,0; 13,0; 13,0; 13,0; 13,5; 13,5; 14,0; 14,5; 14,5; 14,5; 14,5; 15,0; 15,0; 15,0; 15,0; 15,0; 15,5; 16,0; 16,0; 16,5; 17,0; 17,0; 17,5; 17,5; 18,0; 19,0; 20,0 ().

При уровне значимости ***α*** *=* 0,05 по критерию Пирсона необходимо проверить принадлежность наблюдаемых значений к экспоненциальному распределению.

Указания по выполнению задания.

Пороговое значение критерия Пирсона определить с использованием таблицы А.4 приложения А.

По результатам выполнения задания сформулировать выводы.

Выполнение задания.

Задание выполняется в несколько этапов.

Вначале выполним разбиение наблюдений на интервалы равной протяженности. Оценка протяженности единичного интервала и числа интервалов ***k***выполняется по формулам

; (1.1)

. (1.2)

После подстановки исходных данных в (1.1) и (1.2) получим

;

интервалов.

Исходя из удобства расчетов полученные значения округляем до целочисленного вида и окончательно устанавливаем: = 3 недели; ***k*** = 6.

В сгруппированном виде наблюдения представлены в таблице 1.1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер интервалов ***i*** | Границы интервалов (недели) | Фактические частоты |
| 1 | [2…5] | 6 |
| 2 | (5…8] | 8 |
| 3 | (8…11] | 15 |
| 4 | (11…14] | 22 |
| 5 | (14…17] | 14 |
| 6 | (17…20] | 5 |

Таблица 1.1 – Группировка наблюдений по интервалам

Примечание. В таблице 1.1 круглая скобка означает исключение, а квадратная – включение значений, совпадающих с границей.

По исходному ряду рассчитаем среднее

нед.

Определим значение параметра экспоненциального распределения по формуле

1/нед.

Далее вычисляем теоретические частоты попадания в каждый интервал . Для этого по вначале определяем вероятность попадания вплоть до правой границы интервала, а затем, - вероятность попадания до левой границы интервала. Разность этих вероятностей, умноженная на общее число наблюдений, и будет являться искомой теоретической частотой попадания в рассматриваемый интервал.

При экспоненциальном распределении вероятность отказа определяется уравнением

. (1.3)

С учетом (1.3) рассчитаем теоретические частоты попадания в интервалы:

;

;

;

;

;

.

Рассчитаем фактическое значение критерия Пирсона по формуле

(1.4)

где: - фактическая частота попаданий значений в ***i***-ый интервал;

***k*** = 6 - число единичных интервалов;

- частота попаданий значений в ***i***-ый интервал.

Исходя из (1.4) получим

.

Рассчитаем число степеней свободы ***r = k – s*** = 6 – 1 = 5, где: ***k*** – число интервалов; ***s*** – число параметров описывающих рассматриваемое распределение. Экспоненциальное распределение описывает один параметр .

Для ***r =*** 5 и доверительной вероятности ***P*** = 0,95 (уровень значимости **α** = 0,05) по таблице А.4 приложения А определяем табличное (критическое) значение критерия Пирсона .

Так как , то предположение об экспоненциальном законе распределения результатов наблюдений отклоняется.

Для наглядности на рисунке 1.1 показаны гистограмма фактических и график экспоненциального распределения частот попадания наблюдений времени в интервалы.

***t***, мин**.**

**25**

**20**

**15**

**10**

**5**

**0**

**5**

**10**

**15**

**20**

Частоты ***ni***

Экспоненциальное распределение

Рисунок 1.1 – Фактическое и экспоненциальное распределение частот

Выводы по заданию 1:

1. ……

2. ……

3. ……

**Задание 2 – Подбор нормального распределения для результатов наблюдений**

Текст задания и исходные данные.

В ходе наблюдений за состоянием смазки в подшипниках колес шасси в 70 случаях была зафиксирована внеплановая необходимость замены смазки. В частности при календарном сроке (в неделях): 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,0; 6,5; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 8,5; 8,5; 9,0; 9,0; 9,0; 9,0; 9,5; 10,0; 10,0; 10,5; 10,5; 11,0; 11,0; 11,5; 11,5; 11,5; 11,5; 12,0; 12,0; 12,0; 12,0; 12,0; 12,0; 12,0; 12,5; 13,0; 13,0; 13,0; 13,0; 13,0; 13,0; 13,0; 13,5; 13,5; 14,0; 14,5; 14,5; 14,5; 14,5; 15,0; 15,0; 15,0; 15,0; 15,0; 15,5; 16,0; 16,0; 16,5; 17,0; 17,0; 17,5; 17,5; 18,0; 19,0; 20,0 ().

При уровне значимости ***α*** *=* 0,05 по критерию Пирсона необходимо проверить принадлежность наблюдаемых значений к нормальному распределению.

Указания по выполнению задания.

Пороговое значение критерия Пирсона определить с использованием таблицы А.4, а значения вероятностей «попадания» в интервалы – с использованием таблицы А.2 приложения А.

По результатам выполнения задания сформулировать выводы.

Выполнение задания.

Задание выполняется в несколько этапов.

Вначале выполним разбиение наблюдений на интервалы равной протяженности. Оценка протяженности единичного интервала и числа интервалов ***k***выполняется по формулам

; (2.1)

. (2.2)

После подстановки исходных данных в (2.1) и (2.2)получим

;

интервалов.

Исходя из удобства расчетов полученные значения округляем до целочисленного вида и окончательно устанавливаем: = 3 недели; ***k*** = 6.

В сгруппированном виде наблюдения представлены в таблице 2.1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер интервалов ***i*** | Границы интервалов (недели) | Фактические частоты |
| 1 | [2…5] | 6 |
| 2 | (5…8] | 8 |
| 3 | (8…11] | 15 |
| 4 | (11…14] | 22 |
| 5 | (14…17] | 14 |
| 6 | (17…20] | 5 |

Таблица 2.1 – Группировка наблюдений по интервалам

Примечание. В таблице 2.1 круглая скобка означает исключение, а квадратная – включение значений, совпадающих с границей.

По исходному ряду ***ti***рассчитаем среднее и среднее квадратическое отклонение наблюдений

недели;

недель.

При нормальном распределении вероятность определяется уравнением

, (2.3)

где **Ф(*z*)** – функция Лапласа – для задаваемого ***t*** определяется по таблице квантилей нормального распределения (таблица А.4). Вход в таблицу осуществляется по предварительно рассчитанному подоператорному значению ***z****,* которое, помимо ***t*** зависит от двух параметров нормального распределения: и .

С учетом (2.3) рассчитаем теоретические частоты попадания в интервалы:

= 70·[Ф(–2,50) – Ф(–1,60)] = 70·(0,055–0,006) = 3,6;

= 70·[Ф(–0,85) – Ф(–1,60)] = 70·(0,198–0,055) = 10,3;

= 70·[Ф(–0,10) – Ф(–0,85)] = 70·(0,460–0,198) = 18,7;

= 70·[Ф(0,65) – Ф(–0,10)] = 70·(0,742–0,460) = 20,1;

= 70·[Ф(1,40) – Ф(0,65)] = 70·(0,919–0,742) = 12,8;

= 70·[Ф(2,10) – Ф(1,40)] = 70·(0,982–0,919) = 4,6.

Далее рассчитаем фактическое значение критерия Пирсона по формуле

. (2.4)

Подставив исходные данные в (2.4)получим:

.

Рассчитаем число степеней свободы ***r = k – s*** = 6 – 2 = 4, где: ***k*** – число интервалов; ***s*** – число параметров описывающих рассматриваемое распределение. Нормальное распределение описывают двумя параметрами: средним и СКО .

Для ***r*** *=* 4 и доверительной вероятности ***P*** = 0,95 (уровень значимости **α** = 0,05) по таблице А.4 определяем пороговое значение критерия Пирсона .

Так как , то предположение о нормальном законе распределения результатов наблюдений не подтверждается.

Для наглядности на рисунке 2.1 показаны гистограмма фактических и график нормально распределенных частот попадания наблюдений в интервалы.

***t***, нед.

**25**

**20**

**15**

**10**

**5**

**0**

**5**

**10**

**15**

**20**

Частоты ***ni***

Нормальное

распределение

Рисунок 2.1 – Фактическое и нормальное распределения частот

Выводы по заданию 2:

1. ……

2. ……

3. ……

**Задание 3 – Оценка параметров распределения Вейбулла**

Текст задания и исходные данные.

С целью обеспечения возможности последующей параметрической оценки надежности колес шасси воздушного судна необходимо определить значения параметров трех теоретических законов распределения: экспоненциального (параметр ), нормального (параметры и ), Вейбулла (параметры ***a*** и ***b***). В качестве исходных данных использовать данные для заданий 1 и 2. Считать, что общее число наблюдаемых объектов ***N*** = 80.

Указания к выполнению задания.

Значение вспомогательной переменной *d* определить по таблице А.5 приложения А. По результатам выполнения задания сформулировать выводы.

Выполнение задания.

Задание выполняем в три этапа – по числу заданных теоретических законов распределения наработки на отказ.

*Оценку параметра экспоненциального распределения* рассчитываем по формуле

1/нед.

*Оценку параметра места* *и параметра формы* *нормального распределения* выполняем по формулам

нед.;

нед.

*Оценку параметра места* *и параметра формы* *распределения Вейбулла* выполняем в следующем порядке.

Вначале рассчитаем по формулам (1.53) и (1.54) значения вспомогательных переменных и . Получим:

;

.

Затем по формуле рассчитаем предварительной значение параметра формы

.

По таблице А.5 приложения А определим значение вспомогательной переменной . Имеем . После этого по формуле определяем окончательное значение параметра формы

.

