

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего профессионального образования  
«Волгоградский государственный технический университет»  
Факультет автомобильного транспорта  
Кафедра «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей»

**ПРОГРАММА КУРСА**

Основы теории надежности и диагностики

(наименование дисциплины)

23.03.03 – «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»

(направление подготовки)

Профиль: «Автомобили и автомобильное хозяйство»

**Факультет подготовки инженерных кадров**

Форма обучения

|                                      | Форма обучения |                    |
|--------------------------------------|----------------|--------------------|
|                                      | Заочная        | Заочно-сокращенная |
| Курс                                 |                | 3                  |
| Семестр                              |                | 5                  |
| Число зачетных единиц                |                | 3                  |
| Всего часов по учебному плану, час.  |                | 108                |
| Всего часов аудиторных занятий, час. |                | 10                 |
| Лекции, час                          |                | 4                  |
| Практические занятия, час            |                | 6                  |
| Контрольная работа, шт.              |                | 1                  |
| Экзамен (семестр)                    |                | –                  |
| Зачет (курс)                         |                | 3                  |

Разработал Доцент Чернышов К. В. e-mail: [chernykv@rambler.ru](mailto:chernykv@rambler.ru)

Зав. кафедрой ТЭРА Захаров Е.А.

Волгоград 2017

## *1. Аннотация дисциплины*

Целью преподавания дисциплины «Основы теории надежности и диагностики» является ознакомление студентов с основными понятиями теории надежности, в том числе количественными показателями надежности как характеристиками качества технических объектов, с методами определения количественных показателей надежности как по заданным закономерностям отказов в виде законов распределения отказов, так и по результатам испытаний и эксплуатации, с методами расчета показателей надежности технических систем по структурным схемам надежности, с методами оценки качества продукции, с методами планирования испытаний на надежность, а также с методами и средствами диагностирования технических объектов.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- 1) ознакомиться с общими понятиями теории надежности и диагностики;
- 2) приобрести знания об основных причинах изменения технического состояния и отказов технических объектов и систем;
- 3) освоить основные теоремы и принципы теории вероятностей и статистики, используемые при оценке надежности технических объектов и систем;
- 4) освоить методы определения основных количественных показателей надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых технических объектов и систем;
- 5) изучить модели распределений, используемых при оценке надежности технических объектов и систем, и области их применения;
- 6) освоить способы определения законов распределений, а также оценки основных показателей надежности и параметров их распределений по результатам эксплуатации и экспериментальным данным;
- 7) освоить методы определения основных показателей надежности технических систем по структурным схемам с различными видами соединения элементов;
- 8) освоить методики расчета номенклатуры и количества запасных частей технических объектов и систем;
- 9) приобрести знания о целях и методах испытаний эксплуатационной надежности технических объектов и систем;
- 10) изучить цели и методы диагностирования технических объектов и систем;
- 11) ознакомиться со средствами измерения диагностических параметров и видами диагностического оборудования,
- 12) приобрести навыки в решении задач теории вероятностей и статистики;
- 13) приобрести навыки в определении основных количественных показателей надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых технических объектов и систем;
- 14) приобрести навыки в определении законов распределений, а также оценок основных показателей надежности и параметров их распределений по результатам экспериментов;
- 15) приобрести навыки в определении основных показателей надежности технических объектов и систем с различными видами соединения элементов в структурных схемах;
- 16) приобрести навыки в проведении расчетов требуемого количества запасных частей;
- 17) приобрести навыки в планировании статистического контроля качества продукции.

**2. Содержание учебной дисциплины  
«Основы теории надежности и диагностики»**

*Таблица.1*

| №<br>темы | Наименование темы  |
|-----------|--|
| 1         | 2  |
| 1         | <p><b>Основные понятия теории надежности. термины и определения</b></p> <p>1.1. Общие понятия теории надежности.<br/>           1.2. Состояния объекта.<br/>           1.3. Классификация отказов.<br/>           1.4. Техническое обслуживание и ремонт.<br/>           1.5. Временные понятия теории надежности.</p>   |
| 2         | <p><b>Физические причины изменения технического состояния и отказов технических объектов и систем</b></p> <p>2.1. Причины изменения технического состояния и отказов механических систем.<br/>           2.2. Причины изменения технического состояния и отказов гидравлических и пневматических систем.<br/>           2.3. Причины изменения технического состояния и отказов электрических систем и систем электронного оборудования.</p>   |
| 3         | <p><b>Основы теории вероятностей и статистики, используемые в теории надежности и диагностики</b></p> <p>3.1. Общие понятия теории вероятностей.<br/>           3.2. Вероятность события и частота события.<br/>           3.3. Вероятность определенного сочетания элементов различных типов в выборке.<br/>           3.4. Вероятность совместного появления событий.<br/>           3.5. Вероятность появления одного из несовместных событий.<br/>           3.6. Вероятность появления хотя бы одного из совместных событий.<br/>           3.7. Формула полной вероятности.<br/>           3.8. Формула Байеса.<br/>           3.9. Формула Бернулли.<br/>           3.10. Распределение дискретных случайных величин. Вероятностное и статистическое выражение законов распределения.<br/>           3.11. Распределение непрерывных случайных величин. Вероятностное и статистическое выражение законов распределения.<br/>           3.12. Числовые характеристики дискретных и непрерывных случайных величин. Вероятностные и статистические методы определения числовых характеристик.<br/>           3.13. Моменты случайных величин. Вероятностные и статистические методы их определения.<br/>           3.14. Точечные и интервальные оценки вероятностных величин. Свойства точечных оценок.<br/>           3.15. Точечные и интервальные оценки вероятностных величин. Интервальная оценка математического ожидания случайной величины.<br/>           3.16. Точечные и интервальные оценки вероятностных величин. Интервальная оценка вероятности события.<br/>           3.17. Равномерное дискретное распределение случайной величины. Параметры и числовые характеристики равномерного дискретного распределения.<br/>           3.18. Гипергеометрическое распределение случайной величины. Параметры и числовые характеристики гипергеометрического распределения.<br/>           3.19. Геометрическое распределение случайной величины. Параметры и числовые характеристики геометрического распределения.</p> |

| 1 | 2   |
|---|---|
|   | <p>3.20. Биномиальное распределение случайной величины. Параметры и числовые характеристики биномиального распределения.</p> <p>3.21. Распределение Пуассона. Параметры и числовые характеристики распределения Пуассона.</p> <p>3.22. Потоки событий и их основные характеристики. Распределение времени между событиями в потоке. Простейший поток событий и его особенности.</p> <p>3.23. Нормальное распределение случайной величины. Параметры и числовые характеристики нормального распределения.</p> <p>3.24. Равномерное непрерывное распределение случайной величины. Параметры и числовые характеристики равномерного непрерывного распределения.</p> <p>3.25. Определение закона распределения случайной величины по статистическим данным. Методы определения параметров выбранного закона.</p> <p>3.26. Определение закона распределения случайной величины по статистическим данным. Проверка правдоподобия гипотезы о выбранном законе.</p>   |
| 4 | <p><b>Показатели надежности технических объектов и методы их определения</b></p> <p>4.1. Показатели надежности и их классификация.</p> <p>4.2. Нарботка на отказ. Поток отказов. Показатели надежности восстанавливаемого объекта.</p> <p>4.3. Нарботка до отказа и характеристики ее распределения. Вероятностные и статистические методы определения характеристик.</p> <p>4.4. Экспоненциальное распределение наработки.</p> <p>4.5. Распределение Вейбулла.</p> <p>4.6. Нормальный закон распределения наработки.</p> <p>4.7. Ресурс и срок службы и характеристики их распределения. Вероятностные и статистические методы определения характеристик.</p> <p>4.8. Время восстановления и характеристики его распределения. Вероятностные и статистические методы определения характеристик.</p> <p>4.9. Срок сохраняемости и характеристики его распределения. Вероятностные и статистические методы определения характеристик.</p> <p>4.10. Комплексные показатели надежности. Вероятностные и статистические методы определения показателей.</p> <p>4.11. Интервальная оценка вероятности безотказной работы и вероятности отказа по частоте отказов при условии ее нормального распределения.</p> <p>4.12. Интервальная оценка вероятности безотказной работы и вероятности отказа по частоте отказов при условии биномиального распределения числа отказов.</p> <p>4.13. Односторонние доверительные пределы для функции надежности при биномиальном распределении и распределении Пуассона.</p> |
| 5 | <p><b>Основы теории резервирования</b></p> <p>5.1. Основные понятия теории резервирования.</p> <p>5.2. Основные виды и способы резервирования.</p> <p>5.3. Структурные схемы надежности. Виды соединения элементов в структурных схемах надежности.</p> <p>5.4. Расчет надежности системы с основным соединением элементов.</p> <p>5.5. Расчет надежности системы с постоянным резервированием с кратностью <math>n/1</math> (с параллельным соединением элементов).</p> <p>5.6. Расчет надежности мажоритарного соединения элементов и мостовой схемы соединения элементов.</p> <p>5.7. Расчет надежности при резервировании замещением с кратностью <math>n/1</math>.</p> <p>5.8. Расчет надежности при скользящем резервировании.</p> <p>5.9. Расчет показателей надежности по заданному критерию при нагрузочном резервировании.</p> <p>5.10. Выбор номенклатуры состава запасных частей.</p> <p>5.11. Методы расчета количественного состава ЗИП.</p>  |

| 1 | 2  |
|---|--|
| 6 | <p><b>Обеспечение, определение и контроль надежности</b></p> <p>6.1. Обеспечение надежности объекта на стадии проектирования. Методы распределения требований по надежности между элементами системы.</p> <p>6.2. Методы определения и контроля надежности технических объектов.</p> <p>6.3. Цель и виды испытаний технических объектов на надежность.</p> <p>6.4. Планы испытаний по определению надежности технических систем (планы определительных испытаний на надежность).</p> <p>6.5. Планирование статистического непараметрического контроля качества продукции, основанного на фиксированном объеме.</p> <p>6.6. Планирование статистического непараметрического контроля качества продукции, основанного на последовательном анализе.</p> <p>6.7. Планирование статистического параметрического контроля качества продукции, основанного на фиксированном объеме.</p> <p>6.8. Планирование статистического параметрического контроля качества продукции, основанного на последовательном анализе.</p> <p>6.9. Ускоренные испытания на надежность.</p> |
| 7 | <p><b>Диагностирование технических объектов и систем</b></p> <p>7.1. Диагностика. Основные термины и определения.</p> <p>7.2. Цели и методы диагностирования.</p> <p>7.3. Технические средства диагностирования.</p> <p>7.4. Определение технического состояния на основе прямых диагностических параметров и признаков.</p> <p>7.5. Определение вероятности технического состояния на основе косвенных диагностических параметров и признаков.</p>  |

### 3. Практические занятия

Таблица.2

| Номер занятия | Тема практического занятия  | Объем, час. |                |
|---------------|---|-------------|----------------|
|               |   | Заочная     | Заочно-сокращ. |
| 1             | Определение вероятностей случайных событий. Построение функций распределения и определение числовых характеристик дискретных и непрерывных случайных величин.   |             | 1              |
| 2             | Определение количественных показателей надежности объектов с заданным законом распределения наработки до отказа. Определение количественных показателей надежности восстанавливаемых объектов. Определение интервальных оценок показателей надежности   |             | 2              |
| 3             | Определение количественных показателей надежности объектов при различных видах структурного резервирования. Определение количественных показателей надежности объектов при нагрузочном резервировании. Определение количественных показателей надежности объектов расчетными методами. Расчет оптимального распределения требуемых показателей надежности между элементами технического объекта |             | 1              |
| 4             | Непараметрический контроль качества продукции.<br>Параметрический контроль качества продукции   |             | 1              |
| 5             | Определение вероятности технического состояния на основе косвенных диагностических параметров и признаков.  |             | 1              |
| ИТОГО         |   |             | 6              |

#### 4. Самостоятельная работа студентов

В течение семестра студенты выполняют контрольную работу «Определение надежности технического объекта по экспериментальным данным». Выполненная контрольная работа должна быть зарегистрирована в деканате ФПИК не позднее, чем за 1 неделю до зачетно-экзаменационной сессии.

В таблице, соответствующей варианту индивидуального задания, (табл. 5) представлены результаты испытаний  $n$  образцов некоторого технического объекта в течение времени  $t_{\text{исп}}$ . Предлагается, используя эти результаты, выполнить следующие пять этапов.

##### Этап 1

Построить статистический график функции распределения наработки технического объекта  $\hat{F}(t)$ , статистический график функции надежности  $\hat{R}(t)$ , гистограмму наработки  $\hat{f}(t)$  и статистический график интенсивности отказов  $\hat{\lambda}(t)$ .

##### Этап 2

Выбрать наиболее подходящий закон распределения наработки объекта, используя метод проверки гипотез. На построенные статистические графики нанести соответствующие вероятностные зависимости.

Для антимодальных распределений необходимо сделать выбор между экспоненциальным распределением и распределением Вейбулла. Для «стареющих» распределений необходимо сделать выбор между нормальным распределением и распределением Вейбулла.

##### Этап 3

Сделать вывод о виде наработки – наработка до отказа (продолжительность работы до первого отказа), ресурс (наработка до перехода в предельное состояние), срок службы (календарная продолжительность эксплуатации до перехода в предельное состояние) – и исследуемом этапе эксплуатации объекта (этап приработки, нормальной работы или старения). Обосновать вывод.

##### Этап 4

Определить статистическую оценку вероятности безотказной работы объекта в течение времени  $t_*$ , а затем, пользуясь полученными вероятностными зависимостями, определить вероятность безотказной работы объекта в течение времени  $t_*$ , а также  $\gamma$ -процентную наработку объекта.

Величина  $\gamma$  определяется предпоследней цифрой номера зачетной книжки по таблице 3. Например, номеру зачетной книжки 596784 соответствует вариант задания 8.

Таблица 3

|                       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Вариант задания       | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 0  |
| Значение $\gamma$ , % | 80 | 85 | 90 | 92 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 |

### Этап 5

Определить границы доверительного интервала  $T_n$  и  $T_B$  оценки средней наработки объекта при доверительной вероятности  $\beta$ , а также доверительные границы оценки вероятности безотказной работы  $r_n$  и  $r_B$  и отказа  $q_n$  и  $q_B$  объекта за время  $t_*$  при той же доверительной вероятности.

Доверительная вероятность  $\beta$  определяется последней цифрой номера зачетной книжки по таблице 4. Например, номеру зачетной книжки 596784 соответствует вариант задания 4.

Таблица 4

|                                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| Вариант задания                   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 0   |
| Доверительная вероятность $\beta$ | 0,91 | 0,92 | 0,93 | 0,94 | 0,95 | 0,96 | 0,97 | 0,98 | 0,99 | 0,9 |



Вариант таблицы со статистическими данными для всех заданий соответствует трем последним цифрам номера зачетной книжки.

Время испытаний  $t_{исп}$  совпадает с последним значением времени наблюдения в таблице. Например, заданию 009, 209, 409, 609, 809 соответствует  $t_{исп} = 1200$  ч.

Таблица 5

| Вариант задания         | Номер наблюдения               | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10   | 11   | 12   | 13  | 14  | 15 | $n$ | $t_*$ |
|-------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|----|-----|-------|
| 001, 201, 401, 601, 801 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | -   | -   | -  | 300 | 50    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 103 | 68  | 46  | 25  | 17  | 12  | 10  | 8   | 5   | 3    | 2    | 1    | -   | -   | -  |     |       |
| 002, 202, 402, 602, 802 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 30  | 60  | 90  | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | -    | -    | -    | -   | -   | -  | 210 | 10    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 140 | 40  | 13  | 10  | 4   | 2   | 0   | 0   | 1   | -    | -    | -    | -   | -   | -  |     |       |
| 003, 203, 403, 603, 803 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 40  | 80  | 120 | 160 | 200 | 240 | 280 | 320 | 360 | 400  | 440  | -    | -   | -   | -  | 510 | 15    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 212 | 148 | 72  | 41  | 17  | 9   | 6   | 3   | 1   | 0    | 1    | -    | -   | -   | -  |     |       |
| 004, 204, 404, 604, 804 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 | 325  | 350  | -    | -   | -   | -  | 350 | 160   |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 5   | 16  | 32  | 64  | 89  | 70  | 44  | 18  | 10   | 2    | -    | -   | -   | -  |     |       |
| 005, 205, 405, 605, 805 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 80  | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260  | 280  | 300  | 320 | 340 | -  | 470 | 150   |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 7   | 23  | 43  | 79  | 96  | 84  | 75  | 44   | 11   | 6    | 0   | 1   | -  |     |       |
| 006, 206, 406, 606, 806 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 10  | 20  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100  | 110  | 130  | -   | -   | -  | 850 | 5     |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 376 | 220 | 102 | 69  | 42  | 17  | 9   | 8   | 3   | 2    | 1    | 1    | -   | -   | -  |     |       |
| 007, 207, 407, 607, 807 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 12  | 24  | 36  | 48  | 60  | 72  | 84  | 96  | 108 | 120  | 132  | -    | -   | -   | -  | 310 | 30    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 7   | 15  | 32  | 42  | 45  | 71  | 38  | 24  | 22  | 11   | 3    | -    | -   | -   | -  |     |       |
| 008, 208, 408, 608, 808 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 50  | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500  | -    | -    | -   | -   | -  | 150 | 20    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 58  | 30  | 25  | 16  | 10  | 6   | 2   | 1   | 1   | 1    | -    | -    | -   | -   | -  |     |       |
| 009, 209, 409, 609, 809 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | -   | -   | -  | 730 | 30    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 341 | 186 | 85  | 61  | 23  | 17  | 8   | 5   | 2   | 1    | 0    | 1    | -   | -   | -  |     |       |
| 010, 210, 410, 610, 810 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 55  | 110 | 165 | 220 | 275 | 330 | 385 | 440 | 495 | 550  | 605  | -    | -   | -   | -  | 490 | 20    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 338 | 87  | 38  | 13  | 7   | 4   | 1   | 1   | 0   | 0    | 1    | -    | -   | -   | -  |     |       |
| 011, 211, 411, 611, 811 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 5   | 10  | 15  | 20  | 25  | 30  | 35  | 40  | 45  | 50   | 55   | -    | -   | -   | -  | 510 | 22    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 7   | 22  | 62  | 80  | 121 | 112 | 66  | 29  | 9    | 2    | -    | -   | -   | -  |     |       |

Продолжение табл. 5

| Вариант задания                     | Номер наблюдения               | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12   | 13  | 14  | 15 | $n$ | $t_*$ |
|-------------------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|----|-----|-------|
| 012,<br>212,<br>412,<br>612,<br>812 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 10  | 20  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 | 110 | 120  | 130 | 140 | –  | 740 | 5     |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 302 | 188 | 93  | 58  | 47  | 21  | 12  | 7   | 5   | 3   | 2   | 1    | 0   | 1   | –  |     |       |
| 013,<br>213,<br>413,<br>613,<br>813 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 50  | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | –    | –   | –   | –  | 160 | 30    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 62  | 30  | 26  | 14  | 10  | 8   | 5   | 2   | 1   | 1   | 1   | –    | –   | –   | –  |     |       |
| 014,<br>214,<br>414,<br>614,<br>814 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 50  | 75  | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 | 325  | –   | –   | –  | 480 | 160   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 5   | 24  | 43  | 94  | 117 | 122 | 55  | 14  | 4   | 1    | –   | –   | –  |     |       |
| 015,<br>215,<br>415,<br>615,<br>815 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 | 320  | –   | –   | –  | 360 | 190   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 2   | 9   | 17  | 59  | 95  | 74  | 65  | 27  | 9   | 2    | –   | –   | –  |     |       |
| 016,<br>216,<br>416,<br>616,<br>816 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 105 | 120 | 135 | 150 | 165 | 180 | 195 | 210 | 225 | 240 | 255 | 270  | 285 | 300 | –  | 460 | 170   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 2   | 4   | 16  | 26  | 65  | 76  | 97  | 79  | 49  | 26  | 15   | 4   | 1   | –  |     |       |
| 017,<br>217,<br>417,<br>617,<br>817 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 10  | 20  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 | 110 | 120  | 130 | 150 | –  | 860 | 5     |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 335 | 218 | 113 | 66  | 59  | 28  | 14  | 11  | 6   | 4   | 2   | 2    | 1   | 1   | –  |     |       |
| 018,<br>218,<br>418,<br>618,<br>818 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 40  | 80  | 120 | 160 | 200 | 240 | 280 | 320 | 360 | 400 | 440 | –    | –   | –   | –  | 500 | 10    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 348 | 86  | 38  | 12  | 8   | 4   | 2   | 1   | 0   | 0   | 1   | –    | –   | –   | –  |     |       |
| 019,<br>219,<br>419,<br>619,<br>819 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 12  | 24  | 36  | 48  | 60  | 72  | 84  | 96  | 108 | 120 | –   | –    | –   | –   | –  | 520 | 5     |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 188 | 164 | 83  | 44  | 21  | 10  | 6   | 2   | 1   | 1   | –   | –    | –   | –   | –  |     |       |
| 020,<br>220,<br>420,<br>620,<br>820 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 15  | 30  | 45  | 60  | 75  | 90  | 105 | 120 | 135 | 150 | 165 | 180  | –   | –   | –  | 310 | 10    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 115 | 79  | 42  | 26  | 14  | 11  | 8   | 6   | 4   | 2   | 2   | 1    | –   | –   | –  |     |       |
| 021,<br>221,<br>421,<br>621,<br>821 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 75  | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 | 325 | 350  | –   | –   | –  | 340 | 160   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 3   | 7   | 16  | 34  | 78  | 88  | 62  | 36  | 10  | 5   | 1    | –   | –   | –  |     |       |
| 022,<br>222,<br>422,<br>622,<br>822 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 80  | 160 | 240 | 320 | 400 | 480 | 560 | 640 | 720 | 800 | 880 | –    | –   | –   | –  | 480 | 20    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 335 | 82  | 39  | 10  | 8   | 3   | 1   | 1   | 0   | 0   | 1   | –    | –   | –   | –  |     |       |
| 023,<br>223,<br>423,<br>623,<br>823 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 80  | 160 | 240 | 320 | 400 | 480 | 560 | 640 | 720 | 800 | 880 | 1000 | –   | –   | –  | 720 | 25    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 316 | 177 | 90  | 55  | 39  | 18  | 11  | 7   | 3   | 2   | 1   | 1    | –   | –   | –  |     |       |
| 024,<br>224,<br>424,<br>624,<br>824 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 5   | 10  | 15  | 20  | 25  | 30  | 35  | 40  | 45  | 50  | 55  | 60   | –   | –   | –  | 500 | 22    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 7   | 22  | 56  | 80  | 108 | 121 | 57  | 35  | 11  | 2   | 1    | –   | –   | –  |     |       |
| 025,<br>225,<br>425,<br>625,<br>825 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 5   | 10  | 15  | 20  | 25  | 30  | 35  | 40  | 45  | 50  | 55  | –    | –   | –   | –  | 520 | 18    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 6   | 24  | 55  | 84  | 107 | 130 | 66  | 36  | 10  | 2   | –    | –   | –   | –  |     |       |

Продолжение табл. 5

| Вариант задания                     | Номер наблюдения               | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8    | 9    | 10   | 11  | 12  | 13 | 14 | 15 | $n$ | $t_*$ |
|-------------------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|----|----|----|-----|-------|
| 026,<br>226,<br>426,<br>626,<br>826 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 315 | 350 | 385 | 420 | 455 | 490 | 525 | 560  | 595  | 630  | 665 | –   | –  | –  | –  | 210 | 450   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 3   | 0   | 5   | 34  | 50  | 58  | 34   | 17   | 6    | 3   | –   | –  | –  | –  |     |       |
| 027,<br>227,<br>427,<br>627,<br>827 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275  | 300  | 325  | 350 | 375 | –  | –  | –  | 370 | 180   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 4   | 6   | 26  | 69  | 71  | 79  | 59   | 34   | 14   | 7   | 1   | –  | –  | –  |     |       |
| 028,<br>228,<br>428,<br>628,<br>828 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 25  | 50  | 75  | 100 | 125 | 150 | 175 | 200  | 225  | –    | –   | –   | –  | –  | –  | 220 | 10    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 152 | 37  | 17  | 10  | 2   | 1   | 0   | 0    | 1    | –    | –   | –   | –  | –  | –  |     |       |
| 029,<br>229,<br>429,<br>629,<br>829 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 60  | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 | 420 | 480  | 540  | 600  | –   | –   | –  | –  | –  | 170 | 10    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 66  | 32  | 30  | 15  | 11  | 10  | 2   | 2    | 1    | 1    | –   | –   | –  | –  | –  |     |       |
| 030,<br>230,<br>430,<br>630,<br>830 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 5   | 10  | 15  | 20  | 25  | 30  | 35  | 40   | 45   | 50   | 55  | 60  | –  | –  | –  | 530 | 7     |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 140 | 140 | 119 | 53  | 37  | 19  | 11  | 5    | 4    | 1    | 0   | 1   | –  | –  | –  |     |       |
| 031,<br>231,<br>431,<br>631,<br>831 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 80  | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220  | 240  | 260  | 280 | 300 | –  | –  | –  | 490 | 150   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 7   | 12  | 45  | 91  | 93  | 108 | 77   | 42   | 7    | 6   | 2   | –  | –  | –  |     |       |
| 032,<br>232,<br>432,<br>632,<br>832 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240  | 260  | 280  | 300 | –   | –  | –  | –  | 330 | 170   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 2   | 5   | 19  | 51  | 87  | 81  | 55   | 20   | 8    | 2   | –   | –  | –  | –  |     |       |
| 033,<br>233,<br>433,<br>633,<br>833 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 15  | 30  | 45  | 60  | 75  | 90  | 105 | 120  | 135  | 150  | 165 | 195 | –  | –  | –  | 870 | 10    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 386 | 223 | 107 | 68  | 45  | 17  | 11  | 6    | 3    | 2    | 1   | 1   | –  | –  | –  |     |       |
| 034,<br>234,<br>434,<br>634,<br>834 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 5   | 10  | 15  | 20  | 25  | 30  | 35  | 40   | 45   | 50   | 55  | 60  | –  | –  | –  | 530 | 22    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 4   | 16  | 39  | 70  | 92  | 126 | 92   | 59   | 22   | 8   | 2   | –  | –  | –  |     |       |
| 035,<br>235,<br>435,<br>635,<br>835 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 80  | 160 | 240 | 320 | 400 | 480 | 560 | 640  | 720  | 800  | 900 | –   | –  | –  | –  | 710 | 30    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 339 | 183 | 75  | 61  | 26  | 11  | 8   | 3    | 2    | 1    | 1   | –   | –  | –  | –  |     |       |
| 036,<br>236,<br>436,<br>636,<br>836 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 25  | 50  | 75  | 100 | 125 | 150 | 175 | 200  | 225  | 250  | –   | –   | –  | –  | –  | 320 | 10    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 133 | 82  | 43  | 25  | 13  | 10  | 7   | 4    | 2    | 1    | –   | –   | –  | –  | –  |     |       |
| 037,<br>237,<br>437,<br>637,<br>837 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 130 | 260 | 390 | 520 | 650 | 780 | 910 | 1040 | 1170 | 1300 | –   | –   | –  | –  | –  | 470 | 50    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 335 | 78  | 34  | 12  | 5   | 3   | 2   | 0    | 0    | 1    | –   | –   | –  | –  | –  |     |       |
| 038,<br>238,<br>438,<br>638,<br>838 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240  | 260  | 280  | 300 | 320 | –  | –  | –  | 450 | 190   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 2   | 14  | 25  | 74  | 111 | 92   | 80   | 36   | 12  | 3   | –  | –  | –  |     |       |
| 039,<br>239,<br>439,<br>639,<br>839 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 6   | 12  | 18  | 24  | 30  | 36  | 42  | 48   | 54   | 60   | –   | –   | –  | –  | –  | 490 | 20    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 2   | 11  | 45  | 73  | 118 | 127 | 69  | 36   | 8    | 1    | –   | –   | –  | –  | –  |     |       |

