Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

«Томский государственный архитектурно-строительный университет»

(ТГАСУ)

# ОСНОВЫ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ И ДИАГНОСТИКИ АВТОМОБИЛЕЙ

Методические указания к решению практических задач

Составители Исаенко П.В., Исаенко В.Д.

Томск 2013

Основы теории надежности и диагностики автомобилей : методические указания к решению практических задач / Сост. П.В. Исаенко, В.Д. Исаенко (с участием студентов гр. 349/1 К.С. Волкова, А.Е. Леденева). – Томск : Изд-во Том. гос. архит.строит. ун-та, 2013. – 35 с.

Рецензент к.т.н., профессор кафедры автомобилей и тракторов Н.Т. Тищенко

Редактор к.т.н., доцент кафедры автомобилей и тракторов

Ю.А. Власов

Методические указания предназначены для решения задач при изучении дисциплин СД.Ф.3 «Основы теории надежности и диагностики автомобилей» и Б2.В.3 «Основы теории надежности» для студентов специальности 190601 «Автомобили и автомобильное хозяйство» и направления 190600 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» всех форм обучения.

Рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры автомобилей и тракторов. Протокол № 7 от 19.03.2013 г.

Срок действия с 01.09.2013 до 01.09.2018

Оригинал-макет подготовлен составителем П.В. Исаенко

Подписано в печать 22.03.13

Формат 60×90/16. Бумага офсет. Гарнитура Таймс. Печать офсет.

Уч.-изд. л. 1,2. Тираж 40 экз. Заказ № 178

Изд-во ТГАСУ, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.

Отпечатано с оригинал-макета в ООП ТГАСУ. 634003, г. Томск, ул. Партизанская, 15.

# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Необходимым условием прогрессивного развития технических систем (машин), к которым относятся автомобили и тракторы, являются знания теоретических вопросов и умение решать практические задачи по повышению их технического уровня, качества и надежности отдельных агрегатов и сборочных единиц.

Вопросы повышения надежности машин приобретают огромное экономическое и экологическое значения, поскольку плохо работающие и неработающие механизмы приводят к неоправданным простоям, затратам на восстановление работоспособности, к некачественному превращению тепловой энергии топлива в механическую, что в свою очередь приводит к экологическому загрязнению окружающей среды.

Настоящие методические указания направлены на приобретение студентами практических навыков по определению заложенной в машину надежности путем решения задач, наиболее чаще стоящих перед инженером-механиком при организации технологии управления надежностью машин.

Содержания задач носят случайный характер отказов деталей наиболее уязвимых в процессе их эксплуатации машин. Решение их позволит оценить закономерности изменения технического состояния и эксплуатационную надежность автомобилей и тракторов, что поможет молодому специалисту в его профессиональной деятельности.

Варианты задач составлены с учетом использования их студентами очной и заочной форм обучения. Для студентовочников вариант задачи в задании соответствует порядковому номеру в учебном (групповом) журнале, стоящему против фамилии студента, зарегистрированной в алфавитном порядке. Для студентов-заочников – последняя(ие) цифра(ы) номера зачетной книжки каждого студента.

В случае если не указаны номера вариантов, задача является обязательной для каждого студента.

Студенты, порядковый номер фамилии которых начинается с 11, выбирают данные из приведенных таблиц по диагоналям.

# ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЙ

Развитие навыков самостоятельной работы студентов при решении задач по надежности автотранспортных средств.

# Задача 1

Оценить работоспособность автомобильных восстанавливаемых и невосстанавливаемых деталей (табл. 1) по параметрам надежности: λ(*t*), ω(*t*), *F*(*t*), *Р*(*t*). Составить таблицу расчетов и построить графики.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  варианта | Партия деталей, *N*0, ед. | Число отказов *n* при наработке *t*, ед. | | | | | | | | | |
| 500 ч | | 1000 ч | | 1500 ч | | 2000 ч | | 2500 ч | |
| 400 ч | 100 ч | 900 ч | 100 ч | 1400 ч | 100 ч | 1900 ч | 100 ч | 2400 ч | 100 ч |
| 1 | 50 | 0 | 2 | 4 | 1 | 7 | 3 | 12 | 5 | 14 | 2 |
| 2 | 100 | 1 | 1 | 4 | 3 | 10 | 3 | 15 | 6 | 25 | 5 |
| 3 | 150 | 1 | 0 | 5 | 1 | 16 | 3 | 18 | 3 | 35 | 5 |
| 4 | 200 | 3 | 2 | 8 | 4 | 20 | 2 | 25 | 4 | 30 | 3 |
| 5 | 250 | 4 | 2 | 8 | 4 | 16 | 8 | 20 | 5 | 33 | 6 |
| 6 | 300 | 15 | 2 | 20 | 4 | 28 | 5 | 35 | 7 | 40 | 4 |
| 7 | 350 | 20 | 4 | 24 | 8 | 35 | 4 | 40 | 2 | 53 | 4 |
| 8 | 400 | 15 | 8 | 25 | 4 | 36 | 10 | 55 | 5 | 67 | 10 |
| 9 | 450 | 7 | 2 | 21 | 5 | 45 | 10 | 67 | 7 | 80 | 5 |
| 10 | 500 | 13 | 3 | 20 | 4 | 33 | 8 | 70 | 2 | 85 | 8 |

# Задача 2

Система состоит из пяти элементов (табл. 2). Определить наработку на отказ системы в целом. Здесь: в числителе – число отказов (ед.), в знаменателе – наработка (ч). Известно, что данное распределение подчинено экспоненциальному закону надежности.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  варианта | Элемент системы питания | | | |  |
| карбюратор | бензонасос | фильтр топливный | фильтр воздушный | топливопровод,  бензобак и пр. |
| 1 | 30 / 900 | 20 / 905 | 5 / 200 | 6 / 200 | 4 / 200 |
| 2 | 34 / 952 | 24 / 960 | 4 / 210 | 6 / 210 | 5 / 210 |
| 3 | 15 / 500 | 12 / 300 | 8 / 400 | 10 / 400 | 6 / 350 |
| 4 | 20 / 750 | 15 / 750 | 14 / 750 | 20 / 600 | 8 / 400 |
| 5 | 7 / 350 | 25 / 900 | 18 / 450 | 16 / 350 | 2 / 300 |
| 6 | 45 / 85 | 50 / 1000 | 17 / 330 | 25 / 400 | 4 / 200 |
| 7 | 50 / 800 | 45 / 900 | 25 / 500 | 25 / 600 | 2 / 350 |
| 8 | 43 / 650 | 23 / 600 | 18 / 400 | 30 / 350 | 10 / 700 |
| 9 | 52 / 700 | 33 / 650 | 25 / 200 | 15 / 530 | 0 |
| 10 | 46 / 900 | 15 / 960 | 4 / 750 | 0 | 2 / 800 |

# Задача 3

По данным табл. 3 определить ресурс ДВС по предельному расходу моторного масла *g*пред , если считать что он изменяется по закону *g*2 = *g*1*eb*(*L*2-*L*1). Построить график *g* = *f ( L )* при наработках 50, 100 и 150 тыс. км.

Таблица 3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № варианта | Удельный расход масла (*g*, л) при пробеге (*L*, тыс. км) | |
| 70 | 85 |
| 1 | 1,4 | 1,6 |
| 2 | 1,3 | 1,7 |
| 3 | 1,6 | 2,3 |
| 4 | 1,5 | 2,0 |
| 5 | 0,7 | 0,85 |
| 6 | 0,8 | 0,91 |
| 7 | 0,5 | 0,11 |
| 8 | 1,6 | 2,2 |
| 9 | 0,1 | 0,15 |
| 10 | 0,12 | 0,19 |

# Задача 4

Время безотказной работы воздушного сменного фильтра ДВС подчиняется закону Вейбулла с параметрами *k* и λ0 (табл. 4). Вычислить количественные характеристики надежности сменного фильтра при наработке ДВС 50, 100, 150 и 200 ч. Построить соответствующие графики зависимости характеристик от наработки.

В решении использовать табл. 1, П 2.

Таблица 4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  варианта | *k* | λ0∙10–4, 1/ч | №  варианта | *k* | λ0∙10–4, 1/ч | №  варианта | *k* | λ0∙10–4, 1/ч |
| 1 | 1,8 | 1,0 | 6 | 1,9 | 0,8 | 11 | 2,0 | 1,0 |
| 2 | 1,6 | 1,5 | 7 | 2,2 | 0,7 | 12 | 1,8 | 1,2 |
| 3 | 2,0 | 1,7 | 8 | 2,4 | 0,5 | 13 | 1,6 | 1,1 |
| 4 | 1,5 | 1,2 | 9 | 1,6 | 1,0 | 14 | 1,7 | 1,0 |
| 5 | 1,4 | 1,1 | 10 | 1,4 | 0,9 | 15 | 1,5 | 1,2 |

# Задача 5

Время работы масляных фильтров ДВС до отказа подчиняется усеченному нормальному закону с параметрами *Т* и σ (табл. 5). Требуется вычислить *Р*(*t*), *α*(*t*), λ(*t*) и *Т*ср для наработки 4000, 6000, 8000 и 10000 ч. При расчете пользоваться табл. 2, П 2. Построить соответствующие графики.