Далее по формулам рассчитываем значения вспомогательных переменных и . Имеем:

;

.

Значение параметра места ***a*** рассчитываем по формуле

нед.

Выводы по заданию 3:

1. ……

2. ……

3. ……

**Задание 4 – Параметрическая оценка безотказности воздушного судна**

Текст задания и исходные данные.

Из опыта эксплуатации парка самолетов установлены следующие законы распределения наработки до отказа и значения параметров этих распределений для групп объектов:

- шасси – экспоненциальное распределение с параметром **𝜆** = 0,002;

- планер – распределение Вейбулла с параметрами: места ***a*** = 84,5; формы ***b*** = 0,45;

- силовая установка – нормальное распределение с параметрами: среднее = 602; среднее квадратическое отклонение = 364;

- бортовое авиационное и радиоэлектронное оборудование (АиРЭО) – логарифмически нормальное распределение с параметрами: среднее = 4,1; среднее квадратическое отклонение = 3,2.

Необходимо выполнить параметрическую оценку вероятности безотказной работы , вероятности отказа , интенсивности отказов и средней наработки до отказа для следующих моментов наработки ***t,*** ч: 10; 50; 100; 500; 1000. По полученным точкам построить графики безотказности в диапазоне 10…1000 ч.

Для перечисленных моментов наработки рассчитать результирующую вероятность безотказной работы для всего самолета считая, что на функциональной схеме планер, шасси, силовая установка и бортовое А и РЭО соединены последовательно.

По результатам выполнения задания сформулировать выводы.

Указания по выполнению задания.

Пороговое значение критерия Пирсона определить с использованием таблицы А.4, а значения вероятностей «попадания» в интервалы – с использованием таблицы А.2 приложения А.

По результатам выполнения задания сформулировать выводы.

Выполнение задания.

Задание выполняется в шесть этапов– по числу групп оцениваемых групп объектов, с учетом результирующей оценки безотказности и необходимости формулировки выводов.

*Оценка безотказности шасси (этап 1)*:

* вероятность безотказной работы для заданных наработок рассчитывается по формуле

(4.1)

Подставив исходные данные в (4.1) получим:

;

;

;

;

;

* вероятность отказа для заданных наработок рассчитывается по формуле

(4.2)

Подставив исходные данные в (4.2) получим:

;

;

;

;

;

* интенсивность отказов для всех наработок рассчитывается по формуле

**,** (4.3)

Подставив исходные данные в (4.3) получим:

1/ч;

* средняя наработка до отказа для всех наработок рассчитывается по формуле

. (4.4)

Подставив исходные данные в (4.4) получим:

ч.

Графики вероятности безотказной работы и вероятности отказа шасси представлены на рисунке 4.1.

0

0,2

0,4

0,6

0,8

200

400

600

800

***t***, ч

***P(t), Q(t)***

***P(t)***

***Q(t)***

Рисунок 4.1 – Вероятности отказа и безотказной работы шасси

*Оценка безотказности планера (этап 2):*

* вероятность безотказной работы для заданных наработок рассчитывается по формуле

(4.5)

Подставив исходные данные в (4.5) получим:

;

;

;

;

;

* вероятность отказа для заданных наработок рассчитывается по формуле

(4.6)

Подставив исходные данные в 4.6) получим:

;

;

;

;

;

* интенсивность отказов для заданных наработок рассчитывается по формуле

(4.7)

Подставив исходные данные в (4.7) получим:

1/ч;

1/ч;

1/ч;

1/ч;

1/ч;

* средняя наработка до отказа рассчитывается по ниже представленной формуле, а значение гамма–функции определяется по таблице А.1.

(4.8)

Подставив исходные данные в (4.8) получим:

ч.

Графики вероятности безотказной работы, вероятности отказа и интенсивности отказов планера представлены на рисунке 4.2.

0

0,0003

0,0006

0,0009

0,0012

200

400

600

800

***t***, ч

*(t)*, 1/ч

0

0,2

0,4

0,6

0,8

200

400

600

800

***t***, ч

*P(t), Q(t)*

***Q(t)***

***P(t)***

Рисунок 4.2 – Вероятность отказа, вероятность безотказной работы и

интенсивность отказов планера

*Оценка безотказности силовой установки (этап 3):*

* вероятность безотказной работы для заданных наработок рассчитывается по ниже представленной формуле с использованием таблицы А.2 и примечаний к ней

(4.9)

Подставив исходные данные в (4.9) получим:

;

;

;

;

;

* вероятность отказа для заданных наработок рассчитывается по формуле

(4.10)

Подставив исходные данные в (4.10) получим:

;

;

;

;

;

* интенсивность отказов для заданных наработок рассчитывается по ниже представленной формуле с использованием таблицы А.3 и примечаний к ней

(4.11)

Подставив исходные данные в (4.11) получим:

1/ч;

1/ч;

1/ч;

0045 1/ч;

011 1/ч;

* средняя наработка до отказа для всех наработок рассчитывается по формуле

***Тср* =** . (4.12)

Подставив исходные данные в (4.12) получим:

***Тср* =**  ч.

Графики вероятности безотказной работы, вероятности отказа и интенсивности отказов силовой установки представлены на рисунке 4.3.

0

0,003

0,006

0,009

0,012

200

400

600

800

***t***, ч

*(t)*, 1/ч

0

0,2

0,4

0,6

0,8

200

400

600

800

***t***, ч

*P(t), Q(t)*

***Q(t)***

***P(t)***

Рисунок 4.3 – Вероятность отказа, вероятность безотказной работы и

интенсивность отказов силовой установки

*Оценка безотказности бортового АиРЭО (этап 4)*:

* вероятность безотказной работы для заданных наработок рассчитывается по формуле

(4.13)

Подставив исходные данные в (4.13) получим:

;

;

;

;

;

* вероятность отказа для заданных наработок рассчитывается по формуле

(4.14)

Подставив исходные данные в (4.14) получим:

;

;

;

;

;

* интенсивность отказов для заданных наработок рассчитывается по ниже представленной формуле с использованием таблицы А.3 и примечаний к ней

(4.15)

Подставив исходные данные в (4.15) получим:

1/ч;

1/ч;

1/ч;

1/ч;

1/ч;

* средняя наработка до отказа для всех наработок рассчитывается по формуле

. (4.16)

Подставив исходные данные в (4.16) получим:

ч.

Графики вероятности безотказной работы, вероятности отказа и интенсивности отказов бортового АиРЭО представлены на рисунке 4.4.

0

0,1

0,2

0,3

0,4

200

400

600

800

***t***, ч

***λ(t)***, 1/ч

0

0,2

0,4

0,6

0,8

200

400

600

800

***t***, ч

***P(t), Q(t)***

***P(t)***

***Q(t)***

Рисунок 4.4 – Вероятность отказа, вероятность безотказной работы и

интенсивность отказов бортового АиРЭО

*Оценка результирующей вероятности безотказной работы ВС (этап 5)*.

В соответствии с заданием функциональная схема всего воздушного судна имеет вид, представленный на рисунке 4.5.

**Планер**

**Шасси**

**СУ**

**АиРЭО**

Рисунок 4.5 – Функциональная схема воздушного судна

Расчет результирующей вероятности безотказной работы всего ВС выполняется по формуле

. (4.17)

Подставив ранее полученные данные в (4.17) получим:

;

;

;

;

;

График вероятности безотказной работы ВС представлен на рисунке 4.6.

0

0,2

0,4

0,6

0,8

200

400

600

800

***t***, ч

***PΣ(t)***

Рисунок 4.6 – Результирующая вероятность безотказной работы всего ВС

Выводы по заданию 4:

1. ……

2. ……

3. ……

**Задание 5 – Оценка безотказности системы питания анероидно-мембранных приборов вертолета**

Текст задания и исходные данные.

Для обоснованного планирования работ по обслуживанию вертолетов авиакомпании необходимо выполнить оценку безотказности системы питания анероидно-мембранных приборов. Структурная схема надежности (ССН) данной системы представлена на рисунке 5.1.

Известны вероятности безотказной работы всех элементов, составляющих ССН, в частности: ***P1*** = 0,998; ***P2*** = 0,972; ***P3*** = 0,997; ***P4*** = 0,988; ***P5*** = 0,994; ***P6*** = 0,987; ***P7*** = 0,999; ***P8*** = 0,983; ***P9*** = 0,991; ***P10*** = 0,996; ***P11*** = 0,985; ***P12*** = 0,993; ***P13*** = 0,987; ***P14*** = 0,998.

***P1***

***P2***

***P3***

***P4***

***P5***

***P7***

***P9***

***P10***

***P11***

***P12***

***P13***

***P14***

***P8***

***P6***

Рисунок 5.1 – ССН системы питания анероидно-мембранных приборов

Обозначения индексов элементов на рисунке 5.1:

1 – левый двигатель ВК-2500ПС-03;

2 – коммутационная аппаратура первого генератора ГТ40ПЧ8В;

3 – первый генератор переменного тока ГТ40ПЧ8В;

4 – электронный блок системы обогрева левого приемника воздушного давления ПВД-6М;

5 – нагревательные элементы левого приемника воздушного давления ПВД-6М;

6 – кран «Статика/динамика: Лев. – Совместно – Прав.» переключения линий питания анероидно-мембранных приборов левой приборной доски;

7 – левый приемник воздушного давления ПВД-6М;

8 – анероидно-мембранные приборы левой приборной доски;

9 – правый двигатель ВК-2500ПС-03;

10 – коммутационная аппаратура второго генератора ГТ40ПЧ8В;

11 – второй генератор переменного тока ГТ40ПЧ8В;

12 – электронный блок системы обогрева правого приемника воздушного давления ПВД-6М;

13 – нагревательные элементы правого приемника воздушного давления ПВД-6М;

14 – правый приемник воздушного давления ПВД-6М.