Продолжение табл. 5

| Вариант задания                     | Номер наблюдения               | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11  | 12  | 13  | 14 | 15 | $n$ | $t_*$ |
|-------------------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|----|----|-----|-------|
| 040,<br>240,<br>440,<br>640,<br>840 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 70  | 140 | 210 | 280 | 350 | 420  | 490  | 560  | 630  | 700  | –   | –   | –   | –  | –  | 180 | 30    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 69  | 34  | 32  | 18  | 12  | 8    | 3    | 2    | 1    | 1    | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 041,<br>241,<br>441,<br>641,<br>841 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 12  | 24  | 36  | 48  | 60  | 72   | 84   | 96   | 108  | 120  | 132 | –   | –   | –  | –  | 540 | 25    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 135 | 148 | 125 | 60  | 38  | 16   | 8    | 7    | 2    | 0    | 1   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 042,<br>242,<br>442,<br>642,<br>842 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 315 | 350 | 385 | 420 | 455 | 490  | 525  | 560  | 595  | 630  | –   | –   | –   | –  | –  | 230 | 400   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 5   | 17  | 51  | 58   | 61   | 30   | 4    | 3    | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 043,<br>243,<br>443,<br>643,<br>843 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 20  | 40  | 60  | 80  | 100 | 120  | 140  | 160  | 180  | –    | –   | –   | –   | –  | –  | 230 | 10    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 156 | 43  | 16  | 11  | 2   | 1    | 0    | 0    | 1    | –    | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 044,<br>244,<br>444,<br>644,<br>844 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 5   | 10  | 15  | 20  | 25  | 30   | 35   | 40   | 45   | 50   | 55  | –   | –   | –  | –  | 540 | 17    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 4   | 18  | 52  | 83  | 113  | 137  | 73   | 44   | 14   | 2   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 045,<br>245,<br>445,<br>645,<br>845 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 60  | 90  | 120 | 150 | 180 | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | 360 | 390 | 420 | –  | –  | 380 | 200   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 1   | 9   | 28  | 67   | 86   | 81   | 76   | 22   | 5   | 3   | 1   | –  | –  |     |       |
| 046,<br>246,<br>446,<br>646,<br>846 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240  | 260  | 280  | 300  | 320  | 340 | 360 | –   | –  | –  | 440 | 190   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 7   | 10  | 41  | 79  | 84   | 93   | 71   | 40   | 7    | 6   | 2   | –   | –  | –  |     |       |
| 047,<br>247,<br>447,<br>647,<br>847 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 170 | 340 | 510 | 680 | 850 | 1020 | 1190 | 1360 | 1530 | 1700 | –   | –   | –   | –  | –  | 460 | 100   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 292 | 81  | 37  | 25  | 10  | 8    | 3    | 2    | 0    | 2    | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 048,<br>248,<br>448,<br>648,<br>848 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 50  | 100 | 150 | 200 | 250 | 300  | 350  | 400  | 450  | 500  | 550 | –   | –   | –  | –  | 330 | 20    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 134 | 87  | 47  | 25  | 12  | 9    | 6    | 4    | 3    | 2    | 1   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 049,<br>249,<br>449,<br>649,<br>849 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225  | 250  | 275  | 300  | 325  | –   | –   | –   | –  | –  | 320 | 160   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 6   | 22  | 48  | 86  | 76   | 57   | 18   | 6    | 1    | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 050,<br>250,<br>450,<br>650,<br>850 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 40  | 60  | 80  | 100 | 120 | 140  | 160  | 180  | 200  | 220  | 240 | 260 | 280 | –  | –  | 500 | 150   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 4   | 6   | 23  | 60   | 104  | 113  | 101  | 49   | 27  | 10  | 2   | –  | –  |     |       |
| 051,<br>251,<br>451,<br>651,<br>851 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 6   | 12  | 18  | 24  | 30  | 36   | 42   | 48   | 54   | 60   | 66  | –   | –   | –  | –  | 480 | 20    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 2   | 11  | 34  | 70  | 96  | 116  | 82   | 47   | 19   | 2    | 1   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 052,<br>252,<br>452,<br>652,<br>852 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 35  | 70  | 105 | 140 | 175 | 210  | 245  | 280  | 315  | 350  | 385 | –   | –   | –  | –  | 880 | 25    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 438 | 221 | 104 | 70  | 22  | 12   | 7    | 3    | 2    | 0    | 1   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 053,<br>253,<br>453,<br>653,<br>853 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 70  | 140 | 210 | 280 | 350 | 420  | 490  | 560  | 630  | 700  | 770 | 840 | –   | –  | –  | 700 | 40    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 322 | 182 | 82  | 62  | 23  | 14   | 8    | 3    | 2    | 1    | 0   | 1   | –   | –  | –  |     |       |

Продолжение табл. 5

| Вариант задания                     | Номер наблюдения               | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | $n$ | $t_*$ |
|-------------------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 054,<br>254,<br>454,<br>654,<br>854 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 | 320 | 340 | 360 | –   | –   | –   | 390 | 210   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 5   | 8   | 31  | 72  | 76  | 85  | 63  | 36  | 6   | 6   | 2   | –   | –   | –   |     |       |
| 055,<br>255,<br>455,<br>655,<br>855 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 10  | 20  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 | –   | –   | –   | –   | –   | 550 | 15    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 124 | 146 | 130 | 71  | 44  | 21  | 7   | 5   | 1   | 1   | –   | –   | –   | –   | –   |     |       |
| 056,<br>256,<br>456,<br>656,<br>856 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 50  | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 890 | 30    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 343 | 216 | 125 | 76  | 60  | 28  | 15  | 12  | 6   | 3   | 2   | 2   | 1   | 0   | 1   |     |       |
| 057,<br>257,<br>457,<br>657,<br>857 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 315 | 350 | 385 | 420 | 455 | 490 | 525 | 560 | 595 | 630 | 665 | –   | –   | –   | –   | 220 | 400   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 2   | 13  | 34  | 64  | 54  | 38  | 10  | 3   | 1   | –   | –   | –   | –   |     |       |
| 058,<br>258,<br>458,<br>658,<br>858 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 20  | 40  | 60  | 80  | 100 | 120 | 140 | 160 | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | 110 | 50    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 1   | 5   | 8   | 18  | 27  | 24  | 16  | 11  | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   |     |       |
| 059,<br>259,<br>459,<br>659,<br>859 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 50  | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | –   | –   | –   | 340 | 30    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 123 | 94  | 48  | 29  | 13  | 10  | 7   | 6   | 4   | 3   | 2   | 1   | –   | –   | –   |     |       |
| 060,<br>260,<br>460,<br>660,<br>860 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 90  | 180 | 270 | 360 | 450 | 540 | 630 | 720 | 810 | –   | –   | –   | –   | –   | –   | 190 | 50    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 79  | 37  | 30  | 18  | 14  | 6   | 3   | 2   | 1   | –   | –   | –   | –   | –   | –   |     |       |
| 061,<br>261,<br>461,<br>661,<br>861 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 15  | 30  | 45  | 60  | 75  | 90  | 105 | 120 | 135 | 150 | –   | –   | –   | –   | –   | 240 | 5     |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 156 | 51  | 14  | 11  | 5   | 1   | 1   | 0   | 0   | 1   | –   | –   | –   | –   | –   |     |       |
| 062,<br>262,<br>462,<br>662,<br>862 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 6   | 12  | 18  | 24  | 30  | 36  | 42  | 48  | 54  | 60  | 66  | 72  | –   | –   | –   | 470 | 20    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 2   | 10  | 29  | 67  | 73  | 111 | 81  | 58  | 25  | 11  | 2   | 1   | –   | –   | –   |     |       |
| 063,<br>263,<br>463,<br>663,<br>863 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 | 325 | 350 | 375 | 400 | –   | –   | –   | 430 | 210   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 4   | 29  | 52  | 92  | 112 | 78  | 40  | 18  | 3   | 1   | –   | –   | –   |     |       |
| 064,<br>264,<br>464,<br>664,<br>864 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 25  | 50  | 75  | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | –   | –   | –   | –   | –   | 450 | 15    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 292 | 75  | 36  | 24  | 9   | 7   | 3   | 2   | 0   | 2   | –   | –   | –   | –   | –   |     |       |
| 065,<br>265,<br>465,<br>665,<br>865 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 10  | 20  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 | 110 | 120 | 130 | 150 | –   | 690 | 15    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 258 | 169 | 96  | 54  | 48  | 27  | 14  | 10  | 5   | 4   | 2   | 1   | 1   | 1   | –   |     |       |
| 066,<br>266,<br>466,<br>666,<br>866 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 4   | 8   | 12  | 16  | 20  | 24  | 28  | 32  | 36  | 40  | 44  | 48  | 52  | –   | –   | 550 | 25    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 2   | 6   | 21  | 49  | 71  | 90  | 114 | 91  | 60  | 34  | 9   | 3   | –   | –   |     |       |
| 067,<br>267,<br>467,<br>667,<br>867 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 35  | 70  | 105 | 140 | 175 | 210 | 245 | 280 | 315 | 350 | 385 | –   | –   | –   | –   | 310 | 150   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 3   | 6   | 33  | 61  | 89  | 60  | 37  | 18  | 2   | 1   | –   | –   | –   | –   |     |       |

Продолжение табл. 5

| Вариант задания                     | Номер наблюдения               | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14 | 15 | $n$ | $t_*$ |
|-------------------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-------|
| 068,<br>268,<br>468,<br>668,<br>868 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 60  | 90  | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 | 360 | 390 | 420 | –  | –  | 400 | 200   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 3   | 6   | 25  | 51  | 87  | 99  | 61  | 40  | 23  | 2   | 2   | –  | –  |     |       |
| 069,<br>269,<br>469,<br>669,<br>869 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 20  | 40  | 60  | 80  | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | –   | –   | –   | –   | –  | –  | 120 | 70    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 3   | 7   | 23  | 33  | 29  | 20  | 2   | 3   | –   | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 070,<br>270,<br>470,<br>670,<br>870 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 50  | 75  | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 | 325 | –   | –  | –  | 300 | 140   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 3   | 12  | 29  | 56  | 70  | 78  | 36  | 11  | 3   | 1   | –   | –  | –  |     |       |
| 071,<br>271,<br>471,<br>671,<br>871 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 75  | 150 | 225 | 300 | 375 | 450 | 525 | 600 | 675 | 750 | 825 | –   | –   | –  | –  | 900 | 50    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 433 | 231 | 110 | 71  | 25  | 15  | 8   | 3   | 2   | 1   | 1   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 072,<br>272,<br>472,<br>672,<br>872 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 90  | 180 | 270 | 360 | 450 | 540 | 630 | 720 | 810 | 900 | 990 | –   | –   | –  | –  | 200 | 50    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 75  | 38  | 34  | 17  | 13  | 11  | 6   | 2   | 2   | 1   | 1   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 073,<br>273,<br>473,<br>673,<br>873 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 300 | 330 | 360 | 390 | 420 | 450 | 480 | 510 | 540 | 570 | 600 | 630 | –   | –  | –  | 240 | 400   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 1   | 12  | 23  | 45  | 56  | 59  | 28  | 10  | 3   | 2   | –   | –  | –  |     |       |
| 074,<br>274,<br>474,<br>674,<br>874 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 12  | 24  | 36  | 48  | 60  | 72  | 84  | 96  | 120 | –   | –   | –   | –   | –  | –  | 250 | 5     |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 153 | 49  | 23  | 15  | 6   | 2   | 1   | 0   | 1   | –   | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 075,<br>275,<br>475,<br>675,<br>875 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 8   | 16  | 24  | 32  | 40  | 48  | 56  | 64  | 72  | 80  | –   | –   | –   | –  | –  | 560 | 10    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 94  | 143 | 138 | 87  | 51  | 26  | 11  | 7   | 2   | 1   | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 076,<br>276,<br>476,<br>676,<br>876 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 30  | 60  | 90  | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | –   | –   | –   | –   | –  | –  | 250 | 50    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 20  | 62  | 66  | 48  | 29  | 16  | 7   | 1   | 1   | –   | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 077,<br>277,<br>477,<br>677,<br>877 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 5   | 10  | 15  | 20  | 25  | 30  | 35  | 40  | 45  | 55  | –   | –   | –   | –  | –  | 680 | 2     |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 337 | 177 | 72  | 50  | 23  | 10  | 6   | 3   | 1   | 1   | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 078,<br>278,<br>478,<br>678,<br>878 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 | 325 | 350 | 375 | 400 | 425 | –   | –  | –  | 420 | 230   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 5   | 7   | 31  | 49  | 98  | 112 | 64  | 37  | 14  | 2   | 1   | –   | –  | –  |     |       |
| 079,<br>279,<br>479,<br>679,<br>879 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 30  | 60  | 90  | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 | –   | –   | –  | –  | 440 | 15    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 282 | 78  | 33  | 21  | 10  | 7   | 4   | 3   | 1   | 0   | 1   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 080,<br>280,<br>480,<br>680,<br>880 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 80  | 160 | 240 | 320 | 400 | 480 | 560 | 640 | 720 | 800 | 880 | –   | –   | –  | –  | 750 | 40    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 339 | 194 | 92  | 64  | 25  | 18  | 9   | 5   | 2   | 1   | 1   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 081,<br>281,<br>481,<br>681,<br>881 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 6   | 12  | 18  | 24  | 30  | 36  | 42  | 48  | 54  | 60  | 66  | 72  | –   | –  | –  | 460 | 20    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 1   | 10  | 22  | 53  | 65  | 88  | 87  | 69  | 40  | 18  | 6   | 1   | –   | –  | –  |     |       |

Продолжение табл. 5

| Вариант задания         | Номер наблюдения               | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9    | 10   | 11  | 12  | 13  | 14 | 15 | $n$ | $t_*$ |
|-------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|----|----|-----|-------|
| 082, 282, 482, 682, 882 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 10  | 20  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 100  | –    | –   | –   | –   | –  | –  | 260 | 2     |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 160 | 50  | 26  | 15  | 6   | 0   | 2   | 0   | 1    | –    | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 083, 283, 483, 683, 883 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900  | 1000 | –   | –   | –   | –  | –  | 760 | 25    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 375 | 191 | 85  | 62  | 21  | 11  | 8   | 4   | 2    | 1    | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 084, 284, 484, 684, 884 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 25  | 50  | 75  | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225  | –    | –   | –   | –   | –  | –  | 130 | 80    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 3   | 4   | 13  | 29  | 30  | 33  | 12  | 3   | 3    | –    | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 085, 285, 485, 685, 885 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 | 325 | 350 | 375  | 400  | 425 | –   | –   | –  | –  | 410 | 230   |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 3   | 20  | 33  | 66  | 79  | 87  | 75  | 31   | 10   | 6   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 086, 286, 486, 686, 886 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 90  | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330  | 360  | 390 | 420 | –   | –  | –  | 410 | 200   |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 3   | 20  | 51  | 79  | 94  | 73  | 56   | 29   | 3   | 1   | –   | –  | –  |     |       |
| 087, 287, 487, 687, 887 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 120 | 240 | 360 | 480 | 600 | 720 | 840 | 960 | 1080 | 1200 | –   | –   | –   | –  | –  | 210 | 50    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 82  | 40  | 35  | 19  | 15  | 11  | 4   | 2   | 1    | 1    | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 088, 288, 488, 688, 888 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 90  | 105 | 120 | 135 | 150 | 165 | 180 | 195 | 210  | 225  | 240 | 255 | 270 | –  | –  | 290 | 140   |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 3   | 5   | 27  | 51  | 65  | 53  | 43   | 29   | 10  | 2   | 1   | –  | –  |     |       |
| 089, 289, 489, 689, 889 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 8   | 16  | 24  | 32  | 40  | 48  | 56  | 64  | 72   | 80   | 88  | 96  | –   | –  | –  | 910 | 2     |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 415 | 239 | 113 | 78  | 31  | 18  | 7   | 4   | 2    | 2    | 0   | 1   | –   | –  | –  |     |       |
| 090, 290, 490, 690, 890 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 7   | 14  | 21  | 28  | 35  | 42  | 49  | 56  | 63   | 70   | 77  | –   | –   | –  | –  | 570 | 10    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 72  | 126 | 130 | 112 | 51  | 44  | 22  | 6   | 5    | 1    | 1   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 091, 291, 491, 691, 891 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 25  | 50  | 75  | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225  | –    | –   | –   | –   | –  | –  | 260 | 30    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 15  | 62  | 68  | 54  | 30  | 22  | 6   | 2   | 1    | –    | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 092, 292, 492, 692, 892 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 330 | 360 | 390 | 420 | 450 | 480 | 510 | 540 | 570  | 600  | –   | –   | –   | –  | –  | 250 | 400   |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 4   | 13  | 35  | 56  | 56  | 53  | 24  | 7    | 2    | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 093, 293, 493, 693, 893 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 40  | 80  | 120 | 160 | 200 | 240 | 280 | 320 | 360  | 400  | 440 | –   | –   | –  | –  | 430 | 10    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 281 | 75  | 30  | 21  | 10  | 7   | 3   | 1   | 1    | 0    | 1   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 094, 294, 494, 694, 894 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 30  | 60  | 90  | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270  | 320  | –   | –   | –   | –  | –  | 670 | 10    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 333 | 174 | 76  | 48  | 21  | 9   | 5   | 2   | 1    | 1    | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 095, 295, 495, 695, 895 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 7   | 14  | 21  | 28  | 35  | 42  | 49  | 56  | 63   | 70   | 77  | –   | –   | –  | –  | 450 | 20    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 2   | 13  | 32  | 57  | 82  | 99  | 75  | 49  | 28   | 11   | 2   | –   | –   | –  | –  |     |       |

Продолжение табл. 5

| Вариант задания                     | Номер наблюдения               | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12  | 13 | 14 | 15  | $n$ | $t_*$ |
|-------------------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|----|----|-----|-----|-------|
| 096,<br>296,<br>496,<br>696,<br>896 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 325 | 350 | 375 | 400 | 425 | 450 | 475  | 500  | 525  | 550  | 575  | –   | –  | –  | –   | 260 | 380   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 2   | 16  | 20  | 39  | 48  | 56   | 49   | 23   | 4    | 3    | –   | –  | –  | –   |     |       |
| 097,<br>297,<br>497,<br>697,<br>897 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 120 | 240 | 360 | 480 | 600 | 720 | 840  | 960  | 1080 | 1200 | 1320 | –   | –  | –  | –   | 770 | 50    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 384 | 204 | 78  | 59  | 22  | 11  | 8    | 2    | 1    | 0    | 1    | –   | –  | –  | –   |     |       |
| 098,<br>298,<br>498,<br>698,<br>898 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 7   | 14  | 21  | 28  | 35  | 42  | 49   | 56   | 63   | 70   | 77   | –   | –  | –  | –   | 580 | 10    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 52  | 117 | 120 | 109 | 80  | 50  | 26   | 15   | 8    | 2    | 1    | –   | –  | –  | –   |     |       |
| 099,<br>299,<br>499,<br>699,<br>899 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 150 | 300 | 450 | 600 | 750 | 900 | 1050 | 1200 | 1350 | 1500 | 1650 | –   | –  | –  | –   | 220 | 100   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 82  | 42  | 34  | 19  | 17  | 12  | 6    | 3    | 2    | 2    | 1    | –   | –  | –  | –   |     |       |
| 100,<br>300,<br>500,<br>700,<br>900 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700  | 800  | 1000 | –    | –    | –   | –  | –  | –   | 270 | 50    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 161 | 57  | 26  | 14  | 8   | 2   | 1    | 0    | 1    | –    | –    | –   | –  | –  | –   |     |       |
| 101,<br>301,<br>501,<br>701,<br>901 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 20  | 40  | 60  | 80  | 100 | 120 | 140  | 160  | 180  | 200  | –    | –   | –  | –  | –   | 270 | 25    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 13  | 45  | 62  | 71  | 42  | 19  | 15   | 2    | 0    | 1    | –    | –   | –  | –  | –   |     |       |
| 102,<br>302,<br>502,<br>702,<br>902 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 55  | 110 | 165 | 220 | 275 | 330 | 385  | 440  | 495  | 550  | –    | –   | –  | –  | –   | 420 | 25    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 281 | 70  | 29  | 19  | 10  | 7   | 1    | 1    | 0    | 2    | –    | –   | –  | –  | –   |     |       |
| 103,<br>303,<br>503,<br>703,<br>903 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 7   | 14  | 21  | 28  | 35  | 42  | 49   | 56   | 63   | 70   | 77   | 84  | 91 | 98 | 105 | 920 | 2     |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 356 | 215 | 139 | 72  | 64  | 30  | 18   | 11   | 5    | 3    | 3    | 2   | 1  | 0  | 1   |     |       |
| 104,<br>304,<br>504,<br>704,<br>904 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 20  | 40  | 60  | 80  | 100 | 120 | 140  | 160  | 180  | 200  | 220  | –   | –  | –  | –   | 140 | 75    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 2   | 6   | 19  | 30  | 30  | 31   | 13   | 7    | 1    | 1    | –   | –  | –  | –   |     |       |
| 105,<br>305,<br>505,<br>705,<br>905 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300  | 320  | 340  | 360  | 380  | 400 | –  | –  | –   | 400 | 270   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 0   | 1   | 17  | 44  | 75   | 108  | 84   | 49   | 18   | 3   | –  | –  | –   |     |       |
| 106,<br>306,<br>506,<br>706,<br>906 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 80  | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200  | 220  | 240  | 260  | 280  | 300 | –  | –  | –   | 280 | 150   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 3   | 6   | 24  | 46  | 58  | 61   | 49   | 23   | 5    | 4    | 1   | –  | –  | –   |     |       |
| 107,<br>307,<br>507,<br>707,<br>907 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275  | 300  | 325  | 350  | 375  | 400 | –  | –  | –   | 420 | 220   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 4   | 29  | 49  | 90  | 108  | 78   | 39   | 18   | 3    | 1   | –  | –  | –   |     |       |
| 108,<br>308,<br>508,<br>708,<br>908 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 8   | 16  | 24  | 32  | 40  | 48  | 56   | 64   | 72   | 80   | 88   | –   | –  | –  | –   | 440 | 20    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 3   | 12  | 41  | 60  | 81  | 104 | 68   | 42   | 20   | 7    | 2    | –   | –  | –  | –   |     |       |
| 109,<br>309,<br>509,<br>709,<br>909 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 20  | 40  | 60  | 80  | 100 | 120 | 140  | 160  | 180  | 200  | 220  | –   | –  | –  | –   | 660 | 5     |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 322 | 167 | 79  | 48  | 22  | 10  | 7    | 3    | 1    | 0    | 1    | –   | –  | –  | –   |     |       |



Продолжение табл. 5

| Вариант задания                     | Номер наблюдения               | 1   | 2   | 3   | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | $n$ | $t_*$ |
|-------------------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 110,<br>310,<br>510,<br>710,<br>910 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 10  | 20  | 30  | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 110 | –   | –   | –   | –   | 590 | 15    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 42  | 107 | 122 | 119  | 85   | 52   | 35   | 17   | 8    | 2    | 1   | –   | –   | –   | –   |     |       |
| 111,<br>311,<br>511,<br>711,<br>911 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 180 | 195 | 210 | 225  | 240  | 255  | 270  | 285  | 300  | 315  | 330 | 345 | 360 | –   | –   | 430 | 250   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 6   | 9    | 38   | 70   | 95   | 87   | 62   | 42   | 16  | 2   | 2   | –   | –   |     |       |
| 112,<br>312,<br>512,<br>712,<br>912 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 10  | 20  | 30  | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 110 | 120 | 130 | –   | –   | 930 | 5     |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 414 | 234 | 123 | 73   | 44   | 19   | 10   | 6    | 3    | 2    | 1   | 0   | 1   | –   | –   |     |       |
| 113,<br>313,<br>513,<br>713,<br>913 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 35  | 70  | 105 | 140  | 175  | 210  | 245  | 280  | 315  | –    | –   | –   | –   | –   | –   | 280 | 10    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 135 | 70  | 34  | 15   | 10   | 9    | 5    | 1    | 1    | –    | –   | –   | –   | –   | –   |     |       |
| 114,<br>314,<br>514,<br>714,<br>914 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 150 | 180 | 210 | 240  | 270  | 300  | 330  | 360  | 390  | 420  | 450 | 480 | –   | –   | –   | 390 | 250   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 4   | 17   | 35   | 81   | 84   | 93   | 52   | 17   | 4   | 2   | –   | –   | –   |     |       |
| 115,<br>315,<br>515,<br>715,<br>915 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 250 | 500 | 750 | 1000 | 1250 | 1500 | 1750 | 2000 | 2250 | 2500 | –   | –   | –   | –   | –   | 230 | 100   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 89  | 48  | 37  | 22   | 14   | 11   | 4    | 2    | 2    | 1    | –   | –   | –   | –   | –   |     |       |
| 116,<br>316,<br>516,<br>716,<br>916 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 20  | 40  | 60  | 80   | 100  | 120  | 140  | 160  | 180  | 200  | –   | –   | –   | –   | –   | 290 | 5     |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 130 | 74  | 33  | 18   | 17   | 7    | 5    | 3    | 0    | 3    | –   | –   | –   | –   | –   |     |       |
| 117,<br>317,<br>517,<br>717,<br>917 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 300 | 325 | 350 | 375  | 400  | 425  | 450  | 475  | 500  | 525  | 550 | 575 | –   | –   | –   | 270 | 380   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 6   | 10   | 31   | 54   | 60   | 57   | 30   | 13   | 7   | 1   | –   | –   | –   |     |       |
| 118,<br>318,<br>518,<br>718,<br>918 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 7   | 14  | 21  | 28   | 35   | 42   | 49   | 56   | 63   | 70   | 77  | –   | –   | –   | –   | 430 | 20    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 3   | 12  | 35  | 58   | 77   | 91   | 72   | 41   | 25   | 13   | 3   | –   | –   | –   | –   |     |       |
| 119,<br>319,<br>519,<br>719,<br>919 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 75  | 100 | 125 | 150  | 175  | 200  | 225  | 250  | 275  | 300  | 325 | –   | –   | –   | –   | 270 | 120   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 16  | 18  | 39   | 45   | 57   | 59   | 25   | 7    | 3    | 1   | –   | –   | –   | –   |     |       |
| 120,<br>320,<br>520,<br>720,<br>920 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 15  | 30  | 45  | 60   | 75   | 90   | 105  | 120  | 135  | 150  | 180 | –   | –   | –   | –   | 650 | 5     |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 310 | 169 | 71  | 50   | 26   | 12   | 7    | 2    | 1    | 1    | 1   | –   | –   | –   | –   |     |       |
| 121,<br>321,<br>521,<br>721,<br>921 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 10  | 20  | 30  | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 780 | 3     |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 298 | 197 | 103 | 65   | 50   | 27   | 14   | 10   | 7    | 4    | 2   | 1   | 1   | 0   | 1   |     |       |
| 122,<br>322,<br>522,<br>722,<br>922 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 30  | 60  | 90  | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | –    | –   | –   | –   | –   | –   | 150 | 70    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 2   | 7   | 29  | 33   | 33   | 37   | 6    | 2    | 1    | –    | –   | –   | –   | –   | –   |     |       |
| 123,<br>323,<br>523,<br>723,<br>923 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 75  | 150 | 225 | 300  | 375  | 450  | 525  | 600  | 675  | 750  | 850 | –   | –   | –   | –   | 410 | 25    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 277 | 67  | 22  | 22   | 10   | 7    | 2    | 1    | 1    | 0    | 1   | –   | –   | –   | –   |     |       |