Таблица 5

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | *Т*, ч | σ, ч | № варианта | *Т*, ч | σ, ч |
| 1 | 7700 | 1800 | 9 | 8000 | 1500 |
| 2 | 8300 | 2100 | 10 | 8600 | 1800 |
| 3 | 8500 | 3400 | 11 | 8200 | 2400 |
| 4 | 8400 | 3000 | 12 | 10000 | 1700 |
| 5 | 8550 | 2800 | 13 | 12000 | 1500 |
| 6 | 7650 | 2050 | 14 | 9000 | 1900 |
| 7 | 7500 | 2170 | 15 | 8000 | 2000 |
| 8 | 7000 | 1000 | 16 | 9750 | 2500 |

**6**

Время работы реле указателя поворотов до отказа подчинено экспоненциальному закону распределения с параметром λ (табл. 6). Требуется вычислить основные параметры надежности реле при наработке АТС 500, 1000 и 2000 ч. Построить соответствующие графики.

Таблица 6

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | λ, 1/ч, ∙10–5 | № варианта | λ, 1/ч, ∙10–5 | № варианта | λ, 1/ч, ∙10–5 |
| 1 | 1,95 | 8 | 2,72 | 15 | 2,20 |
| 2 | 2,00 | 9 | 1,95 | 16 | 2,30 |
| 3 | 2,15 | 10 | 2,15 | 17 | 2,25 |
| 4 | 1,83 | 11 | 2,05 | 18 | 2,56 |
| 5 | 1,70 | 12 | 1,85 | 19 | 3,05 |
| 6 | 2,50 | 13 | 1,78 | 20 | 3,00 |
| 7 | 2,62 | 14 | 2,1 | 21 | 2,75 |

# Задача 7

Автомобиль – система, состоящая из *N* элементов, средняя интенсивность отказов которых λср (табл. 7). Требуется вычислить вероятность безотказной работы в течение *t*1 = 50 ч; *t*2 = 500 ч; *t*3 = 5000 ч. Построить соответствующие графики.

Таблица 7

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | *N* | λcр, 1/ч, ∙10–6 | № варианта | *N* | λcр, 1/ч, ∙10–6 |
| 1 | 15300 | 0,22 | 9 | 10660 | 0,35 |
| 2 | 12200 | 0,18 | 10 | 13100 | 0,18 |
| 3 | 20000 | 0,25 | 11 | 12000 | 0,21 |
| 4 | 18500 | 0,13 | 12 | 18400 | 0,33 |
| 5 | 14300 | 0,23 | 13 | 17000 | 0,19 |
| 6 | 14800 | 0,22 | 14 | 16200 | 0,27 |
| 7 | 13400 | 0,32 | 15 | 17800 | 0,25 |
| 8 | 12500 | 0,27 | 16 | 19300 | 0,34 |

# Задача 8

Время безотказной работы топливной системы дизеля подчиняется экспоненциальному закону с λ0, а время *t* работы дизеля (табл. 8). Вычислить параметры надежности резервированной системы при общем ненагруженном резервировании замещением с кратностью *m*.

Таблица 8

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | λ0, 1/ч, ∙10–5 | *t*, тыс.ч | *m* | № варианта | λ0, 1/ч, ∙10–5 | *t*, тыс.ч | *m* |
| 1 | 3,0 | 20 | 2 | 9 | 3,1 | 18 | 1 |
| 2 | 3,3 | 12 | 3 | 10 | 2,4 | 20 | 2 |
| 3 | 3,5 | 18 | 4 | 11 | 3,4 | 21 | 3 |
| 4 | 2,9 | 25 | 2 | 12 | 3,5 | 12 | 4 |
| 5 | 2,5 | 15 | 3 | 13 | 4,0 | 18 | 1 |
| 6 | 2,7 | 14 | 3 | 14 | 2,5 | 14 | 2 |
| 7 | 2,8 | 18 | 4 | 15 | 2,7 | 16 | 1 |
| 8 | 3,5 | 12 | 2 | 16 | 3,2 | 11 | 4 |

# Задача 9

Техническая система состоит из *N* = 6 блоков, надежность которых характеризуется вероятностью безотказной работы в течение времени *t* (табл. 9). Определить вероятность безотказность работы системы в целом.

Таблица 9

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | *P*(*t*)1 | *P*(*t*)2 | *P*(*t*)3 | *P*(*t*)4 | *P*(*t*)5 | *P*(*t*)6 |
| 1 | 0,975 | 0,850 | 0,925 | 0,935 | 0,985 | 0,990 |
| 2 | 0,850 | 0,857 | 0,988 | 0,935 | 0,977 | 0,990 |
| 3 | 0,857 | 0,920 | 0,990 | 0,955 | 0,875 | 0,950 |
| 4 | 0,900 | 0,990 | 0,955 | 0,970 | 0,899 | 0,950 |
| 5 | 0,950 | 0,910 | 0,875 | 0,995 | 0,859 | 0,970 |
| 6 | 0,910 | 0,960 | 0,990 | 0,870 | 0,950 | 0,960 |
| 7 | 0,950 | 0,965 | 0,990 | 0,850 | 0,850 | 0,970 |
| 8 | 0,850 | 0,875 | 0,990 | 0,990 | 0,790 | 0,940 |
| 9 | 0,875 | 0,905 | 0,851 | 0,950 | 0,785 | 0,920 |
| 10 | 0,795 | 0,910 | 0,930 | 0,903 | 0,990 | 0,930 |

# Задача 10

Система состоит из двух подсистем, одна из которых имеет *N*1 = 500 и вторая *N*2 = 2500 деталей, а интенсивность отказов λ*i*, 1/ч, ∙10–5. Определить среднюю наработку до первого отказа и вероятность безотказной работы *P*1 в конце первого часа работы.  **11**

Определить интенсивность (скорость) изнашивания тормозных накладок автомобилей, работающих в различных условиях эксплуатации (табл. 11), и необходимое их количество, если годовая наработка по категориям составляет: 1-я – 250 тыс. км; 2-я – 50 тыс. км; 3-я – 150 тыс. км.

Таблица 11

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Кол-во замеров | 1-е условие | | 2-е условие | | 3-е условие | |
| Пробег, *L*, тыс. км | Зазор, ∆, мм | Пробег, *L*, тыс. км | Зазор, ∆, мм | Пробег, *L*, тыс. км | Зазор, ∆, мм |
| 1 | 0 | 0,5 | 0 | 0,5 | 0 | 0,5 |
| 2 | 0,5 | 0,7 | 1,1 | 0,8 | 1,0 | 0,8 |
| 3 | 1,0 | 0,8 | 2,0 | 0,9 | 1,5 | 1,2 |
| 4 | 1,5 | 0,9 | 2,5 | 1,0 | 2,0 | 1,4 |
| 5 | 2,0 | 1,0 | 3,0 | 1,1 | 3,0 | 1,9 |
| 6 | 2,5 | 1,0 | 3,5 | 1,3 | 3,5 | 2,2 |
| 7 | 3,0 | 1,2 | 4,0 | 1,6 | 4,0 | 2,3 |
| 8 | 3,4 | 1,3 | 4,8 | 1,9 | 4,5 | 2,5 |
| 9 | 3,8 | 1,4 | 5,5 | 2,0 | 5,0 | 3,0 |
| 10 | 5,2 | 1,5 | 6,4 | 2,5 | 5,5 | 3,2 |
| 11 | 6,0 | 1,6 | 7,0 | 2,8 | 6,0 | 3,5 |
| 12 | 6,8 | 1,8 | 7,5 | 3,0 | 6,5 | 3,8 |
| 13 | 7,3 | 1,9 | 8,0 | 3,3 | 7,0 | 4,2 |
| 14 | 8,2 | 2,0 | 8,0 | 3,6 | 7,5 | 4,7 |
| 15 | 9,0 | 2,0 | 9,0 | 3,8 | 8,0 | 5,0 |
| 16 | 9,5 | 2,4 | 9,8 | 4,0 | 8,5 | 5,2 |
| 17 | 10,1 | 2,5 | 10,3 | 4,1 | 9,0 | 5,7 |
| 18 | 11,0 | 2,7 | 11,1 | 4,7 | 9,3 | 6,1 |
| 19 | 11,5 | 2,9 | 11,7 | 7,8 | 9,7 | 6,6 |
| 20 | 12,0 | 3,0 | 12,0 | 5,0 | 10,0 | 7,0 |

# Задача 12

Оценить надежность защиты дизелей от абразивного изнашивания до и после модернизации системы очистки воздуха по числовым характеристикам случайного распределения продуктов загрязнения и износа (табл. 12). Построить гистограмму и кривую распределения. Определить закон распределения. Рассчитать числовые характеристики.

Таблица 12

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| До модернизации | | | После модернизации | | |
| Интервальные значения  элемента, г/т масла | Количество случаев по элементам, ед. | | Интервальные значения  элемента, г/т масла | Количество случаев по элементам, ед. | |
| загрязнения (Si) | износа (Fe) | загрязнения (Si) | износа (Fe) |
| 0–20 | 5 | 2 | 0–5 | 7 | 15 |
| 20–40 | 20 | 15 | 5–10 | 18 | 25 |
| 40–60 | 15 | 30 | 10–15 | 33 | 40 |
| 60–80 | 35 | 18 | 15–20 | 48 | 42 |
| 80–100 | 40 | 38 | 20–25 | 56 | 36 |
| 100–120 | 43 | 60 | 25–30 | 27 | 27 |
| 120–140 | 38 | 31 | 30–35 | 7 | 11 |
| 140–160 | 25 | 20 | 35–40 | 3 | 2 |
| 160–180 | 11 | 12 | 45–50 | 1 | 1 |
| 180–200 | 2 | 8 | 50–55 | – | 1 |
| ∑ | 234 | 234 | ∑ | 200 | 200 |

# Задача 13

При испытаниях подшипников качения с нормальным распределением отказов получены параметры (табл. 13). Определить вероятность безотказной работы подшипников за годовую наработку *t*г, а также нижнюю доверительную границу αн, при заданной *P*(*t*) = 0,9, если испытывалось 100 подшипников.