Указания по выполнению задания.

Оценку безотказности фрагмента ССН, содержащего «мостиковую схему», выполнить с использованием метода «особого элемента».

По результатам выполнения задания сформулировать выводы.

Выполнение задания.

Задание выполняется в несколько этапов и сводится к последовательному агрегированию ССН и к оценке безотказности новых эквивалентных элементов (вплоть до сведения ССН к единственному эквивалентному элементу).

На первом этапе в исходной ССН (рисунок 5.1) обе ветви из последовательно соединенных элементов (первая: 1, 2, 3, 4, 5; вторая: 9, 10, 11, 12, 13) заменяем эквивалентными элементами (рисунки 5.2 и 5.3). Результирующую безотказность ***Рэкв 1*** и ***Рэкв 2*** эквивалентных элементов рассчитываем по формулам последовательного соединения

.

***P1***

***P2***

***P3***

***P4***

***P5***

***P7***

***P9***

***P10***

***P11***

***P12***

***P13***

***P14***

***P8***

***P6***

Рисунок 5.2 – ССН с выделенными ветвями из последовательно соединенных элементов

***Pэкв 1***

***P7***

***Pэкв 2***

***P14***

***P8***

***P6***

Рисунок 5.3 – ССН с результатом замены ветвей эквивалентными элементами

В результате выполнения первого этапа получен фрагмент с мостиковым соединением элементов (рисунок 5.4). Безотказность данного фрагмента оцениваем с помощью «метода особого элемента». Особым (диагональным) элементом является элемент, обозначенный индексом 6. Особый элемент в рассматриваемой ССН обеспечивает «прохождение сигнала как вниз, так и вверх по схеме».

На следующем этапе оценивается безотказность мостикового соединения элементов. Безотказность рассматриваемой мостиковой схемы по методу особого элемента определяется по формуле

, (5.1)

где – вероятность безотказной работы особого элемента;

– вероятность безотказной работы всей мостиковой схемы при условии абсолютной надежности особого элемента ( = 1);

- вероятность безотказной работы всей мостиковой схемы при условии абсолютной ненадежности особого элемента ( = 0).

***Pэкв 1***

***P7***

***Pэкв 2***

***P14***

***P8***

***P6***

Рисунок 5.4 – ССН с выделенным мостиковым соединением элементов

ССН при условии абсолютной надежности особого элемента,показана на рисунке 5.10, а для условия абсолютной ненадежности особого элемента – на рисунке 5.5.

Вначале рассмотрен вариант мостиковой схемы, когда = 0. В этом случае в ССН можно выделить две ветви из последовательно соединенных элементов (рисунок 5.6).

***Pэкв 1***

***P7***

***Pэкв 2***

***P14***

***P8***

Рисунок 5.5 – ССН с мостиковым соединением и абсолютно ненадежным

особым элементом

***Pэкв 1***

***P7***

***Pэкв 2***

***P14***

***P8***

Рисунок 5.6 – ССН с выделенными ветвями из последовательно соединенных элементов

Результирующую безотказность ***Рэкв 3*** и ***Рэкв 4*** эквивалентных элементов рассчитываем по формулам последовательного соединения

***Pэкв 3***

***Pэкв 4***

***P8***

Рисунок 5.7 – ССН с результатом замены двух ветвей эквивалентными элементами

В полученной ССН (рисунок 5.7) можно выделить группу из двух параллельно соединенных элементов, относящихся к мостиковой схеме (рисунок 5.8). Безотказность эквивалентного элемента ***PАНН*** для этого случая может быть рассчитана по формуле параллельного соединения

.

Результирующая ССН представлена на рисунке 5.9.

***Pэкв 3***

***Pэкв 4***

***P8***

Рисунок 5.8 – ССН с выделенной группой из параллельно соединенных элементов

***PАНН***

***P8***

Рисунок 5.9 – ССН с результатом замены группы эквивалентным элементом

Далее рассматривается вариант мостиковой схемы,когда = 1 (рисунок 5.10). В этом случае в ССН можно выделить две группы из параллельно соединенных элементов (рисунок 5.11).

Безотказность ***Рэкв 5*** и ***Рэкв 6*** эквивалентных элементов рассчитываем по формулам параллельного соединения

.

Результирующая ССН представлена на рисунке 5.12. В ней можно выделить фрагмент с двумя последовательно соединенными элементами, относящимися к мостиковой схеме (рисунок 5.13).

***Pэкв 1***

***P7***

***Pэкв 2***

***P14***

***P8***

Рисунок 5.10 – ССН с мостиковым соединением и абсолютно надежным

особым элементом

***Pэкв 1***

***P7***

***Pэкв 2***

***P14***

***P8***

Рисунок 5.11 – ССН с выделенными группами из параллельно соединенных элементов

***Pэкв 5***

***Pэкв 6***

***P8***

Рисунок 5.12 – ССН с результатом замены групп эквивалентными элементами

***Pэкв 5***

***Pэкв 6***

***P8***

Рисунок 5.13 – ССН с фрагментом из последовательно соединенных элементов

Безотказность эквивалентного элемента ***PАН*** для рассматриваемого случая может быть рассчитана по формуле последовательного соединения

.

Результирующая ССН представлена на рисунке 5.14.

***PАН***

***P8***

Рисунок 5.14 – ССН с результатом замены фрагмента эквивалентным элементом

На следующем этапе, когда определены значения и , появляется возможность использования (5.1) для оценки . В частности

.

Результирующая ССН представлена на рисунке 5.15. Схема включает ветвь из двух последовательно соединенных элементов (рисунок 5.16). Безотказность эквивалентного элемента ***PАМП*** (это искомая вероятность безотказной работы всей системы питания анероидно-мембранных приборов) может быть рассчитана по формуле последовательного соединения

.

***Pмост***

***P8***

Рисунок 5.15 – ССН с известной безотказностью мостикового соединения

***Pмост***

***P8***

Рисунок 5.16 – ССН с выделенной ветвью из последовательно соединенных элементов

***PАМП***

Рисунок 5.17 – Результирующая ССН питания анероидно-мембранных приборов

Выводы по заданию 5:

1. ……

2. ……

3. ……

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Воробьев В.Г., Константинов В.Д. Надежность и техническая диагностика авиационного оборудования. – М.: МГТУ ГА, 2010. – 448 с.

2. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Основы теории надежности. Пособие по изучению дисциплины и выполнению курсовой работы. – М.: МГТУ ГА, 2015. – 68 с.

3. Ицкович А.А., Кабков П.К. Пособие по проведению практических занятий «Надежность летательных аппаратов и авиадвигателей».– М.: МГТУ ГА, 2000. – 44 с.

4. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Пособие по выполнению контрольной работы по дисциплине «Надежность авиационной техники» для студентов IV курса специальности 160901 заочного обучения. – М.: МГТУ ГА, 2006. – 46 с.

5. Чокой В.З. Оценка, анализ и прогнозирование процессов в авиатранспортных системах. Расчетно-аналитический модуль МОДЕЛЬЕР версия 1,2. Электронный ресурс. – Иркутск: Иркутский филиал МГТУ ГА, 2018. – 642 МБ.

6. Чокой В.З. Курсовая работа по дисциплине «Основы теории надежности».Рекомендации по выполнению и варианты исходных данных. Учебное пособие. Электронный ресурс. – Иркутск: Иркутский филиал МГТУ ГА, 2018. – 283 МБ.

**Приложение А**

Таблица А.1 – Гамма–функция *Г(z)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *z* | *Г(z)* | *z* | *Г(z)* | *z* | *Г(z)* | *z* | *Г(z)* |
| 1,00 | 1,00000 | 1,25 | 0.90640 | 1,50 | 0.88623 | 1,75 | 0.91906 |
| 1,05 | 0,97350 | 1,30 | 0.89747 | 1,55 | 0.88887 | 1,80 | 0.93138 |
| 1,10 | 0.95135 | 1,35 | 0.89115 | 1,60 | 0.89325 | 1,85 | 0.94561 |
| 1,15 | 0.93304 | 1,40 | 0.88726 | 1,65 | 0.90012 | 1,90 | 0.96177 |
| 1,20 | 0.91817 | 1,45 | 0.88566 | 1,70 | 0.90864 | 1,95 | 0.97988 |
|  | | | | | | 2,00 | 1.00000 |

Таблица А.2 – Функция Лапласа Ф() стандартного

нормального распределения

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Ф(z)* | *z* | *Ф(z)* | *z* | *Ф(z)* | *z* | *Ф(z)* | *z* |
| 0,5000 | 0,00 | 0,7882 | 0,80 | 0,9452 | 1,60 | 0,9918 | 2,40 |
| 0,5199 | 0,05 | 0,8023 | 0,85 | 0,9505 | 1,65 | 0,9929 | 2,45 |
| 0,5398 | 0,10 | 0,8159 | 0,90 | 0,9554 | 1,70 | 0,9938 | 2,50 |
| 0,5559 | 0,15 | 0,8289 | 0,95 | 0,9599 | 1,75 | 0,9946 | 2,55 |
| 0,5793 | 0,20 | 0,8414 | 1,00 | 0,9641 | 1,80 | 0,9953 | 2,60 |
| 0,5897 | 0,25 | 0,8531 | 1,05 | 0,9678 | 1,85 | 0,9960 | 2,65 |
| 0,6179 | 0,30 | 0,8643 | 1,10 | 0,9713 | 1,90 | 0,9965 | 2,70 |
| 0,6368 | 0,35 | 0,8749 | 1,15 | 0,9744 | 1,95 | 0,9970 | 2,75 |
| 0,6554 | 0,40 | 0,8849 | 1,20 | 0,9773 | 2,00 | 0,9975 | 2,80 |
| 0,6736 | 0,45 | 0,8944 | 1,25 | 0,9798 | 2,05 | 0,9978 | 2,85 |
| 0,6915 | 0,50 | 0,9032 | 1,30 | 0,9821 | 2,10 | 0,9981 | 2,90 |
| 0,7088 | 0,55 | 0,9115 | 1,35 | 0,9842 | 2,15 | 0,9984 | 2,95 |
| 0,7257 | 0,60 | 0,9192 | 1,40 | 0,9861 | 2,20 | 0,9987 | 3,0 |
| 0,7422 | 0,65 | 0,9265 | 1,45 | 0,9878 | 2,25 |  | |
| 0,7580 | 0,70 | 0,9332 | 1,50 | 0,9893 | 2,30 |
| 0,7734 | 0,75 | 0,9394 | 1,55 | 0,9906 | 2,35 |