Продолжение табл. 5

| Вариант задания         | Номер наблюдения               | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | $n$ | $t_*$ |
|-------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 124, 324, 524, 724, 924 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 9   | 18  | 27  | 36  | 45  | 54  | 63  | 72  | 81  | 90  | 99  | –   | –   | –   | –   | 600 | 20    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 38  | 108 | 133 | 124 | 90  | 55  | 32  | 14  | 4   | 1   | 1   | –   | –   | –   | –   |     |       |
| 125, 325, 525, 725, 925 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 40  | 60  | 80  | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | –   | –   | –   | 260 | 150   |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 2   | 3   | 9   | 32  | 54  | 61  | 51  | 28  | 10  | 9   | –   | –   | –   |     |       |
| 126, 326, 526, 726, 926 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 25  | 50  | 75  | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | –   | –   | –   | –   | –   | 160 | 80    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 4   | 14  | 33  | 40  | 37  | 24  | 4   | 3   | 1   | –   | –   | –   | –   | –   |     |       |
| 127, 327, 527, 727, 927 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 25  | 50  | 75  | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | –   | –   | –   | –   | –   | –   | 300 | 5     |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 162 | 67  | 31  | 18  | 8   | 9   | 3   | 0   | 2   | –   | –   | –   | –   | –   | –   |     |       |
| 128, 328, 528, 728, 928 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 50  | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | –   | –   | –   | –   | –   | 240 | 20    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 93  | 51  | 40  | 23  | 14  | 10  | 4   | 2   | 2   | 1   | –   | –   | –   | –   | –   |     |       |
| 129, 329, 529, 729, 929 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 15  | 30  | 45  | 60  | 75  | 90  | 105 | 120 | 135 | 150 | –   | –   | –   | –   | –   | 280 | 25    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 10  | 31  | 47  | 62  | 54  | 38  | 20  | 13  | 4   | 1   | –   | –   | –   | –   | –   |     |       |
| 130, 330, 530, 730, 930 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 270 | 300 | 330 | 360 | 390 | 420 | 450 | 480 | 510 | 540 | 570 | 600 | –   | –   | –   | 280 | 380   |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 1   | 12  | 31  | 66  | 83  | 57  | 22  | 5   | 1   | 1   | –   | –   | –   |     |       |
| 131, 331, 531, 731, 931 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 10  | 20  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 940 | 2     |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 363 | 232 | 135 | 77  | 60  | 31  | 16  | 12  | 5   | 3   | 2   | 2   | 1   | 0   | 1   |     |       |
| 132, 332, 532, 732, 932 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 25  | 50  | 75  | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | –   | –   | –   | –   | 400 | 10    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 192 | 107 | 42  | 25  | 14  | 9   | 7   | 2   | 1   | 0   | 1   | –   | –   | –   | –   |     |       |
| 133, 333, 533, 733, 933 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 | 325 | 350 | 375 | 400 | 425 | –   | –   | –   | 440 | 215   |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 5   | 8   | 31  | 52  | 102 | 115 | 66  | 43  | 15  | 2   | 1   | –   | –   | –   |     |       |
| 134, 334, 534, 734, 934 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 10  | 20  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 | 110 | –   | –   | –   | –   | 440 | 5     |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 181 | 121 | 57  | 34  | 21  | 11  | 7   | 4   | 2   | 1   | 1   | –   | –   | –   | –   |     |       |
| 135, 335, 535, 735, 935 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 | 320 | 340 | 360 | 380 | 400 | 420 | 440 | –   | –   | –   | 380 | 290   |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 6   | 14  | 40  | 83  | 82  | 82  | 44  | 22  | 3   | 3   | –   | –   | –   |     |       |
| 136, 336, 536, 736, 936 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 15  | 30  | 45  | 60  | 75  | 90  | 105 | 120 | 135 | 150 | 165 | 180 | –   | –   | –   | 790 | 5     |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 349 | 197 | 99  | 64  | 41  | 17  | 10  | 8   | 3   | 1   | 0   | 1   | –   | –   | –   |     |       |
| 137, 337, 537, 737, 937 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 6   | 12  | 18  | 24  | 30  | 36  | 42  | 48  | 54  | 60  | 66  | 72  | –   | –   | –   | 420 | 15    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 3   | 12  | 31  | 51  | 72  | 81  | 74  | 44  | 28  | 19  | 3   | 2   | –   | –   | –   |     |       |

Продолжение табл. 5

| Вариант задания         | Номер наблюдения               | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15 | $n$ | $t_*$ |
|-------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-------|
| 138, 338, 538, 738, 938 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 20  | 40  | 60  | 80  | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | –   | –   | –   | –   | –   | –  | 310 | 15    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 164 | 74  | 32  | 16  | 10  | 7   | 5   | 0   | 2   | –   | –   | –   | –   | –   | –  |     |       |
| 139, 339, 539, 739, 939 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 30  | 60  | 90  | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | –   | –   | –   | –   | –  | 170 | 100   |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 5   | 6   | 25  | 38  | 36  | 32  | 20  | 6   | 0   | 2   | –   | –   | –   | –   | –  |     |       |
| 140, 340, 540, 740, 940 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 12  | 24  | 36  | 48  | 60  | 72  | 84  | 96  | 108 | 120 | –   | –   | –   | –   | –  | 350 | 10    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 147 | 102 | 43  | 21  | 14  | 9   | 7   | 5   | 0   | 2   | –   | –   | –   | –   | –  |     |       |
| 141, 341, 541, 741, 941 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 | 320 | 340 | 360 | 380 | –   | –   | –   | –  | 450 | 250   |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 2   | 4   | 26  | 76  | 108 | 117 | 84  | 27  | 5   | 1   | –   | –   | –   | –  |     |       |
| 142, 342, 542, 742, 942 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 | 320 | 340 | 360 | 380 | 400 | 420 | 440 | –   | –   | –  | 370 | 290   |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 2   | 3   | 10  | 19  | 66  | 82  | 90  | 55  | 27  | 13  | 3   | –   | –   | –  |     |       |
| 143, 343, 543, 743, 943 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 50  | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | –   | –   | –   | –  | 250 | 30    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 92  | 51  | 39  | 24  | 18  | 12  | 7   | 3   | 2   | 1   | 1   | –   | –   | –   | –  |     |       |
| 144, 344, 544, 744, 944 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 270 | 300 | 330 | 360 | 390 | 420 | 450 | 480 | 510 | 540 | 570 | –   | –   | –   | –  | 290 | 350   |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 6   | 15  | 37  | 79  | 88  | 41  | 17  | 5   | 1   | –   | –   | –   | –  |     |       |
| 145, 345, 545, 745, 945 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 7   | 14  | 21  | 28  | 35  | 42  | 49  | 56  | 63  | 70  | 77  | –   | –   | –   | –  | 350 | 10    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 17  | 41  | 59  | 81  | 62  | 42  | 21  | 13  | 11  | 2   | 1   | –   | –   | –   | –  |     |       |
| 146, 346, 546, 746, 946 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 15  | 30  | 45  | 60  | 75  | 90  | 105 | 120 | 135 | –   | –   | –   | –   | –   | –  | 290 | 25    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 11  | 33  | 54  | 67  | 54  | 36  | 24  | 8   | 3   | –   | –   | –   | –   | –   | –  |     |       |
| 147, 347, 547, 747, 947 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 40  | 80  | 120 | 160 | 200 | 240 | 280 | 320 | 360 | 400 | –   | –   | –   | –   | –  | 390 | 5     |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 208 | 93  | 41  | 21  | 11  | 8   | 5   | 2   | 0   | 1   | –   | –   | –   | –   | –  |     |       |
| 148, 348, 548, 748, 948 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 8   | 16  | 24  | 32  | 40  | 48  | 56  | 64  | 72  | 80  | 88  | –   | –   | –   | –  | 430 | 4     |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 161 | 119 | 63  | 33  | 21  | 13  | 9   | 6   | 3   | 0   | 2   | –   | –   | –   | –  |     |       |
| 149, 349, 549, 749, 949 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 30  | 60  | 90  | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 | 360 | 390 | 420 | –  | 800 | 10    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 351 | 202 | 100 | 66  | 41  | 16  | 10  | 8   | 3   | 1   | 0   | 1   | 0   | 1   | –  |     |       |
| 150, 350, 550, 750, 950 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 30  | 60  | 90  | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 | –   | –   | –   | –  | 250 | 100   |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 2   | 5   | 5   | 29  | 51  | 59  | 50  | 29  | 14  | 4   | 2   | –   | –   | –   | –  |     |       |
| 151, 351, 551, 751, 951 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 7   | 14  | 21  | 28  | 35  | 42  | 49  | 56  | 63  | 70  | –   | –   | –   | –   | –  | 410 | 15    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 4   | 19  | 55  | 67  | 97  | 81  | 37  | 32  | 15  | 3   | –   | –   | –   | –   | –  |     |       |

| Вариант задания         | Номер наблюдения               | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14 | 15 | $n$ | $t_*$ |
|-------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-------|
| 152, 352, 552, 752, 952 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 300 | 325 | 350 | 375 | 400 | 425 | 450 | 475 | 500 | 525 | –   | –   | –   | –  | –  | 300 | 360   |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 6   | 12  | 33  | 70  | 73  | 53  | 37  | 13  | 3   | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 153, 353, 553, 753, 953 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 13  | 26  | 39  | 52  | 65  | 78  | 91  | 104 | 117 | 130 | 143 | –   | –   | –  | –  | 320 | 5     |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 150 | 87  | 39  | 14  | 12  | 7   | 6   | 3   | 1   | 0   | 1   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 154, 354, 554, 754, 954 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 | 360 | 390 | 420 | –   | –   | –   | –   | –  | –  | 100 | 250   |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 3   | 6   | 16  | 26  | 27  | 15  | 5   | 2   | –   | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 155, 355, 555, 755, 955 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 7   | 14  | 21  | 28  | 35  | 42  | 49  | 56  | 63  | 70  | –   | –   | –   | –  | –  | 360 | 10    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 15  | 41  | 56  | 80  | 70  | 47  | 26  | 15  | 8   | 2   | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 156, 356, 556, 756, 956 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 60  | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 | 420 | 480 | 540 | 600 | 660 | 720 | 780 | –  | –  | 810 | 20    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 355 | 203 | 100 | 69  | 40  | 16  | 11  | 9   | 3   | 2   | 1   | 0   | 1   | –  | –  |     |       |
| 157, 357, 557, 757, 957 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 60  | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 | 420 | 480 | 540 | 600 | 660 | –   | –   | –  | –  | 380 | 25    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 186 | 94  | 44  | 20  | 15  | 9   | 6   | 3   | 2   | 0   | 1   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 158, 358, 558, 758, 958 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 25  | 50  | 75  | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | –   | –   | –   | –  | –  | 180 | 90    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 1   | 3   | 11  | 21  | 39  | 50  | 31  | 20  | 3   | 1   | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 159, 359, 559, 759, 959 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 15  | 30  | 45  | 60  | 75  | 90  | 105 | 120 | 135 | 150 | –   | –   | –   | –  | –  | 360 | 5     |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 141 | 102 | 50  | 26  | 16  | 9   | 7   | 6   | 2   | 1   | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 160, 360, 560, 760, 960 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 175 | 210 | 245 | 280 | 315 | 350 | 385 | 420 | 455 | 490 | –   | –   | –   | –  | –  | 190 | 300   |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 3   | 17  | 38  | 47  | 46  | 28  | 8   | 2   | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 161, 361, 561, 761, 961 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 5   | 10  | 15  | 20  | 25  | 30  | 35  | 40  | 45  | 50  | 55  | 60  | 65  | 70 | 75 | 420 | 2     |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 122 | 90  | 76  | 47  | 26  | 19  | 12  | 9   | 7   | 5   | 3   | 2   | 1   | 0  | 1  |     |       |
| 162, 362, 562, 762, 962 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 60  | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 | 420 | 480 | 540 | 600 | –   | –   | –   | –  | –  | 260 | 30    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 100 | 51  | 44  | 27  | 15  | 11  | 6   | 3   | 2   | 1   | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 163, 363, 563, 763, 963 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 7   | 14  | 21  | 28  | 35  | 42  | 49  | 56  | 63  | 70  | 77  | –   | –   | –  | –  | 400 | 20    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 4   | 19  | 53  | 60  | 85  | 79  | 47  | 30  | 18  | 3   | 2   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 164, 364, 564, 764, 964 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 50  | 75  | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | –   | –   | –   | –  | –  | 240 | 110   |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 2   | 4   | 22  | 60  | 80  | 50  | 19  | 2   | 1   | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 165, 365, 565, 765, 965 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 240 | 260 | 280 | 300 | 320 | 340 | 360 | 380 | 400 | 420 | 440 | 460 | –   | –  | –  | 360 | 310   |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 4   | 10  | 16  | 36  | 66  | 80  | 78  | 50  | 12  | 6   | 2   | –   | –  | –  |     |       |

Продолжение табл. 5

| Вариант задания                     | Номер наблюдения               | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7    | 8    | 9    | 10   | 11  | 12  | 13 | 14 | 15 | $n$ | $t_*$ |
|-------------------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|----|----|----|-----|-------|
| 166,<br>366,<br>566,<br>766,<br>966 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 140 | 175 | 210 | 245 | 280 | 315 | 350  | 385  | 420  | 455  | 490 | –   | –  | –  | –  | 160 | 250   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 2   | 2   | 22  | 45  | 41   | 39   | 7    | 0    | 1   | –   | –  | –  | –  |     |       |
| 167,<br>367,<br>567,<br>767,<br>967 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 20  | 40  | 60  | 80  | 100 | 120 | 140  | 160  | 180  | 200  | 220 | 240 | –  | –  | –  | 370 | 10    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 137 | 104 | 54  | 29  | 15  | 12  | 9    | 5    | 2    | 2    | 0   | 1   | –  | –  | –  |     |       |
| 168,<br>368,<br>568,<br>768,<br>968 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 7   | 14  | 21  | 28  | 35  | 42  | 49   | 56   | 63   | 70   | 77  | –   | –  | –  | –  | 370 | 10    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 10  | 31  | 59  | 64  | 87  | 52  | 28   | 21   | 14   | 2    | 2   | –   | –  | –  | –  |     |       |
| 169,<br>369,<br>569,<br>769,<br>969 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 30  | 60  | 90  | 120 | 150 | 180 | 210  | 240  | 270  | –    | –   | –   | –  | –  | –  | 190 | 100   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 2   | 3   | 13  | 35  | 62  | 45  | 22   | 7    | 1    | –    | –   | –   | –  | –  | –  |     |       |
| 170,<br>370,<br>570,<br>770,<br>970 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700  | 800  | 900  | –    | –   | –   | –  | –  | –  | 270 | 20    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 135 | 67  | 29  | 17  | 11  | 6   | 3    | 1    | 1    | –    | –   | –   | –  | –  | –  |     |       |
| 171,<br>371,<br>571,<br>771,<br>971 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 260 | 280 | 300 | 320 | 340 | 360 | 380  | 400  | 420  | 440  | 460 | 480 | –  | –  | –  | 350 | 310   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 5   | 8   | 29  | 62  | 73  | 75   | 54   | 31   | 6    | 6   | 1   | –  | –  | –  |     |       |
| 172,<br>372,<br>572,<br>772,<br>972 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 8   | 16  | 24  | 32  | 40  | 48  | 56   | 64   | 72   | 80   | 88  | –   | –  | –  | –  | 390 | 20    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 5   | 24  | 58  | 60  | 92  | 65  | 39   | 28   | 15   | 2    | 2   | –   | –  | –  | –  |     |       |
| 173,<br>373,<br>573,<br>773,<br>973 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 140 | 175 | 210 | 245 | 280 | 315 | 350  | 385  | 420  | 455  | 490 | –   | –  | –  | –  | 180 | 250   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 2   | 3   | 25  | 51  | 46   | 43   | 7    | 1    | 1   | –   | –  | –  | –  |     |       |
| 174,<br>374,<br>574,<br>774,<br>974 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 300 | 325 | 350 | 375 | 400 | 425 | 450  | 475  | 500  | 525  | –   | –   | –  | –  | –  | 310 | 360   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 6   | 18  | 47  | 84  | 74  | 56   | 18   | 6    | 1    | –   | –   | –  | –  | –  |     |       |
| 175,<br>375,<br>575,<br>775,<br>975 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 10  | 20  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70   | 80   | 90   | 100  | 110 | –   | –  | –  | –  | 330 | 5     |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 149 | 91  | 39  | 17  | 14  | 7   | 5    | 5    | 2    | 0    | 1   | –   | –  | –  | –  |     |       |
| 176,<br>376,<br>576,<br>776,<br>976 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 7   | 14  | 21  | 28  | 35  | 42  | 49   | 56   | 63   | 70   | 77  | 84  | –  | –  | –  | 820 | 2     |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 376 | 205 | 98  | 76  | 27  | 19  | 7    | 7    | 2    | 2    | 0   | 1   | –  | –  | –  |     |       |
| 177,<br>377,<br>577,<br>777,<br>977 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 160 | 320 | 480 | 640 | 800 | 960 | 1120 | 1280 | 1440 | 1640 | –   | –   | –  | –  | –  | 370 | 50    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 203 | 86  | 36  | 17  | 10  | 9   | 5    | 2    | 1    | 1    | –   | –   | –  | –  | –  |     |       |
| 178,<br>378,<br>578,<br>778,<br>978 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 30  | 60  | 90  | 120 | 150 | 180 | 210  | 240  | 270  | 300  | 330 | –   | –  | –  | –  | 230 | 100   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 1   | 4   | 11  | 35  | 46  | 52  | 52   | 22   | 4    | 2    | 1   | –   | –  | –  | –  |     |       |
| 179,<br>379,<br>579,<br>779,<br>979 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 6   | 12  | 18  | 24  | 30  | 36  | 42   | 48   | 54   | 60   | 66  | –   | –  | –  | –  | 410 | 2     |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 153 | 112 | 62  | 29  | 21  | 13  | 10   | 6    | 2    | 0    | 2   | –   | –  | –  | –  |     |       |

Продолжение табл. 5

| Вариант задания         | Номер наблюдения               | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14 | 15 | $n$ | $t_*$ |
|-------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-------|
| 180, 380, 580, 780, 980 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 30  | 60  | 90  | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 | 360 | 390 | –  | –  | 380 | 10    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 131 | 102 | 57  | 32  | 18  | 14  | 9   | 6   | 5   | 3   | 2   | 0   | 1   | –  | –  |     |       |
| 181, 381, 581, 781, 981 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 10  | 20  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 | –   | –   | –   | –  | –  | 380 | 25    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 8   | 34  | 67  | 76  | 86  | 53  | 29  | 17  | 7   | 3   | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 182, 382, 582, 782, 982 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 8   | 16  | 24  | 32  | 40  | 48  | 56  | 64  | 72  | 80  | 88  | 96  | –   | –  | –  | 830 | 2     |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 381 | 216 | 98  | 72  | 26  | 19  | 8   | 5   | 2   | 2   | 0   | 1   | –   | –  | –  |     |       |
| 183, 383, 583, 783, 983 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 12  | 24  | 36  | 48  | 60  | 72  | 84  | 96  | 108 | 120 | 132 | –   | –   | –  | –  | 300 | 30    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 7   | 16  | 43  | 53  | 55  | 52  | 34  | 24  | 11  | 3   | 2   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 184, 384, 584, 784, 984 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 90  | 180 | 270 | 360 | 450 | 540 | 630 | 720 | 810 | 900 | 990 | –   | –   | –  | –  | 280 | 20    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 119 | 74  | 32  | 19  | 14  | 9   | 6   | 4   | 2   | 0   | 1   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 185, 385, 585, 785, 985 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 11  | 22  | 33  | 44  | 55  | 66  | 77  | 88  | 99  | 110 | –   | –   | –   | –  | –  | 360 | 2     |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 196 | 82  | 37  | 16  | 12  | 7   | 6   | 2   | 0   | 2   | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 186, 386, 586, 786, 986 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 260 | 280 | 300 | 320 | 340 | 360 | 380 | 400 | 420 | 440 | 460 | 480 | 500 | –  | –  | 340 | 310   |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 2   | 7   | 22  | 46  | 55  | 69  | 61  | 50  | 18  | 5   | 4   | 1   | –  | –  |     |       |
| 187, 387, 587, 787, 987 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 9   | 18  | 27  | 36  | 45  | 54  | 63  | 72  | 81  | 90  | –   | –   | –   | –  | –  | 340 | 2     |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 158 | 96  | 40  | 15  | 14  | 8   | 5   | 2   | 0   | 2   | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 188, 388, 588, 788, 988 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 12  | 24  | 36  | 48  | 60  | 72  | 84  | 96  | 108 | 120 | –   | –   | –   | –  | –  | 320 | 25    |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 6   | 17  | 43  | 60  | 67  | 61  | 32  | 21  | 11  | 2   | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 189, 389, 589, 789, 989 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 60  | 80  | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | –   | –   | –   | –  | –  | 220 | 110   |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 2   | 11  | 25  | 44  | 62  | 40  | 27  | 8   | 1   | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 190, 390, 590, 790, 990 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 275 | 300 | 325 | 350 | 375 | 400 | 425 | 450 | 475 | 500 | 525 | –   | –   | –  | –  | 320 | 330   |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 3   | 15  | 32  | 58  | 88  | 57  | 43  | 18  | 5   | 1   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 191, 391, 591, 791, 991 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 175 | 210 | 245 | 280 | 315 | 350 | 385 | 420 | 455 | 490 | –   | –   | –   | –  | –  | 170 | 300   |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 3   | 15  | 36  | 43  | 40  | 24  | 6   | 2   | –   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 192, 392, 592, 792, 992 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 5   | 10  | 15  | 20  | 25  | 30  | 35  | 40  | 45  | 50  | 60  | –   | –   | –  | –  | 400 | 2     |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 140 | 111 | 59  | 33  | 20  | 15  | 10  | 7   | 3   | 1   | 1   | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 193, 393, 593, 793, 993 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 40  | 60  | 80  | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | –   | –   | –  | –  | 200 | 105   |
|                         | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 0   | 13  | 33  | 55  | 51  | 35  | 11  | 0   | 1   | –   | –   | –  | –  |     |       |

| Вариант задания                     | Номер наблюдения               | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10   | 11   | 12  | 13  | 14 | 15 | $n$ | $t_*$ |
|-------------------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|----|----|-----|-------|
| 194,<br>394,<br>594,<br>794,<br>994 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 250 | 275 | 300 | 325 | 350 | 375 | 400 | 425 | 450 | 475  | 500  | 525 | –   | –  | –  | 330 | 330   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 1   | 9   | 15  | 45  | 71  | 87  | 65  | 27  | 6    | 3    | 1   | –   | –  | –  |     |       |
| 195,<br>395,<br>595,<br>795,<br>995 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 8   | 16  | 24  | 32  | 40  | 48  | 56  | 64  | 72  | 80   | 88   | 96  | 112 | –  | –  | 840 | 2     |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 353 | 216 | 101 | 69  | 52  | 17  | 14  | 8   | 5   | 2    | 1    | 1   | 1   | –  | –  |     |       |
| 196,<br>396,<br>596,<br>796,<br>996 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 10  | 20  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100  | 110  | 120 | –   | –  | –  | 390 | 4     |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 143 | 108 | 58  | 31  | 18  | 12  | 9   | 5   | 3   | 2    | 0    | 1   | –   | –  | –  |     |       |
| 197,<br>397,<br>597,<br>797,<br>997 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 25  | 50  | 75  | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250  | 275  | –   | –   | –  | –  | 210 | 120   |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 0   | 2   | 10  | 12  | 32  | 43  | 50  | 37  | 16  | 4    | 4    | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 198,<br>398,<br>598,<br>798,<br>998 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 8   | 16  | 24  | 32  | 40  | 48  | 56  | 64  | 72  | 80   | –    | –   | –   | –  | –  | 350 | 2     |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 165 | 97  | 42  | 17  | 12  | 7   | 6   | 2   | 1   | 1    | –    | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 199,<br>399,<br>599,<br>799,<br>999 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | –   | –   | –  | –  | 290 | 20    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 118 | 71  | 34  | 27  | 15  | 10  | 7   | 4   | 2   | 1    | 1    | –   | –   | –  | –  |     |       |
| 200,<br>400,<br>600,<br>800,<br>000 | Время наблюдения $t_{j_2}$ , ч | 10  | 20  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100  | 110  | –   | –   | –  | –  | 330 | 25    |
|                                     | Число отказов $\Delta m_j$     | 6   | 12  | 33  | 49  | 62  | 79  | 46  | 23  | 13  | 5    | 2    | –   | –   | –  | –  |     |       |

Работа выполняется на листах формата А4 писчей бумаги, с одной стороны.

Рамка на листах не выполняется, обязательными являются поля - слева 25 мм, снизу и сверху - 20 мм, справа - 10 мм.

Список использованной литературы ко всей работе оформляется на отдельном листе.

Перед сдачей работы на проверку все материалы брошюруются любым способом, исключаяющим ее разъединение, дополняются титульным листом и списком использованной литературы.

Пример выполнения работы приведен в приложении 1.

## 5. Экзаменационные вопросы

1. Общие понятия теории надежности.
2. Состояния объекта.
3. Классификация отказов.
4. Техническое обслуживание и ремонт.
5. Временные понятия теории надежности.
6. Причины изменения технического состояния и отказов механических систем.
7. Причины изменения технического состояния и отказов гидравлических и пневматических систем.
8. Причины изменения технического состояния и отказов электрических систем и систем электронного оборудования.
9. Общие понятия теории вероятностей.
10. Вероятность события и частота события.
11. Вероятность определенного сочетания элементов различных типов в выборке.
12. Вероятность совместного появления событий.
13. Вероятность появления одного из несовместных событий.
14. Вероятность появления хотя бы одного из совместных событий.
15. Формула полной вероятности.
16. Формула Байеса.
17. Формула Бернулли.
18. Распределение дискретных случайных величин. Вероятностное и статистическое выражение законов распределения.
19. Распределение непрерывных случайных величин. Вероятностное и статистическое выражение законов распределения.
20. Числовые характеристики дискретных и непрерывных случайных величин. Вероятностные и статистические методы определения числовых характеристик.
21. Моменты случайных величин. Вероятностные и статистические методы их определения.
22. Равномерное непрерывное распределение случайной величины. Параметры и числовые характеристики равномерного непрерывного распределения.
23. Равномерное дискретное распределение случайной величины. Параметры и числовые характеристики равномерного дискретного распределения.
24. Гипергеометрическое распределение случайной величины. Параметры и числовые характеристики гипергеометрического распределения.
25. Геометрическое распределение случайной величины. Параметры и числовые характеристики геометрического распределения.
26. Биномиальное распределение случайной величины. Параметры и числовые характеристики биномиального распределения.
27. Распределение Пуассона. Параметры и числовые характеристики распределения Пуассона.
28. Потоки событий и их основные характеристики. Распределение времени между событиями в потоке. Простейший поток событий и его особенности.
29. Распределение Эрланга. Параметры и числовые характеристики распределения Эрланга.
30. Нормальное распределение случайной величины. Параметры и числовые характеристики нормального распределения.
31. Определение закона распределения случайной величины по статистическим данным. Методы определения параметров выбранного закона.
32. Определение закона распределения случайной величины по статистическим данным. Проверка правдоподобия гипотезы о выбранном законе.
33. Точечные и интервальные оценки вероятностных величин. Свойства точечных оценок.
34. Точечные и интервальные оценки вероятностных величин. Интервальная оценка математического ожидания случайной величины.



35. Точечные и интервальные оценки вероятностных величин. Интервальная оценка вероятности события.
36. Показатели надежности и их классификация.
37. Нарботка на отказ. Поток отказов. Показатели надежности восстанавливаемого объекта.
38. Нарботка до отказа и характеристики ее распределения. Вероятностные и статистические методы определения характеристик.
39. Экспоненциальное распределение наработки.
40. Распределение Вейбулла.
41. Нормальный закон распределения наработки.
42. Ресурс и срок службы и характеристики их распределения. Вероятностные и статистические методы определения характеристик.
43. Время восстановления и характеристики его распределения. Вероятностные и статистические методы определения характеристик.
44. Срок сохраняемости и характеристики его распределения. Вероятностные и статистические методы определения характеристик.
45. Комплексные показатели надежности. Вероятностные и статистические методы определения показателей.
46. Интервальная оценка вероятности безотказной работы и вероятности отказа по частоте отказов при условии ее нормального распределения.
47. Интервальная оценка вероятности безотказной работы и вероятности отказа по частоте отказов при условии ее биномиального распределения.
48. Односторонние доверительные пределы для функции надежности при биномиальном распределении и распределении Пуассона.
49. Основные понятия теории резервирования.
50. Основные виды и способы резервирования.
51. Структурные схемы надежности. Виды соединения элементов в структурных схемах надежности.
52. Расчет надежности системы с основным соединением элементов.
53. Расчет надежности системы с постоянным резервированием с кратностью  $n/1$  (с параллельным соединением элементов).
54. Расчет надежности мажоритарного соединения элементов и мостовой схемы соединения элементов.
55. Расчет надежности при резервировании замещением с кратностью  $n/1$ .
56. Расчет надежности при скользящем резервировании.
57. Выбор номенклатуры состава запасных частей.
58. Методы расчета количественного состава ЗИП.
59. Расчет показателей надежности по заданному критерию при нагрузочном резервировании.
60. Обеспечение надежности объекта на стадии проектирования. Методы распределения требований по надежности между элементами системы.
61. Методы определения и контроля надежности технических объектов.
62. Цель и виды испытаний технических объектов на надежность.
63. Планы испытаний по определению надежности технических систем (планы определительных испытаний на надежность).
64. Планирование статистического непараметрического контроля качества продукции, основанного на фиксированном объеме.
65. Планирование статистического непараметрического контроля качества продукции, основанного на последовательном анализе.
66. Планирование статистического параметрического контроля качества продукции, основанного на фиксированном объеме.