Таблица 13

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | *T* , ч | *S€* , ч | *t*г, ч | № варианта | *T* , ч | *S€* , ч | *t*г, ч |
| 1 | 4800 | 4000 | 300 | 6 | 6000 | 1500 | 400 |
| 2 | 5100 | 1000 | 250 | 7 | 6300 | 2000 | 450 |
| 3 | 3800 | 1500 | 350 | 8 | 6000 | 1500 | 450 |
| 4 | 3500 | 1000 | 270 | 9 | 7500 | 1700 | 470 |
| 5 | 3700 | 800 | 250 | 10 | 5400 | 1000 | 250 |

# 14

При испытании *N* аккумуляторных батарей получено выборочное среднее рабочее напряжение *U* и стандартное отклонение *S€* (табл. 14). Определить с доверительной вероятностью α = 0,95 границы двустороннего допустимого предела, накрывающего 90% (*Р* = 0,9) значений напряжения всей генеральной совокупности (табл. 4, П 2).

Таблица 14

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | *N* | *U* , В | *S€* , В | № варианта | *N* | *U* , В | *S€* , В |
| 1 | 25 | 24,0 | 0,50 | 6 | 25 | 24,5 | 0,60 |
| 2 | 30 | 23,8 | 0,60 | 7 | 29 | 23,0 | 0,70 |
| 3 | 20 | 25,0 | 0,35 | 8 | 30 | 22,2 | 0,65 |
| 4 | 27 | 23,0 | 0,45 | 9 | 35 | 26,3 | 0,55 |
| 5 | 29 | 22,0 | 0,50 | 10 | 40 | 24,0 | 0,55 |

# Задача 15

Испытано *N* валов двигателя и получены оценки средней наработки *T* до отказа стандартного отклонения *S€*. Найти нижний толерантный предел времени работы вала, при котором вероятность безотказной работы *Р* будет менее 0,98 и достоверность решения α (табл. 15). Последовательность решения по задаче 14.

Таблица 15

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | *N* | *T* , В | *S€* , В | α | № варианта | *N* | *T* , В | *S€* , В | α |
| 1 | 32 | 800 | 50 | 0,90 | 6 | 45 | 970 | 47 | 0,95 |
| 2 | 40 | 1000 | 47 | 0,95 | 7 | 30 | 980 | 55 | 0,90 |
| 3 | 50 | 750 | 53 | 0,97 | 8 | 30 | 1015 | 45 | 0,87 |
| 4 | 25 | 900 | 30 | 0,85 | 9 | 40 | 800 | 50 | 0,90 |
| 5 | 25 | 110 | 27 | 0,90 | 10 | 50 | 760 | 36 | 0,89 |

# Задача 16

При испытании *N* предохранителей отказало *n*. Оценить вероятность отказа *F* и найти доверительные границы с вероятностью α (табл. 16). Для решения использовать табл. 5, П 2.

Таблица 16

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | *N* | *n* | α | № варианта | *N* | *n* | α |
| 1 | 50 | 4 | 0,95 | 6 | 100 | 5 | 0,95 |
| 2 | 50 | 2 | 0,87 | 7 | 80 | 7 | 0,90 |
| 3 | 65 | 7 | 0,90 | 8 | 75 | 12 | 0,92 |
| 4 | 70 | 5 | 0,95 | 9 | 100 | 10 | 0,90 |
| 5 | 55 | 6 | 0,90 | 10 | 100 | 4 | 0,90 |

# Задача 17

По техническим условиям рабочее напряжение генератора должно составлять *U* = 220 В ± 10%. После испытания 10 единиц генераторов получены: *U* = 230 Bи *S€* = 20 B. Определить вероятность выполнения технических условий работы генератора и найти нижнюю границу доверительного интервала для *Р*(*U*) с α = 0,9 (табл. 5, П 2).

# Задача 18

Парк состоит из *N*1 = 50 автомобилей ЗИЛ и *N*2 = 40 автомобилей КамАЗ, работающих в различных дорожноклиматических условиях. Определить потребное количество тормозных накладок и предусмотреть их 20%-й годовой запас (табл. 18). Значения интеграла вероятностной и нормированной функции нормального распределения представлены в табл. 6, П 2.

Таблица 18

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  варирианта | ЗИЛ-433100 | | |  | №  варирианта | КамАЗ-55102 | | | |
| *L*г,  тыс. км | *L* , тыс. км | σ,  тыс. км | η | *L*г,  тыс. км | *L* , тыс. км | σ,  тыс. км | η |
| 1 | 65 | 19 | 4,0 | 0,91 | 1 | 90 | 36 | 5,0 | 0,89 |
| 2 | 70 | 25 | 3,5 | 0,87 | 2 | 100 | 41 | 6,0 | 0,91 |
| 3 | 5 | 31 | 7,0 | 0,76 | 3 | 95 | 25 | 7,0 | 0,79 |
| 4 | 80 | 47 | 6,3 | 0,90 | 4 | 87 | 27 | 6,5 | 0,80 |
| 5 | 45 | 12 | 4,3 | 0,86 | 5 | 110 | 33 | 6,6 | 0,88 |
| 6 | 60 | 23 | 8,4 | 0,98 | 6 | 99 | 42 | 5,8 | 0,79 |
| 7 | 90 | 33 | 9,0 | 0,87 | 7 | 77 | 33 | 7,6 | 0,91 |

Окончание табл. 18

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  варирианта | ЗИЛ-433100 | | | | №  варирианта | КамАЗ-55102 | | |  |
| *L*г,  тыс. км | *L* , тыс. км | σ,  тыс. км | η | *L*г,  тыс. км | *L* , тыс. км | σ,  тыс. км | η |
| 8 | 70 | 41 | 7,5 | 0,76 | 8 | 115 | 18 | 8,2 | 0,90 |
| 9 | 65 | 29 | 3,5 | 0,82 | 9 | 96 | 00 | 5,5 | 0,85 |
| 10 | 50 | 14 | 5,5 | 0,91 | 10 | 87 | 35 | 7,0 | 0,87 |

# Задача 19

Две стальные детали стянуты болтами диаметром *d*р со средней растягивающей силой *F* = 9∙105 Н, коэффициент вариации *VF* = 0,1. Болты стандартные β = 1,1. Коэффициент обмятия стыков βс = 1,1. Коэффициент влияния абсолютных размеров ξσ = 1. Коэффициент вариации эффективного коэффициента концентрации напряжений *V*α = 0,023. Предел затяжки составляет σзат = 0,5σ*t*. Остальные данные в табл. 19. Определить вероятность безотказной работы резьбового соединения по всем критериям. При решении использовать табл. 7, П 2.

Таблица 19

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Показатели | | | | | | | | | | |
| *d*р, мм | c | σ*t*, МПа | σ–1, МПа | *V*s*t* | bупр | *k*s | *V*зат | *V*д | *V*пл | *k* |
| 1 | 10,35 | 0,2 | 360 | 220 | 0,06 | 1,0 | 3,0 | 0,09 | 0,07 | 0,1 | 1 |
| 2 | 10,35 | 0,2 | 360 | 220 | 0,06 | 1,0 | 3,0 | 0,09 | 0,07 | 0,3 | 1,1 |
| 3 | 10,35 | 0,2 | 360 | 220 | 0,06 | 1,0 | 3,0 | 0,25 | 0,07 | 0,1 | 1,2 |
| 4 | 8,0 | 0,5 | 360 | 230 | 0,07 | 1,1 | 2,0 | 0,10 | 0,08 | 0,2 | 1,2 |
| 5 | 8,0 | 0,5 | 360 | 230 | 0,08 | 1,2 | 2,0 | 0,15 | 0,08 | 0,2 | 1,3 |
| 6 | 8,0 | 0,2 | 360 | 220 | 0,09 | 1,3 | 3,0 | 0,20 | 0,08 | 0,1 | 1,3 |
| 7 | 12,0 | 0,2 | 330 | 250 | 0,10 | 1,0 | 3,0 | 0,25 | 0,09 | 0,2 | 1 |
| 8 | 13,0 | 0,3 | 300 | 260 | 0,11 | 1,0 | 2,5 | 0,20 | 0,09 | 0,3 | 1 |
| 9 | 14,0 | 0,4 | 300 | 270 | 0,12 | 1,0 | 2,5 | 0,10 | 0,09 | 0,2 | 1,2 |
| 10 | 14,0 | 0,5 | 250 | 280 | 0,20 | 1,3 | 2,5 | 0,05 | 0,10 | 0,1 | 1,1 |

**СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

# Основная литература

1. Яхьяев, Н.Я. Основы теории надежности и диагностики :

учебник для студентов высш. учеб. заведений / Н.Я. Яхьев, А.В. Кораблин. – М. : Изд. центр «Академия», 2009. – 256 с.

1. Атапин, В.Г. Основы работоспособности технических систем. Автомобильный транспорт : учебник / В. Г. Атапин. – Новосибирск :

Изд-во НГТУ, 2007. – 316 с.

1. Исаенко, В.Д. Основы теории надежности и диагностика автомобилей: учебное пособие / В.Д. Исаенко, А.В. Исаенко, П.В. Исаенко. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2007. – 239 с.

# Дополнительная литература

1. Решетов, Д.Н. Надежность машин : Учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов / Д.Н. Решетов, А.С. Иванов, В.З. Фадеев. – М. : Высшая школа, 1988. – 238 с.
2. Сборник задач по теории надежности / А.М. Половко, И.М.

Маликов. – М. : «Советское радио», 1972. – 408 с.