*Примечания к таблице А.2*:

* если Ф(*–z*)*,* то Ф(*–z*) = 1 –Ф(*z*);
* если реальное значение *z* попадает между табличными значениями, то для определения *Ф*(*z)* (или обратно) пользуются линейной интерполяцией. Примеры интерполяции рассмотренной ниже.

|  |  |
| --- | --- |
| 0,5897 | 0,25 |
| **0,5977** | ***х*** |
| 0,6179 | 0,30 |

|  |  |
| --- | --- |
| Лв | Пв |
| Лср | ***х*** |
| Лн | Пн |

|  |  |
| --- | --- |
| 0,5897 | 0,25 |
| ***x*** | **0,26** |
| 0,6179 | 0,30 |

|  |  |
| --- | --- |
| Лв | Пв |
| ***x*** | Пср |
| Лн | Пн |

В представленных формулах переменные обозначают: Л, П – значения в левой и правой графах таблицы. Индексы при переменных обозначают: в, ср, н – значения в верхней, средней и нижней строках таблицы.

Таблица А.3 – Плотность *φ*() стандартного

нормального распределения

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *φ (z)* | *z* | *φ (z)* | *z* | *φ (z)* | *z* | *φ (z)* | *z* |
| 0,3989 | 0,00 | 0,2897 | 0,80 | 0,1109 | 1,60 | 0,0224 | 2,40 |
| 0,3984 | 0,05 | 0,2780 | 0,85 | 0,1023 | 1,65 | 0,0198 | 2,45 |
| 0,3970 | 0,10 | 0,2661 | 0,90 | 0,0940 | 1,70 | 0,0175 | 2,50 |
| 0,3945 | 0,15 | 0,2541 | 0,95 | 0,0863 | 1,75 | 0,0154 | 2,55 |
| 0,3910 | 0,20 | 0,2420 | 1,00 | 0,0790 | 1,80 | 0,0136 | 2,60 |
| 0,3867 | 0,25 | 0,2299 | 1,05 | 0,0721 | 1,85 | 0,0119 | 2,65 |
| 0,3814 | 0,30 | 0,2179 | 1,10 | 0,0656 | 1,90 | 0,0104 | 2,70 |
| 0,3752 | 0,35 | 0,2059 | 1,15 | 0,0596 | 1,95 | 0,0091 | 2,75 |
| 0,3683 | 0,40 | 0,1942 | 1,20 | 0,0540 | 2,00 | 0,0079 | 2,80 |
| 0,3605 | 0,45 | 0,1826 | 1,25 | 0,0488 | 2,05 | 0,0069 | 2,85 |
| 0,3521 | 0,50 | 0,1714 | 1,30 | 0,0440 | 2,10 | 0,0060 | 2,90 |
| 0,3429 | 0,55 | 0,1604 | 1,35 | 0,0396 | 2,15 | 0,0051 | 2,95 |
| 0,3332 | 0,60 | 0,1497 | 1,40 | 0,0355 | 2,20 | 0,0044 | 3,0 |
| 0,3230 | 0,65 | 0,1394 | 1,45 | 0,0317 | 2,25 |  | |
| 0,3123 | 0,70 | 0,1295 | 1,50 | 0,0283 | 2,30 |
| 0,3011 | 0,75 | 0,1200 | 1,55 | 0,0252 | 2,35 |

Таблица А4 – Пороговые значения критерия Пирсона

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Степень свободы *r* | Уровень значимости *α* | | | | | | | | |
| 0,001 | 0,010 | 0,050 | 0,100 | 0,200 | 0,300 | 0,900 | 0,950 | 0,995 |
| 1 | 0,000 | 0,001 | 0,004 | 0,016 | 0,064 | 0,148 | 2,710 | 3,840 | 7,880 |
| 2 | 0,001 | 0,020 | 0,103 | 0,211 | 0,446 | 0,713 | 4,610 | 5,590 | 10,60 |
| 3 | 0,024 | 0,115 | 0,352 | 0,584 | 1,000 | 1,420 | 6,250 | 7,810 | 12,80 |
| 4 | 0,091 | 0,297 | 0,711 | 1,060 | 1,650 | 2,190 | 7,780 | 9,490 | 14,90 |
| 5 | 0,210 | 0,554 | 1,150 | 1,610 | 2,340 | 3,000 | 9,240 | 11,10 | 16,70 |
| 6 | 0,381 | 0,676 | 1,640 | 2,200 | 3,070 | 3,830 | 10,60 | 12,60 | 18,50 |
| 7 | 0,598 | 0,969 | 2,170 | 2,830 | 3,820 | 4,670 | 12,10 | 14,10 | 20,30 |
| 8 | 0,857 | 1,340 | 2,730 | 3,490 | 4,590 | 5,530 | 13,40 | 15,50 | 22,00 |
| 9 | 1,150 | 2,090 | 3,330 | 4,170 | 5,380 | 6,390 | 14,70 | 16,90 | 23,00 |
| 10 | 1,480 | 2,560 | 3,940 | 4,870 | 6,180 | 7,270 | 16,00 | 18,30 | 25,20 |
| 12 | 2,210 | 3,570 | 5,230 | 6,300 | 7,81 | 9,030 | 18,50 | 21,00 | 28,30 |
| 14 | 3,040 | 4,660 | 6,570 | 7,690 | 9,47 | 10,80 | 21,10 | 23,70 | 31,30 |
| 16 | 3,940 | 5,810 | 7,960 | 9,310 | 11,20 | 12,60 | 23,50 | 26,30 | 34,30 |
| 18 | 4,900 | 7,010 | 9,390 | 10,90 | 12,90 | 14,40 | 26,00 | 28,90 | 37,20 |
| 20 | 5,920 | 8,260 | 10,90 | 12,40 | 14,60 | 16,30 | 28,40 | 31,40 | 40,00 |
| 24 | 8,080 | 10,90 | 13,80 | 15,70 | 18,10 | 19,90 | 33,20 | 36,40 | 45,60 |
| 30 | 11,60 | 15,00 | 18,50 | 20,60 | 23,40 | 25,50 | 40,30 | 43,80 | 53,70 |
| 35 | 14,70 | 18,50 | 22,50 | 24,80 | 27,80 | 30,20 | 46,10 | 49,90 | 60,30 |
| 40 | 17,90 | 22,20 | 26,50 | 29,10 | 32,30 | 34,90 | 51,80 | 55,80 | 66,80 |
| 50 | 24,70 | 29,70 | 34,80 | 37,70 | 41,40 | 44,30 | 63,20 | 67,50 | 79,50 |
| 100 | 61,90 | 70,10 | 77,90 | 82,40 | 87,90 | 92,10 | 118,7 | 124,2 | 140,2 |

Таблица А.5 – Значения вспомогательной переменной ***d***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***d*** |  | ***d*** |  | ***d*** |  | ***d*** |  | ***d*** |  |
| 0,20 | 15,843 | 1,70 | 0,605 | 3,20 | 0,343 | 4,70 | 0,242 | 6,20 | 0,188 |
| 0,30 | 5,408 | 1,80 | 0,576 | 3,30 | 0,333 | 4,80 | 0,238 | 6,30 | 0,185 |
| 0,40 | 3,141 | 1,90 | 0,517 | 3,40 | 0,345 | 4,90 | 0,233 | 6,40 | 0,183 |
| 0,50 | 2,236 | 2,00 | 0,523 | 3,50 | 0,316 | 5,00 | 0,229 | 6,50 | 0,180 |
| 0,60 | 1,758 | 2,10 | 0,500 | 3,60 | 0,308 | 5,10 | 0,225 | 6,60 | 0,177 |
| 0,70 | 1,462 | 2,20 | 0,480 | 3,70 | 0,301 | 5,20 | 0,221 | 6,70 | 0,175 |
| 0,80 | 1,260 | 2,30 | 0,461 | 3,80 | 0,294 | 5,30 | 0,217 | 6,80 | 0,173 |
| 0,90 | 1,113 | 2,40 | 0,444 | 3,90 | 0,287 | 5,40 | 0,213 | 6,90 | 0,170 |
| 1,00 | 1,000 | 2,50 | 0,428 | 4,00 | 0,280 | 5,50 | 0,210 | 7,00 | 0,168 |
| 1,10 | 0,910 | 2,60 | 0,413 | 4,10 | 0,274 | 5,60 | 0,206 | 7,50 | 0,158 |
| 1,20 | 0,837 | 2,70 | 0,399 | 4,20 | 0,268 | 5,70 | 0,203 | 8,00 | 0,148 |
| 1,30 | 0,776 | 2,80 | 0,387 | 4,30 | 0,263 | 5,80 | 0,200 | 8,50 | 0,140 |
| 1,40 | 0,724 | 2,90 | 0,375 | 4,40 | 0,257 | 5,90 | 0,197 | 9,00 | 0,133 |
| 1,50 | 0,679 | 3,00 | 0,363 | 4,50 | 0,252 | 6,00 | 0,194 | 9,50 | 0,126 |
| 1,60 | 0,640 | 3,10 | 0,353 | 4,60 | 0,247 | 6,10 | 0,191 | 10,00 | 0,120 |