67. Планирование статистического параметрического контроля качества продукции, основанного на последовательном анализе.
68. Ускоренные испытания на надежность.
69. Диагностика. Основные термины и определения.
70. Цели и методы диагностирования.
71. Технические средства диагностирования.
72. Определение технического состояния на основе прямых диагностических параметров и признаков.
73. Определение вероятности технического состояния на основе косвенных диагностических параметров и признаков.

## ***6. Рекомендуемая литература***

1. Половко, А. М. Основы теории надежности / А. М. Половко, С. В. Гуров. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 704 с.
2. Половко, А. М. Основы теории надежности: практикум / А. М. Половко, С. В. Гуров. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 560 с.
3. Яхьяев, Н.А. Основы теории надежности и диагностика: учебник для вузов / Н.А. Яхьяев, А.В. Кораблин. – М.: Академия, 2009 г. – 256 с.
4. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 39 с.
5. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 12 с.
6. ГОСТ 27518-87. Диагностирование изделий. Общие требования. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 8 с.
7. Решетов, Д. Н. Надежность машин: учеб. пособие для машиностр. спец. вузов / Д. Н. Решетов, А. С. Иванов, В. З. Фадеев; под ред. Д. Н. Решетова. – М.: Высш. шк., 1988. – 238 с.
8. Надежность технических систем: справочник / Ю. К. Беляев, В. А. Богатырев, В. В. Болотин и др.; под ред. И. А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985. – 608 с.
9. Труханов, В. М. Надежность в технике / В. М. Труханов. – М.: Машиностроение, 1999. – 598 с.
10. Чернышов, К. В. Показатели надежности технических систем: наработка до отказа, ресурс, срок службы: учеб. пособ. / К. В. Чернышов; ВолгГТУ. – Волгоград: ВолгГТУ, 2007. – 80 с.

## ***8. Перечень методических указаний***

1. Чернышов, К. В. Основы теории надежности и диагностика. Определение надежности технического объекта по экспериментальным данным: метод. указ. к выполнению семестр. работы / К. В. Чернышов; ВолгГТУ. – Волгоград: ВолгГТУ, 2009. – 56 с.
2. Непараметрический контроль качества продукции. Методические рекомендации по планированию испытаний / К. В. Чернышов, В. В. Еронтаев; Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград, 2016. – 28 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### *Пример выполнения контрольной работы*

Министерство образования и науки Российской Федерации

Волгоградский государственный технический университет

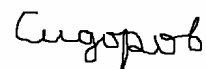
Кафедра “Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей”

Основы теории надежности и диагностики

Семестровая работа

“Определение надежности технического объекта по экспериментальным  
данным”

Выполнил студент  
группы Сидоров А.С.



Номер зачетной  
книжки 000201184

Проверил  
доцент Чернышов К.В.

Волгоград 2017

# 1. Построение статистических графиков функции распределения наработки технического объекта и функции надежности, гистограммы наработки и статистического графика интенсивности отказов

Данные испытаний в течение  $t_{исп} = 70$  ч  $n = 100$  аналогичных объектов представлены в таблице.

|              |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| №            | 1 | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| $t_j$        | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 |
| $\Delta m_j$ | 0 | 1  | 0  | 3  | 8  | 14 | 26 | 19 | 14 | 8  | 4  | 2  | 0  | 1  |

Здесь  $t_j$  – время наблюдения, когда подсчитывается количество  $\Delta m_j$  объектов, отказавших с момента  $t_{j-1}$  последнего наблюдения (то есть в интервале  $(t_{j-1}; t_j)$ ). В первой строке указан порядковый номер наблюдения (интервала).

Поскольку в таблицу входят интервалы, не содержащие отказов, составим новый вариационный ряд, в котором эти интервалы объединены с соседними, находящимися дальше от центра рассеяния. Таким образом, третий интервал объединяется со вторым, а тринадцатый – с четырнадцатым. Первый интервал, не содержащий отказов, можно исключить.

|                |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $t_{j-1}; t_j$ | 5; 15 | 15; 20 | 20; 25 | 25; 30 | 30; 35 | 35; 40 | 40; 45 | 45; 50 | 50; 55 | 55; 60 | 60; 70 |
| $\Delta m_j$   | 1     | 3      | 8      | 14     | 26     | 19     | 14     | 8      | 4      | 2      | 1      |
| $q_j^*$        | 0,01  | 0,03   | 0,08   | 0,14   | 0,26   | 0,19   | 0,14   | 0,08   | 0,04   | 0,02   | 0,01   |

Здесь  $q_j^* = \frac{\Delta m_j}{n}$  – относительная частота отказов в  $j$ -ом интервале.

Определим значения статистической функции распределения на границах вариационного ряда по формулам:  $\hat{F}(t_0) = 0$ ;  $\hat{F}(t_1) = \frac{\Delta m_1}{n}$ ;  $\hat{F}(t_2) = \frac{\Delta m_1 + \Delta m_2}{n}$ ;

$\hat{F}(t_3) = \frac{\Delta m_1 + \Delta m_2 + \Delta m_3}{n}$ ; ...;  $\hat{F}(t_k) = 1$ . В соответствии с приведенными форму-

лами,  $\hat{F}(5) = 0$ ;  $\hat{F}(15) = \frac{1}{100} = 0,01$ ;  $\hat{F}(20) = \frac{1+3}{100} = 0,04$ ;  $\hat{F}(25) = \frac{1+3+8}{100} = 0,12$ ;

$\hat{F}(30) = \frac{1+3+8+14}{100} = 0,26$ ;  $\hat{F}(35) = \frac{1+3+8+14+26}{100} = 0,52$ ;

$\hat{F}(40) = \frac{1+3+8+14+26+19}{100} = 0,71$ ;  $\hat{F}(45) = \frac{1+3+8+14+26+19+14}{100} = 0,85$ ;

$\hat{F}(50) = \frac{1+3+8+14+26+19+14+8}{100} = 0,93$ ;

$\hat{F}(55) = \frac{1+3+8+14+26+19+14+8+4}{100} = 0,97$ ;

$\hat{F}(60) = \frac{1+3+8+14+26+19+14+8+4+2}{100} = 0,99$ ;

$\hat{F}(70) = \frac{1+3+8+14+26+19+14+8+4+2+1}{100} = 1$ .

График статистической функции распределения наработки приведен на рис. 1. Этот график является одной из зависимостей, определяющих закон распределения наработки.

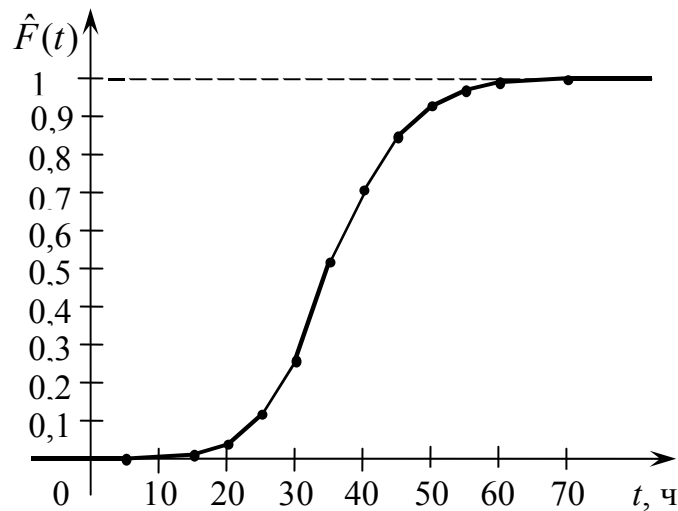


Рис. 1. График статистической функции распределения наработки

О законе распределения наработки можно судить также по виду статистической функции надежности.

Значения функции надежности на границах интервалов ряда:  $\hat{R}(t_0)=1$ ;  $\hat{R}(t_1)=1-\hat{F}(t_1)$ ;  $\hat{R}(t_2)=1-\hat{F}(t_2)$ ; ...;  $\hat{R}(t_k)=0$  (стр. 9). Следовательно,  $\hat{R}(5)=1$ ;  $\hat{R}(15)=1-0,01=0,99$ ;  $\hat{R}(20)=1-0,04=0,96$ ;  $\hat{R}(25)=1-0,12=0,88$ ;  $\hat{R}(30)=1-0,26=0,74$ ;  $\hat{R}(35)=1-0,52=0,48$ ;  $\hat{R}(40)=1-0,71=0,29$ ;  $\hat{R}(45)=1-0,85=0,15$ ;  $\hat{R}(50)=1-0,93=0,07$ ;  $\hat{R}(55)=1-0,97=0,03$ ;  $\hat{R}(60)=1-0,99=0,01$ ;  $\hat{R}(70)=0$ .

График статистической функции распределения наработки приведен на рис. 2.

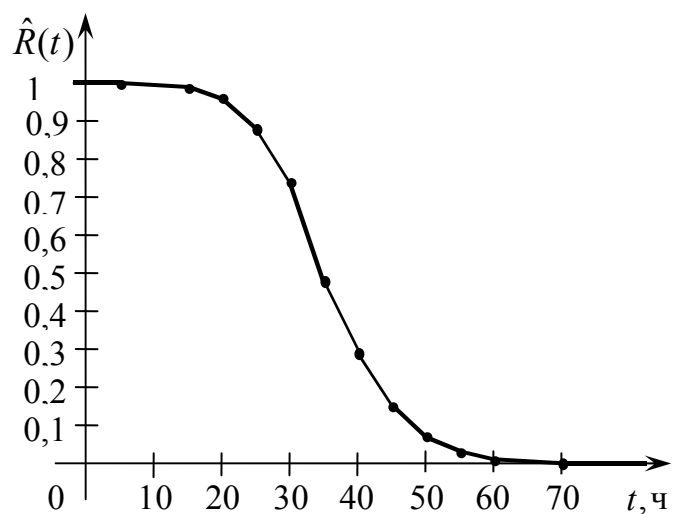


Рис. 2. График статистической функции надежности

Чтобы получить более полное представление о распределении наработки, построим гистограмму, представляющую статистический график плотности распределения. Для этого необходимо определить значения статистической плотности на каждом интервале:

$$\hat{f}(\Delta t_j) = \frac{q_j^*}{\Delta t_j} = \frac{\Delta m_j}{\Delta t_j n}.$$

Тогда

$$\begin{aligned} \hat{f}(\Delta t_1) &= \frac{0,01}{10} = 0,001 \text{ ч}^{-1}; & \hat{f}(\Delta t_2) &= \frac{0,03}{5} = 0,006 \text{ ч}^{-1}; \\ \hat{f}(\Delta t_3) &= \frac{0,08}{5} = 0,016 \text{ ч}^{-1}; & \hat{f}(\Delta t_4) &= \frac{0,14}{5} = 0,028 \text{ ч}^{-1}; \\ \hat{f}(\Delta t_5) &= \frac{0,26}{5} = 0,052 \text{ ч}^{-1}; & \hat{f}(\Delta t_6) &= \frac{0,19}{5} = 0,038 \text{ ч}^{-1}; \\ \hat{f}(\Delta t_7) &= \frac{0,14}{5} = 0,028 \text{ ч}^{-1}; & \hat{f}(\Delta t_8) &= \frac{0,08}{5} = 0,016 \text{ ч}^{-1}; \\ \hat{f}(\Delta t_9) &= \frac{0,04}{5} = 0,008 \text{ ч}^{-1}; & \hat{f}(\Delta t_{10}) &= \frac{0,02}{5} = 0,004 \text{ ч}^{-1}; \\ \hat{f}(\Delta t_{11}) &= \frac{0,01}{10} = 0,001 \text{ ч}^{-1}. \end{aligned}$$

Гистограмма наработки представлена на рис. 3.

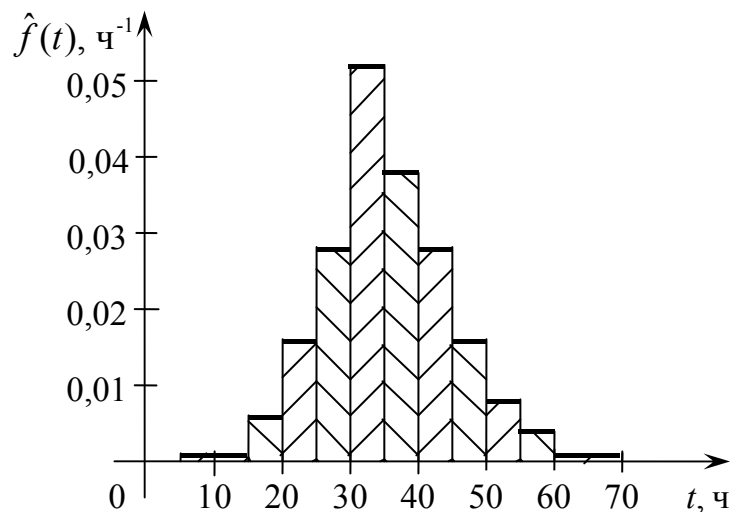


Рис. 3. Гистограмма распределения наработки

Большую помощь в определении вида наработки объекта может оказать график статистической функции интенсивности отказов. Для построения этого графика можно использовать формулу

$$\hat{\lambda}(\bar{t}_j) = \frac{\Delta m_j}{\Delta t_j \cdot \left( n - \frac{m_{j-1} + m_j}{2} \right)}.$$

Эту формулу можно записать в виде

$$\hat{\lambda}(\bar{t}_j) = \frac{\Delta m_j}{\Delta t_j \cdot \left( n - m_{j-1} - \frac{\Delta m_j}{2} \right)}.$$

Здесь  $n - \frac{m_{j-1} + m_j}{2} = n - m_{j-1} - \frac{\Delta m_j}{2}$  представляет собой число объектов, не отказавших к середине рассматриваемого интервала. Таким образом,

$$\begin{aligned} \hat{\lambda}(\bar{t}_1) &= \frac{1}{10 \cdot \left( 100 - 0 - \frac{1}{2} \right)} \approx 0,001 \text{ ч}^{-1}; & \hat{\lambda}(\bar{t}_2) &= \frac{3}{5 \cdot \left( 100 - 1 - \frac{3}{2} \right)} \approx 0,006 \text{ ч}^{-1}; \\ \hat{\lambda}(\bar{t}_3) &= \frac{8}{5 \cdot \left( 100 - 4 - \frac{8}{2} \right)} \approx 0,017 \text{ ч}^{-1}; & \hat{\lambda}(\bar{t}_4) &= \frac{14}{5 \cdot \left( 100 - 12 - \frac{14}{2} \right)} \approx 0,035 \text{ ч}^{-1}; \\ \hat{\lambda}(\bar{t}_5) &= \frac{26}{5 \cdot \left( 100 - 26 - \frac{26}{2} \right)} \approx 0,085 \text{ ч}^{-1}; & \hat{\lambda}(\bar{t}_6) &= \frac{19}{5 \cdot \left( 100 - 52 - \frac{19}{2} \right)} \approx 0,099 \text{ ч}^{-1}; \\ \hat{\lambda}(\bar{t}_7) &= \frac{14}{5 \cdot \left( 100 - 71 - \frac{14}{2} \right)} \approx 0,127 \text{ ч}^{-1}; & \hat{\lambda}(\bar{t}_8) &= \frac{8}{5 \cdot \left( 100 - 85 - \frac{8}{2} \right)} \approx 0,145 \text{ ч}^{-1}; \\ \hat{\lambda}(\bar{t}_9) &= \frac{4}{5 \cdot \left( 100 - 93 - \frac{4}{2} \right)} = 0,16 \text{ ч}^{-1}; & \hat{\lambda}(\bar{t}_{10}) &= \frac{2}{5 \cdot \left( 100 - 97 - \frac{2}{2} \right)} = 0,2 \text{ ч}^{-1}; \\ \hat{\lambda}(\bar{t}_{11}) &= \frac{1}{10 \cdot \left( 100 - 99 - \frac{1}{2} \right)} = 0,2 \text{ ч}^{-1}. \end{aligned}$$

График, построенный по полученным значениям, изображен на рис. 4.

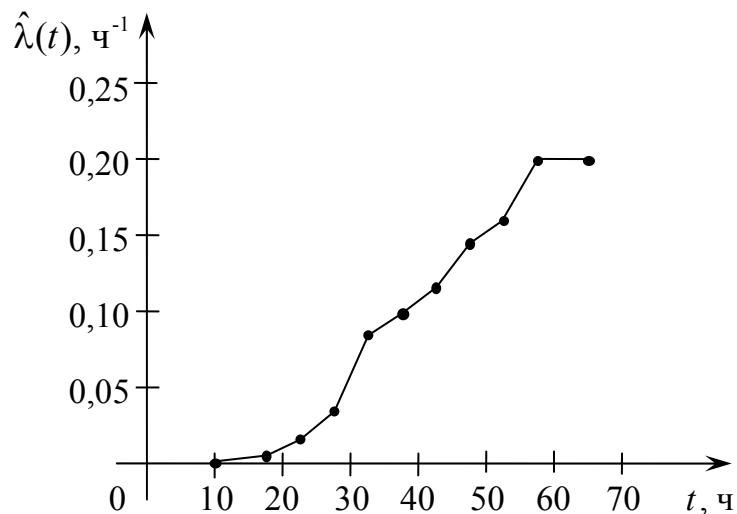


Рис. 4. График статистической функции интенсивности отказов



## 2. Выбор наиболее подходящего закона распределения наработки объекта и проверка гипотезы о выбранном законе

По виду статистической функции распределения, статистической функции надежности, гистограммы и статистической функции интенсивности отказов можно предположить, что наработка до отказа распределена либо по нормальному закону, либо по закону Вейбулла с параметром формы, большим единицы.

Как нормальное распределение, так и распределение Вейбулла содержат два параметра. Поэтому для определения значений параметров методом моментов определим статистические значения двух моментов: первого начального и второго центрального, то есть математического ожидания и дисперсии наработки.

Статистическое значение математического ожидания (средней наработки)

$$\hat{T}_0 = \sum_{j=1}^k q_j^* \bar{t}_j.$$

Средние значения в интервалах

$$\begin{aligned} \bar{t}_1 &= \frac{t_0 + t_1}{2} = \frac{5 + 15}{2} = 10 \text{ ч}; & \bar{t}_2 &= \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{15 + 20}{2} = 17,5 \text{ ч}; \\ \bar{t}_3 &= \frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{20 + 25}{2} = 22,5 \text{ ч}; & \bar{t}_4 &= \frac{t_3 + t_4}{2} = \frac{25 + 30}{2} = 27,5 \text{ ч}; \\ \bar{t}_5 &= \frac{t_4 + t_5}{2} = \frac{30 + 35}{2} = 32,5 \text{ ч}; & \bar{t}_6 &= \frac{t_5 + t_6}{2} = \frac{35 + 40}{2} = 37,5 \text{ ч}; \\ \bar{t}_7 &= \frac{t_6 + t_7}{2} = \frac{40 + 45}{2} = 42,5 \text{ ч}; & \bar{t}_8 &= \frac{t_7 + t_8}{2} = \frac{45 + 50}{2} = 47,5 \text{ ч}; \\ \bar{t}_9 &= \frac{t_8 + t_9}{2} = \frac{50 + 55}{2} = 52,5 \text{ ч}; & \bar{t}_{10} &= \frac{t_9 + t_{10}}{2} = \frac{55 + 60}{2} = 57,5 \text{ ч}; \\ \bar{t}_{11} &= \frac{t_{10} + t_{11}}{2} = \frac{60 + 70}{2} = 65 \text{ ч}. \end{aligned}$$

Тогда

$$\begin{aligned} \hat{T}_0 &= 0,01 \cdot 10 + 0,03 \cdot 17,5 + 0,08 \cdot 22,5 + 0,14 \cdot 27,5 + 0,26 \cdot 32,5 + 0,19 \cdot 37,5 + 0,14 \cdot 42,5 + \\ &+ 0,08 \cdot 47,5 + 0,04 \cdot 52,5 + 0,02 \cdot 57,5 + 0,01 \cdot 65 = 35,5 \text{ ч}. \end{aligned}$$

Статистическая дисперсия по данным вариационного ряда может быть определена по формуле

$$\hat{\sigma}_t^2 = \hat{D}_t = \frac{n}{n-1} \cdot \left[ \sum_{j=1}^k \bar{t}_j^2 q_j^* - \hat{T}_0^2 \right].$$

Следовательно,

$$\begin{aligned} \hat{\sigma}_t^2 &= \frac{100}{100-1} \cdot \left[ 0,01 \cdot 10^2 + 0,03 \cdot 17,5^2 + 0,08 \cdot 22,5^2 + 0,14 \cdot 27,5^2 + 0,26 \cdot 32,5^2 + 0,19 \cdot 37,5^2 + \right. \\ &+ 0,14 \cdot 42,5^2 + 0,08 \cdot 47,5^2 + 0,04 \cdot 52,5^2 + 0,02 \cdot 57,5^2 + 0,01 \cdot 65^2 - 35,5^2 \left. \right] \approx 91,035 \text{ ч}^2. \end{aligned}$$

а). Рассмотрим гипотезу о нормальном распределении наработки.

Плотность распределения нормального закона выражается формулой

$$f(t) = \frac{1}{\sigma_t \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-T_0)^2}{2\sigma_t^2}},$$

которая включает в себя два параметра: математическое ожидание наработки до отказа  $T_0$  и ее среднеквадратическое отклонение  $\sigma_t = \sqrt{D_t}$ .

Согласно методу моментов, делаем следующее допущение:  $T_0 = \hat{T}_0$ ,  $D_t = \hat{\sigma}_t^2$ .

Таким образом, в соответствии с допущением,

$$T_0 = 35,5 \text{ ч}; \quad \sigma_t \approx \sqrt{91,035} \approx 9,541 \text{ ч}.$$

Подставим эти значения в формулы функции нормального распределения:

$$F(t) = \frac{1}{9,541\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-\frac{(t-35,5)^2}{2 \cdot 9,541^2}} dt,$$

функции надежности для случая нормального распределения:

$$R(t) = 1 - \frac{1}{9,541\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-\frac{(t-35,5)^2}{2 \cdot 9,541^2}} dt,$$

плотности нормального распределения:

$$f(t) = \frac{1}{9,541\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-35,5)^2}{2 \cdot 9,541^2}},$$

интенсивности отказов для случая нормального распределения:

$$R(t) = 1 - \frac{1}{9,541\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-\frac{(t-35,5)^2}{2 \cdot 9,541^2}} dt.$$

По полученным формулам можно построить соответствующие кривые. Для этого обычно используют границы интервалов статистического ряда:

| $t_j$        | 5     | 15    | 20    | 25    | 30    | 35    | 40    | 45    | 50    | 55    | 60    | 70    |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $F(t)$       | 0,001 | 0,016 | 0,052 | 0,136 | 0,282 | 0,479 | 0,682 | 0,840 | 0,936 | 0,980 | 0,995 | 1,000 |
| $R(t)$       | 0,999 | 0,984 | 0,948 | 0,864 | 0,718 | 0,521 | 0,318 | 0,160 | 0,064 | 0,020 | 0,005 | 0,000 |
| $f(t)$       | 0,000 | 0,004 | 0,011 | 0,023 | 0,035 | 0,042 | 0,037 | 0,025 | 0,013 | 0,005 | 0,002 | 0,000 |
| $\lambda(t)$ | 0,000 | 0,004 | 0,012 | 0,026 | 0,049 | 0,080 | 0,118 | 0,159 | 0,205 | 0,253 | 0,302 | 0,405 |

На рис. 5 – 8 представлены графики статистических характеристик с наложенными на них соответствующими выравнивающими кривыми.

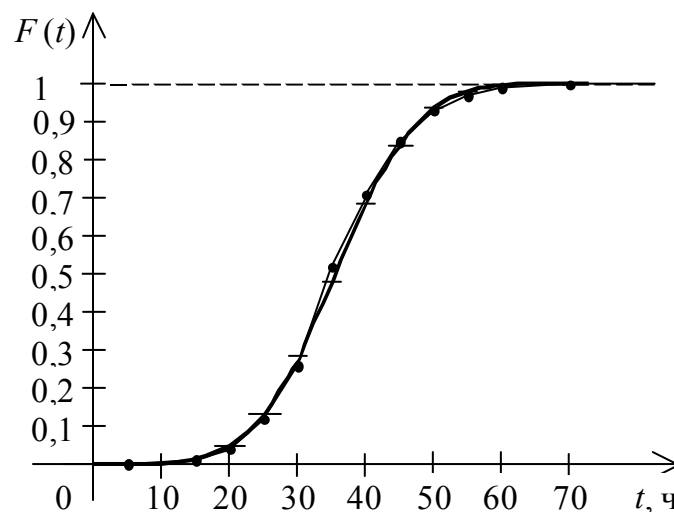


Рис. 5. График функции распределения наработки по нормальному закону

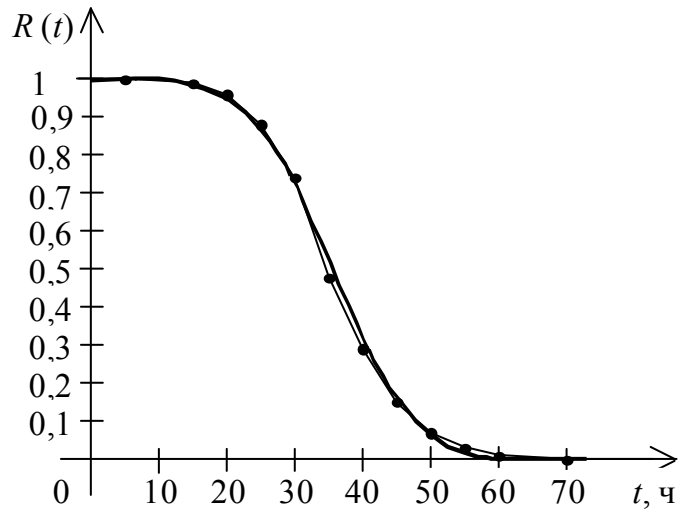


Рис. 6. График функции надежности при нормальном законе распределения

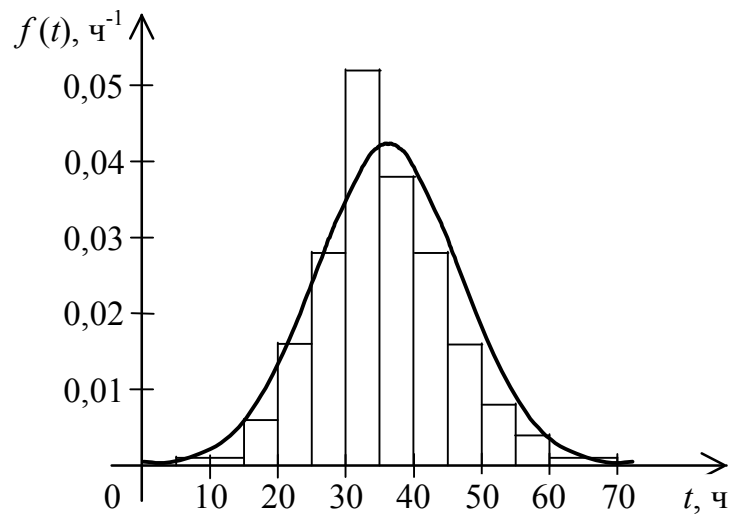


Рис. 7. График плотности распределения наработки по нормальному закону

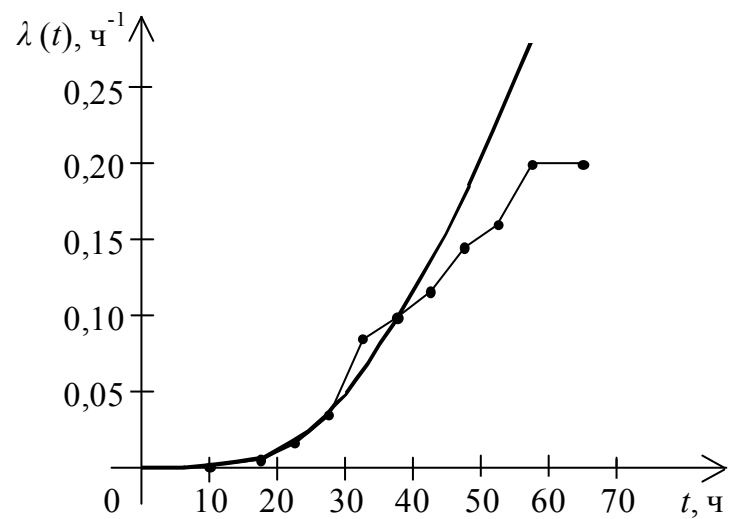


Рис. 8. График функции интенсивности отказов при нормальном законе распределения

б). Рассмотрим гипотезу о распределении наработки по закону Вейбулла.