**Приложение 1**

**Формулы для решения задач**

# Задача 1

1.1. Интенсивность отказов

D*ni* , 1. λ(*t*)*i* =

D*t N*р ч

1.2. Параметр потока отказов

D*ni* , 1 *.* w(*t*)*i* =

D*t N*0 ч

1.3. Вероятность безотказной работы *P t*( )*i* = -1 *F t*( ) .*i*

# Задача 2

2.1. Поэлементная интенсивность отказов *ni* , 1. λ( )*t i* =

*ti* ч

2.2. Интенсивность отказа системы в целом

λ(*t*)c = *N* λ*i* , 1 *.* *i*=1 ч

2.3. Средняя наработка на отказ системы

1

*t* = , ч.

λс

# Задача 3

Показатель экспоненты

*g*2

ln *b* = *g .*

1

*L*2 - *L*1

Пример: *g*100 = *g*85 *eb*(100-85) и т. д.

# Задача 4

4.1. Вероятность безотказной работы

*P t*( ) = *e*-λ0 *tk* .

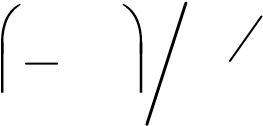
4.2. Частота отказов

*a*(*t*) = λ0 *k tk*-1 *P*(*t*).

4.3. Интенсивность отказов

λ(*t*) = *a*(*t*) . *P*(*t*)

4.4. Средняя наработка до первого отказа

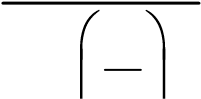
 *T*ср =*T* 1 +1 λ01*k* , где 1 + =1 *x*.

Ł *k* ł *k*

# Задача 5

5.1. Вероятность безотказной работы

*T* -*t F*

*P t*( ) = Ł σ ł.

*T*

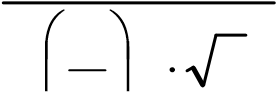
*F*

Ł łσ

5.2. Частота отказов

*a*(*t*) = 1 e-(*t*2-σ*T*2)2 *.*

*T*

 *F* σ 2π

Ł σ ł

*t* -*T*

5.3. Заменив на *х*, получим функции σ

φ( )*t* = 1 -*x*2 .

2

e

2

π

Тогда

*t* -*T*

φ

*a*(*t*) = Ł σ ł.

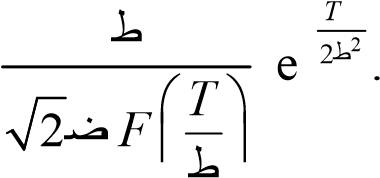
σ

5.4. Пользуясь табл. 2, П 2, найти *a*(*t*).

5.5. Интенсивность отказов

λ(*t*) = *a*(*t*) . *P*(*t*)

5.6. Средняя наработка на отказ

- 2

*T*ср = +*T*.

Ł ł

# Задача 6

6.1. Вероятность безотказной работы *P t*( ) = e-λ*t*.

6.2. Частота отказов *a*(*t*) = λ(*t*) *P*(*t*).

6.3. Средняя наработка до первого отказа

*T*ср = 1.

λ

# Задача 7

7.1. Интенсивность всей системы

λс = λср *N*.

7.2. Вероятность безотказной работы *Pt* = e-λс*t*.

7.3. Частота отказов

*a*(*t*) = λс *Pt*.

7.4. Вероятность отказов *Ft* = -1 *Pt* .

# Задача 8

8.1. Вероятность безотказной работы системы *P*(*t*) = *e*-λ0*t m* (λ0 *t*)*i* , *i*=0 *i*!

где *i* меняется от 1 до .*m*

Вначале определить значение λ0 *t* , затем *P*(*t*).

8.2. Частота отказов

*a*(*t*) = λ0 (λ0 е)*k*-1 e-λ0*t* ,

*k* -1

где *k* = +*m* 1.

8.3. Интенсивность отказов

λ(*t*) = *a*(*t*) . *P*(*t*)

8.4. Средняя наработка до первого отказа

*T*ср = *k* = *m*+1. λ0 λ0

# Задача 9

9.1. Вероятность безотказной работы системы

*N*

*P*с(*t*) = *Pi* (*t*)*.*

*i*=1

9.2. Вероятность отказа *i*-го блока *F ti* ( ) = -1 *P ti* ( ).

9.3. Тогда

*N N*

*P*с(*t*) = *Pi* (*t*) =1- *Fi* (*t*)*.*

*i*=1 *i*=1

# Задача 10

10.1. Интенсивность отказов системы

λс1 = λ1 *N*1; λс2 = λ2 *N*2*.*

10.2. Вероятность безотказной работы подсистем

*P*с1 = e-λс1*t* ; *P*с2 = e-λс2*t*.

10.3. Средняя наработка на отказ

*T*ср с1 = 1 ; *T*ср с2 = 1 . λс1 λс2

# Задача 11

11.1. Дисперсия по *L* и по ∆

*~* Ø(

*DL* =ŒºŒ *nL*)2 -Ł *nL* ł2øœœß *nn*-1; *D~*D =ØŒŒº( *n*D)2 -Ł *n*Dł2œøœß *nn*-1*.*

11.2. Среднее стандартное отклонение

*S€L* = *D~L* ; *S€*D = *D~*D *.*

11.3. Корреляционный момент *~* =ØŒº (*Ln* D)- *nL n*Døœß *nn*-1*.* *KL*,D

11.4. Коэффициент корреляции

*~*

*KL*,D

*rL*,D = *€ S€L .* *S*D

11.5. Уравнение бинома первой степени вида D= *f L*( )

*~*

D- D = *KL*,D *L* - *L .*

*~~~~~*

*n DL* Ł *n* ł

Здесь *n* – число измерений.

# Задача 12

12.1. Математическое ожидание элемента М.О.= *n* (Э*i Pi* ).

*i*=1

12.2. Дисперсия элемента

*D~*э =(Э*i* -М.О*.*)2 *Pi .*

12.3. Стандартное среднее квадратичное отклонение *S€*э = *D~*э *.*

12.4. Коэффициент вариации

*V* = *S€*э *.*

М.О.

# Задача 13

13.1. Определяем параметры

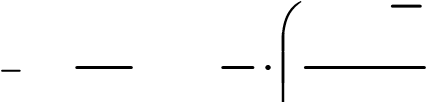
*t*г -*ST ;* *z*2 = *T€ .* *z*1 = *€ S*

13.2. Находим функции Лапласа по табл. 3, П 2 Ф(*z*1) и Ф(*z*2). 13.3. Определяем коэффициент

1 *t*г -*T* 2

*k* = 0,4 *e*-2 Ł *S€* ł *.*

13.4. Вычислим дисперсию

 *D~P* = *kn*2 ØŒŒº1+ 12 *t*г -*€T* ł2 ßøœœ*.*

Ł *S*

13.5. Определим среднее квадратичное отклонение вероятности безотказной работы

*S€P* = *D~P .*

13.6. Находим квантиль *uP* при *P* = 0,9 (табл. 4, П 2).

13.7. Находим нижнюю границу для *P*(*t*) aн = *P(t )*-*uP S€P .*

# Задача 14

14.1. Из табл. 4, П 2 находим параметры *zP* и *u*α .

14.2. Коэффициент

*k* = *zP* 1+ *u*α + *.* Ł 2*n* 12*n* ł

14.3. Находим толерантные пределы:

*y*в = *~~u~~* + *k S€*; *y*н = *~~u~~* -*k S€.*

# Задача 15

15.1. Находим *zP*= 0,98 и *u*α = 0,98 (табл. 4, П 2).

15.2. Коэффициент *k* = *zP* 1+ *u*α + *.*

Łł

*n*

*n*

12

2

15.3. Нижнее значение

*t*н =*T* -*k S€.*

# Задача 16

16.1. Вероятность отказа найдем из

*F* = *n* .

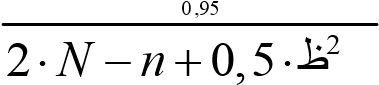
*N*

16.2. Находим значения вероятностей *P*1, *P*2 и число степеней свободы *k*1, *k*2:

*P*1 =1-α; *P*2 = 0,95; *k*1 = 2 *n*; *k*2 = 2 (*n* +1).

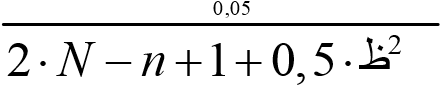
16.3. Квантили распределения хи-квадрат χ2*P*1 и χ2*P*2 определим по табл. 5, П 2.

16.4. Доверительные градиенты χ2

*F*в =;

0,95

χ2

*F*н =.

0,05

16.5. Пределы разброса при

α1 = 2α -1; *F*н < *F* < *F*в *.*

# Задача 17

17.1. Находим

*P*(*u*) = Ф0 Ł*u*в *€*-*u* ł-Ф0 Ł*u*н*S€*-*u* ł, *S*

используя табл. 3, П 2.

17.2. Определяем параметры *z*:

*z*1 = *u*в *€*-*u* ; *z*2 = *u*н*S€*-*u .* *S*

17.3. Определим коэффициенты

*z*12 *z*22 - -

*k*1 = 0,4 *e* 2 ; *k*2 = 0,4 *e* 2 .

17.4. Дисперсия

*D~P* = 0,5ØŒ*k*12 1+ *z*12 + *k*22 1+ *z*22 -2 *k*1 *k*2 (1+0,5 *k*1 *k*2 )øœ*.* º Ł 2 ł Ł 2 ł ß

17.5. Определим нижнюю границу доверительной

вероятности

*P*н (*t*) = *P*(*u*)-*uP*= 0,9 *D~P ,*

где *uP*= 0,9 находят из табл. 4, П 2.

# Задача 18

18.1. Вероятность замены накладок при различных значениях *n*!

1. = *L*-*n*!η *L* .

s *n*!