**Приложение Б**

**Варианты исходных данных**

Номер варианта задания указывается преподавателем.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер  задания | Номер  варианта | Переменные и их значения |
| **4** | **00** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,002 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 84,5, ***b*** = 0,45 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 602, = 364 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 4,1, = 3,2 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70, ***ti*** = 12,5; 13,0; 4,0; 4,5; 4,5; 15,0; 5,5; 6,0; 6,0; 16,5; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 8,5; 8,5; 9,0; 9,0; 19,0; 9,0; 9,5; 10,0; 10,0; 10,5; 10,5; 11,0; 11,0; 11,5; 11,5; 11,5; 16,5; 16,5; 12,0; 12,0; 12,0; 14,0; 12,0; 12,0; 12,0; 12,5; 13,0; 13,0; 13,0; 13,0; 13,0; 13,0; 13,0; 13,5; 13,5; 14,0; 14,5; 14,5; 14,5; 14,5; 15,0; 15,0; 5,0; 15,0; 55,0; 15,5; 16,0; 16,0; 17,0; 17,0; 17,5; 17,5; 18,0; 19,0; 21,0 |
| **5** | ***Pi***= 0,998; 0,994; 0,975; 0,993; 0,996; 0,974; 0,999; 0,981; 0,996; 0,989; 0,988; 0,972; 0,981; 0,944 |
| **4** | **01** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,002 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 84,5, ***b*** = 0,45 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 602, = 364 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 4,1, = 3,2 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70, ***ti***= 3,5; 4,0; 5,0; 4,5; 4,5; 6,0; 15,5; 6,0; 6,0; 6,5; 6,5; 7,0; 17,5; 8,0; 8,5; 8,5; 8,5; 9,0;15,0; 15,0; 15,0; 15,0; 15,0; 9,0; 19,0; 9,0; 9,5; 10,0; 11,0; 10,5; 10,5; 11,0; 11,0; 11,5; 11,5; 11,5; 11,5; 18,0; 12,0; 12,0; 12,0; 16,5; 17,5; 18,0; 19,0; 12,0; 12,0; 12,0; 12,5; 13,0; 13,0; 13,0; 13,0; 13,0; 13,0; 13,0; 13,5; 13,5; 14,0; 14,5; 14,5; 14,5; 14,5; 15,5; 16,0; 16,0; 17,0; 17,0; 17,5; 22,0 |
| **5** | ***Pi*** = 0,994; 0,994; 0,975; 0,993; 0,996; 0,974; 0,998; 0,981; 0,996; 0,989; 0,988; 0,972; 0,981; 0,955 |
| **4** | **02** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,022 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 74,5, ***b*** = 0,65 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 403, = 264 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 4,6, = 2,9 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70,***ti***= 12,5; 17,0; 17,5; 18,0; 18,5; 19,0; 2,5; 3,0; 4,5; 4,5; 4,5; 7,5; 7,5; 8,0; 8,0; 8,5; 8,5; 8,5; 9,0; 9,0; 14,5; 14,5; 14,5; 14,5; 15,0; 19,5; 9,5; 10,0; 10,0; 10,0; 10,5; 10,5; 11,0; 11,0; 11,5; 11,5; 11,5; 12,0; 15,0; 5,5; 6,0; 6,5; 6,5; 12,0; 12,0; 12,0; 12,0; 12,5; 12,5; 12,5; 13,0; 13,0; 13,0; 13,0; 13,0; 13,0; 13,0; 13,5; 13,5; 14,0; 15,0; 15,0; 15,0; 15,5; 15,5; 16,0; 16,0; 16,5; 17,0; 21,0 |
| **5** | ***Pi*** = 0,998; 0,991; 0,975; 0,993; 0,999; 0,974; 0,999; 0,981; 0,996; 0,989; 0,988; 0,972; 0,981; 0,994 |
| **4** | **03** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,008 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 96,5, ***b*** = 0,82 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 782, = 221 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 3,7, = 1,2 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70, ***ti***= 7,5; 7,5; 8,0; 9,5; 9,5; 9,5; 9,0; 10,5; 11,0; 11,5; 11,5; 12,5; 12,5; 13,0; 13,0; 13,5; 13,5; 13,5; 14,0; 14,0; 14,5; 14,5; 15,0; 15,0; 15,0; 15,5; 15,5; 16,0; 16,0; 16,5; 16,5; 16,5; 16,5; 17,0; 17,0; 17,0; 17,0; 17,0; 17,5; 17,5; 17,5; 18,0; 18,0; 18,0; 18,0; 18,0; 18,0; 18,0; 18,5; 18,5; 19,0; 19,5; 19,5; 19,5; 19,5; 20,0; 20,0; 20,0; 20,0; 20,5; 20,5; 21,0; 21,0; 22,0; 22,0; 22,5; 23,0; 23,5; 4,0; 5,0 |
| **5** | ***Pi*** = 0,938; 0,994; 0,975; 0,993; 0,996; 0,984; 0,999; 0,981; 0,996; 0,989; 0,988; 0,972; 0,981; 0,983 |
| **4** | **04** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,14 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 184,5, ***b*** = 0,35 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 553, = 111 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 21,6, = 3,7 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70, ***ti***= 12,5; 13,0; 4,0; 14,5; 4,5; 15,0; 5,5; 6,0; 6,0; 16,5; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 8,5; 8,5; 9,0; 9,0; 19,0; 8,0; 9,5; 10,0; 3,0; 10,5; 10,5; 11,0; 11,0; 14,5; 11,5; 11,5; 16,5; 12,0; 16,0; 12,0; 14,0; 12,0; 12,0; 7,0; 12,5; 16,0; 13,0; 13,0; 13,0; 13,0; 13,0; 13,0; 13,5; 13,5; 14,0; 14,5; 17,5; 14,5; 14,5; 15,0; 15,0; 5,0; 15,0; 55,0; 15,5; 16,0; 16,0; 16,5; 17,0; 17,0; 17,5; 17,5; 18,0; 19,0; 19,5 |
| **5** | ***Pi*** = 0,978; 0,994; 0,975; 0,993; 0,996; 0,989; 0,999; 0,981; 0,996; 0,989; 0,988; 0,972; 0,991; 0,983 |
| **4** | **05** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,014 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 102,5, ***b*** = 0,84 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 507, = 122 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 28,6, = 13,7 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70, ***ti***= 11,5; 17,0; 4,0; 14,5; 4,5; 15,0; 5,5; 6,0; 6,0; 16,5; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 8,5; 8,5; 5,0; 9,0; 19,0; 14,0; 9,5; 10,0; 3,0; 11,5; 10,5; 11,0; 11,0; 6,5; 11,5; 11,5; 16,5; 12,0; 16,0; 16,5; 12,0; 14,0; 12,0; 12,0; 17,0; 12,5; 16,0; 13,0; 3,0; 13,0; 6,0; 13,0; 13,0; 13,5; 13,5; 6,0; 14,5; 17,5; 13,5; 14,5; 15,0; 15,0; 5,0; 15,0; 55,0; 8,5; 16,0; 16,0; 17,0; 17,0; 7,5; 17,5; 18,0; 9,0; 20,5 |
| **5** | ***Pi*** = 0,918; 0,994; 0,995; 0,993; 0,996; 0,984; 0,999; 0,981; 0,996; 0,989; 0,988; 0,987; 0,981; 0,982 |
| **4** | **06** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,131 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 107,2, ***b*** = 0,71 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 617, = 133 |
| А и РЭО: логнормальное распределение,= 18,3, = 5,4 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70, ***ti***= 12,0; 17,0; 4,0; 14,5; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,0; 16,5; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 3,5; 8,5; 18,5; 5,0; 9,0; 19,0; 14,0; 9,5; 10,0; 3,0; 11,5; 10,5; 11,0; 8,0; 6,5; 11,5; 11,5; 16,5; 12,0; 16,0; 12,0; 14,0; 12,0; 12,0; 16,5; 17,0; 12,5; 3,0; 13,0; 3,0; 13,0; 6,0; 13,0; 13,0; 13,5; 13,5; 6,0; 14,5; 17,5; 13,5; 14,5; 15,0; 15,0; 5,0; 15,0; 55,0; 8,5; 16,0; 16,0; 17,0; 7,0; 17,5; 17,5; 18,0; 9,0; 21,0 |
| **5** | ***Pi*** = 0,966; 0,994; 0,975; 0,993; 0,996; 0,984; 0,999; 0,981; 0,996; 0,979; 0,988; 0,972; 0,981; 0,922 |