Параметрами распределения Вейбулла являются параметр формы  $\eta$  и параметр масштаба  $\mu$ . Средняя наработка и дисперсия наработки в случае распределения Вейбулла связаны с параметрами распределения следующим образом:

$$T_0 = \frac{\Gamma\left(1 + \frac{1}{\eta}\right)}{\eta\sqrt{\mu}}, \quad D_t = \frac{\Gamma\left(1 + \frac{2}{\eta}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\eta}\right)}{\eta\sqrt{\mu^2}}.$$

Коэффициент вариации распределения Вейбулла

$$v_t = \frac{\sqrt{D_t}}{T_0} = \frac{\sqrt{\Gamma\left(1 + \frac{2}{\eta}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\eta}\right)}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{\eta}\right)}.$$

Таким образом, метод моментов для распределения Вейбулла можно свести к следующему. Приравниваем статистическое значение коэффициента вариации  $\hat{v}_t$  точному значению коэффициента вариации  $v_t$ , по табл. П.6 приложения 2 находим значение параметра формы, а затем находим значение коэффициента масштаба с помощью формулы

$$\mu = \left( \frac{\Gamma\left(1 + \frac{1}{\eta}\right)}{T_0} \right)^\eta.$$

Статистическое значение коэффициента вариации

$$\hat{v}_t = \frac{\hat{\sigma}_t}{\hat{T}_0} \approx \frac{9,541}{35,5} \approx 0,269.$$

В соответствии с табл. П.6 приложения 2, коэффициенту вариации  $v_x = 0,268$  соответствует значение параметра формы 4,19. То есть, статистическое значение параметра формы  $\hat{\eta} = 4,19$ . Тогда статистический параметр масштаба

$$\hat{\mu} \approx \left( \frac{\Gamma\left(1 + \frac{1}{4,19}\right)}{35,5} \right)^{4,19} \approx \left( \frac{0,909}{35,5} \right)^{4,19} \approx 0,000000214 \text{ ч}^{-1}.$$

Здесь значение гамма-функции  $\Gamma\left(1 + \frac{1}{4,19}\right) \approx \Gamma(1,239) \approx 0,909$  определено с помощью табл. П.4 приложения 2.

Сделаем допущение:  $\eta = 4,19$ ,  $\mu = 0,000000214 \text{ ч}^{-1}$ .

Таким образом, функция распределения Вейбулла для рассматриваемого случая

$$F(t) = 1 - e^{-\mu t^\eta} = 1 - e^{-0,000000214 t^{4,19}},$$

функция надежности

$$R(t) = e^{-\mu t^\eta} = e^{-0,000000214 t^{4,19}},$$

плотность распределения

$$f(t) = \mu \eta t^{\eta-1} e^{-\mu t^\eta} \approx 0,0000009 \cdot t^{3,19} \cdot e^{-0,000000214 t^{4,19}},$$

интенсивность отказов

$$\lambda(t) = \mu \eta t^{\eta-1} = 0,0000009 \cdot t^{3,19}.$$

Определим значения функций на границах вариационного ряда:

|              |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $t_j$        | 5     | 15    | 20    | 25    | 30    | 35    | 40    | 45    | 50    | 55    | 60    | 70    |
| $F(t)$       | 0,000 | 0,018 | 0,059 | 0,143 | 0,282 | 0,468 | 0,669 | 0,836 | 0,940 | 0,985 | 0,998 | 1,000 |
| $R(t)$       | 1,000 | 0,982 | 0,941 | 0,857 | 0,718 | 0,532 | 0,331 | 0,164 | 0,060 | 0,015 | 0,002 | 0,000 |
| $f(t)$       | 0,000 | 0,005 | 0,012 | 0,022 | 0,033 | 0,040 | 0,038 | 0,028 | 0,014 | 0,005 | 0,001 | 0,000 |
| $\lambda(t)$ | 0,000 | 0,005 | 0,013 | 0,026 | 0,046 | 0,076 | 0,116 | 0,169 | 0,237 | 0,321 | 0,423 | 0,692 |

и построим графики функций, совмещенные с графиками статистических характеристик (рис. 9 – 12).

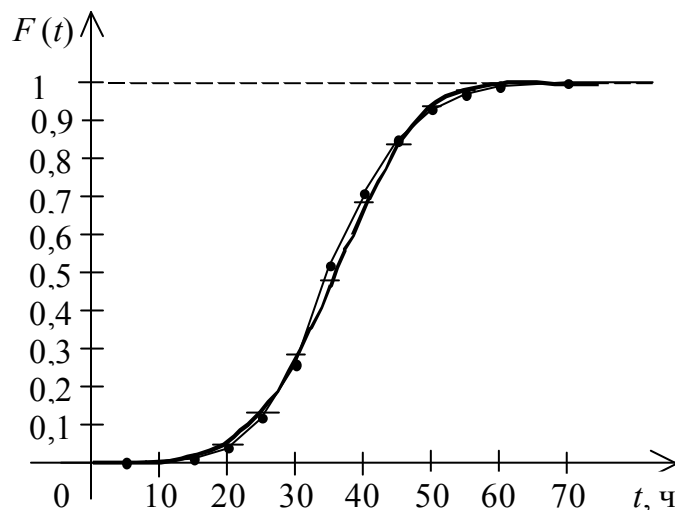


Рис. 9. График функции распределения наработки по закону Вейбулла

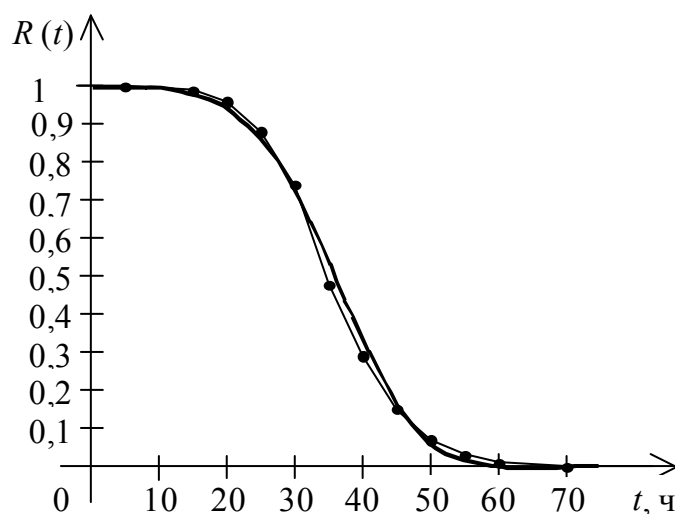


Рис. 10. График функции надежности при законе распределения Вейбулла

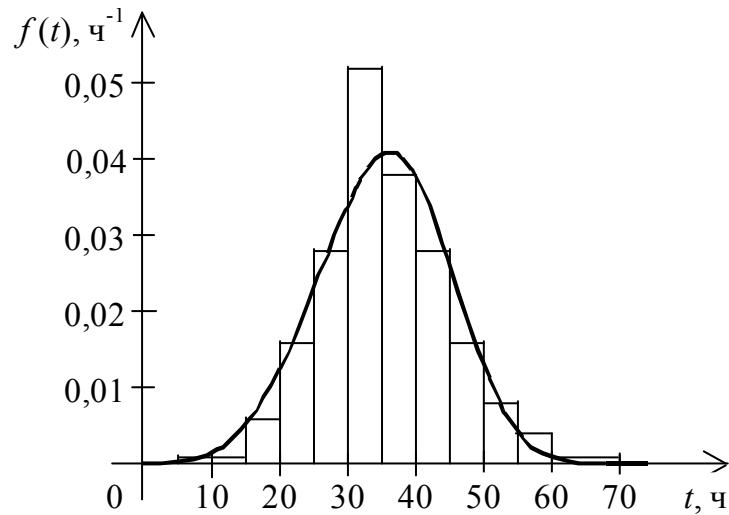


Рис. 11. График плотности распределения наработки по закону Вейбулла

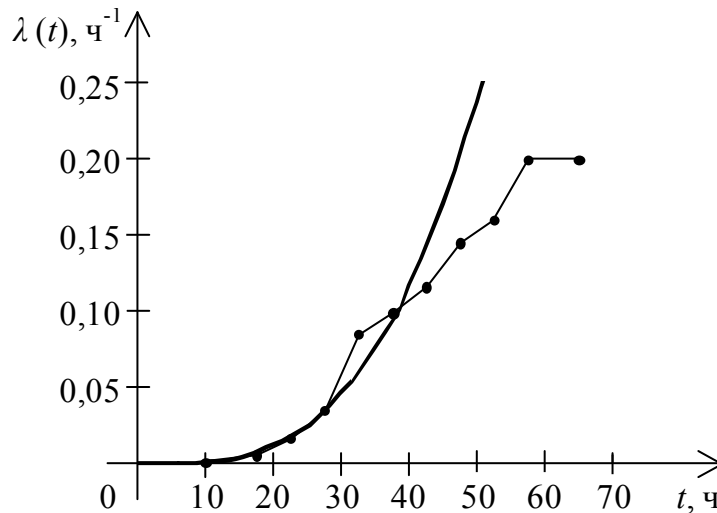


Рис. 12. График функции интенсивности отказов при законе распределения Вейбулла

Проверим соответствие статистического распределения наработки объекта сглаживающим его нормальному закону распределения и закону распределения Вейбулла.

а). Рассмотрим нормальный закон распределения.

Частоты  $q_j^*$  попадания случайной величины  $T$  в интервалы статистического ряда нам известны. Определим теоретические вероятности  $q_j$  попадания случайной величины  $T$  в те же интервалы и составим таблицу с соответствующими каждому интервалу значениями  $q_j^*$  и  $q_j$ . Для нормального закона распределения вероятности попадания в интервалы определяются по формуле

$$q_j = \Phi_0\left(\frac{t_j - T_0}{\sigma_t}\right) - \Phi_0\left(\frac{t_{j-1} - T_0}{\sigma_t}\right).$$

Согласно принятому допущению, параметры нормального распределения  $T_0 = 35,5$  ч и  $\sigma_t = 9,541$  ч. Тогда

$$\begin{aligned}
q_1 &= \Phi_0\left(\frac{15-35,5}{9,541}\right) - \Phi_0\left(\frac{5-35,5}{9,541}\right) \approx \Phi_0(-2,149) - \Phi_0(-3,197) \approx 0,016 - 0,001 = 0,015; \\
q_2 &= \Phi_0\left(\frac{20-35,5}{9,541}\right) - \Phi_0\left(\frac{15-35,5}{9,541}\right) \approx \Phi_0(-1,625) - \Phi_0(-2,149) \approx 0,052 - 0,016 = 0,036; \\
q_3 &= \Phi_0\left(\frac{25-35,5}{9,541}\right) - \Phi_0\left(\frac{20-35,5}{9,541}\right) \approx \Phi_0(-1,101) - \Phi_0(-1,625) \approx 0,135 - 0,052 = 0,083; \\
q_4 &= \Phi_0\left(\frac{30-35,5}{9,541}\right) - \Phi_0\left(\frac{25-35,5}{9,541}\right) \approx \Phi_0(-0,576) - \Phi_0(-1,101) \approx 0,282 - 0,135 = 0,147; \\
q_5 &= \Phi_0\left(\frac{35-35,5}{9,541}\right) - \Phi_0\left(\frac{30-35,5}{9,541}\right) \approx \Phi_0(-0,052) - \Phi_0(-0,576) \approx 0,479 - 0,282 = 0,197; \\
q_6 &= \Phi_0\left(\frac{40-35,5}{9,541}\right) - \Phi_0\left(\frac{35-35,5}{9,541}\right) \approx \Phi_0(0,472) - \Phi_0(-0,052) \approx 0,682 - 0,479 = 0,203; \\
q_7 &= \Phi_0\left(\frac{45-35,5}{9,541}\right) - \Phi_0\left(\frac{40-35,5}{9,541}\right) \approx \Phi_0(0,996) - \Phi_0(0,472) \approx 0,840 - 0,682 = 0,158; \\
q_8 &= \Phi_0\left(\frac{50-35,5}{9,541}\right) - \Phi_0\left(\frac{45-35,5}{9,541}\right) \approx \Phi_0(1,520) - \Phi_0(0,996) \approx 0,936 - 0,840 = 0,096; \\
q_9 &= \Phi_0\left(\frac{55-35,5}{9,541}\right) - \Phi_0\left(\frac{50-35,5}{9,541}\right) \approx \Phi_0(2,044) - \Phi_0(1,520) \approx 0,980 - 0,936 = 0,044; \\
q_{10} &= \Phi_0\left(\frac{60-35,5}{9,541}\right) - \Phi_0\left(\frac{55-35,5}{9,541}\right) \approx \Phi_0(2,568) - \Phi_0(2,044) \approx 0,995 - 0,980 = 0,015; \\
q_{11} &= \Phi_0\left(\frac{70-35,5}{9,541}\right) - \Phi_0\left(\frac{60-35,5}{9,541}\right) \approx \Phi_0(3,616) - \Phi_0(2,568) \approx 1,000 - 0,995 = 0,005.
\end{aligned}$$

|                |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $t_{j-1}; t_j$ | 5; 15 | 15; 20 | 20; 25 | 25; 30 | 30; 35 | 35; 40 | 40; 45 | 45; 50 | 50; 55 | 55; 60 | 60; 70 |
| $q_j^*$        | 0,01  | 0,03   | 0,08   | 0,14   | 0,26   | 0,19   | 0,14   | 0,08   | 0,04   | 0,02   | 0,01   |
| $q_j$          | 0,015 | 0,036  | 0,083  | 0,147  | 0,197  | 0,203  | 0,158  | 0,096  | 0,044  | 0,015  | 0,005  |

Вычислим значение  $u$ .

$$\begin{aligned}
u &= n \sum_{j=1}^k \frac{(q_j^* - q_j)^2}{q_j} \approx 100 \cdot (0,0017 + 0,001 + 0,0001 + 0,0003 + 0,0201 + 0,0008 + \\
&+ 0,0021 + 0,0027 + 0,0004 + 0,0017 + 0,005) = 3,59.
\end{aligned}$$

Поскольку нормальное распределение имеет два параметра, то число наложенных связей составляет  $s = 1 + 2 = 3$ . Следовательно, число степеней свободы  $\chi^2$ -распределения  $c = k - s = 11 - 3 = 8$ .

В таблице значений квантилей  $\chi^2$ -распределения (случайной величины  $U = \chi^2$ ) в зависимости от вероятности  $P_c(\chi^2 > u) = 1 - F_c(u)$  и числа степеней свободы  $c$  (табл. П.8 приложения 2) значениям  $u = 3,59$  и  $c = 8$  соответствует  $P_c(\chi^2 > u) \approx 0,89$ . Поскольку полученная вероятность велика, то принятую гипотезу о нормальном распределении наработки объекта можно считать правдоподобной.

б). Рассмотрим закон распределения Вейбулла.

Определим теоретические вероятности  $q_j$  попадания случайной величины  $T$  в интервалы вариационного ряда. Для закона распределения Вейбулла вероятность отказа в интервале  $(t_{j-1}; t_j)$

$$q_j = e^{-\mu t_{j-1}^\eta} - e^{-\mu t_j^\eta}.$$

Параметры распределения  $\eta = 4,19$  и  $\mu = 0,000000214 \text{ ч}^{-1}$ . Тогда

$$\begin{aligned} q_1 &= e^{-0,000000214 \cdot 5^{4,19}} - e^{-0,000000214 \cdot 15^{4,19}} \approx 0,018; & q_2 &= e^{-0,000000214 \cdot 15^{4,19}} - e^{-0,000000214 \cdot 20^{4,19}} \approx 0,041; \\ q_3 &= e^{-0,000000214 \cdot 20^{4,19}} - e^{-0,000000214 \cdot 25^{4,19}} \approx 0,084; & q_4 &= e^{-0,000000214 \cdot 25^{4,19}} - e^{-0,000000214 \cdot 30^{4,19}} \approx 0,139; \\ q_5 &= e^{-0,000000214 \cdot 30^{4,19}} - e^{-0,000000214 \cdot 35^{4,19}} \approx 0,186; & q_6 &= e^{-0,000000214 \cdot 35^{4,19}} - e^{-0,000000214 \cdot 40^{4,19}} \approx 0,201; \\ q_7 &= e^{-0,000000214 \cdot 40^{4,19}} - e^{-0,000000214 \cdot 45^{4,19}} \approx 0,168; & q_8 &= e^{-0,000000214 \cdot 45^{4,19}} - e^{-0,000000214 \cdot 50^{4,19}} \approx 0,104; \\ q_9 &= e^{-0,000000214 \cdot 50^{4,19}} - e^{-0,000000214 \cdot 55^{4,19}} \approx 0,045; \\ q_{10} &= e^{-0,000000214 \cdot 55^{4,19}} - e^{-0,000000214 \cdot 60^{4,19}} \approx 0,013; \\ q_{11} &= e^{-0,000000214 \cdot 60^{4,19}} - e^{-0,000000214 \cdot 70^{4,19}} \approx 0,002. \end{aligned}$$

|                |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $t_{j-1}; t_j$ | 5; 15 | 15; 20 | 20; 25 | 25; 30 | 30; 35 | 35; 40 | 40; 45 | 45; 50 | 50; 55 | 55; 60 | 60; 70 |
| $q_j^*$        | 0,01  | 0,03   | 0,08   | 0,14   | 0,26   | 0,19   | 0,14   | 0,08   | 0,04   | 0,02   | 0,01   |
| $q_j$          | 0,018 | 0,041  | 0,084  | 0,139  | 0,186  | 0,201  | 0,168  | 0,104  | 0,045  | 0,013  | 0,002  |

Следовательно,

$$u = n \sum_{j=1}^k \frac{(q_j^* - q_j)^2}{q_j} \approx 100 \cdot 0,0753 = 7,53.$$

Число степеней свободы  $\chi^2$ -распределения  $c = k - s = 11 - 3 = 8$ .

В табл. П.8 приложения 2 значениям  $u = 7,53$  и  $c = 8$  соответствует вероятность (уровень значимости)  $P_c(\chi^2 > u) \approx 0,49$ .

Таким образом, поскольку уровень значимости гипотезы о нормальном распределении больше уровня значимости гипотезы о распределении Вейбулла, то распределение наработки с большей вероятностью является нормальным, чем распределением Вейбулла. Поэтому можно считать, что закон распределения наработки выражается плотностью

$$f(t) = \frac{1}{9,541 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-35,5)^2}{2 \cdot 9,541^2}}.$$

### 3. Вывод о виде наработки

Так как нормальным законом описывается наработка объекта, основными причинами отказов которого является износ составных частей, то можно предположить, что в случае, если рассматриваемый объект является восстанавливаемым, то наработка  $T$  представляет собой либо ресурс, либо срок службы. Если объект невосстанавливаемый, то надо полагать, что  $T$  является наработкой до отказа объекта на этапе его старения.



**4. Определение статистической оценки вероятности безотказной работы объекта в течение времени  $t_*$ , аналитической вероятности безотказной работы объекта в течение времени  $t_*$  по полученному закону распределения, а также  $\gamma$ -процентной наработки объекта**

Определим границы доверительного интервала оценки вероятности безотказной работы объекта за 22 часа работы при доверительной вероятности 0,95 по данным отказов, представленным в таблице

|                |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $t_{j-1}; t_j$ | 5; 15 | 15; 20 | 20; 25 | 25; 30 | 30; 35 | 35; 40 | 40; 45 | 45; 50 | 50; 55 | 55; 60 | 60; 70 |
| $\Delta m_j$   | 1     | 3      | 8      | 14     | 26     | 19     | 14     | 8      | 4      | 2      | 1      |

По формуле оценки вероятности безотказной работы

$$\hat{R}(t_* = 22) = 1 - \frac{m(t_* = 22)}{n}.$$

где  $n = 100$  – общее число рассматриваемых объектов, а  $m(t_* = 22)$  – число объектов, отказавших к моменту времени  $t_* = 22$  ч.

Если время  $t_*$  принадлежит  $j$ -му интервалу вариационного ряда, то число объектов, отказавших за время  $t_*$

$$m(t_*) = m(t_{j-1}) + \Delta m_j \frac{t_* - t_{j-1}}{t_j - t_{j-1}},$$

где  $m(t_{j-1})$  – число отказавших объектов к началу  $j$ -го интервала.

Поскольку время  $t_* = 22$  ч принадлежит 3-му интервалу вариационного ряда, то

$$m(t_* = 22) = m(t_2) + \Delta m_3 \frac{t_* - t_2}{t_3 - t_2} = 1 + 3 + 8 \cdot \frac{22 - 20}{25 - 20} = 4 + 3,2 = 7,2.$$

Таким образом, точечная оценка вероятности безотказной работы за  $t_* = 22$  ч

$$\hat{R}(t_* = 22) = \hat{r} = 1 - \frac{7,2}{100} = 0,928.$$

Аналитическое значение вероятности безотказной работы за  $t_* = 22$  ч вычислим, исходя из предположения, что наработка подчиняется нормальному закону распределения с параметрами  $T_0 = 35,5$  ч и  $\sigma_t = 9,541$  ч.

$$R(t = 22 \text{ ч}) = \Phi_0\left(\frac{35,5 - 22}{9,541}\right) = \Phi_0(1,415) = 0,9214.$$

Определим 90-процентную наработку объекта. В случае нормального распределения  $R(t) = \Phi_0\left(\frac{T_0 - t}{\sigma_t}\right)$ . Следовательно,  $\frac{\gamma}{100} = \Phi_0\left(\frac{T_0 - t_\gamma}{\sigma_t}\right)$ , и

$$t_\gamma = T_0 - \sigma_t U_{R(t_\gamma)} = T_0 - \sigma_t U_{\frac{\gamma}{100}}.$$

В соответствии с табл. П.4 приложения 2,  $U_{90} = 1,28155$ . Тогда

$$t_{90\%} = 35,5 - 9,541 \cdot 1,28155 = 23,27 \text{ ч}.$$

## 5. Определение интервальных оценок параметров распределений

Среднее значение наработки объекта, полученное по результатам испытаний 100 объектов, составляет 35,5 ч, а ее дисперсия 91,035 ч<sup>2</sup>. Определим интервальную оценку средней наработки объекта при доверительной вероятности 0,95.

Определение интервальной оценки сводится к определению доверительных границ при заданной доверительной вероятности. Найдем сначала приближенные доверительные границы оценки наработки до отказа.

$$T_{\text{н}} \approx \hat{T}_0 - \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tau_i - \hat{T}_0)^2}{n \cdot (n-1)}} \cdot U_{\frac{1+\beta}{2}} = \hat{T}_0 - \sqrt{\frac{\hat{D}_t}{n}} \cdot U_{\frac{1+\beta}{2}},$$

$$T_{\text{в}} \approx \hat{T}_0 + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tau_i - \hat{T}_0)^2}{n \cdot (n-1)}} \cdot U_{\frac{1+\beta}{2}} = \hat{T}_0 + \sqrt{\frac{\hat{D}_t}{n}} \cdot U_{\frac{1+\beta}{2}}.$$

Определим по табл. П.3 приложения 2 значение  $U_{\frac{1+\beta}{2}}$ . В этой таблице вероятности

$F(x) = \frac{1+0,95}{2} = 0,975$  соответствует квантиль  $U_{0,975} \approx 1,96$ . Следовательно, приближенные доверительные границы

$$T_{\text{н}} \approx 35,5 - \sqrt{\frac{91,035}{100}} \cdot 1,96 \approx 33,63 \text{ ч},$$

$$T_{\text{в}} \approx 35,5 + \sqrt{\frac{91,035}{100}} \cdot 1,96 \approx 37,37 \text{ ч}.$$

Теперь определим точные доверительные границы.

$$T_{\text{н}} = \hat{T}_0 - \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tau_i - \hat{T}_0)^2}{n \cdot (n-1)}} \cdot v_{\beta} = \hat{T}_0 - \sqrt{\frac{\hat{D}_t}{n}} \cdot v_{\beta},$$

$$T_{\text{в}} = \hat{T}_0 + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tau_i - \hat{T}_0)^2}{n \cdot (n-1)}} \cdot v_{\beta} = \hat{T}_0 + \sqrt{\frac{\hat{D}_t}{n}} \cdot v_{\beta}.$$

В соответствии с табл. П.9 приложения 2, для  $\beta = 0,95$  и  $c = 100$   $v_{0,95} = 1,984$ . Поэтому точные доверительные границы

$$T_{\text{н}} = 35,5 - \sqrt{\frac{91,035}{100}} \cdot 1,984 \approx 33,61 \text{ ч},$$

$$T_{\text{в}} = 35,5 + \sqrt{\frac{91,035}{100}} \cdot 1,984 \approx 37,39 \text{ ч}.$$

Таким образом, с вероятностью 0,95 точное значение средней наработки  $T_0$  находится в интервале (33,61; 37,39).

Проверим возможность применения нормального закона для определения интервальной оценки вероятности безотказной работы за наработку  $t_* = 22$  ч. Поскольку

$$nr \approx n\hat{r} = 100 \cdot 0,928 = 92,8, \quad nq \approx n\hat{q} = 100 \cdot (1 - 0,928) = 7,2,$$

то есть, оба произведения больше четырех, то, следовательно, нормальный закон применим.

По табл. П.3 приложения 2,  $U_{\frac{1+0,95}{2}} = U_{0,975} \approx 1,96$ .

