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