| **4** | **07** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,031 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 147,2, ***b*** = 0,91 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 483, = 141 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 9,8, = 7,7 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70, ***ti***= 12,0; 17,0; 21,0; 14,5; 4,5; 5,0; 7,0; 7,5; 8,0; 3,5; 8,5; 18,5; 5,0; 9,0; 19,0; 14,0; 9,5; 10,0; 3,0; 11,5; 6,5; 11,0; 8,0; 6,5; 11,5; 11,5; 16,5; 12,0; 16,0; 12,0; 14,0; 12,0; 12,0; 17,0; 12,5; 3,5; 15,5; 3,0; 13,0; 6,0; 13,0; 3,0; 13,5; 8,5; 6,0; 14,5; 17,5; 13,5; 14,5; 15,0; 15,0; 5,0; 15,0; 55,0; 8,5; 16,0; 16,0; 16,5; 17,0; 7,0; 17,5; 17,5; 18,0; 5,5; 16,0; 6,0; 16,5; 6,5; 9,0; 2,5 |
| **5** | ***Pi***= 0,999; 0,994; 0,975; 0,993; 0,996; 0,984; 0,999; 0,981; 0,996; 0,989; 0,988; 0,984; 0,981; 0,955 |
| **4** | **08** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,09 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 107,2, ***b*** = 0,84 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 592, = 225 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 8,7, = 3,4 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70, ***ti*** = 15,0; 7,0; 7,5; 8,0; 3,5; 8,5; 18,5; 5,0; 9,0; 19,0; 14,0; 9,5; 10,0; 3,0; 11,5; 6,5; 11,0; 8,0; 6,5; 11,5; 11,5; 16,5; 12,0; 16,0; 12,0; 14,0; 12,0; 12,0; 17,0; 12,5; 3,5; 15,5; 3,0; 13,0; 6,0; 9,0; 3,0; 13,5; 8,5; 6,0; 14,5; 17,5; 13,5; 14,5; 15,0; 7,0; 5,0; 15,0; 5,0; 8,5; 16,0; 16,0; 16,5; 17,0; 7,0; 17,5; 17,5; 18,0; 5,5; 16,0; 6,0; 16,5; 6,5; 9,0; 12,0; 17,0; 21,0; 14,5; 4,5; 18,5; 3,0 |
| **5** | ***Pi*** = 0,947; 0,994; 0,975; 0,993; 0,996; 0,984; 0,999; 0,981; 0,996; 0,989; 0,988; 0,977; 0,981; 0,994 |
| **4** | **09** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,04 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 127,3, ***b*** = 0,54 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 412, = 125 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 9,5, = 2,6 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70,***ti***= 15,0; 17,0; 7,5; 8,0; 13,5; 8,5; 18,5; 5,0; 9,0; 19,0; 14,0; 9,5; 10,0; 3,0; 11,5; 6,5; 11,0; 8,0; 6,5; 11,5; 11,5; 16,5; 12,0; 16,0; 12,0; 4,0; 12,0; 12,0; 17,0; 12,5; 3,5; 5,5; 3,0; 13,0; 6,0; 9,0; 3,0; 3,5; 8,5; 6,0; 14,5; 17,5; 13,5; 14,5; 15,0; 7,0; 5,0; 15,0; 5,0; 8,5; 16,0; 16,0; 16,5; 17,0; 7,0; 17,5; 17,5; 8,0; 15,5; 16,0; 6,0; 16,5; 6,5; 9,0; 12,0; 17,0; 21,0; 14,5; 4,5; 18,5; 8,5 |
| **5** | ***Pi*** = 0,978; 0,994; 0,965; 0,993; 0,996; 0,984; 0,909; 0,981; 0,996; 0,989; 0,988; 0,972; 0,981; 0,991 |
| **4** | **10** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,007 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 87,3, ***b*** = 0,42 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 518, = 224 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 6,5, = 3,6 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70,***ti***= 6,0; 14,5; 17,5; 13,5; 14,5; 15,0; 17,0; 7,5; 8,0; 13,5; 8,5; 18,5; 5,0; 9,0; 19,0; 14,0; 9,5; 10,0; 3,0; 11,5; 6,5; 11,0; 8,0; 6,5; 11,5; 11,5; 16,5; 12,0; 16,0; 14,0; 4,0; 16,0; 12,0; 17,0; 12,5; 3,5; 5,5; 3,0; 13,0; 6,0; 9,0; 9,0; 3,5; 8,5; 6,0; 7,0; 5,0; 15,0; 15,0; 8,5; 16,0; 16,0; 16,5; 17,0; 7,0; 17,5; 17,5; 8,0; 15,5; 16,0; 4,0; 16,5; 6,5; 9,0; 12,0; 17,0; 21,0; 14,5; 4,5; 8,5; 11,0 |
| **5** | ***Pi*** = 0,988; 0,994; 0,985; 0,993; 0,996; 0,984; 0,999; 0,981; 0,996; 0,989; 0,988; 0,996; 0,981; 0,993 |
| **4** | **11** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,017 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 73,3, ***b*** = 0,61 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 334, = 289 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = ,1, = 5,3 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70, ***ti***= 3,0; 14,5; 7,5; 13,5; 14,5; 15,0; 17,0; 7,5; 8,0; 13,5; 8,5; 18,5; 5,0; 9,0; 19,0; 14,0; 9,5; 10,0; 3,0; 11,5; 6,5; 11,0; 8,0; 6,5; 11,5; 11,5; 16,5; 12,0; 17,0; 14,0; 4,0; 16,0; 12,0; 4,5; 12,5; 3,5; 5,5; 3,0; 13,0; 6,0; 9,0; 9,0; 3,5; 12,5; 6,0; 7,0; 5,0; 15,0; 15,0; 8,5; 6,0; 16,0; 16,5; 17,0; 7,0; 17,5; 7,5; 8,0; 15,5; 16,0; 5,0; 16,5; 6,5; 9,0; 12,0; 19,5; 21,0; 14,5; 7,5; 8,5; 12,0 |
| **5** | ***Pi*** = 0,947; 0,997; 0,985; 0,993; 0,996; 0,984; 0,999; 0,981; 0,996; 0,989; 0,988; 0,964; 0,981; 0,994 |
| **4** | **12** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,023 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 103,2, ***b*** = 0,56 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 438, = 208 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 8,2, = 4,5 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70,***ti***= 8,0; 6,5; 12,5; 3,5; 16,5; 2,5; 14,5; 7,5; 13,5; 14,5; 15,0; 17,0; 7,5; 8,0; 13,5; 8,5; 18,5; 5,0; 9,0; 19,0; 14,0; 9,5; 10,0; 3,0; 11,5; 6,5; 11,0;12,0; 17,0; 14,0; 14,0; 17,0; 12,0; 4,5; 12,5; 3,5; 5,5; 3,0; 13,0; 6,0; 9,0; 9,0; 3,5; 12,5; 6,0; 7,0; 5,0; 15,0; 15,0; 8,5; 6,0; 16,0; 16,5; 17,0; 7,0; 17,5; 6,5; 8,0; 15,5; 15,0; 5,0; 16,5; 6,5; 9,0; 12,0; 19,5; 20,0; 14,5; 7,5; 8,5; 11,0 |
| **5** | ***Pi*** = 0,999; 0,994; 0,975; 0,993; 0,996; 0,984; 0,979; 0,981; 0,996; 0,989; 0,988; 0,992; 0,981; 0,994 |
| **4** | **13** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,034 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 93,3, ***b*** = 0,77 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 552, = 217 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 7,7, = 4,8 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70, ***ti***= 8,0; 6,5; 12,5; 3,5; 16,5; 2,5; 14,5; 7,5; 13,5; 14,5; 15,0; 17,0; 7,5; 8,0; 13,5; 8,5; 18,5; 5,0; 9,0; 19,0; 14,0; 9,5; 10,0; 3,0; 11,5; 6,5; 11,0;12,0; 17,0; 14,0; 14,0; 17,0; 19,5; 20,0; 14,5; 7,5; 8,5; 12,0; 4,5; 12,5; 3,5; 5,5; 3,0; 13,0; 6,0; 9,0; 9,0; 3,5; 12,5; 6,0; 7,0; 5,0; 15,0; 15,0; 8,5; 6,0; 16,0; 16,5; 17,0; 7,0; 17,5; 6,5; 8,0; 15,5; 15,0; 5,0; 16,5; 6,5; 9,0; 12,0; 11,0 |
| **5** | ***Pi*** = 0,942; 0,994; 0,971; 0,993; 0,996; 0,984; 0,999; 0,981; 0,996; 0,989; 0,988; 0,979; 0,991; 0,996 |
| **4** | **14** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,038 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 97,2, ***b*** = 0,47 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 558, = 301 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 8,6, = 4,9 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70, ***ti***= 19,0; 14,0; 9,5; 10,0; 3,0; 8,0; 6,5; 12,5; 3,5; 16,5; 2,5; 14,5; 7,5; 13,5; 14,5; 15,0; 17,0; 7,5; 8,0; 13,5; 8,5; 18,5; 5,0; 9,0; 11,5; 6,5; 11,0;12,0; 17,0; 14,0; 14,0; 17,0; 12,0; 4,5; 12,5; 3,5; 5,5; 3,0; 13,0; 6,0; 9,0; 9,0; 3,5; 12,5; 6,0; 7,0; 5,0; 15,0; 15,0; 8,5; 6,0; 16,0; 16,5; 17,0; 7,0; 17,5; 6,5; 8,0; 15,5; 15,0; 5,0; 16,5; 6,5; 9,0; 12,0; 19,5; 20,0; 14,5; 7,5; 8,5; 11,0 |
| **5** | ***Pi*** = 0,997; 0,994; 0,965; 0,993; 0,996; 0,984; 0,909; 0,989; 0,996; 0,989; 0,988; 0,972; 0,981; 0,984 |