Доверительные границы:

$$r_H = \frac{\hat{r} + \frac{U_{\frac{1+\beta}{2}}^2}{2n} - U_{\frac{1+\beta}{2}} \sqrt{\frac{\hat{r} \cdot (1-\hat{r})}{n} + \frac{U_{\frac{1+\beta}{2}}^2}{4n^2}}}{1 + \frac{U_{\frac{1+\beta}{2}}^2}{n}} = \frac{0,928 + \frac{1,96^2}{2 \cdot 100} - 1,96 \sqrt{\frac{0,928 \cdot 0,072}{100} + \frac{1,96^2}{4 \cdot 100^2}}}{1 + \frac{1,96^2}{100}} \approx 0,860,$$

$$r_B = \frac{\hat{r} + \frac{U_{\frac{1+\beta}{2}}^2}{2n} + U_{\frac{1+\beta}{2}} \sqrt{\frac{\hat{r} \cdot (1-\hat{r})}{n} + \frac{U_{\frac{1+\beta}{2}}^2}{4n^2}}}{1 + \frac{U_{\frac{1+\beta}{2}}^2}{n}} = \frac{0,928 + \frac{1,96^2}{2 \cdot 100} + 1,96 \sqrt{\frac{0,928 \cdot 0,072}{100} + \frac{1,96^2}{4 \cdot 100^2}}}{1 + \frac{1,96^2}{100}} \approx 0,967.$$

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернышов, К. В. Показатели надежности технических систем: наработка до отказа, ресурс, срок службы: учеб. пособ. / К. В. Чернышов; ВолгГТУ. – Волгоград: ВолгГТУ, 2007. – 80 с.
2. Чернышов, К. В. Основы теории надежности и диагностика. Определение надежности технического объекта по экспериментальным данным: метод. указ. к выполнению семестр. работы / К. В. Чернышов; ВолгГТУ. – Волгоград: ВолгГТУ, 2009. – 56 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Таблицы

Таблица П.1

Значения нормальной функции распределения

$$\Phi_0(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

| z     | Φ <sub>0</sub> (z) | Δ <sup>1</sup> | z     | Φ <sub>0</sub> (z) | Δ  | z     | Φ <sub>0</sub> (z) | Δ  |
|-------|--------------------|----------------|-------|--------------------|----|-------|--------------------|----|
| -3,90 | 0,0000             | 1              | -1,89 | 0,0294             | 7  | -1,59 | 0,0559             | 12 |
| -3,80 | 0,0001             | 0              | -1,88 | 0,0301             | 6  | -1,58 | 0,0571             | 11 |
| -3,70 | 0,0001             | 1              | -1,87 | 0,0307             | 7  | -1,57 | 0,0582             | 12 |
| -3,60 | 0,0002             | 0              | -1,86 | 0,0314             | 8  | -1,56 | 0,0594             | 12 |
| -3,50 | 0,0002             | 1              | -1,85 | 0,0322             | 7  | -1,55 | 0,0606             | 12 |
| -3,40 | 0,0003             | 2              | -1,84 | 0,0329             | 7  | -1,54 | 0,0618             | 12 |
| -3,30 | 0,0005             | 2              | -1,83 | 0,0336             | 8  | -1,53 | 0,0630             | 13 |
| -3,20 | 0,0007             | 3              | -1,82 | 0,0344             | 7  | -1,52 | 0,0643             | 12 |
| -3,10 | 0,0010             | 4              | -1,81 | 0,0351             | 8  | -1,51 | 0,0655             | 13 |
| -3,00 | 0,0014             | 5              | -1,80 | 0,0359             | 8  | -1,50 | 0,0668             | 13 |
| -2,90 | 0,0019             | 7              | -1,79 | 0,0367             | 8  | -1,49 | 0,0681             | 13 |
| -2,80 | 0,0026             | 9              | -1,78 | 0,0375             | 9  | -1,48 | 0,0694             | 14 |
| -2,70 | 0,0035             | 12             | -1,77 | 0,0384             | 8  | -1,47 | 0,0708             | 13 |
| -2,60 | 0,0047             | 15             | -1,76 | 0,0392             | 9  | -1,46 | 0,0721             | 14 |
| -2,50 | 0,0062             | 20             | -1,75 | 0,0401             | 8  | -1,45 | 0,0735             | 14 |
| -2,40 | 0,0082             | 25             | -1,74 | 0,0409             | 9  | -1,44 | 0,0749             | 15 |
| -2,30 | 0,0107             | 32             | -1,73 | 0,0418             | 9  | -1,43 | 0,0764             | 14 |
| -2,20 | 0,0139             | 40             | -1,72 | 0,0427             | 9  | -1,42 | 0,0778             | 15 |
| -2,10 | 0,0179             | 49             | -1,71 | 0,0436             | 10 | -1,41 | 0,0793             | 15 |
| -2,00 | 0,0228             | 5              | -1,70 | 0,0446             | 9  | -1,40 | 0,0808             | 15 |
| -1,99 | 0,0233             | 6              | -1,69 | 0,0455             | 10 | -1,39 | 0,0823             | 15 |
| -1,98 | 0,0239             | 5              | -1,68 | 0,0465             | 10 | -1,38 | 0,0838             | 15 |
| -1,97 | 0,0244             | 6              | -1,67 | 0,0475             | 10 | -1,37 | 0,0853             | 16 |
| -1,96 | 0,0250             | 6              | -1,66 | 0,0485             | 10 | -1,36 | 0,0869             | 16 |
| -1,95 | 0,0256             | 6              | -1,65 | 0,0495             | 10 | -1,35 | 0,0885             | 16 |
| -1,94 | 0,0262             | 6              | -1,64 | 0,0505             | 11 | -1,34 | 0,0901             | 17 |
| -1,93 | 0,0268             | 6              | -1,63 | 0,0516             | 10 | -1,33 | 0,0918             | 16 |
| -1,92 | 0,0274             | 7              | -1,62 | 0,0526             | 11 | -1,32 | 0,0934             | 17 |
| -1,91 | 0,0281             | 7              | -1,61 | 0,0537             | 11 | -1,31 | 0,0951             | 17 |
| -1,90 | 0,0288             | 6              | -1,60 | 0,0548             | 11 | -1,30 | 0,0968             | 17 |

<sup>1</sup> Δ – разность (умноженная на 10<sup>4</sup>) между данным и последующим значениями Φ<sub>0</sub>(x) – приводится для удобства интерполяции

| $z$   | $\Phi_0(z)$ | $\Delta$ | $z$   | $\Phi_0(z)$ | $\Delta$ | $z$   | $\Phi_0(z)$ | $\Delta$ |
|-------|-------------|----------|-------|-------------|----------|-------|-------------|----------|
| -1,29 | 0,0985      | 18       | -0,89 | 0,1867      | 27       | -0,49 | 0,3121      | 35       |
| -1,28 | 0,1003      | 17       | -0,88 | 0,1894      | 28       | -0,48 | 0,3156      | 36       |
| -1,27 | 0,1020      | 18       | -0,87 | 0,1922      | 27       | -0,47 | 0,3192      | 36       |
| -1,26 | 0,1038      | 18       | -0,86 | 0,1949      | 28       | -0,46 | 0,3228      | 36       |
| -1,25 | 0,1056      | 19       | -0,85 | 0,1977      | 28       | -0,45 | 0,3264      | 36       |
| -1,24 | 0,1075      | 18       | -0,84 | 0,2005      | 28       | -0,44 | 0,3300      | 36       |
| -1,23 | 0,1093      | 19       | -0,83 | 0,2033      | 28       | -0,43 | 0,3336      | 36       |
| -1,22 | 0,1112      | 19       | -0,82 | 0,2061      | 29       | -0,42 | 0,3372      | 37       |
| -1,21 | 0,1131      | 20       | -0,81 | 0,2090      | 29       | -0,41 | 0,3409      | 37       |
| -1,20 | 0,1151      | 19       | -0,80 | 0,2119      | 29       | -0,40 | 0,3446      | 37       |
| -1,19 | 0,1170      | 20       | -0,79 | 0,2148      | 29       | -0,39 | 0,3483      | 37       |
| -1,18 | 0,1190      | 20       | -0,78 | 0,2177      | 29       | -0,38 | 0,3520      | 37       |
| -1,17 | 0,1210      | 20       | -0,77 | 0,2206      | 30       | -0,37 | 0,3557      | 37       |
| -1,16 | 0,1230      | 21       | -0,76 | 0,2236      | 30       | -0,36 | 0,3594      | 38       |
| -1,15 | 0,1251      | 20       | -0,75 | 0,2266      | 31       | -0,35 | 0,3632      | 37       |
| -1,14 | 0,1271      | 21       | -0,74 | 0,2297      | 30       | -0,34 | 0,3669      | 38       |
| -1,13 | 0,1292      | 22       | -0,73 | 0,2327      | 31       | -0,33 | 0,3707      | 38       |
| -1,12 | 0,1314      | 21       | -0,72 | 0,2358      | 31       | -0,32 | 0,3745      | 38       |
| -1,11 | 0,1335      | 22       | -0,71 | 0,2389      | 31       | -0,31 | 0,3783      | 38       |
| -1,10 | 0,1357      | 22       | -0,70 | 0,2420      | 31       | -0,30 | 0,3821      | 38       |
| -1,09 | 0,1379      | 22       | -0,69 | 0,2451      | 32       | -0,29 | 0,3859      | 38       |
| -1,08 | 0,1401      | 22       | -0,68 | 0,2483      | 31       | -0,28 | 0,3897      | 39       |
| -1,07 | 0,1423      | 23       | -0,67 | 0,2514      | 32       | -0,27 | 0,3936      | 38       |
| -1,06 | 0,1446      | 23       | -0,66 | 0,2546      | 32       | -0,26 | 0,3974      | 39       |
| -1,05 | 0,1469      | 23       | -0,65 | 0,2578      | 33       | -0,25 | 0,4013      | 39       |
| -1,04 | 0,1492      | 23       | -0,64 | 0,2611      | 32       | -0,24 | 0,4052      | 38       |
| -1,03 | 0,1515      | 24       | -0,63 | 0,2643      | 33       | -0,23 | 0,4090      | 39       |
| -1,02 | 0,1539      | 24       | -0,62 | 0,2676      | 33       | -0,22 | 0,4129      | 39       |
| -1,01 | 0,1563      | 24       | -0,61 | 0,2709      | 34       | -0,21 | 0,4168      | 39       |
| -1,00 | 0,1587      | 24       | -0,60 | 0,2743      | 33       | -0,20 | 0,4207      | 40       |
| -0,99 | 0,1611      | 24       | -0,59 | 0,2776      | 34       | -0,19 | 0,4247      | 39       |
| -0,98 | 0,1635      | 25       | -0,58 | 0,2810      | 33       | -0,18 | 0,4286      | 39       |
| -0,97 | 0,1660      | 25       | -0,57 | 0,2843      | 34       | -0,17 | 0,4325      | 39       |
| -0,96 | 0,1685      | 26       | -0,56 | 0,2877      | 35       | -0,16 | 0,4364      | 40       |
| -0,95 | 0,1711      | 25       | -0,55 | 0,2912      | 34       | -0,15 | 0,4404      | 39       |
| -0,94 | 0,1736      | 26       | -0,54 | 0,2946      | 35       | -0,14 | 0,4443      | 40       |
| -0,93 | 0,1762      | 26       | -0,53 | 0,2981      | 34       | -0,13 | 0,4483      | 39       |
| -0,92 | 0,1788      | 26       | -0,52 | 0,3015      | 35       | -0,12 | 0,4522      | 40       |
| -0,91 | 0,1814      | 27       | -0,51 | 0,3050      | 35       | -0,11 | 0,4562      | 40       |
| -0,90 | 0,1841      | 26       | -0,50 | 0,3085      | 36       | -0,10 | 0,4602      | 39       |

| $z$   | $\Phi_0(z)$ | $\Delta$ | $z$  | $\Phi_0(z)$ | $\Delta$ | $z$  | $\Phi_0(z)$ | $\Delta$ |
|-------|-------------|----------|------|-------------|----------|------|-------------|----------|
| -0,09 | 0,4641      | 40       | 0,30 | 0,6179      | 38       | 0,70 | 0,7580      | 31       |
| -0,08 | 0,4681      | 40       | 0,31 | 0,6217      | 38       | 0,71 | 0,7611      | 31       |
| -0,07 | 0,4721      | 40       | 0,32 | 0,6255      | 38       | 0,72 | 0,7642      | 31       |
| -0,06 | 0,4761      | 40       | 0,33 | 0,6293      | 38       | 0,73 | 0,7673      | 30       |
| -0,05 | 0,4801      | 39       | 0,34 | 0,6331      | 37       | 0,74 | 0,7703      | 31       |
| -0,04 | 0,4840      | 40       | 0,35 | 0,6368      | 38       | 0,75 | 0,7734      | 30       |
| -0,03 | 0,4880      | 40       | 0,36 | 0,6406      | 37       | 0,76 | 0,7764      | 30       |
| -0,02 | 0,4920      | 40       | 0,37 | 0,6443      | 37       | 0,77 | 0,7794      | 29       |
| -0,01 | 0,4960      | 40       | 0,38 | 0,6480      | 37       | 0,78 | 0,7823      | 29       |
| -0,00 | 0,5000      |          | 0,39 | 0,6517      | 37       | 0,79 | 0,7852      | 29       |
| 0,00  | 0,5000      | 40       | 0,40 | 0,6554      | 37       | 0,80 | 0,7881      | 29       |
| 0,01  | 0,5040      | 40       | 0,41 | 0,6591      | 37       | 0,81 | 0,7910      | 29       |
| 0,02  | 0,5080      | 40       | 0,42 | 0,6628      | 36       | 0,82 | 0,7939      | 28       |
| 0,03  | 0,5120      | 40       | 0,43 | 0,6664      | 36       | 0,83 | 0,7967      | 28       |
| 0,04  | 0,5160      | 39       | 0,44 | 0,6700      | 36       | 0,84 | 0,7995      | 28       |
| 0,05  | 0,5199      | 40       | 0,45 | 0,6736      | 36       | 0,85 | 0,8023      | 28       |
| 0,06  | 0,5239      | 40       | 0,46 | 0,6772      | 36       | 0,86 | 0,8051      | 27       |
| 0,07  | 0,5279      | 40       | 0,47 | 0,6808      | 36       | 0,87 | 0,8078      | 28       |
| 0,08  | 0,5319      | 40       | 0,48 | 0,6844      | 35       | 0,88 | 0,8106      | 27       |
| 0,09  | 0,5359      | 39       | 0,49 | 0,6879      | 36       | 0,89 | 0,8133      | 26       |
| 0,10  | 0,5398      | 40       | 0,50 | 0,6915      | 35       | 0,90 | 0,8159      | 27       |
| 0,11  | 0,5438      | 40       | 0,51 | 0,6950      | 35       | 0,91 | 0,8186      | 26       |
| 0,12  | 0,5478      | 39       | 0,52 | 0,6985      | 34       | 0,92 | 0,8212      | 26       |
| 0,13  | 0,5517      | 40       | 0,53 | 0,7019      | 35       | 0,93 | 0,8238      | 26       |
| 0,14  | 0,5557      | 39       | 0,54 | 0,7054      | 34       | 0,94 | 0,8264      | 25       |
| 0,15  | 0,5596      | 40       | 0,55 | 0,7088      | 35       | 0,95 | 0,8289      | 26       |
| 0,16  | 0,5636      | 39       | 0,56 | 0,7123      | 34       | 0,96 | 0,8315      | 25       |
| 0,17  | 0,5675      | 39       | 0,57 | 0,7157      | 33       | 0,97 | 0,8340      | 25       |
| 0,18  | 0,5714      | 39       | 0,58 | 0,7190      | 34       | 0,98 | 0,8365      | 24       |
| 0,19  | 0,5753      | 40       | 0,59 | 0,7224      | 33       | 0,99 | 0,8389      | 24       |
| 0,20  | 0,5793      | 39       | 0,60 | 0,7257      | 34       | 1,00 | 0,8413      | 24       |
| 0,21  | 0,5832      | 39       | 0,61 | 0,7291      | 33       | 1,01 | 0,8437      | 24       |
| 0,22  | 0,5871      | 39       | 0,62 | 0,7324      | 33       | 1,02 | 0,8461      | 24       |
| 0,23  | 0,5910      | 38       | 0,63 | 0,7357      | 32       | 1,03 | 0,8485      | 23       |
| 0,24  | 0,5948      | 39       | 0,64 | 0,7389      | 33       | 1,04 | 0,8508      | 23       |
| 0,25  | 0,5987      | 39       | 0,65 | 0,7422      | 32       | 1,05 | 0,8531      | 23       |
| 0,26  | 0,6026      | 38       | 0,66 | 0,7454      | 32       | 1,06 | 0,8554      | 23       |
| 0,27  | 0,6064      | 39       | 0,67 | 0,7486      | 31       | 1,07 | 0,8577      | 22       |
| 0,28  | 0,6103      | 38       | 0,68 | 0,7517      | 32       | 1,08 | 0,8599      | 22       |
| 0,29  | 0,6141      | 38       | 0,69 | 0,7549      | 31       | 1,09 | 0,8621      | 22       |

| $z$  | $\Phi_0(z)$ | $\Delta$ | $z$  | $\Phi_0(z)$ | $\Delta$ | $z$  | $\Phi_0(z)$ | $\Delta$ |
|------|-------------|----------|------|-------------|----------|------|-------------|----------|
| 1,10 | 0,8643      | 22       | 1,50 | 0,9332      | 13       | 1,90 | 0,9713      | 6        |
| 1,11 | 0,8665      | 21       | 1,51 | 0,9345      | 12       | 1,91 | 0,9719      | 7        |
| 1,12 | 0,8686      | 22       | 1,52 | 0,9357      | 13       | 1,92 | 0,9726      | 6        |
| 1,13 | 0,8708      | 21       | 1,53 | 0,9370      | 12       | 1,93 | 0,9732      | 6        |
| 1,14 | 0,8729      | 20       | 1,54 | 0,9382      | 12       | 1,94 | 0,9738      | 6        |
| 1,15 | 0,8749      | 21       | 1,55 | 0,9394      | 12       | 1,95 | 0,9744      | 6        |
| 1,16 | 0,8770      | 20       | 1,56 | 0,9406      | 12       | 1,96 | 0,9750      | 6        |
| 1,17 | 0,8790      | 20       | 1,57 | 0,9418      | 11       | 1,97 | 0,9756      | 5        |
| 1,18 | 0,8810      | 20       | 1,58 | 0,9429      | 12       | 1,98 | 0,9761      | 6        |
| 1,19 | 0,8830      | 19       | 1,59 | 0,9441      | 11       | 1,99 | 0,9767      | 5        |
| 1,20 | 0,8849      | 20       | 1,60 | 0,9452      | 11       | 2,00 | 0,9772      | 49       |
| 1,21 | 0,8869      | 19       | 1,61 | 0,9463      | 11       | 2,10 | 0,9821      | 40       |
| 1,22 | 0,8888      | 19       | 1,62 | 0,9474      | 10       | 2,20 | 0,9861      | 32       |
| 1,23 | 0,8907      | 18       | 1,63 | 0,9484      | 11       | 2,30 | 0,9893      | 25       |
| 1,24 | 0,8925      | 19       | 1,64 | 0,9495      | 10       | 2,40 | 0,9918      | 20       |
| 1,25 | 0,8944      | 18       | 1,65 | 0,9505      | 10       | 2,50 | 0,9938      | 15       |
| 1,26 | 0,8962      | 18       | 1,66 | 0,9515      | 10       | 2,60 | 0,9953      | 12       |
| 1,27 | 0,8980      | 17       | 1,67 | 0,9525      | 10       | 2,70 | 0,9965      | 9        |
| 1,28 | 0,8997      | 18       | 1,68 | 0,9535      | 10       | 2,80 | 0,9974      | 7        |
| 1,29 | 0,9015      | 17       | 1,69 | 0,9545      | 9        | 2,90 | 0,9981      | 5        |
| 1,30 | 0,9032      | 17       | 1,70 | 0,9554      | 10       | 3,00 | 0,9986      | 4        |
| 1,31 | 0,9049      | 17       | 1,71 | 0,9564      | 9        | 3,10 | 0,9990      | 3        |
| 1,32 | 0,9066      | 16       | 1,72 | 0,9573      | 9        | 3,20 | 0,9993      | 2        |
| 1,33 | 0,9082      | 17       | 1,73 | 0,9582      | 9        | 3,30 | 0,9995      | 2        |
| 1,34 | 0,9099      | 16       | 1,74 | 0,9591      | 8        | 3,40 | 0,9997      | 1        |
| 1,35 | 0,9115      | 16       | 1,75 | 0,9599      | 9        | 3,50 | 0,9998      | 0        |
| 1,36 | 0,9131      | 16       | 1,76 | 0,9608      | 8        | 3,60 | 0,9998      | 1        |
| 1,37 | 0,9147      | 15       | 1,77 | 0,9616      | 9        | 3,70 | 0,9999      | 0        |
| 1,38 | 0,9162      | 15       | 1,78 | 0,9625      | 8        | 3,80 | 0,9999      | 1        |
| 1,39 | 0,9177      | 15       | 1,79 | 0,9633      | 8        | 3,90 | 1,0000      |          |
| 1,40 | 0,9192      | 15       | 1,80 | 0,9641      | 8        |      |             |          |
| 1,41 | 0,9207      | 15       | 1,81 | 0,9649      | 7        |      |             |          |
| 1,42 | 0,9222      | 14       | 1,82 | 0,9656      | 8        |      |             |          |
| 1,43 | 0,9236      | 15       | 1,83 | 0,9664      | 7        |      |             |          |
| 1,44 | 0,9251      | 14       | 1,84 | 0,9671      | 7        |      |             |          |
| 1,45 | 0,9265      | 14       | 1,85 | 0,9678      | 8        |      |             |          |
| 1,46 | 0,9279      | 13       | 1,86 | 0,9686      | 7        |      |             |          |
| 1,47 | 0,9292      | 14       | 1,87 | 0,9693      | 6        |      |             |          |
| 1,48 | 0,9306      | 13       | 1,88 | 0,9699      | 7        |      |             |          |
| 1,49 | 0,9319      | 13       | 1,89 | 0,9706      | 7        |      |             |          |

Значения функции Лапласа  $\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz$

| $z$  | $\Phi(z)$  | $z$  | $\Phi(z)$  | $z$  | $\Phi(z)$  |
|------|------------|------|------------|------|------------|
| 0,00 | 0,00000000 | 0,40 | 0,15542170 | 0,80 | 0,28814467 |
| 0,01 | 0,00398938 | 0,41 | 0,15909699 | 0,81 | 0,29102997 |
| 0,02 | 0,00797835 | 0,42 | 0,16275724 | 0,82 | 0,29389201 |
| 0,03 | 0,01196653 | 0,43 | 0,16640215 | 0,83 | 0,29673067 |
| 0,04 | 0,01595350 | 0,44 | 0,17003142 | 0,84 | 0,29954586 |
| 0,05 | 0,01993887 | 0,45 | 0,17364476 | 0,85 | 0,30233751 |
| 0,06 | 0,02392225 | 0,46 | 0,17724187 | 0,86 | 0,30510553 |
| 0,07 | 0,02790324 | 0,47 | 0,18082248 | 0,87 | 0,30784984 |
| 0,08 | 0,03188144 | 0,48 | 0,18438630 | 0,88 | 0,31057039 |
| 0,09 | 0,03585646 | 0,49 | 0,18793305 | 0,89 | 0,31326709 |
| 0,10 | 0,03982790 | 0,50 | 0,19146246 | 0,90 | 0,31593991 |
| 0,11 | 0,04379536 | 0,51 | 0,19497428 | 0,91 | 0,31858877 |
| 0,12 | 0,04775847 | 0,52 | 0,19846823 | 0,92 | 0,32121365 |
| 0,13 | 0,05171682 | 0,53 | 0,20194406 | 0,93 | 0,32381448 |
| 0,14 | 0,05567003 | 0,54 | 0,20540151 | 0,94 | 0,32639124 |
| 0,15 | 0,05961771 | 0,55 | 0,20884034 | 0,95 | 0,32894389 |
| 0,16 | 0,06355947 | 0,56 | 0,21226032 | 0,96 | 0,33147240 |
| 0,17 | 0,06749493 | 0,57 | 0,21566119 | 0,97 | 0,33397676 |
| 0,18 | 0,07142371 | 0,58 | 0,21904274 | 0,98 | 0,33645694 |
| 0,19 | 0,07534542 | 0,59 | 0,22240472 | 0,99 | 0,33891294 |
| 0,20 | 0,07925969 | 0,60 | 0,22574694 | 1,00 | 0,34134474 |
| 0,21 | 0,08316613 | 0,61 | 0,22906915 | 1,01 | 0,34375235 |
| 0,22 | 0,08706439 | 0,62 | 0,23237117 | 1,02 | 0,34613576 |
| 0,23 | 0,09095407 | 0,63 | 0,23565277 | 1,03 | 0,34849498 |
| 0,24 | 0,09483482 | 0,64 | 0,23891377 | 1,04 | 0,35083003 |
| 0,25 | 0,09870627 | 0,65 | 0,24215396 | 1,05 | 0,35314092 |
| 0,26 | 0,10256806 | 0,66 | 0,24537315 | 1,06 | 0,35542767 |
| 0,27 | 0,10641981 | 0,67 | 0,24857118 | 1,07 | 0,35769031 |
| 0,28 | 0,11026119 | 0,68 | 0,25174784 | 1,08 | 0,35992888 |
| 0,29 | 0,11409182 | 0,69 | 0,25490298 | 1,09 | 0,36214339 |
| 0,30 | 0,11791136 | 0,70 | 0,25803642 | 1,10 | 0,36433390 |
| 0,31 | 0,12171946 | 0,71 | 0,26114801 | 1,11 | 0,36650044 |
| 0,32 | 0,12551577 | 0,72 | 0,26423758 | 1,12 | 0,36864307 |
| 0,33 | 0,12929995 | 0,73 | 0,26730498 | 1,13 | 0,37076184 |
| 0,34 | 0,13307167 | 0,74 | 0,27035008 | 1,14 | 0,37285680 |
| 0,35 | 0,13683059 | 0,75 | 0,27337272 | 1,15 | 0,37492801 |
| 0,36 | 0,14057637 | 0,76 | 0,27637278 | 1,16 | 0,37697554 |
| 0,37 | 0,14430870 | 0,77 | 0,27935012 | 1,17 | 0,37899946 |
| 0,38 | 0,14802724 | 0,78 | 0,28230463 | 1,18 | 0,38099983 |
| 0,39 | 0,15173168 | 0,79 | 0,28523618 | 1,19 | 0,38297674 |



| $z$  | $\Phi(z)$  | $z$  | $\Phi(z)$  | $z$  | $\Phi(z)$  |
|------|------------|------|------------|------|------------|
| 1,20 | 0,38493027 | 1,60 | 0,44520071 | 2,00 | 0,47724994 |
| 1,21 | 0,38686049 | 1,61 | 0,44630108 | 2,01 | 0,47778448 |
| 1,22 | 0,38876750 | 1,62 | 0,44738387 | 2,02 | 0,47830838 |
| 1,23 | 0,39065138 | 1,63 | 0,44844926 | 2,03 | 0,47882180 |
| 1,24 | 0,39251224 | 1,64 | 0,44949743 | 2,04 | 0,47932491 |
| 1,25 | 0,39435016 | 1,65 | 0,45052855 | 2,05 | 0,47981785 |
| 1,26 | 0,39616525 | 1,66 | 0,45154279 | 2,06 | 0,48030080 |
| 1,27 | 0,39795762 | 1,67 | 0,45254034 | 2,07 | 0,48077389 |
| 1,28 | 0,39972737 | 1,68 | 0,45352137 | 2,08 | 0,48123730 |
| 1,29 | 0,40147461 | 1,69 | 0,45448605 | 2,09 | 0,48169116 |
| 1,30 | 0,40319945 | 1,70 | 0,45543457 | 2,10 | 0,48213564 |
| 1,31 | 0,40490202 | 1,71 | 0,45636710 | 2,11 | 0,48257088 |
| 1,32 | 0,40658243 | 1,72 | 0,45728382 | 2,12 | 0,48299704 |
| 1,33 | 0,40824080 | 1,73 | 0,45818490 | 2,13 | 0,48341425 |
| 1,34 | 0,40987727 | 1,74 | 0,45907053 | 2,14 | 0,48382267 |
| 1,35 | 0,41149195 | 1,75 | 0,45994089 | 2,15 | 0,48422245 |
| 1,36 | 0,41308498 | 1,76 | 0,46079614 | 2,16 | 0,48461372 |
| 1,37 | 0,41465649 | 1,77 | 0,46163648 | 2,17 | 0,48499663 |
| 1,38 | 0,41620662 | 1,78 | 0,46246207 | 2,18 | 0,48537132 |
| 1,39 | 0,41773551 | 1,79 | 0,46327310 | 2,19 | 0,48573793 |
| 1,40 | 0,41924329 | 1,80 | 0,46406973 | 2,20 | 0,48609660 |
| 1,41 | 0,42073011 | 1,81 | 0,46485216 | 2,21 | 0,48644747 |
| 1,42 | 0,42219611 | 1,82 | 0,46562055 | 2,22 | 0,48679066 |
| 1,43 | 0,42364144 | 1,83 | 0,46637509 | 2,23 | 0,48712632 |
| 1,44 | 0,42506626 | 1,84 | 0,46711594 | 2,24 | 0,48745458 |
| 1,45 | 0,42647070 | 1,85 | 0,46784329 | 2,25 | 0,48777557 |
| 1,46 | 0,42785492 | 1,86 | 0,46855730 | 2,26 | 0,48808941 |
| 1,47 | 0,42921909 | 1,87 | 0,46925816 | 2,27 | 0,48839624 |
| 1,48 | 0,43056334 | 1,88 | 0,46994603 | 2,28 | 0,48869619 |
| 1,49 | 0,43188785 | 1,89 | 0,47062109 | 2,29 | 0,48898937 |
| 1,50 | 0,43319277 | 1,90 | 0,47128351 | 2,30 | 0,48927592 |
| 1,51 | 0,43447826 | 1,91 | 0,47193346 | 2,31 | 0,48955595 |
| 1,52 | 0,43574449 | 1,92 | 0,47257112 | 2,32 | 0,48982959 |
| 1,53 | 0,43699162 | 1,93 | 0,47319665 | 2,33 | 0,49009695 |
| 1,54 | 0,43821981 | 1,94 | 0,47381022 | 2,34 | 0,49035815 |
| 1,55 | 0,43942923 | 1,95 | 0,47441201 | 2,35 | 0,49061331 |
| 1,56 | 0,44062005 | 1,96 | 0,47500217 | 2,36 | 0,49086255 |
| 1,57 | 0,44179244 | 1,97 | 0,47558088 | 2,37 | 0,49110597 |
| 1,58 | 0,44294656 | 1,98 | 0,47614831 | 2,38 | 0,49134369 |
| 1,59 | 0,44408260 | 1,99 | 0,47670460 | 2,39 | 0,49157582 |