* 1. Пользуясь табл. 6, П 2, находим нормированную функцию Ф(*L*) при различных значениях до минимальной ее величины, т. е. *F* ≤ 0,1.
  2. Ведущая функция отказов

W= Ф(*L*).

* 1. Требуемое количество накладок для заданной марки автотранспортного средства

1. = *N k* W 1,2,

где *k* – число накладок в колесе.

# Задача 19

19.1. Вероятность безотказной работы по критерию нераскрытия стыка находим через среднее значение силы затяжки:

= 0,5 σ*t* p *d*р2 .

*F*зат

4

Тогда коэффициент нераскрытия стыка составит

*~~n~~*1 =. bc*F*(1-c)

зат

*F*

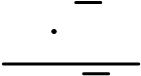
Квантиль будет равна

*uP*1 =- *n* 2 *~~n~~*+*V*1 зат-2 1 *VF*2 .

1

По табл. 7, П 2 находим вероятность безотказной работы резьбового соединения *P*1.

19.2. Для вычисления вероятности безотказной работы по критерию несдвигаемости стыка коэффициент запаса составит

 *~~n~~*2 = *f F*зат .

bc*F*

Предельное значение коэффициента вариации от изменения силы затяжки и коэффициента трения *f* составит

*V*lim = *V*зат2 +*Vf*2 .

Тогда квантиль составит

*uP*2 =- *n* 2 *~~n~~*+*V*2lim-2 1 *VF*2 .

2

Из табл. 7, П 2 находим *Р*2.

19.3. Для оценки надежности резьбового соединения по критерию статической прочности вычислим среднее значение расчетного напряжения

~~s~~рас =p4*d*р2 (1,3*F*зат +c*F*).

Тогда коэффициент запаса прочности по средним напряжениям составит

*~~n~~*3 =~~s~~*t* sрас .

Полагая, что *V*pac = *V*зaт, квантиль будет равна

*uP*3 =- 2 *~~n~~V*3 s-21 1+*V*зат2 . *n*3

Из табл. 7, П 2 находим *Р*3.

19.4. Вероятность безотказной работы по критерию сопротивления усталости зависит от коэффициента запаса прочности по средним напряжениям

*~~n~~*4 =~~s~~-1*g* ~~s~~α ,

где среднее значение предела выносливости болта

xs b bупр *.* ~~s~~-1*g* =~~s~~-1

*k*s

А среднее значение действующего напряжения

~~s~~α = p*d*4 2 ØŒ0,5c*F* + *k*ys (*F*зат +0,5c*F*)œßø*.*

р º

Коэффициент вариации предела выносливости болта

*V*-1*g* = *V*д2 +*V*пл2 +*V*α2 *.*

Квантиль *~~n~~*4 -1 .

*uP*4 =- *n*42 +*V*-21*g VF*2

Из табл. 7, П 2 находим *Р*4.

19.5. Вероятность безотказной работы резьбового соединения в целом составит *N*

*P* = *Pi* .

*i*=1

**Приложение 2**

Таблица 1

# Значения гамма-функции

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *x* | Г(*x*) | *x* | Г(*x*) | *x* | Г(*x*) | *x* | Г(*x*) |
| 1,00 | 1,00000 | 1,25 | 0,90040 | 1,50 | 0,88623 | 1,75 | 0,91906 |
| 1,01 | 0,99433 | 1,26 | 0,90440 | 1,51 | 0,88659 | 1,76 | 0,92137 |
| 1,02 | 0,98884 | 1,27 | 0,90250 | 1,52 | 0,88704 | 1,77 | 0,92376 |
| 1,03 | 0,98355 | 1,28 | 0,90072 | 1,53 | 0,88757 | 1,78 | 0,92623 |
| 1,04 | 0,97844 | 1,29 | 0,89904 | 1,54 | 0,88818 | 1,79 | 0,92877 |
| 1,05 | 0,97350 | 1,30 | 0,89747 | 1,55 | 0,88887 | 1,80 | 0,93138 |
| 1,06 | 0,96874 | 1,31 | 0,89600 | 1,56 | 0,88964 | 1,81 | 0,93408 |
| 1,07 | 0,96415 | 1,32 | 0,89464 | 1,57 | 0,89049 | 1,82 | 0,93685 |
| 1,08 | 0,95973 | 1,33 | 0,89338 | 1,58 | 0,89142 | 1,83 | 0,93369 |
| 1,09 | 0,95546 | 1,34 | 0,89222 | 1,59 | 0,89243 | 1,84 | 0,94261 |
| 1,10 | 0,95135 | 1,35 | 0,89115 | 1,60 | 0,89352 | 1,85 | 0,94561 |
| 1,11 | 0,94740 | 1,36 | 0,89018 | 1,61 | 0,89468 | 1,86 | 0,94869 |
| 1,12 | 0,94359 | 1,37 | 0,88931 | 1,62 | 0,89592 | 1,87 | 0,95184 |
| 1,13 | 0,93993 | 1,38 | 0,88854 | 1,63 | 0,89724 | 1,88 | 0,95507 |
| 1,14 | 0,93042 | 1,39 | 0,88785 | 1,64 | 0,89864 | 1,89 | 0,95838 |
| 1,15 | 0,93304 | 1,40 | 0,88726 | 1,65 | 0,90012 | 1,90 | 0,96177 |
| 1,16 | 0,92980 | 1,41 | 0,88676 | 1,66 | 0,90167 | 1,91 | 0,96523 |
| 1,17 | 0,92670 | 1,42 | 0,88636 | 1,67 | 0,90330 | 1,92 | 0,96877 |
| 1,18 | 0,92373 | 1,43 | 0,88604 | 1,68 | 0,90500 | 1,93 | 0,97240 |
| 1,19 | 0,02089 | 1,44 | 0,88581 | 1,69 | 0,90678 | 1,94 | 0,97610 |
| 1,20 | 0,91817 | 1,45 | 0,88566 | 1,70 | 0,90864 | 1,95 | 0,97988 |
| 1,21 | 0,91558 | 1,46 | 0,88560 | 1,71 | 0,91057 | 1,96 | 0,98374 |
| 1,22 | 0,91311 | 1,47 | 0,88663 | 1,72 | 0,91258 | 1,97 | 0,98768 |
| 1,23 | 0,91075 | 1,48 | 0,88575 | 1,73 | 0,91467 | 1,98 | 0,99171 |
| 1,24 | 0,90852 | 1,49 | 0,88595 | 1,74 | 0,91683 | 1,99 | 0,99581 |
|  |  |  |  |  |  | 2,00 | 1,00000 |

Таблица 2

***t*2**

-

**π**

**2**

**1**

# Значения функции j(*t*) =*e* 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *t* |  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0,0 | 0, | 3989 | 3989 | 3989 | 3988 | 3986 | 3984 | 3382 | 3980 | 3977 | 3973 |
| 0,1 | 0, | 3970 | 3965 | 3961 | 3956 | 3951 | 3945 | 3939 | 3932 | 3925 | 3918 |
| 0,2 | 0, | 3910 | 3902 | 3894 | 1885 | 3876 | 3867 | 3857 | 3847 | 3836 | 3825 |
| 0,3 | 0, | 3814 | 3802 | 3790 | 3778 | 3765 | 3752 | 3739 | 3725 | 3712 | 3697 |
| 0,4 | 0, | 3683 | 3668 | 3653 | 3637 | 3621 | 3605 | 3589 | 3572 | 3555 | 3538 |
| 0,5 | 0, | 3521 | 3503 | 3485 | 3467 | 3448 | 3429 | 3410 | 3391 | 3372 | 3352 |
| 0,6 | 0, | 3332 | 3312 | 3292 | 3271 | 3251 | 3230 | 3209 | 3187 | 3166 | 3144 |
| 0,7 | 0, | 3123 | 3101 | 3079 | 3055 | 3034 | 3011 | 2989 | 2966 | 2943 | 2920 |
| 0,8 | 0, | 2897 | 2874 | 2853 | 2827 | 2803 | 2780 | 2756 | 2732 | 2709 | 2685 |
| 0,9 | 0, | 2661 | 2637 | 2613 | 2589 | 2555 | 2541 | 2516 | 2492 | 2468 | 2444 |
| 1,0 | 0, | 2420 | 2396 | 2371 | 2347 | 2323 | 2299 | 2275 | 2251 | 2227 | 2203 |
| 1,1 | 0, | 2179 | 2155 | 2131 | 2107 | 3083 | 2059 | 2036 | 2012 | 1989 | 1965 |
| 1,2 | 0, | 1942 | 1919 | 1895 | 1872 | 1849 | 1825 | 1804 | 1781 | 1758 | 1736 |
| 1,3 | 0, | 1714 | 1691 | 1659 | 1647 | 1626 | 1604 | 1582 | 1561 | 1539 | 1518 |
| 1,4 | 0, | 1497 | 1476 | 1456 | 1435 | 1415 | 1394 | 1374 | 1354 | 1334 | 1315 |
| 1,5 | 0, | 1295 | 1276 | 1257 | 1238 | 1219 | 1230 | 1182 | 1163 | 1145 | 1127 |
| 1,6 | 0, | 1109 | 1092 | 1074 | 1057 | 1040 | 1023 | 1006 | 0989 | 0973 | 0957 |
| 1,7 | 0,0 | 9405 | 9246 | 9089 | 8933 | 8780 | 8628 | 8478 | 8329 | 8183 | 8038 |
| 1,8 | 0,0 | 7895 | 7754 | 7614 | 7477 | 7341 | 7205 | 7074 | 6943 | 6814 | 6687 |
| 1,9 | 0,0 | 3562 | 6438 | 6316 | 3195 | 6077 | 5959 | 5844 | 5730 | 5618 | 5503 |
| 2,0 | 0,0 | 5399 | 5292 | 5186 | 5082 | 4980 | 4879 | 4780 | 4682 | 4586 | 4491 |
| 2,1 | 0,0 | 4398 | 4307 | 4217 | 4128 | 4041 | 3955 | 3871 | 3788 | 3706 | 3626 |
| 2,2 | 0, | 3547 | 3470 | 3394 | 3319 | 3246 | 3174 | 3103 | 3034 | 2965 | 2898 |
| 2,3 | 0,0 | 2833 | 2768 | 2705 | 2643 | 2582 | 2522 | 2463 | 2406 | 2349 | 2294 |
| 2,4 | 0,0 | 2239 | 2186 | 2134 | 2083 | 2033 | 1984 | 1936 | 1888 | 1842 | 1797 |
| 2,5 | 0,0 | 1753 | 1709 | 1667 | 1625 | 1585 | 1545 | 1506 | 1468 | 1431 | 1394 |
| 2,6 | 0,0 | 1358 | 1324 | 1289 | 1256 | 1223 | 1191 | 1160 | 1130 | 1100 | 1071 |
| 2,7 | 0,0 | 1042 | 1014 | 0987 | 0961 | 0935 | 0909 | 0885 | 0861 | 0837 | 0814 |
| 2,8 | 0,00 | 7915 | 7696 | 7483 | 7274 | 7071 | 6873 | 6679 | 6491 | 6307 | 6127 |
| 2,9 | 0,00 | 5952 | 5782 | 5616 | 5454 | 5296 | 5143 | 4993 | 4847 | 4705 | 4567 |
| 3,0 | 0,00 | 4432 | 4301 | 4173 | 4049 | 3928 | 3810 | 3695 | 3584 | 3475 | 3370 |
| 3, | 0,00 | 4432 | 3267 | 2384 | 1723 | 1232 | 0873 | 0612 | 0425 | 0292 | 0199 |
| 4, | 0,03 | 1338 | 0893 | 0589 | 0385 | 0249 | 0160 | 0101 | 0064 | 0040 | 0024 |
| 5, | 0,05 | 1487 | 0897 | 0536 | 0317 | 0186 | 0108 | 0062 | 0035 | 0020 | 0011 |