| **4** | **15** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,014 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 93,4, ***b*** = 0,66 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 538, = 208 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 8,5, = 5,3 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70, ***ti***= 6,0; 9,0; 9,0; 3,5; 12,5; 8,0; 6,5; 12,5; 3,5; 16,5; 2,5; 14,5; 7,5; 13,5; 14,5; 15,0; 17,0; 7,5; 8,0; 13,5; 8,5; 18,5; 5,0; 9,0; 19,0; 14,0; 9,5; 10,0; 3,0; 11,5; 6,5; 11,0;12,0; 17,0; 14,0; 14,0; 17,0; 12,0; 4,5; 12,5; 3,5; 5,5; 3,0; 13,0; 6,0; 7,0; 5,0; 15,0; 15,0; 8,5; 6,0; 16,0; 17,0; 7,0; 16,5; 17,5; 6,5; 8,0; 15,5; 15,0; 5,0; 16,5; 6,5; 9,0; 12,0; 19,5; 20,0; 14,5; 7,5; 8,5; 11,0 |
| **5** | ***Pi*** = 0,986; 0,994; 0,965; 0,993; 0,999; 0,984; 0,909; 0,981; 0,996; 0,989; 0,988; 0,997; 0,981; 0,991 |
| **4** | **16** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,029 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 90,9, ***b*** = 0,63 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 611, = 302 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 9,1, = 5,5 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70, ***ti***= 5,0; 9,0; 19,0; 14,0; 9,5; 10; 8,0; 6,5; 12,5; 3,5; 16,5; 2,5; 14,5; 7,5; 13,5; 14,5; 15,0; 17,0; 7,5; 8,0; 13,5; 8,5; 18,5; 4,0; 3,0; 11,5; 6,5; 11,0;12,0; 17,0; 14,0; 14,0; 17,0; 12,0; 4,5; 12,5; 3,5; 5,5; 3,0; 13,0; 6,0; 9,0; 9,0; 3,5; 12,5; 6,0; 7,0; 5,0; 15,0; 15,0; 8,5; 6,0; 16,0; 16,5; 17,0; 7,0; 17,5; 6,5; 8,0; 15,5; 15,0; 5,0; 16,5; 6,5; 9,0; 12,0; 19,5; 20,0; 14,5; 7,5; 8,5; 11,0 |
| **5** | ***Pi***= 0,995; 0,994; 0,965; 0,993; 0,996; 0,984; 0,959; 0,981; 0,996; 0,989; 0,988; 0,991; 0,981; 0,991 |
| **4** | **17** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,006 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 101,5, ***b*** = 0,48 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 554, = 192 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 7,7, = 2,8 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70,***ti***= 2,5; 14,5; 7,5; 13,5; 14,5; 15,0; 17,0; 7,5; 8,0; 13,5; 8,5; 18,5; 5,0; 9,0; 19,0; 14,0; 8,0; 6,5; 12,5; 3,5; 16,5;9,5; 10,0; 3,0; 11,5; 6,5; 11,0;12,0; 17,0; 14,0; 14,0; 17,0; 12,0; 4,5; 12,5; 3,5; 5,5; 3,0; 13,0; 6,0; 9,0; 9,0; 3,5; 12,5; 6,0; 7,0; 5,0; 15,0; 15,0; 8,5; 6,0; 16,0; 16,5; 17,0; 7,0; 17,5; 6,5; 8,0; 15,5; 15,0; 5,0; 16,5; 6,5; 9,0; 12,0; 19,5; 20,0; 14,5; 7,5; 8,5; 13,0 |
| **5** | ***Pi*** = 0,988; 0,994; 0,965; 0,993; 0,996; 0,984; 0,977; 0,981; 0,996; 0,989; 0,988; 0,993; 0,991; 0,991 |
| **4** | **18** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,009 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 76,3, ***b*** = 0,38 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 551, = 187 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 7,4, = 2,9 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70, ***ti***= 15,0; 5,0; 16,5; 6,5; 9,0; 8,0; 6,5; 12,5; 3,5; 16,5; 2,5; 14,5; 7,5; 13,5; 14,5; 15,0; 17,0; 7,5; 8,0; 13,5; 8,5; 18,5; 5,0; 9,0; 19,0; 14,0; 9,5; 10,0; 3,0; 11,5; 6,5; 11,0;12,0; 17,0; 14,0; 14,0; 17,0; 12,0; 4,5; 12,5; 3,5; 5,5; 3,0; 13,0; 6,0; 9,0; 9,0; 3,5; 12,5; 6,0; 7,0; 5,0; 15,0; 15,0; 8,5; 6,0; 16,0; 16,5; 17,0; 7,0; 17,5; 6,5; 8,0; 15,5; 12,0; 19,5; 20,0; 14,5; 7,5; 8,5; 12,0 |
| **5** | ***Pi*** = 0,988; 0,994; 0,985; 0,993; 0,996; 0,984; 0,984; 0,981; 0,996; 0,989; 0,988; 0,993; 0,991; 0,998 |
| **4** | **19** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,021 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 111,5, ***b*** = 0,58 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 602, = 238 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 6,7, = 3,8 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70, ***ti***= 3,5; 12,5; 6,0; 7,0; 5,0; 8,0; 6,5; 12,5; 3,5; 16,5; 2,5; 14,5; 7,5; 13,5; 14,5; 15,0; 17,0; 7,5; 8,0; 13,5; 8,5; 18,5; 5,0; 9,0; 19,0; 14,0; 9,5; 10,0; 3,0; 11,5; 6,5; 11,0;12,0; 17,0; 14,0; 14,0; 17,0; 12,0; 4,5; 12,5; 3,5; 5,5; 3,0; 13,0; 6,0; 9,0; 9,0; 15,0; 15,0; 8,5; 6,0; 16,0; 17,0; 7,0; 16,5; 17,5; 6,5; 8,0; 15,5; 15,0; 5,0; 16,5; 6,5; 9,0; 12,0; 19,5; 20,0; 14,5; 7,5; 8,5; 11,0 |
| **5** | ***Pi*** = 0,997; 0,994; 0,985; 0,993; 0,991; 0,984; 0,984; 0,981; 0,992; 0,989; 0,988; 0,993; 0,981; 0,994 |
| **4** | **20** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,018 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 105,3, ***b*** = 0,76 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 617, = 247 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 7,3, = 3,7 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70,***ti***= 3,0; 13,0; 6,0; 19,0; 9,0; 8,0; 6,5; 12,5; 3,5; 16,5; 2,5; 14,5; 7,5; 13,5; 14,5; 15,0; 17,0; 7,5; 8,0; 13,5; 8,5; 18,5; 5,0; 9,0; 19,0; 14,0; 9,5; 10,0; 3,0; 11,5; 6,5; 11,0;12,0; 17,0; 14,0; 14,0; 17,0; 12,0; 4,5; 12,5; 3,5; 5,5; 3,5; 12,5; 6,0; 7,0; 5,0; 15,0; 15,0; 8,5; 6,0; 16,0; 17,0; 7,0; 16,5; 17,5; 6,5; 8,0; 15,5; 15,0; 5,0; 16,5; 6,5; 9,0; 12,0; 19,5; 20,0; 14,5; 7,5; 8,5; 11,0 |
| **5** | ***Pi*** = 0,982; 0,994; 0,985; 0,993; 0,976; 0,984; 0,984; 0,981; 0,996; 0,989; 0,988; 0,993; 0,991; 0,998 |
| **4** | **21** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,008 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 88,6, ***b*** = 0,72 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 608, = 227 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 8,7, = 4,3 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70, ***ti*** = 4,5; 12,5; 3,5; 5,5; 3,0; 8,0; 6,5; 12,5; 3,5; 16,5; 2,5; 14,5; 7,5; 13,5; 14,5; 15,0; 17,0; 7,5; 8,0; 13,5; 8,5; 18,5; 5,0; 9,0; 19,0; 14,0; 9,5; 10,0; 3,0; 11,5; 6,5; 11,0;12,0; 17,0; 14,0; 14,0; 17,0; 12,0; 13,0; 6,0; 9,0; 9,0; 3,5; 12,5; 6,0; 7,0; 5,0; 15,0; 15,0; 8,5; 6,0; 16,0; 16,5; 17,0; 7,0; 17,5; 6,5; 8,0; 15,5; 15,0; 5,0; 16,5; 6,5; 9,0; 12,0; 19,5; 20,0; 14,5; 7,5; 8,5; 11,5 |
| **5** | ***Pi*** = 0,996; 0,994; 0,985; 0,993; 0,996; 0,994; 0,984; 0,981; 0,996; 0,989; 0,988; 0,993; 0,974; 0,998 |
| **4** | **22** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,014 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 97,1, ***b*** = 0,73 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 593, = 212 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 8,8, = 4,9 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70,***ti***= 17,0; 14,0; 14,0; 17,0; 12,0; 8,0; 6,5; 12,5; 3,5; 16,5; 2,5; 14,5; 7,5; 13,5; 14,5; 15,0; 17,0; 7,5; 8,0; 13,5; 8,5; 18,5; 5,0; 9,0; 19,0; 14,0; 9,5; 10,0; 3,0; 11,5; 6,5; 11,0;12,0; 4,5; 12,5; 3,5; 5,5; 3,0; 13,0; 6,0; 9,0; 9,0; 3,5; 12,5; 6,0; 7,0; 5,0; 15,0; 15,0; 8,5; 6,0; 16,0; 16,5; 17,0; 7,0; 17,5; 6,5; 8,0; 15,5; 15,0; 5,0; 16,5; 6,5; 9,0; 12,0; 19,5; 20,0; 14,5; 7,5; 8,5; 12,5 |
| **5** | ***Pi*** = 0,986; 0,994; 0,985; 0,993; 0,996; 0,994; 0,984; 0,991; 0,996; 0,989; 0,988; 0,993; 0,984; 0,998 |