| $z$  | $\Phi(z)$  | $z$  | $\Phi(z)$  | $z$  | $\Phi(z)$  |
|------|------------|------|------------|------|------------|
| 2,40 | 0,49180247 | 2,80 | 0,49744481 | 3,20 | 0,49931280 |
| 2,41 | 0,49202374 | 2,81 | 0,49752286 | 3,21 | 0,49933626 |
| 2,42 | 0,49223975 | 2,82 | 0,49759876 | 3,22 | 0,49935898 |
| 2,43 | 0,49245059 | 2,83 | 0,49767254 | 3,23 | 0,49938099 |
| 2,44 | 0,49265637 | 2,84 | 0,49774426 | 3,24 | 0,49940229 |
| 2,45 | 0,49285719 | 2,85 | 0,49781397 | 3,25 | 0,49942291 |
| 2,46 | 0,49305314 | 2,86 | 0,49788173 | 3,26 | 0,49944288 |
| 2,47 | 0,49324434 | 2,87 | 0,49794758 | 3,27 | 0,49946220 |
| 2,48 | 0,49343087 | 2,88 | 0,49801156 | 3,28 | 0,49948090 |
| 2,49 | 0,49361283 | 2,89 | 0,49807372 | 3,29 | 0,49949900 |
| 2,50 | 0,49379032 | 2,90 | 0,49813412 | 3,30 | 0,49951652 |
| 2,51 | 0,49396343 | 2,91 | 0,49819279 | 3,31 | 0,49953346 |
| 2,52 | 0,49413224 | 2,92 | 0,49824978 | 3,32 | 0,49954986 |
| 2,53 | 0,49429685 | 2,93 | 0,49830512 | 3,33 | 0,49956571 |
| 2,54 | 0,49445735 | 2,94 | 0,49835887 | 3,34 | 0,49958105 |
| 2,55 | 0,49461383 | 2,95 | 0,49841106 | 3,35 | 0,49959589 |
| 2,56 | 0,49476637 | 2,96 | 0,49846174 | 3,36 | 0,49961023 |
| 2,57 | 0,49491505 | 2,97 | 0,49851093 | 3,37 | 0,49962411 |
| 2,58 | 0,49505995 | 2,98 | 0,49855869 | 3,38 | 0,49963752 |
| 2,59 | 0,49520117 | 2,99 | 0,49860504 | 3,39 | 0,49965048 |
| 2,60 | 0,49533878 | 3,00 | 0,49865003 | 3,40 | 0,49966302 |
| 2,61 | 0,49547285 | 3,01 | 0,49869369 | 3,41 | 0,49967513 |
| 2,62 | 0,49560347 | 3,02 | 0,49873606 | 3,42 | 0,49968684 |
| 2,63 | 0,49573072 | 3,03 | 0,49877716 | 3,43 | 0,49969816 |
| 2,64 | 0,49585466 | 3,04 | 0,49881704 | 3,44 | 0,49970909 |
| 2,65 | 0,49597537 | 3,05 | 0,49885572 | 3,45 | 0,49971966 |
| 2,66 | 0,49609292 | 3,06 | 0,49889325 | 3,46 | 0,49972987 |
| 2,67 | 0,49620739 | 3,07 | 0,49892964 | 3,47 | 0,49973972 |
| 2,68 | 0,49631885 | 3,08 | 0,49896493 | 3,48 | 0,49974925 |
| 2,69 | 0,49642735 | 3,09 | 0,49899915 | 3,49 | 0,49975844 |
| 2,70 | 0,49653298 | 3,10 | 0,49903233 | 3,50 | 0,49976733 |
| 2,71 | 0,49663579 | 3,11 | 0,49906450 | 3,51 | 0,49977590 |
| 2,72 | 0,49673585 | 3,12 | 0,49909568 | 3,52 | 0,49978418 |
| 2,73 | 0,49683323 | 3,13 | 0,49912590 | 3,53 | 0,49979218 |
| 2,74 | 0,49692799 | 3,14 | 0,49915519 | 3,54 | 0,49979990 |
| 2,75 | 0,49702018 | 3,15 | 0,49918358 | 3,55 | 0,49980734 |
| 2,76 | 0,49711098 | 3,16 | 0,49921109 | 3,56 | 0,49981453 |
| 2,77 | 0,49719713 | 3,17 | 0,49923774 | 3,57 | 0,49982147 |
| 2,78 | 0,49728200 | 3,18 | 0,49926356 | 3,58 | 0,49982816 |
| 2,79 | 0,49736454 | 3,19 | 0,49928857 | 3,59 | 0,49983462 |

| $z$  | $\Phi(z)$  | $z$  | $\Phi(z)$                | $z$  | $\Phi(z)$                |
|------|------------|------|--------------------------|------|--------------------------|
| 3,60 | 0,49984085 | 4,00 | 0,49996831               | 4,40 | 0,49 <sup>(4)</sup> 4583 |
| 3,61 | 0,49984687 | 4,01 | 0,49996963               | 4,41 | 0,49 <sup>(4)</sup> 4827 |
| 3,62 | 0,49985266 | 4,02 | 0,49997089               | 4,42 | 0,49 <sup>(4)</sup> 5061 |
| 3,63 | 0,49985825 | 4,03 | 0,49997210               | 4,43 | 0,49 <sup>(4)</sup> 5284 |
| 3,64 | 0,49986365 | 4,04 | 0,49997326               | 4,44 | 0,49 <sup>(4)</sup> 5498 |
| 3,65 | 0,49986885 | 4,05 | 0,49997438               | 4,45 | 0,49 <sup>(4)</sup> 5703 |
| 3,66 | 0,49987386 | 4,06 | 0,49997545               | 4,46 | 0,49 <sup>(4)</sup> 5898 |
| 3,67 | 0,49987869 | 4,07 | 0,49997648               | 4,47 | 0,49 <sup>(4)</sup> 6086 |
| 3,68 | 0,49988335 | 4,08 | 0,49997747               | 4,48 | 0,49 <sup>(4)</sup> 6264 |
| 3,69 | 0,49988784 | 4,09 | 0,49997842               | 4,49 | 0,49 <sup>(4)</sup> 6436 |
| 3,70 | 0,49989217 | 4,10 | 0,49997933               | 4,50 | 0,49 <sup>(4)</sup> 6599 |
| 3,71 | 0,49989634 | 4,11 | 0,49998021               | 4,51 | 0,49 <sup>(4)</sup> 6756 |
| 3,72 | 0,49990036 | 4,12 | 0,49998105               | 4,52 | 0,49 <sup>(4)</sup> 6905 |
| 3,73 | 0,49990423 | 4,13 | 0,49998185               | 4,53 | 0,49 <sup>(4)</sup> 7048 |
| 3,74 | 0,49990796 | 4,14 | 0,49998262               | 4,54 | 0,49 <sup>(4)</sup> 7185 |
| 3,75 | 0,49991156 | 4,15 | 0,49998337               | 4,55 | 0,49 <sup>(4)</sup> 7315 |
| 3,76 | 0,49991502 | 4,16 | 0,49998408               | 4,56 | 0,49 <sup>(4)</sup> 7440 |
| 3,77 | 0,49991835 | 4,17 | 0,49998476               | 4,57 | 0,49 <sup>(4)</sup> 7559 |
| 3,78 | 0,49992156 | 4,18 | 0,49998542               | 4,58 | 0,49 <sup>(4)</sup> 7673 |
| 3,79 | 0,49992465 | 4,19 | 0,49998604               | 4,59 | 0,49 <sup>(4)</sup> 7782 |
| 3,80 | 0,49992763 | 4,20 | 0,49998665               | 4,60 | 0,49 <sup>(4)</sup> 7885 |
| 3,81 | 0,49993049 | 4,21 | 0,49998722               | 4,61 | 0,49 <sup>(4)</sup> 7985 |
| 3,82 | 0,49993325 | 4,22 | 0,49998778               | 4,62 | 0,49 <sup>(4)</sup> 8079 |
| 3,83 | 0,49993591 | 4,23 | 0,49998831               | 4,63 | 0,49 <sup>(4)</sup> 8170 |
| 3,84 | 0,49993846 | 4,24 | 0,49998882               | 4,64 | 0,49 <sup>(4)</sup> 8256 |
| 3,85 | 0,49994092 | 4,25 | 0,49998930               | 4,65 | 0,49 <sup>(4)</sup> 8339 |
| 3,86 | 0,49994329 | 4,26 | 0,49998977               | 4,66 | 0,49 <sup>(4)</sup> 8417 |
| 3,87 | 0,49994556 | 4,27 | 0,49999022               | 4,67 | 0,49 <sup>(4)</sup> 8492 |
| 3,88 | 0,49994775 | 4,28 | 0,49999065               | 4,68 | 0,49 <sup>(4)</sup> 8564 |
| 3,89 | 0,49994986 | 4,29 | 0,49999106               | 4,69 | 0,49 <sup>(4)</sup> 8632 |
| 3,90 | 0,49995188 | 4,30 | 0,49 <sup>(4)</sup> 1454 | 4,70 | 0,49 <sup>(4)</sup> 8698 |
| 3,91 | 0,49995383 | 4,31 | 0,49 <sup>(4)</sup> 1831 | 4,71 | 0,49 <sup>(4)</sup> 8760 |
| 3,92 | 0,49995571 | 4,32 | 0,49 <sup>(4)</sup> 2193 | 4,72 | 0,49 <sup>(4)</sup> 8819 |
| 3,93 | 0,49995751 | 4,33 | 0,49 <sup>(4)</sup> 2539 | 4,73 | 0,49 <sup>(4)</sup> 8876 |
| 3,94 | 0,49995924 | 4,34 | 0,49 <sup>(4)</sup> 2870 | 4,74 | 0,49 <sup>(4)</sup> 8930 |
| 3,95 | 0,49996091 | 4,35 | 0,49 <sup>(4)</sup> 3188 | 4,75 | 0,49 <sup>(4)</sup> 8982 |
| 3,96 | 0,49996251 | 4,36 | 0,49 <sup>(4)</sup> 3492 | 4,76 | 0,49 <sup>(4)</sup> 9031 |
| 3,97 | 0,49996405 | 4,37 | 0,49 <sup>(4)</sup> 3783 | 4,77 | 0,49 <sup>(4)</sup> 9078 |
| 3,98 | 0,49996553 | 4,38 | 0,49 <sup>(4)</sup> 4061 | 4,78 | 0,49 <sup>(4)</sup> 9122 |
| 3,99 | 0,49996695 | 4,39 | 0,49 <sup>(4)</sup> 4328 | 4,79 | 0,49 <sup>(4)</sup> 9165 |

| $z$  | $\Phi(z)$                | $z$  | $\Phi(z)$                | $z$  | $\Phi(z)$                |
|------|--------------------------|------|--------------------------|------|--------------------------|
| 4,80 | 0,49 <sup>(5)</sup> 2056 | 5,20 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9002 | 5,60 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9893 |
| 4,81 | 0,49 <sup>(5)</sup> 2444 | 5,21 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9054 | 5,61 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9899 |
| 4,82 | 0,49 <sup>(5)</sup> 2813 | 5,22 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9104 | 5,62 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9904 |
| 4,83 | 0,49 <sup>(5)</sup> 3164 | 5,23 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9151 | 5,63 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9910 |
| 4,84 | 0,49 <sup>(5)</sup> 3499 | 5,24 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9196 | 5,64 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9915 |
| 4,85 | 0,49 <sup>(5)</sup> 3819 | 5,25 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9238 | 5,65 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9920 |
| 4,86 | 0,49 <sup>(5)</sup> 4123 | 5,26 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9278 | 5,66 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9924 |
| 4,87 | 0,49 <sup>(5)</sup> 4412 | 5,27 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9316 | 5,67 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9928 |
| 4,88 | 0,49 <sup>(5)</sup> 4688 | 5,28 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9353 | 5,68 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9932 |
| 4,89 | 0,49 <sup>(5)</sup> 4951 | 5,29 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9387 | 5,69 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9936 |
| 4,90 | 0,49 <sup>(5)</sup> 5201 | 5,30 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9420 | 5,70 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9940 |
| 4,91 | 0,49 <sup>(5)</sup> 5440 | 5,31 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9451 | 5,71 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9943 |
| 4,92 | 0,49 <sup>(5)</sup> 5666 | 5,32 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9480 | 5,72 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9947 |
| 4,93 | 0,49 <sup>(5)</sup> 5882 | 5,33 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9508 | 5,73 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9950 |
| 4,94 | 0,49 <sup>(5)</sup> 6088 | 5,34 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9534 | 5,74 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9953 |
| 4,95 | 0,49 <sup>(5)</sup> 6284 | 5,35 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9559 | 5,75 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9955 |
| 4,96 | 0,49 <sup>(5)</sup> 6470 | 5,36 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9583 | 5,76 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9958 |
| 4,97 | 0,49 <sup>(5)</sup> 6647 | 5,37 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9605 | 5,77 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9960 |
| 4,98 | 0,49 <sup>(5)</sup> 6816 | 5,38 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9627 | 5,78 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9963 |
| 4,99 | 0,49 <sup>(5)</sup> 6976 | 5,39 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9647 | 5,79 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9965 |
| 5,00 | 0,49 <sup>(5)</sup> 7129 | 5,40 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9666 | 5,80 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9967 |
| 5,01 | 0,49 <sup>(5)</sup> 7274 | 5,41 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9684 | 5,81 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9969 |
| 5,02 | 0,49 <sup>(5)</sup> 7412 | 5,42 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9701 | 5,82 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9970 |
| 5,03 | 0,49 <sup>(5)</sup> 7544 | 5,43 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9718 | 5,83 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9972 |
| 5,04 | 0,49 <sup>(5)</sup> 7669 | 5,44 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9733 | 5,84 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9974 |
| 5,05 | 0,49 <sup>(5)</sup> 7787 | 5,45 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9748 | 5,85 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9975 |
| 5,06 | 0,49 <sup>(5)</sup> 7900 | 5,46 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9761 | 5,86 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9977 |
| 5,07 | 0,49 <sup>(5)</sup> 8008 | 5,47 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9774 | 5,87 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9978 |
| 5,08 | 0,49 <sup>(5)</sup> 8110 | 5,48 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9787 | 5,88 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9979 |
| 5,09 | 0,49 <sup>(5)</sup> 8207 | 5,49 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9799 | 5,89 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9981 |
| 5,10 | 0,49 <sup>(5)</sup> 8299 | 5,50 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9810 | 5,90 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9982 |
| 5,11 | 0,49 <sup>(5)</sup> 8386 | 5,51 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9820 | 5,91 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9983 |
| 5,12 | 0,49 <sup>(5)</sup> 8470 | 5,52 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9830 | 5,92 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9984 |
| 5,13 | 0,49 <sup>(5)</sup> 8549 | 5,53 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9839 | 5,93 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9985 |
| 5,14 | 0,49 <sup>(5)</sup> 8624 | 5,54 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9848 | 5,94 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9986 |
| 5,15 | 0,49 <sup>(5)</sup> 8695 | 5,55 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9857 | 5,95 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9987 |
| 5,16 | 0,49 <sup>(5)</sup> 8763 | 5,56 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9865 | 5,96 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9987 |
| 5,17 | 0,49 <sup>(5)</sup> 8827 | 5,57 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9872 | 5,97 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9988 |
| 5,18 | 0,49 <sup>(5)</sup> 8888 | 5,58 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9879 | 5,98 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9989 |
| 5,19 | 0,49 <sup>(5)</sup> 8947 | 5,59 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9886 | 5,99 | 0,49 <sup>(5)</sup> 9989 |

## Значения квантилей функции нормального распределения

$$U_{F(x)} = \frac{x - m_x}{\sigma_x}$$

| $F(x)$ | $U_{F(x)}$  | $F(x)$ | $U_{F(x)}$  | $F(x)$  | $U_{F(x)}$ |
|--------|-------------|--------|-------------|---------|------------|
| 0,001  | -3,09024472 | 0,400  | -0,25334657 | 0,800   | 0,84162139 |
| 0,010  | -2,32634193 | 0,410  | -0,22754534 | 0,810   | 0,87789658 |
| 0,020  | -2,05374818 | 0,420  | -0,20189418 | 0,820   | 0,91536549 |
| 0,030  | -1,88078957 | 0,430  | -0,17637376 | 0,830   | 0,95416453 |
| 0,040  | -1,75068635 | 0,440  | -0,15096930 | 0,840   | 0,99445742 |
| 0,050  | -1,64485300 | 0,450  | -0,12566147 | 0,850   | 1,03643288 |
| 0,060  | -1,55477210 | 0,460  | -0,10043323 | 0,860   | 1,08032054 |
| 0,070  | -1,47579158 | 0,470  | -0,07526978 | 0,870   | 1,12639100 |
| 0,080  | -1,40507382 | 0,480  | -0,05015409 | 0,880   | 1,17498757 |
| 0,090  | -1,34075435 | 0,490  | -0,02506908 | 0,890   | 1,22652864 |
| 0,100  | -1,28155079 | 0,500  | 0,00000000  | 0,900   | 1,28155079 |
| 0,110  | -1,22652864 | 0,510  | 0,02506908  | 0,910   | 1,34075435 |
| 0,120  | -1,17498757 | 0,520  | 0,05015409  | 0,920   | 1,40507382 |
| 0,130  | -1,12639100 | 0,530  | 0,07526978  | 0,930   | 1,47579158 |
| 0,140  | -1,08032054 | 0,540  | 0,10043323  | 0,940   | 1,55477210 |
| 0,150  | -1,03643288 | 0,550  | 0,12566147  | 0,950   | 1,64485300 |
| 0,160  | -0,99445742 | 0,560  | 0,15096930  | 0,960   | 1,75068635 |
| 0,170  | -0,95416453 | 0,570  | 0,17637376  | 0,970   | 1,88078957 |
| 0,180  | -0,91536549 | 0,580  | 0,20189418  | 0,980   | 2,05374818 |
| 0,190  | -0,87789658 | 0,590  | 0,22754534  | 0,990   | 2,32634193 |
| 0,200  | -0,84162139 | 0,600  | 0,25334657  | 0,991   | 2,36561391 |
| 0,210  | -0,80642167 | 0,610  | 0,27931947  | 0,992   | 2,40892405 |
| 0,220  | -0,77219283 | 0,620  | 0,30548108  | 0,993   | 2,45727279 |
| 0,230  | -0,73884621 | 0,630  | 0,33185415  | 0,994   | 2,51213351 |
| 0,240  | -0,70630222 | 0,640  | 0,35845915  | 0,995   | 2,57583451 |
| 0,250  | -0,67449037 | 0,650  | 0,38532107  | 0,996   | 2,65208655 |
| 0,260  | -0,64334472 | 0,660  | 0,41246267  | 0,997   | 2,74776539 |
| 0,270  | -0,61281298 | 0,670  | 0,43991349  | 0,998   | 2,87815055 |
| 0,280  | -0,58284058 | 0,680  | 0,46769856  | 0,999   | 3,09024472 |
| 0,290  | -0,55338433 | 0,690  | 0,49584969  | 0,9991  | 3,12138582 |
| 0,300  | -0,52440100 | 0,700  | 0,52440100  | 0,9992  | 3,15601937 |
| 0,310  | -0,49584969 | 0,710  | 0,55338433  | 0,9993  | 3,19472747 |
| 0,320  | -0,46769856 | 0,720  | 0,58284058  | 0,9994  | 3,23896529 |
| 0,330  | -0,43991349 | 0,730  | 0,61281298  | 0,9995  | 3,29047907 |
| 0,340  | -0,41246267 | 0,740  | 0,64334472  | 0,9996  | 3,35276127 |
| 0,350  | -0,38532107 | 0,750  | 0,67449037  | 0,9997  | 3,43192369 |
| 0,360  | -0,35845915 | 0,760  | 0,70630222  | 0,9998  | 3,54018994 |
| 0,370  | -0,33185415 | 0,770  | 0,73884621  | 0,9999  | 3,71946953 |
| 0,380  | -0,30548108 | 0,780  | 0,77219283  | 0,99999 | 4,26545739 |
| 0,390  | -0,27931947 | 0,790  | 0,80642167  |         |            |

Таблица П.4

Значения гамма-функции  $\Gamma(x) = \int_0^{\infty} t^{x-1} e^{-t} dt$

| $x$  | $\Gamma(x)$ | $x$  | $\Gamma(x)$ | $x$  | $\Gamma(x)$ | $x$  | $\Gamma(x)$ |
|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|
| 1,00 | 1,00000     | 1,40 | 0,88726     | 1,80 | 0,93138     | 2,20 | 1,10180     |
| 1,01 | 0,99433     | 1,41 | 0,88676     | 1,81 | 0,93408     | 2,21 | 1,10785     |
| 1,02 | 0,98884     | 1,42 | 0,88636     | 1,82 | 0,93685     | 2,22 | 1,11399     |
| 1,03 | 0,98355     | 1,43 | 0,88604     | 1,83 | 0,93969     | 2,23 | 1,12023     |
| 1,04 | 0,97844     | 1,44 | 0,88581     | 1,84 | 0,94261     | 2,24 | 1,12657     |
| 1,05 | 0,97350     | 1,45 | 0,88566     | 1,85 | 0,94561     | 2,25 | 1,13300     |
| 1,06 | 0,96874     | 1,46 | 0,88560     | 1,86 | 0,94869     | 2,26 | 1,13954     |
| 1,07 | 0,96415     | 1,47 | 0,88563     | 1,87 | 0,95184     | 2,27 | 1,14618     |
| 1,08 | 0,95973     | 1,48 | 0,88575     | 1,88 | 0,95507     | 2,28 | 1,15292     |
| 1,09 | 0,95546     | 1,49 | 0,88595     | 1,89 | 0,95838     | 2,29 | 1,15976     |
| 1,10 | 0,95135     | 1,50 | 0,88623     | 1,90 | 0,96177     | 2,30 | 1,16671     |
| 1,11 | 0,94740     | 1,51 | 0,88659     | 1,91 | 0,96523     | 2,31 | 1,17377     |
| 1,12 | 0,94359     | 1,52 | 0,88704     | 1,92 | 0,96877     | 2,32 | 1,18093     |
| 1,13 | 0,93993     | 1,53 | 0,88757     | 1,93 | 0,97240     | 2,33 | 1,18819     |
| 1,14 | 0,93642     | 1,54 | 0,88818     | 1,94 | 0,97610     | 2,34 | 1,19557     |
| 1,15 | 0,93304     | 1,55 | 0,88887     | 1,95 | 0,97988     | 2,35 | 1,20305     |
| 1,16 | 0,92980     | 1,56 | 0,88964     | 1,96 | 0,98374     | 2,36 | 1,21065     |
| 1,17 | 0,92670     | 1,57 | 0,89049     | 1,97 | 0,98768     | 2,37 | 1,21836     |
| 1,18 | 0,92373     | 1,58 | 0,89142     | 1,98 | 0,99171     | 2,38 | 1,22618     |
| 1,19 | 0,92089     | 1,59 | 0,89243     | 1,99 | 0,99581     | 2,39 | 1,23412     |
| 1,20 | 0,91817     | 1,60 | 0,89352     | 2,00 | 1,00000     | 2,40 | 1,24217     |
| 1,21 | 0,91558     | 1,61 | 0,89468     | 2,01 | 1,00427     | 2,41 | 1,25034     |
| 1,22 | 0,91311     | 1,62 | 0,89592     | 2,02 | 1,00862     | 2,42 | 1,25863     |
| 1,23 | 0,91075     | 1,63 | 0,89724     | 2,03 | 1,01306     | 2,43 | 1,26703     |
| 1,24 | 0,90852     | 1,64 | 0,89864     | 2,04 | 1,01758     | 2,44 | 1,27556     |
| 1,25 | 0,90640     | 1,65 | 0,90012     | 2,05 | 1,02218     | 2,45 | 1,28421     |
| 1,26 | 0,90440     | 1,66 | 0,90167     | 2,06 | 1,02687     | 2,46 | 1,29298     |
| 1,27 | 0,90250     | 1,67 | 0,90330     | 2,07 | 1,03164     | 2,47 | 1,30188     |
| 1,28 | 0,90072     | 1,68 | 0,90500     | 2,08 | 1,03650     | 2,48 | 1,31091     |
| 1,29 | 0,89904     | 1,69 | 0,90678     | 2,09 | 1,04145     | 2,49 | 1,32006     |
| 1,30 | 0,89747     | 1,70 | 0,90864     | 2,10 | 1,04649     | 2,50 | 1,32934     |
| 1,31 | 0,89600     | 1,71 | 0,91057     | 2,11 | 1,05161     | 2,51 | 1,33875     |
| 1,32 | 0,89464     | 1,72 | 0,91258     | 2,12 | 1,05682     | 2,52 | 1,34830     |
| 1,33 | 0,89338     | 1,73 | 0,91467     | 2,13 | 1,06212     | 2,53 | 1,35798     |
| 1,34 | 0,89222     | 1,74 | 0,91683     | 2,14 | 1,06751     | 2,54 | 1,36779     |
| 1,35 | 0,89115     | 1,75 | 0,91906     | 2,15 | 1,07300     | 2,55 | 1,37775     |
| 1,36 | 0,89018     | 1,76 | 0,92137     | 2,16 | 1,07857     | 2,56 | 1,38784     |
| 1,37 | 0,88931     | 1,77 | 0,92376     | 2,17 | 1,08424     | 2,57 | 1,39807     |
| 1,38 | 0,88854     | 1,78 | 0,92623     | 2,18 | 1,09000     | 2,58 | 1,40844     |
| 1,39 | 0,88785     | 1,79 | 0,92877     | 2,19 | 1,09585     | 2,59 | 1,41896     |

| $x$  | $\Gamma(x)$ | $x$  | $\Gamma(x)$ | $x$  | $\Gamma(x)$ | $x$  | $\Gamma(x)$ |
|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|
| 2,60 | 1,42962     | 3,00 | 2,00000     | 3,40 | 2,98121     | 3,80 | 4,69417     |
| 2,61 | 1,44044     | 3,01 | 2,01858     | 3,41 | 3,01331     | 3,81 | 4,75081     |
| 2,62 | 1,45140     | 3,02 | 2,03741     | 3,42 | 3,04587     | 3,82 | 4,80826     |
| 2,63 | 1,46251     | 3,03 | 2,05650     | 3,43 | 3,07889     | 3,83 | 4,86656     |
| 2,64 | 1,47377     | 3,04 | 2,07585     | 3,44 | 3,11236     | 3,84 | 4,92572     |
| 2,65 | 1,48519     | 3,05 | 2,09547     | 3,45 | 3,14631     | 3,85 | 4,98573     |
| 2,66 | 1,49677     | 3,06 | 2,11535     | 3,46 | 3,18074     | 3,86 | 5,04664     |
| 2,67 | 1,50851     | 3,07 | 2,13550     | 3,47 | 3,21565     | 3,87 | 5,10843     |
| 2,68 | 1,52040     | 3,08 | 2,15593     | 3,48 | 3,25105     | 3,88 | 5,17114     |
| 2,69 | 1,53246     | 3,09 | 2,17663     | 3,49 | 3,28695     | 3,89 | 5,23476     |
| 2,70 | 1,54469     | 3,10 | 2,19762     | 3,50 | 3,32335     | 3,90 | 5,29933     |
| 2,71 | 1,55708     | 3,11 | 2,21890     | 3,51 | 3,36027     | 3,91 | 5,36485     |
| 2,72 | 1,56964     | 3,12 | 2,24046     | 3,52 | 3,39771     | 3,92 | 5,43134     |
| 2,73 | 1,58237     | 3,13 | 2,26232     | 3,53 | 3,43569     | 3,93 | 5,49881     |
| 2,74 | 1,59528     | 3,14 | 2,28448     | 3,54 | 3,47420     | 3,94 | 5,56728     |
| 2,75 | 1,60836     | 3,15 | 2,30694     | 3,55 | 3,51325     | 3,95 | 5,63676     |
| 2,76 | 1,62162     | 3,16 | 2,32971     | 3,56 | 3,55286     | 3,96 | 5,70728     |
| 2,77 | 1,63506     | 3,17 | 2,35280     | 3,57 | 3,59304     | 3,97 | 5,77885     |
| 2,78 | 1,64868     | 3,18 | 2,37620     | 3,58 | 3,63378     | 3,98 | 5,85148     |
| 2,79 | 1,66249     | 3,19 | 2,39992     | 3,59 | 3,67511     | 3,99 | 5,92519     |
| 2,80 | 1,67649     | 3,20 | 2,42397     | 3,60 | 3,71702     | 4,00 | 6,00000     |
| 2,81 | 1,69068     | 3,21 | 2,44834     | 3,61 | 3,75954     | 4,10 | 6,81262     |
| 2,82 | 1,70506     | 3,22 | 2,47306     | 3,62 | 3,80266     | 4,20 | 7,75669     |
| 2,83 | 1,71963     | 3,23 | 2,49811     | 3,63 | 3,84640     | 4,30 | 8,85534     |
| 2,84 | 1,73441     | 3,24 | 2,52351     | 3,64 | 3,89076     | 4,40 | 10,1361     |
| 2,85 | 1,74938     | 3,25 | 2,54926     | 3,65 | 3,93576     | 4,50 | 11,6317     |
| 2,86 | 1,76456     | 3,26 | 2,57536     | 3,66 | 3,98141     | 4,60 | 13,3813     |
| 2,87 | 1,77994     | 3,27 | 2,60183     | 3,67 | 4,02771     | 4,70 | 15,4314     |
| 2,88 | 1,79553     | 3,28 | 2,62866     | 3,68 | 4,07468     | 4,80 | 17,8379     |
| 2,89 | 1,81134     | 3,29 | 2,65586     | 3,69 | 4,12232     | 4,90 | 20,6674     |
| 2,90 | 1,82736     | 3,30 | 2,68344     | 3,70 | 4,17065     | 5,00 | 24,0000     |
| 2,91 | 1,84359     | 3,31 | 2,71140     | 3,71 | 4,21968     | 5,10 | 27,9318     |
| 2,92 | 1,86005     | 3,32 | 2,73975     | 3,72 | 4,26942     | 5,20 | 32,5781     |
| 2,93 | 1,87673     | 3,33 | 2,76849     | 3,73 | 4,31987     | 5,30 | 38,0780     |
| 2,94 | 1,89363     | 3,34 | 2,79763     | 3,74 | 4,37106     | 5,40 | 44,5988     |
| 2,95 | 1,91077     | 3,35 | 2,82718     | 3,75 | 4,42299     | 5,50 | 52,3428     |
| 2,96 | 1,92814     | 3,36 | 2,85714     | 3,76 | 4,47567     | 5,60 | 61,5539     |
| 2,97 | 1,94574     | 3,37 | 2,88751     | 3,77 | 4,52912     | 5,70 | 72,5276     |
| 2,98 | 1,96358     | 3,38 | 2,91831     | 3,78 | 4,58334     | 5,80 | 85,6217     |
| 2,99 | 1,98167     | 3,39 | 2,94954     | 3,79 | 4,63836     | 5,90 | 101,270     |

| $x$  | $\Gamma(x)$ | $x$  | $\Gamma(x)$ | $x$  | $\Gamma(x)$ | $x$  | $\Gamma(x)$ |
|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|
| 6,00 | 120,000     | 7,00 | 720,000     | 8,00 | 5040,00     | 9,00 | 40320,0     |
| 6,10 | 142,452     | 7,10 | 868,957     | 8,10 | 6169,59     | 9,10 | 49973,7     |
| 6,20 | 169,406     | 7,20 | 1050,32     | 8,20 | 7562,29     | 9,20 | 62010,8     |
| 6,30 | 201,813     | 7,30 | 1271,42     | 8,30 | 9281,39     | 9,30 | 77035,6     |
| 6,40 | 240,834     | 7,40 | 1541,34     | 8,40 | 11405,9     | 9,40 | 95809,5     |
| 6,50 | 287,885     | 7,50 | 1871,25     | 8,50 | 14034,4     | 9,50 | 119292      |
| 6,60 | 344,702     | 7,60 | 2275,03     | 8,60 | 17290,2     | 9,60 | 148696      |
| 6,70 | 413,408     | 7,70 | 2769,83     | 8,70 | 21327,7     | 9,70 | 185551      |
| 6,80 | 496,606     | 7,80 | 3376,92     | 8,80 | 26340,0     | 9,80 | 231792      |
| 6,90 | 597,494     | 7,90 | 4122,71     | 8,90 | 32569,4     | 9,90 | 289868      |