Таблица 3

# Нормированная функция ЛапласаФ0( )*z* = 1 *z e*-*z*22 ¶*z*2p 0

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *z* | Сотые доли для *z* | | | | | | |  | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0,0 | 0,0000 | 040 | 080 | 120 | 160 | 199 | 239 | 279 | 319 | 359 |
| 0,1 | 0,0398 | 438 | 478 | 517 | 557 | 596 | 636 | 675 | 714 | 753 |
| 0,2 | 0,0793 | 832 | 871 | 910 | 948 | 987 | .026 | 064 | 103 | 141 |
| 0,3 | 0,1179 | 217 | 255 | 293 | 331 | 368 | 406 | 443 | 480 | 517 |
| 0,4 | 0,1554 | 591 | 628 | 664 | 700 | 736 | 772 | 808 | 844 | 879 |
| 0,5 | 0,1915 | 950 | 985 | .019 | 054 | 088 | 123 | 157 | 190 | 224 |
| 0,6 | 0,2257 | 291 | 324 | 357 | 389 | 422 | 454 | 486 | 517 | 549 |
| 0,7 | 0,2580 | 611 | 642 | 673 | 703 | 734 | 764 | 794 | 823 | 852 |
| 0,8 | 0,2881 | 910 | 939 | 967 | 995 | .023 | 051 | 078 | 106 | 133 |
| 0,9 | 0,3159 | 186 | 212 | 238 | 264 | 289 | 315 | 340 | 365 | 389 |
| 1,0 | 0,3413 | 437 | 461 | 485 | 508 | 583 | 554 | 577 | 599 | 621 |
| 1,1 | 0,3643 | 665 | 686 | 708 | 729 | 749 | 770 | 790 | 810 | 830 |
| 1,2 | 0,3849 | 869 | 888 | 907 | 925 | 944 | 962 | 980 | 997 | .015 |
| 1,3 | 0,4032 | 049 | 066 | 082 | 099 | 115 | 131 | 147 | 162 | 177 |
| 1,4 | 0,4192 | 207 | 222 | 236 | 251 | 265 | 279 | 292 | 306 | 319 |
| 1,5 | 0,4332 | 345 | 357 | 370 | 382 | 394 | 406 | 418 | 429 | 441 |
| 1,6 | 0,4452 | 463 | 474 | 484 | 495 | 505 | 515 | 525 | 535 | 545 |
| 1,7 | 0,4554 | 564 | 573 | 582 | 591 | 599 | 608 | 616 | 625 | 633 |
| 1,8 | 0,4641 | 649 | 656 | 664 | 671 | 678 | 686 | 693 | 699 | 706 |
| 1,9 | 0,4713 | 719 | 726 | 732 | 738 | 744 | 750 | 756 | 761 | 767 |
| 2,0 | 0,4772 | 778 | 783 | 788 | 793 | 798 | 803 | 808 | 812 | 817 |
| 2,1 | 0,4821 | 826 | 830 | 834 | 838 | 842 | 846 | 850 | 854 | 857 |
| 2,2 | 0,4860 | 864 | 867 | 871 | 874 | 877 | 880 | 883 | 886 | 889 |
| 2,3 | 0,4892 | 895 | 898 | 900 | 903 | 906 | 908 | 911 | 913 | 915 |
| 2,4 | 0,4918 | 920 | 922 | 924 | 926 | 928 | 930 | 932 | 934 | 936 |
| 2,5 | 0,4937 | 939 | 941 | 942 | 944 | 946 | 947 | 949 | 950 | 952 |
| 2,6 | 0,4953 | 954 | 956 | 957 | 958 | 959 | 960 | 962 | 963 | 964 |
| 2,7 | 0,4965 | 966 | 967 | 968 | 969 | 970 | 971 | 971 | 972 | 973 |
| 2,8 | 0,4974 | 975 | 975 | 976 | 977 | 978 | 979 | 979 | 980 | 980 |
| 2,9 | 0,4981 | 981 | 982 | 983 | 983 | 984 | 984 | 985 | 985 | 986 |
| 3,0 | 0,4986 | 986 | 987 | 987 | 988 | 988 | 988 | 989 | 989 | 989 |
| 3,1 | 0,4990 | 990 | 990 | 991 | 991 | 991 | 992 | 992 | 992 | 992 |

Окончание табл. 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *z* |  |  |  | Сотые доли для *z* | | | |  |  |  |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 3,2 | 0,4993 | 993 | 993 | 993 | 994 | 994 | 994 | 994 | 994 | 994 |
| 3,3 | 0,4995 | 995 | 995 | 995 | 995 | 996 | 996 | 996 | 996 | 996 |
| 3,4 | 0,4996 | 996 | 996 | 996 | 997 | 997 | 997 | 997 | 997 | 997 |
| 3,5 | 0,4997 | 997 | 997 | 997 | 997 | 998 | 998 | 998 | 998 | 998 |
| 3,6 | 0,4998 | 998 | 998 | 998 | 998 | 998 | 998 | 998 | 998 | 998 |
| 3,7 | 0,4998 | 998 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 |
| 3,8 | 0,4999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 |
| 3,9 | 0,4999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 |
| 4,0 | 0,4999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 |
| 4,1 | 0,4999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 |
| 4,2 | 0,4999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 |
| 4,3 | 0,4999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 |
| 4,4 | 0,4999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 |
| 4,5 | 0,4999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 |
| 5,0 | 0,4999 |  |  |  | | | |  |  |  |

*Примечание*. В табл. 3 заданы лишь три последних десятичных знака из четырех; первый из них записан в графе "0" данной строки. Если перед последними тремя десятичными знаками стоит точка, то это означает, что первый десятичный знак надо смотреть в графе "0" следующей строки. Например, для *z* = 0,53 имеем Ф0(0,53) = 0,2019 (а не 0,1019).

# Таблица 4 Квантили нормального распределения *u*1-*P* = -*uP*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Р* | *uP* | *zP* | *Р* | *uP* | *zP* |
| 0,50 | 0 | 0,674 | 0,82 | 0,915 | 1,341 |
| 0,51 | 0,025 | 0,690 | 0,83 | 0,954 | 1,372 |
| 0,52 | 0,050 | 0,706 | 0,84 | 0,994 | 1,405 |
| 0,53 | 0,075 | 0,722 | 0,85 | 1,036 | 1,440 |
| 0,54 | 0,100 | 0,739 | 0,85 | 1,080 | 1,476 |
| 0,55 | 0,126 | 0,755 | 0,87 | 1126 | 1,514 |
| 0,56 | 0,151 | 0,772 | 0,88 | 1175 | 1,555 |
| 0,57 | 0,176 | 0,789 | 0,89 | 1,227 | 1,598 |
| 0,58 | 0,202 | 0,806 | 0,90 | 1,282 | 1,645 |
| 0,59 | 0,228 | 0,824 | 0,91 | 1,341 | 1,695 |
| 0,60 | 0,253 | 0,842 | 0,92 | 1,405 | 1,751 |
| 0,61 | 0,279 | 0,860 | 0,925 | 1,440 | 1,780 |
| 0,62 | 0,305 | 0,878 | 0,93 | 1,476 | 1,812 |
| 0,63 | 0,332 | 0,896 | 0,94 | 1,555 | 1,881 |
| 0,64 | 0,358 | 0,915 | 0,95 | 1,645 | 1,969 |
| 0,65 | 0,385 | 0,935 | 0,96 | 1,751 | 2,054 |
| 0,66 | 0,412 | 0,954 | 0,97 | 1,881 | 2,170 |
| 0,67 | 0,440 | 0,974 | 0,975 | 1,960 | 2,241 |
| 0,68 | 0,468 | 0,994 | 0,980 | 2,054 | 2,326 |
| 0,69 | 0,496 | 1,015 | 0,990 | 2,326 | 2,576 |
| 0,70 | 0,524 | 1,036 | 0,991 | 2,366 | 2,612 |
| 0,71 | 0,553 | 1,058 | 0,992 | 2,409 | 2,652 |
| 0,72 | 0,583 | 1,080 | 0,993 | 2,457 | 2,697 |
| 0,73 | 0,613 | 1,103 | 0,994 | 2,512 | 2,748 |
| 0,74 | 0,643 | 1,126 | 0,995 | 1,570 | 2,807 |
| 0,75 | 0,674 | 1,150 | 0,996 | 2,652 | 2,878 |
| 0,70 | 0,706 | 1,175 | 0,997 | 2,748 | 2,968 |
| 0,77 | 0,739 | 1,200 | 0,9975 | 2,807 | 3,024 |
| 0,78 | 0,772 | 1,227 | 0,9980 | 2,878 | 3,090 |
| 0,79 | 0,806 | 1,254 | 0,9990 | 3,090 | 3,291 |
| 0,80 | 0,842 | 1,282 | 0,9995 | 3,291 | 3,480 |
| 0,81 | 0,878 | 1,311 | 0,9999 | 3,719 | 3,885 |