| **4** | **23** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,031 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 108,4, ***b*** = 0,49 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 477, = 231 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 8,7, = 3,4 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70,***ti***= 11,5; 6,5; 11,0;12,0; 17,0; 8,0; 6,5; 12,5; 3,5; 16,5; 2,5; 14,5; 7,5; 13,5; 14,5; 15,0; 17,0; 7,5; 8,0; 13,5; 8,5; 18,5; 5,0; 9,0; 19,0; 14,0; 9,5; 10,0; 3,0; 14,0; 14,0; 17,0; 12,0; 4,5; 12,5; 3,5; 5,5; 3,0; 13,0; 6,0; 9,0; 9,0; 3,5; 12,5; 6,0; 7,0; 5,0; 15,0; 15,0; 8,5; 6,0; 16,0; 16,5; 17,0; 7,0; 17,5; 6,5; 8,0; 15,5; 15,0; 5,0; 16,5; 6,5; 9,0; 12,0; 19,5; 20,0; 14,5; 7,5; 8,5; 10,5 |
| **5** | ***Pi*** = 0,996; 0,994; 0,991; 0,993; 0,996; 0,994; 0,984; 0,981; 0,996; 0,989; 0,988; 0,994; 0,989; 0,988 |
| **4** | **24** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,033 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 102,6, ***b*** = 0,61 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 499, = 239 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 9,1, = 3,5 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70, ***ti***= 14,0; 14,0; 17,0; 12,0; 4,5;8,0; 6,5; 12,5; 3,5; 16,5; 2,5; 14,5; 7,5; 13,5; 14,5; 15,0; 17,0; 7,5; 8,0; 13,5; 8,5; 18,5; 5,0; 9,0; 19,0; 14,0; 9,5; 10,0; 3,0; 11,5; 6,5; 11,0;12,0; 17,0; 12,5; 3,5; 5,5; 3,0; 13,0; 6,0; 9,0; 9,0; 3,5; 12,5; 6,0; 7,0; 5,0; 15,0; 15,0; 8,5; 6,0; 16,0; 16,5; 17,0; 7,0; 17,5; 6,5; 8,0; 15,5; 15,0; 5,0; 16,5; 6,5; 9,0; 12,0; 19,5; 20,0; 14,5; 7,5; 8,5; 13,0 |
| **5** | ***Pi*** = 0,996; 0,994; 0,985; 0,984; 0,996; 0,994; 0,984; 0,981; 0,942; 0,982; 0,988; 0,993; 0,974; 0,998 |
| **4** | **25** | Шасси: экспоненциальное распределение, ***𝜆*** = 0,018 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 83,4, ***b*** = 0,65 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 561, = 233 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 9,2, = 3,4 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70, ***ti***= 7,5; 8,0; 13,5; 8,5; 18,5;8,0; 6,5; 12,5; 3,5; 16,5; 2,5; 14,5; 7,5; 13,5; 14,5; 15,0; 17,0; 5,0; 9,0; 19,0; 14,0; 9,5; 10,0; 3,0; 11,5; 6,5; 11,0;12,0; 17,0; 14,0; 14,0; 17,0; 12,0; 4,5; 12,5; 3,5; 5,5; 3,0; 13,0; 6,0; 9,0; 9,0; 3,5; 12,5; 6,0; 7,0; 5,0; 15,0; 15,0; 8,5; 6,0; 16,0; 16,5; 17,0; 7,0; 17,5; 6,5; 8,0; 15,5; 15,0; 5,0; 16,5; 6,5; 9,0; 12,0; 19,5; 20,0; 14,5; 7,5; 8,5; 13,5 |
| **5** | ***Pi*** = 0,999; 0,994; 0,985; 0,993; 0,996; 0,994; 0,984; 0,981; 0,999; 0,989; 0,988; 0,993; 0,974; 0,999 |
| **4** | **26** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,021 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 81,1, ***b*** = 0,52 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 536, = 313 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 8,8, = 3,5 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70,***ti***= 6,5; 7,5; 13,5; 14,5; 15,0; 17,0; 8,0; 13,5; 8,5; 18,5; 8,0; 6,5; 12,5; 3,5; 16,5; 2,5; 14,5; 5,0; 9,0; 19,0; 14,0; 9,5; 10,0; 3,0; 11,5; 6,5; 11,0;12,0; 17,0; 14,0; 14,0; 17,0; 12,0; 4,5; 12,5; 3,5; 5,5; 3,0; 13,0; 6,0; 9,0; 9,0; 3,5; 12,5; 6,0; 7,0; 5,0; 15,0; 15,0; 8,5; 6,0; 16,0; 17,0; 7,0; 16,5; 17,5; 6,5; 8,0; 15,5; 15,0; 5,0; 16,5; 6,5; 9,0; 12,0; 19,5; 20,0; 14,5; 7,5; 8,5; 9,5 |
| **5** | ***Pi*** = 0,996; 0,998; 0,985; 0,993; 0,996; 0,988; 0,984; 0,981; 0,997; 0,989; 0,988; 0,993; 0,994; 0,998 |
| **4** | **27** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,028 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 77,4, ***b*** = 0,32 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 582, = 227 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 9,4, = 3,6 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70, ***ti*** = 5,5; 19,0; 14,0; 9,5; 10,0; 3,0; 8,0; 13,5; 8,5; 18,5; 8,0; 6,5; 12,5; 3,5; 16,5; 2,5; 14,5; 7,5; 13,5; 14,5; 15,0; 17,0; 5,0; 9,0; 11,5; 6,5; 11,0;12,0; 17,0; 14,0; 14,0; 17,0; 12,0; 4,5; 12,5; 3,5; 5,5; 3,0; 13,0; 6,0; 9,0; 9,0; 3,5; 12,5; 6,0; 7,0; 5,0; 15,0; 15,0; 8,5; 6,0; 16,0; 16,5; 17,0; 7,0; 17,5; 6,5; 8,0; 15,5; 15,0; 5,0; 16,5; 6,5; 9,0; 12,0; 19,5; 20,0; 14,5; 7,5; 8,5; 10,5 |
| **5** | ***Pi*** = 0,977; 0,998; 0,985; 0,993; 0,996; 0,988; 0,984; 0,961; 0,997; 0,989; 0,988; 0,993; 0,998; 0,998 |
| **4** | **28** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,037 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 85,4, ***b*** = 0,61 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 598, = 248 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 7,3, = 3,3 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70, ***ti*** = 17,5; 6,0; 9,0; 9,0; 3,5; 12,5; 8,0; 13,5; 8,5; 18,5; 8,0; 6,5; 12,5; 3,5; 16,5; 2,5; 14,5; 7,5; 13,5; 14,5; 15,0; 17,0; 5,0; 9,0; 19,0; 14,0; 9,5; 10,0; 3,0; 11,5; 6,5; 11,0;12,0; 17,0; 14,0; 14,0; 17,0; 12,0; 4,5; 12,5; 3,5; 5,5; 3,0; 13,0; 6,0; 7,0; 5,0; 15,0; 15,0; 8,5; 6,0; 16,0; 16,5; 17,0; 7,0; 17,5; 6,5; 8,0; 15,5; 15,0; 5,0; 16,5; 6,5; 9,0; 12,0; 19,5; 20,0; 14,5; 7,5; 8,5; 14,5 |
| **5** | ***Pi*** = 0,986; 0,998; 0,985; 0,991; 0,996; 0,988; 0,984; 0,981; 0,907; 0,989; 0,988; 0,993; 0,944; 0,998 |
| **4** | **29** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,024 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 72,4, ***b*** = 0,51 |
| Силовая установка: нормальное распределение, = 519, = 243 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 9,1, = 3,6 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70, ***ti***= 12,5; 16,0; 17,0; 7,0; 17,5; 6,5; 8,0; 13,5; 8,5; 18,5;8,0; 6,5; 12,5; 3,5; 16,5; 2,5; 14,5; 7,5; 13,5; 14,5; 15,0; 17,0; 5,0; 9,0; 19,0; 14,0; 9,5; 10,0; 3,0; 11,5; 6,5; 11,0;12,0; 17,0; 14,0; 14,0; 17,0; 12,0; 4,5; 12,5; 3,5; 5,5; 3,0; 13,0; 6,0; 9,0; 9,0; 3,5; 12,5; 6,0; 7,0; 5,0; 15,0; 15,0; 8,5; 6,0; 8,0; 15,5; 15,0; 5,0; 16,5; 16,5; 6,5; 9,0; 12,0; 19,5; 20,0; 14,5; 7,5; 8,5; 13,5 |
| **5** | ***Pi***= 0,996; 0,991; 0,985; 0,993; 0,996; 0,988; 0,984; 0,981; 0,999; 0,989; 0,988; 0,992; 0,994; 0,998 |
| **4** | **30** | Шасси: экспоненциальное распределение, **𝜆** = 0,009 |
| Планер: распределение Вейбулла, ***a*** = 77,7, ***b*** = 0,34 |
| Силовая установка: нормальное распределение,=671, = 209 |
| А и РЭО: логнормальное распределение, = 9,4, = 5,4 |
| **1, 2, 3** | ***N*** = 70, ***ti***= 11,5; 7,0; 17,5; 6,5; 8,0; 15,5; 8,0; 13,5; 8,5; 18,5;8,0; 6,5; 12,5; 3,5; 16,5; 2,5; 14,5; 7,5; 13,5; 14,5; 15,0; 17,0; 5,0; 9,0; 19,0; 14,0; 9,5; 10,0; 3,0; 11,5; 6,5; 11,0;12,0; 17,0; 14,0; 14,0; 17,0; 12,0; 4,5; 12,5; 3,5; 5,5; 3,0; 13,0; 6,0; 9,0; 9,0; 3,5; 12,5; 6,0; 7,0; 5,0; 15,0; 15,0; 8,5; 6,0; 16,0; 16,5; 17,0; 15,0; 5,0; 16,5; 6,5; 9,0; 12,0; 19,5; 20,0; 14,5; 7,5; 8,5; 12,5 |
| **5** | ***Pi*** = 0,998; 0,998; 0,985; 0,966; 0,996; 0,988; 0,984; 0,999; 0,997; 0,989; 0,988; 0,993; 0,994; 0,955 |