Таблица 5

# Квантили распределения хи-квадрат

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *k* | Вероятность *P* | | | | | | | | |
| 0,001 | 0,005 | 0,01 | 0,025 | 0,05 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 |
| 1 | 0,16·10–5 | 0,39·10–4 | 0,16·10–3 | 0,98·10–3 | 0,39·10–2 | 0,016 | 0,064 | 0,15 | 0,27 |
| 2 | 0,2·10–2 | 0,01 | 0,02 | 0,051 | 0,103 | 0,211 | 0,446 | 0,71 | 1,02 |
| 3 | 0,024 | 0,072 | 0,115 | 0,216 | 0,352 | 0,584 | 1,01 | 1,42 | 1,87 |
| 4 | 0,091 | 0,207 | 0,297 | 0,484 | 0,711 | 1,06 | 1,65 | 2,19 | 2,75 |
| 5 | 0,21 | 0,412 | 0,554 | 0,831 | 1,15 | 1,61 | 2,34 | 3,00 | 3,66 |
| 6 | 0,381 | 0,676 | 0,872 | 1,24 | 1,64 | 2,20 | 3,07 | 3,83 | 4,57 |
| 7 | 0,598 | 0,989 | 1,24 | 1,69 | 2,17 | 2,83 | 3,82 | 4,67 | 5,49 |
| 8 | 0,857 | 1,34 | 1,65 | 2,18 | 2,73 | 3,49 | 4,59 | 5,53 | 6,42 |
| 9 | 1,15 | 1,73 | 2,09 | 2,70 | 3,33 | 4,17 | 5,38 | 6,39 | 7,36 |
| 10 | 1,48 | 2,16 | 2,56 | 3,25 | 3,94 | 4,87 | 6,18 | 7,27 | 8,30 |
| 11 | 1,83 | 2,60 | 3,05 | 3,82 | 4,57 | 5,58 | 6,99 | 8,15 | 9,24 |
| 12 | 2,21 | 3,07 | 3,57 | 4,40 | 5,23 | 6,30 | 7,81 | 9,03 | 10,2 |
| 13 | 2,62 | 3,57 | 4,11 | 5,01 | 5,89 | 7,04 | 8,63 | 9,93 | 11,1 |
| 14 | 3,04 | 4,07 | 4,66 | 5,63 | 6,57 | 7,79 | 9,47 | 10,8 | 12,1 |
| 15 | 3,48 | 4,60 | 5,23 | 6,26 | 7,26 | 8,55 | 10,3 | 11,7 | 13,0 |
| 16 | 3,94 | 5,14 | 5,81 | 6,91 | 7,96 | 9,31 | 11,2 | 12,6 | 14,0 |
| 18 | 4,90 | 6,26 | 7,01 | 8,23 | 9,39 | 10,9 | 12,9 | 14,4 | 15,9 |
| 20 | 5,92 | 7,43 | 8,26 | 9,59 | 10,9 | 12,4 | 14,6 | 16,3 | 17,8 |
| 22 | 6,98 | 8,64 | 9,54 | 11,0 | 12,3 | 14,0 | 16,3 | 18,1 | 19,7 |
| 24 | 8,08 | 9,89 | 10,9 | 12,4 | 13,8 | 15,7 | 18,1 | 19,9 | 21,7 |
| 26 | 9,22 | 11,2 | 12,2 | 13,8 | 15,4 | 17,3 | 19,8 | 21,8 | 23,6 |
| 28 | 10,4 | 12,5 | 13,6 | 15,3 | 16,9 | 18,9 | 21,6 | 23,6 | 25,5 |
| 30 | 11,6 | 13,8 | 15,0 | 16,8 | 18,5 | 20,6 | 23,4 | 25,5 | 27,4 |
| 35 | 14,7 | 17,2 | 18,5 | 20,6 | 22,5 | 24,8 | 27,8 | 30,2 | 32,3 |
| 40 | 17,9 | 20,7 | 22,2 | 24,4 | 26,5 | 29,1 | 32,3 | 34,9 | 37,1 |
| 45 | 21,3 | 24,3 | 25,9 | 28,4 | 30,6 | 33,4 | 36,9 | 39,6 | 42,0 |
| 50 | 24,7 | 28,0 | 29,7 | 32,4 | 34,8 | 37,7 | 41,4 | 44,3 | 46,9 |
| 55 | 28,2 | 31,7 | 33,6 | 36,4 | 39,0 | 42,1 | 46,0 | 49,1 | 51,7 |
| 60 | 31,7 | 35,5 | 37,5 | 40,5 | 43,2 | 46,5 | 50,6 | 53,8 | 56,6 |
| 65 | 35,4 | 39,4 | 41,4 | 44,6 | 47,4 | 50,9 | 55,3 | 58,6 | 61,5 |
| 70 | 39,0 | 43,3 | 45,4 | 48,8 | 51,7 | 55,3 | 59,9 | 63,3 | 66,4 |
| 75 | 42,8 | 47,2 | 49,5 | 52,9 | 56,1 | 59,8 | 64,5 | 68,1 | 71,3 |
| 80 | 46,5 | 51,2 | 53,5 | 57,2 | 60,4 | 64,3 | 69,2 | 72,9 | 76,2 |
| 85 | 50,3 | 55,2 | 57,6 | 61,4 | 64,7 | 68,8 | 73,9 | 77,7 | 81,1 |
| 90 | 54,2 | 59,2 | 61,8 | 65,6 | 69,1 | 73,3 | 78,6 | 82,5 | 86,0 |
| 95 | 58,0 | 63,2 | 65,9 | 69,9 | 73,5 | 77,8 | 83,2 | 87,3 | 90,9 |
| 100 | 61,9 | 67,3 | 70,1 | 74,2 | 77,9 | 82,4 | 87,9 | 92,1 | 95,8 |

Окончание табл. 5

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *k* |  |  |  |  | Вероятность *P* | | | | | |
| 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,95 | 0,975 | 0,99 | 0,995 | 0,999 |
| 1 | 0,45 | 0,71 | 1,07 | 1,64 | 2,71 | 3,84 | 5,02 | 6,63 | 7,88 | 10,8 |
| 2 | 1,39 | 1,83 | 2,41 | 3,22 | 4,61 | 5,99 | 7,38 | 9,21 | 10,6 | 13,8 |
| 3 | 2,37 | 2,95 | 3,66 | 4,64 | 6,25 | 7,81 | 9,35 | 11,3 | 12,8 | 16,3 |
| 4 | 3,36 | 4,04 | 4,88 | 5,99 | 7,78 | 9,49 | 11,1 | 13,3 | 14,9 | 18,5 |
| 5 | 4,35 | 5,13 | 6,06 | 7,29 | 9,24 | 11,1 | 12,8 | 15,1 | 16,7 | 20,5 |
| 6 | 5,35 | 6,21 | 7,23 | 8,56 | 10,6 | 12,6 | 14,4 | 16,8 | 18,5 | 22,5 |
| 7 | 6,35 | 7,28 | 8,38 | 9,8 | 12,0 | 14,1 | 16,0 | 18,5 | 20,3 | 24,3 |
| 8 | 7,34 | 8,35 | 9,5 | 11,0 | 13,4 | 15,5 | 17,5 | 20,1 | 22,0 | 26,1 |
| 9 | 8,34 | 9,4 | 10,7 | 12,2 | 14,7 | 16,9 | 19,0 | 21,7 | 23,6 | 27,9 |
| 10 | 9,3 | 10,5 | 11,8 | 13,4 | 16,0 | 18,3 | 20,5 | 23,2 | 25,2 | 29,6 |
| 11 | 10,3 | 11,5 | 12,9 | 14,6 | 17,3 | 19,7 | 21,9 | 24,7 | 26,8 | 31,3 |
| 12 | 11,3 | 12,6 | 14,0 | 15,8 | 18,5 | 21,0 | 23,3 | 26,2 | 28,3 | 32,9 |
| 13 | 12,3 | 13,6 | 15,1 | 17,0 | 19,8 | 22,4 | 24,7 | 27,7 | 29,8 | 34,5 |
| 14 | 13,3 | 14,7 | 16,2 | 18,2 | 21,1 | 23,7 | 26,1 | 29,1 | 31,3 | 36,1 |
| 15 | 14,3 | 15,7 | 17,3 | 19,3 | 22,3 | 25,0 | 27,5 | 30,6 | 32,8 | 37,7 |
| 16 | 15,3 | 16,8 | 18,4 | 20,5 | 23,5 | 26,3 | 28,8 | 32,0 | 34,3 | 39,3 |
| 18 | 17,3 | 18,9 | 20,6 | 22,8 | 26,0 | 28,9 | 31,5 | 34,8 | 37,2 | 42,3 |
| 20 | 19,3 | 21,0 | 22,8 | 25,0 | 28,4 | 31,4 | 34,2 | 37,6 | 40,0 | 45,3 |
| 22 | 21,3 | 23,0 | 24,9 | 27,3 | 30,8 | 33,9 | 36,8 | 40,3 | 42,8 | 48,3 |
| 24 | 23,3 | 25,1 | 27,1 | 29,6 | 33,2 | 36,4 | 39,4 | 43,0 | 45,6 | 51,2 |
| 26 | 25,3 | 27,2 | 29,2 | 31,8 | 35,6 | 38,9 | 41,9 | 45,6 | 48,3 | 54,1 |
| 28 | 27,3 | 29,2 | 31,4 | 34,0 | 37,9 | 41,3 | 44,5 | 48,3 | 51,0 | 56,9 |
| 30 | 29,3 | 31,3 | 33,5 | 36,3 | 40,3 | 43,8 | 47,0 | 50,9 | 53,7 | 59,7 |
| 35 | 34,3 | 36,5 | 38,9 | 41,8 | 46,1 | 49,8 | 53,2 | 57,3 | 60,3 | 66,6 |
| 40 | 39,3 | 41,6 | 44,2 | 47,3 | 51,8 | 55,8 | 59,3 | 63,7 | 66,8 | 73,4 |
| 45 | 44,3 | 46,8 | 49,5 | 52,7 | 57,5 | 61,7 | 65,4 | 70,0 | 73,2 | 80,1 |
| 50 | 49,3 | 51,9 | 54,7 | 58,2 | 63,2 | 67,5 | 71,4 | 76,2 | 79,5 | 86,7 |
| 55 | 54,3 | 57,0 | 60,0 | 63,6 | 68,8 | 73,3 | 77,4 | 82,3 | 85,7 | 93,2 |
| 60 | 59,3 | 62,1 | 65,2 | 69,0 | 74,4 | 79,1 | 83,3 | 88,4 | 92,0 | 99,6 |
| 65 | 64,3 | 67,2 | 70,5 | 74,4 | 80,0 | 84,8 | 89,2 | 94,4 | 98,1 | 106,0 |
| 70 | 69,3 | 72,4 | 75,7 | 79,7 | 85,5 | 90,5 | 95,0 | 100,4 | 104,2 | 112,3 |
| 75 | 74,3 | 77,5 | 80,9 | 85,1 | 91,1 | 96,2 | 100,8 | 106,4 | 110,3 | 118,6 |
| 80 | 79,3 | 82,6 | 86,1 | 90,4 | 96,6 | 101,9 | 106,6 | 112,3 | 116,3 | 124,8 |
| 85 | 84,3 | 87,7 | 91,3 | 95,7 | 102,1 | 107,5 | 112,4 | 118,2 | 122,3 | 131,0 |
| 90 | 89,3 | 92,8 | 96,5 | 101,1 | 107,6 | 113,1 | 118,1 | 124,1 | 128,3 | 137,2 |
| 95 | 94,3 | 97,9 | 101,7 | 106,4 | 113,0 | 118,8 | 123,9 | 130,0 | 134,2 | 143,3 |
| 100 | 99,3 | 102,9 | 106,9 | 111,7 | 118,5 | 124,3 | 129,6 | 135,8 | 140,2 | 149,4 |

# Таблица 6Нормированная функция нормального распределения Ф(*t*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***t*** | 0,0 | - 0,1 | - 0,2 | - 0,3 | - 0,4 | - 0,5 | - 0,6 | - 0,7 | - 0,8 | - 0,9 |
| **Ф(*t*)** | 0,500 | 0,460 | 0,421 | 0,382 | 0,345 | 0,309 | 0,242 | 0,242 | 0,212 | 0,184 |
| ***t*** | - 1,0 | - 1,1 | - 1,2 | - 1,3 | - 1,4 | - 1,5 | - 1,6 | - 1,7 | - 1,8 | - 1,9 |
| **Ф(*t*)** | 0,159 | 0,138 | 0,115 | 0,097 | 0,081 | 0,067 | 0,055 | 0,045 | 0,036 | 0,029 |
| ***t*** | - 2,0 | - 2,1 | - 2,2 | - 2,3 | - 2,4 | - 2,5 | - 2,6 | - 2,7 | - 2,8 | - 2,9 |
| **Ф(*t*)** | 0,023 | 0,018 | 0,014 | 0,011 | 0,008 | 0,006 | 0,005 | 0,004 | 0,003 | 0,002 |
| ***t*** | - 3,0 | - 3,1 | - 3,2 | - 3,3 | - 3,4 | - 3,5 | - 3,6 | - 3,7 | - 3,8 | - 3,9 |
| **Ф(*t*)** | 0,0013 | 0,0011 | 0,0007 | 0,0005 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,000 |
| ***t*** | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| **Ф(*t*)** | 0,500 | 0,540 | 0,579 | 0,618 | 0,655 | 0,691 | 0,726 | 0,758 | 0,788 | 0,816 |
| ***t*** | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 |
| **Ф(*t*)** | 0,841 | 0,864 | 0,885 | 0,903 | 0,919 | 0,933 | 0,945 | 0,955 | 0,964 | 0,971 |
| ***t*** | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 |
| **Ф(*t*)** | 0,977 | 0,982 | 0,986 | 0,989 | 0,992 | 0,994 | 0,995 | 0,996 | 0,997 | 0,998 |
| ***t*** | 3,0 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 3,6 | 3,7 | 3,8 | 3,9 |
| **Ф(*t*)** | 0,9987 | 0,9990 | 0,9993 | 0,9995 | 0,9997 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9999 | 0,9999 | 1,000 |

Таблица 7

# Случайное распределение Стьюдента

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Нормальное распределение | | |
| Квантиль  *uP* | Вероятность безотказной работы *Р*(*t*) | Квантиль  *uP* | Вероятность безотказной работы *Р*(*t*) |
| 0,000 | 0,5000 | - 1,751 | 0,9600 |
| - 0,100 | 0,5398 | - 1,800 | 0,9641 |
| - 0,126 | 0,5500 | - 1,881 | 0,9700 |
| - 0,200 | 0,5793 | - 2,000 | 0,9772 |
| - 0,253 | 0,6000 | - 2,054 | 0,9800 |
| - 0,300 | 0,6179 | - 2,100 | 0,9821 |
| - 0,385 | 0,6500 | - 2,170 | 0,9850 |
| - 0,400 | 0,6554 | - 2,200 | 0,9861 |
| - 0,500 | 0,6915 | - 2,300 | 0,9893 |
| - 0,524 | 0,7000 | - 2,326 | 0,9900 |
| - 0,600 | 0,7257 | - 2,400 | 0,9918 |
| - 0,674 | 0,7500 | - 2,409 | 0,9920 |
| - 0,700 | 0,7580 | - 2,500 | 0,9938 |
| - 0,800 | 0,7881 | - 2,576 | 0,9950 |
| - 0,842 | 0,8000 | - 2,600 | 0,9953 |
| - 0,900 | 0,8159 | - 2,652 | 0,9960 |
| - 1,000 | 0,8413 | - 2,700 | 0,9965 |
| - 1,036 | 0,8500 | - 2,748 | 0,9970 |
| - 1,100 | 0,8643 | - 2,800 | 0,9974 |
| - 1,200 | 0,8849 | - 2,878 | 0,9980 |
| - 1,282 | 0,9000 | - 2,900 | 0,9981 |
| - 1,300 | 0,9032 | - 3,000 | 0,9986 |
| - 1,400 | 0,9192 | - 3,090 | 0,9990 |
| - 1,500 | 0,9332 | - 3,291 | 0,9995 |
| - 1,600 | 0,9452 | - 3,500 | 0,9998 |
| - 1,645 | 0,9500 | - 3,719 | 0,9999 |
| - 1,700 | 0,9554 |  |  |

*Примечание.* 1. Под *t* понимается время или другие случайные величины. 2. Для логарифмически нормального распределения *uP* = (ln *t* – М.О.) / *S€*.

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

**ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ** ................................................................................. 3

**ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЙ** ........................................................................................ 4

**Задача 1** ........................................................................................................ 4

**Задача 2** ........................................................................................................ 4

**Задача 3** ........................................................................................................ 5

**Задача 4** ........................................................................................................ 6

**Задача 5** ........................................................................................................ 6

**Задача 6** ........................................................................................................ 7

**Задача 7** ........................................................................................................ 7

**Задача 8** ........................................................................................................ 8

**Задача 9** ........................................................................................................ 8

**Задача 10** ........................................................................................................ 9

**Задача 11** ........................................................................................................ 9

**Задача 12** ...................................................................................................... 10

**Задача 13** ...................................................................................................... 10

**Задача 14** ...................................................................................................... 11

**Задача 15** ...................................................................................................... 11

**Задача 16** ...................................................................................................... 12

**Задача 17** ...................................................................................................... 12

**Задача 18** ...................................................................................................... 12 **Задача 19** ...................................................................................................... 13

**Список рекомендуемой литературы**......................................................... 14

**Приложение 1** .............................................................................................. 15

**Приложение 2** .............................................................................................. 26