Таблица П.5

Значения квантилей функции надежности при нормальном  
распределении наработки

$$U_{P(t_\gamma)} = -\frac{t_\gamma - T_0}{\sigma_t}$$

| $P(t_\gamma)$ | $U_{P(t_\gamma)}$ | $P(t_\gamma)$ | $U_{P(t_\gamma)}$ | $P(t_\gamma)$ | $U_{P(t_\gamma)}$ | $P(t_\gamma)$ | $U_{P(t_\gamma)}$ |
|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|
| 0,50          | 0,00000           | 0,91          | 1,34075           | 0,991         | 2,36561           | 0,9991        | 3,12139           |
| 0,55          | 0,12566           | 0,92          | 1,40507           | 0,992         | 2,40892           | 0,9992        | 3,15602           |
| 0,60          | 0,25335           | 0,93          | 1,47579           | 0,993         | 2,45727           | 0,9993        | 3,19473           |
| 0,65          | 0,38532           | 0,94          | 1,55477           | 0,994         | 2,51213           | 0,9994        | 3,23897           |
| 0,70          | 0,52440           | 0,95          | 1,64485           | 0,995         | 2,57583           | 0,9995        | 3,29048           |
| 0,75          | 0,67449           | 0,96          | 1,75069           | 0,996         | 2,65209           | 0,9996        | 3,35276           |
| 0,80          | 0,84162           | 0,97          | 1,88079           | 0,997         | 2,74777           | 0,9997        | 3,43192           |
| 0,85          | 1,03643           | 0,98          | 2,05375           | 0,998         | 2,87815           | 0,9998        | 3,54019           |
| 0,90          | 1,28155           | 0,99          | 2,32634           | 0,999         | 3,09024           | 0,9999        | 3,71947           |



Таблица П.6

Значения коэффициента вариации  $v = \frac{\sqrt{\Gamma\left(1 + \frac{2}{\eta}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\eta}\right)}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{\eta}\right)}$  распределения

Вейбулла ( $f(t) = \mu\eta t^{\eta-1} e^{-\mu t^\eta}$ ) в зависимости от коэффициента формы  $\eta$

| $\eta$ | $v$     | $\eta$ | $v$     | $\eta$ | $v$     | $\eta$ | $v$     |
|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| 0,11   | 234,266 | 0,46   | 2,52186 | 0,81   | 1,24375 | 1,16   | 0,86457 |
| 0,12   | 141,522 | 0,47   | 2,44312 | 0,82   | 1,22748 | 1,17   | 0,85746 |
| 0,13   | 92,526  | 0,48   | 2,36955 | 0,83   | 1,21170 | 1,18   | 0,85048 |
| 0,14   | 64,359  | 0,49   | 2,30068 | 0,84   | 1,19638 | 1,19   | 0,84363 |
| 0,15   | 47,037  | 0,50   | 2,23607 | 0,85   | 1,18150 | 1,20   | 0,83690 |
| 0,16   | 35,783  | 0,51   | 2,17534 | 0,86   | 1,16704 | 1,21   | 0,83029 |
| 0,17   | 28,132  | 0,52   | 2,11815 | 0,87   | 1,15297 | 1,22   | 0,82380 |
| 0,18   | 22,731  | 0,53   | 2,06421 | 0,88   | 1,13930 | 1,23   | 0,81743 |
| 0,19   | 18,793  | 0,54   | 2,01325 | 0,89   | 1,12599 | 1,24   | 0,81116 |
| 0,20   | 15,843  | 0,55   | 1,96501 | 0,90   | 1,11303 | 1,25   | 0,80500 |
| 0,21   | 13,579  | 0,56   | 1,91930 | 0,91   | 1,10041 | 1,26   | 0,79895 |
| 0,22   | 11,807  | 0,57   | 1,87592 | 0,92   | 1,08811 | 1,27   | 0,79299 |
| 0,23   | 10,393  | 0,58   | 1,83469 | 0,93   | 1,07613 | 1,28   | 0,78714 |
| 0,24   | 9,248   | 0,59   | 1,79545 | 0,94   | 1,06444 | 1,29   | 0,78138 |
| 0,25   | 8,307   | 0,60   | 1,75807 | 0,95   | 1,05305 | 1,30   | 0,77572 |
| 0,26   | 7,524   | 0,61   | 1,72240 | 0,96   | 1,04192 | 1,31   | 0,77015 |
| 0,27   | 6,865   | 0,62   | 1,68834 | 0,97   | 1,03107 | 1,32   | 0,76466 |
| 0,28   | 6,304   | 0,63   | 1,65578 | 0,98   | 1,02047 | 1,33   | 0,75927 |
| 0,29   | 5,824   | 0,64   | 1,62461 | 0,99   | 1,01012 | 1,34   | 0,75396 |
| 0,30   | 5,408   | 0,65   | 1,59475 | 1,00   | 1,00000 | 1,35   | 0,74873 |
| 0,31   | 5,045   | 0,66   | 1,56612 | 1,01   | 0,99011 | 1,36   | 0,74358 |
| 0,32   | 4,727   | 0,67   | 1,53864 | 1,02   | 0,98045 | 1,37   | 0,73851 |
| 0,33   | 4,445   | 0,68   | 1,51224 | 1,03   | 0,97099 | 1,38   | 0,73352 |
| 0,34   | 4,195   | 0,69   | 1,48685 | 1,04   | 0,96175 | 1,39   | 0,72860 |
| 0,35   | 3,972   | 0,70   | 1,46242 | 1,05   | 0,95270 | 1,40   | 0,72375 |
| 0,36   | 3,771   | 0,71   | 1,43890 | 1,06   | 0,94384 | 1,41   | 0,71898 |
| 0,37   | 3,590   | 0,72   | 1,41622 | 1,07   | 0,93517 | 1,42   | 0,71427 |
| 0,38   | 3,426   | 0,73   | 1,39436 | 1,08   | 0,92668 | 1,43   | 0,70964 |
| 0,39   | 3,277   | 0,74   | 1,37325 | 1,09   | 0,91836 | 1,44   | 0,70507 |
| 0,40   | 3,141   | 0,75   | 1,35286 | 1,10   | 0,91022 | 1,45   | 0,70056 |
| 0,41   | 3,016   | 0,76   | 1,33316 | 1,11   | 0,90223 | 1,46   | 0,69612 |
| 0,42   | 2,901   | 0,77   | 1,31410 | 1,12   | 0,89440 | 1,47   | 0,69174 |
| 0,43   | 2,795   | 0,78   | 1,29566 | 1,13   | 0,88672 | 1,48   | 0,68743 |
| 0,44   | 2,697   | 0,79   | 1,27781 | 1,14   | 0,87920 | 1,49   | 0,68317 |
| 0,45   | 2,606   | 0,80   | 1,26051 | 1,15   | 0,87181 | 1,50   | 0,67897 |

| $\eta$ | $v$     | $\eta$ | $v$     | $\eta$ | $v$     | $\eta$ | $v$     |
|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| 1,51   | 0,67483 | 1,91   | 0,54487 | 2,31   | 0,45929 | 4,10   | 0,27435 |
| 1,52   | 0,67074 | 1,92   | 0,54231 | 2,32   | 0,45752 | 4,20   | 0,26842 |
| 1,53   | 0,66670 | 1,93   | 0,53977 | 2,33   | 0,45576 | 4,30   | 0,26276 |
| 1,54   | 0,66272 | 1,94   | 0,53726 | 2,34   | 0,45402 | 4,40   | 0,25733 |
| 1,55   | 0,65880 | 1,95   | 0,53478 | 2,35   | 0,45228 | 4,50   | 0,25213 |
| 1,56   | 0,65492 | 1,96   | 0,53232 | 2,36   | 0,45057 | 4,60   | 0,24714 |
| 1,57   | 0,65109 | 1,97   | 0,52988 | 2,37   | 0,44886 | 4,70   | 0,24235 |
| 1,58   | 0,64732 | 1,98   | 0,52747 | 2,38   | 0,44717 | 4,80   | 0,23775 |
| 1,59   | 0,64539 | 1,99   | 0,52509 | 2,39   | 0,44550 | 4,90   | 0,23332 |
| 1,60   | 0,63991 | 2,00   | 0,52272 | 2,40   | 0,44384 | 5,00   | 0,22905 |
| 1,61   | 0,63627 | 2,01   | 0,52038 | 2,41   | 0,44219 | 5,10   | 0,22494 |
| 1,62   | 0,63268 | 2,02   | 0,51806 | 2,42   | 0,44055 | 5,20   | 0,22098 |
| 1,63   | 0,62913 | 2,03   | 0,51577 | 2,43   | 0,43893 | 5,30   | 0,21716 |
| 1,64   | 0,62563 | 2,04   | 0,51349 | 2,44   | 0,43732 | 5,40   | 0,21348 |
| 1,65   | 0,62217 | 2,05   | 0,51124 | 2,45   | 0,43572 | 5,50   | 0,20991 |
| 1,66   | 0,61875 | 2,06   | 0,50901 | 2,46   | 0,43413 | 5,60   | 0,20647 |
| 1,67   | 0,61537 | 2,07   | 0,50680 | 2,47   | 0,43256 | 5,70   | 0,20314 |
| 1,68   | 0,61204 | 2,08   | 0,50461 | 2,48   | 0,43099 | 5,80   | 0,19992 |
| 1,69   | 0,60874 | 2,09   | 0,50244 | 2,49   | 0,42944 | 5,90   | 0,19680 |
| 1,70   | 0,60548 | 2,10   | 0,50029 | 2,50   | 0,42791 | 6,00   | 0,19377 |
| 1,71   | 0,60226 | 2,11   | 0,49816 | 2,55   | 0,42039 | 6,10   | 0,19084 |
| 1,72   | 0,59908 | 2,12   | 0,49605 | 2,60   | 0,41314 | 6,20   | 0,18800 |
| 1,73   | 0,59593 | 2,13   | 0,49396 | 2,65   | 0,40616 | 6,30   | 0,18524 |
| 1,74   | 0,59282 | 2,14   | 0,49188 | 2,70   | 0,39942 | 6,40   | 0,18257 |
| 1,75   | 0,58974 | 2,15   | 0,48983 | 2,75   | 0,39291 | 6,50   | 0,17997 |
| 1,76   | 0,58670 | 2,16   | 0,48779 | 2,80   | 0,38662 | 6,60   | 0,17744 |
| 1,77   | 0,58369 | 2,17   | 0,48578 | 2,85   | 0,38054 | 6,70   | 0,17499 |
| 1,78   | 0,58072 | 2,18   | 0,48378 | 2,90   | 0,37466 | 6,80   | 0,17260 |
| 1,79   | 0,57778 | 2,19   | 0,48179 | 2,95   | 0,36896 | 6,90   | 0,17028 |
| 1,80   | 0,57487 | 2,20   | 0,47983 | 3,00   | 0,36345 | 7,00   | 0,16802 |
| 1,81   | 0,57200 | 2,21   | 0,47788 | 3,10   | 0,35291 | 7,10   | 0,16582 |
| 1,82   | 0,56915 | 2,22   | 0,47595 | 3,20   | 0,34300 | 7,20   | 0,16368 |
| 1,83   | 0,56634 | 2,23   | 0,47404 | 3,30   | 0,33365 | 7,30   | 0,16159 |
| 1,84   | 0,56355 | 2,24   | 0,47214 | 3,40   | 0,32482 | 7,40   | 0,15956 |
| 1,85   | 0,56080 | 2,25   | 0,47026 | 3,50   | 0,31646 | 7,50   | 0,15758 |
| 1,86   | 0,55807 | 2,26   | 0,46839 | 3,60   | 0,30853 | 7,60   | 0,15564 |
| 1,87   | 0,55538 | 2,27   | 0,46654 | 3,70   | 0,30101 | 7,70   | 0,15376 |
| 1,88   | 0,55271 | 2,28   | 0,46471 | 3,80   | 0,29385 | 7,80   | 0,15192 |
| 1,89   | 0,55007 | 2,29   | 0,46289 | 3,90   | 0,28704 | 7,90   | 0,15012 |
| 1,90   | 0,54745 | 2,30   | 0,46108 | 4,00   | 0,28054 | 8,00   | 0,14837 |

Таблица П.7

Значения квантилей  $\chi^2$ -распределения (случайной величины  $U = \chi^2$ )

$$F_c(u) = \begin{cases} 0 & \text{при } u \leq 0, \\ \frac{1}{2^{\frac{c}{2}} \cdot \Gamma\left(\frac{c}{2}\right)} \int_0^u e^{-\frac{u}{2}} u^{\frac{c}{2}-1} du & \text{при } u > 0 \end{cases}$$

в зависимости от вероятности  $F_c(u)$  и числа степеней свободы  $c$ 

| $c$ | $F_c(u)$ |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|     | 0,01     | 0,02   | 0,03   | 0,04   | 0,05   | 0,10   | 0,20   | 0,30   | 0,40   | 0,50   |
| 1   | 0,000    | 0,001  | 0,001  | 0,003  | 0,004  | 0,016  | 0,064  | 0,148  | 0,275  | 0,455  |
| 2   | 0,020    | 0,040  | 0,061  | 0,082  | 0,103  | 0,211  | 0,446  | 0,713  | 1,022  | 1,386  |
| 3   | 0,115    | 0,185  | 0,245  | 0,300  | 0,352  | 0,584  | 1,005  | 1,424  | 1,869  | 2,366  |
| 4   | 0,297    | 0,429  | 0,535  | 0,627  | 0,711  | 1,064  | 1,649  | 2,195  | 2,753  | 3,357  |
| 5   | 0,554    | 0,752  | 0,903  | 1,031  | 1,145  | 1,610  | 2,343  | 3,000  | 3,656  | 4,351  |
| 6   | 0,872    | 1,134  | 1,330  | 1,492  | 1,635  | 2,204  | 3,070  | 3,828  | 4,570  | 5,348  |
| 7   | 1,239    | 1,564  | 1,802  | 1,997  | 2,167  | 2,833  | 3,822  | 4,671  | 5,493  | 6,346  |
| 8   | 1,647    | 2,032  | 2,310  | 2,537  | 2,733  | 3,490  | 4,594  | 5,527  | 6,423  | 7,344  |
| 9   | 2,088    | 2,532  | 2,848  | 3,105  | 3,325  | 4,168  | 5,380  | 6,393  | 7,357  | 8,343  |
| 10  | 2,558    | 3,059  | 3,412  | 3,697  | 3,940  | 4,865  | 6,179  | 7,267  | 8,295  | 9,342  |
| 11  | 3,053    | 3,609  | 3,997  | 4,309  | 4,575  | 5,578  | 6,989  | 8,148  | 9,237  | 10,341 |
| 12  | 3,571    | 4,178  | 4,601  | 4,939  | 5,226  | 6,304  | 7,807  | 9,034  | 10,182 | 11,340 |
| 13  | 4,107    | 4,765  | 5,221  | 5,584  | 5,892  | 7,041  | 8,634  | 9,926  | 11,129 | 12,340 |
| 14  | 4,660    | 5,368  | 5,856  | 6,243  | 6,571  | 7,790  | 9,467  | 10,821 | 12,078 | 13,339 |
| 15  | 5,229    | 5,985  | 6,503  | 6,914  | 7,261  | 8,547  | 10,307 | 11,721 | 13,030 | 14,339 |
| 16  | 5,812    | 6,614  | 7,163  | 7,596  | 7,962  | 9,312  | 11,152 | 12,624 | 13,983 | 15,338 |
| 17  | 6,408    | 7,255  | 7,832  | 8,288  | 8,672  | 10,085 | 12,002 | 13,531 | 14,937 | 16,338 |
| 18  | 7,015    | 7,906  | 8,512  | 8,989  | 9,390  | 10,865 | 12,857 | 14,440 | 15,893 | 17,338 |
| 19  | 7,633    | 8,567  | 9,200  | 9,698  | 10,117 | 11,651 | 13,716 | 15,352 | 16,850 | 18,338 |
| 20  | 8,260    | 9,237  | 9,897  | 10,415 | 10,851 | 12,443 | 14,578 | 16,266 | 17,809 | 19,337 |
| 21  | 8,897    | 9,915  | 10,601 | 11,140 | 11,591 | 13,240 | 15,445 | 17,182 | 18,768 | 20,337 |
| 22  | 9,542    | 10,600 | 11,313 | 11,870 | 12,338 | 14,041 | 16,314 | 18,101 | 19,729 | 21,337 |
| 23  | 10,196   | 11,293 | 12,030 | 12,607 | 13,091 | 14,848 | 17,187 | 19,021 | 20,690 | 22,337 |
| 24  | 10,856   | 11,992 | 12,754 | 13,350 | 13,848 | 15,659 | 18,062 | 19,943 | 21,652 | 23,337 |
| 25  | 11,524   | 12,697 | 13,484 | 14,098 | 14,611 | 16,473 | 18,940 | 20,867 | 22,616 | 24,337 |
| 26  | 12,198   | 13,409 | 14,219 | 14,851 | 15,379 | 17,292 | 19,820 | 21,792 | 23,579 | 25,336 |
| 27  | 12,878   | 14,125 | 14,959 | 15,609 | 16,151 | 18,114 | 20,703 | 22,719 | 24,544 | 26,336 |
| 28  | 13,565   | 14,847 | 15,704 | 16,371 | 16,928 | 18,939 | 21,588 | 23,647 | 25,509 | 27,336 |
| 29  | 14,256   | 15,574 | 16,454 | 17,138 | 17,708 | 19,768 | 22,475 | 24,577 | 26,475 | 28,336 |
| 30  | 14,953   | 16,306 | 17,208 | 17,908 | 18,493 | 20,599 | 23,364 | 25,508 | 27,442 | 29,336 |

| c  | $F_c(u)$ |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|    | 0,60     | 0,70   | 0,80   | 0,90   | 0,95   | 0,96   | 0,97   | 0,98   | 0,99   | 0,999  |
| 1  | 0,708    | 1,074  | 1,642  | 2,706  | 3,841  | 4,218  | 4,709  | 5,412  | 6,635  | 10,827 |
| 2  | 1,833    | 2,408  | 3,219  | 4,605  | 5,991  | 6,438  | 7,013  | 7,824  | 9,210  | 13,815 |
| 3  | 2,946    | 3,665  | 4,642  | 6,251  | 7,815  | 8,311  | 8,947  | 9,837  | 11,345 | 16,266 |
| 4  | 4,045    | 4,878  | 5,989  | 7,779  | 9,488  | 10,026 | 10,712 | 11,668 | 13,277 | 18,466 |
| 5  | 5,132    | 6,064  | 7,289  | 9,236  | 11,070 | 11,644 | 12,375 | 13,388 | 15,086 | 20,515 |
| 6  | 6,211    | 7,231  | 8,558  | 10,645 | 12,592 | 13,198 | 13,968 | 15,033 | 16,812 | 22,457 |
| 7  | 7,283    | 8,383  | 9,803  | 12,017 | 14,067 | 14,703 | 15,509 | 16,622 | 18,475 | 24,321 |
| 8  | 8,351    | 9,524  | 11,030 | 13,362 | 15,507 | 16,171 | 17,011 | 18,168 | 20,090 | 26,124 |
| 9  | 9,414    | 10,656 | 12,242 | 14,684 | 16,919 | 17,608 | 18,480 | 19,679 | 21,666 | 27,877 |
| 10 | 10,473   | 11,781 | 13,442 | 15,987 | 18,307 | 19,021 | 19,922 | 21,161 | 23,209 | 29,588 |
| 11 | 11,530   | 12,899 | 14,631 | 17,275 | 19,675 | 20,412 | 21,342 | 22,618 | 24,725 | 31,264 |
| 12 | 12,584   | 14,011 | 15,812 | 18,549 | 21,026 | 21,785 | 22,742 | 24,054 | 26,217 | 32,909 |
| 13 | 13,636   | 15,119 | 16,985 | 19,812 | 22,362 | 23,142 | 24,125 | 25,471 | 27,688 | 34,527 |
| 14 | 14,685   | 16,222 | 18,151 | 21,064 | 23,685 | 24,485 | 25,493 | 26,873 | 29,141 | 36,124 |
| 15 | 15,733   | 17,322 | 19,311 | 22,307 | 24,996 | 25,816 | 26,848 | 28,259 | 30,578 | 37,698 |
| 16 | 16,780   | 18,418 | 20,465 | 23,542 | 26,296 | 27,136 | 28,191 | 29,633 | 32,000 | 39,252 |
| 17 | 17,824   | 19,511 | 21,615 | 24,769 | 27,587 | 28,445 | 29,523 | 30,995 | 33,409 | 40,791 |
| 18 | 18,868   | 20,601 | 22,760 | 25,989 | 28,869 | 29,745 | 30,845 | 32,346 | 34,805 | 42,312 |
| 19 | 19,910   | 21,689 | 23,900 | 27,204 | 30,144 | 31,037 | 32,158 | 33,687 | 36,191 | 43,819 |
| 20 | 20,951   | 22,775 | 25,038 | 28,412 | 31,410 | 32,321 | 33,462 | 35,020 | 37,566 | 45,314 |
| 21 | 21,992   | 23,858 | 26,171 | 29,615 | 32,671 | 33,597 | 34,759 | 36,343 | 38,932 | 46,796 |
| 22 | 23,031   | 24,939 | 27,301 | 30,813 | 33,924 | 34,867 | 36,049 | 37,659 | 40,289 | 48,268 |
| 23 | 24,069   | 26,018 | 28,429 | 32,007 | 35,172 | 36,131 | 37,332 | 38,968 | 41,638 | 49,728 |
| 24 | 25,106   | 27,096 | 29,553 | 33,196 | 36,415 | 37,389 | 38,609 | 40,270 | 42,980 | 51,179 |
| 25 | 26,143   | 28,172 | 30,675 | 34,382 | 37,652 | 38,642 | 39,880 | 41,566 | 44,314 | 52,619 |
| 26 | 27,179   | 29,246 | 31,795 | 35,563 | 38,885 | 39,889 | 41,146 | 42,856 | 45,642 | 54,051 |
| 27 | 28,214   | 30,319 | 32,912 | 36,741 | 40,113 | 41,132 | 42,407 | 44,140 | 46,963 | 55,475 |
| 28 | 29,249   | 31,391 | 34,027 | 37,916 | 41,337 | 42,370 | 43,662 | 45,419 | 48,278 | 56,892 |
| 29 | 30,283   | 32,461 | 35,139 | 39,087 | 42,557 | 43,604 | 44,913 | 46,693 | 49,588 | 58,301 |
| 30 | 31,316   | 33,530 | 36,250 | 40,256 | 43,773 | 44,834 | 46,160 | 47,962 | 50,892 | 59,702 |

Значения квантилей  $\chi^2$ -распределения (случайной величины  $U = \chi^2$ )

$$P_c(\chi^2 > u) = \begin{cases} 1 & \text{при } u \leq 0, \\ 1 - \frac{1}{2^{\frac{c}{2}} \cdot \Gamma\left(\frac{c}{2}\right)} \int_0^u e^{-\frac{u}{2}} u^{\frac{c}{2}-1} du & \text{при } u > 0 \end{cases}$$

в зависимости от вероятности  $P_c(\chi^2 > u)$  и числа степеней свободы  $c$ 

| c  | $P_c(\chi^2 > u)$ |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|    | 0,001             | 0,01   | 0,02   | 0,03   | 0,04   | 0,05   | 0,10   | 0,20   | 0,30   | 0,40   |
| 1  | 10,827            | 6,635  | 5,412  | 4,709  | 4,218  | 3,841  | 2,706  | 1,642  | 1,074  | 0,708  |
| 2  | 13,815            | 9,210  | 7,824  | 7,013  | 6,438  | 5,991  | 4,605  | 3,219  | 2,408  | 1,833  |
| 3  | 16,266            | 11,345 | 9,837  | 8,947  | 8,311  | 7,815  | 6,251  | 4,642  | 3,665  | 2,946  |
| 4  | 18,466            | 13,277 | 11,668 | 10,712 | 10,026 | 9,488  | 7,779  | 5,989  | 4,878  | 4,045  |
| 5  | 20,515            | 15,086 | 13,388 | 12,375 | 11,644 | 11,070 | 9,236  | 7,289  | 6,064  | 5,132  |
| 6  | 22,457            | 16,812 | 15,033 | 13,968 | 13,198 | 12,592 | 10,645 | 8,558  | 7,231  | 6,211  |
| 7  | 24,321            | 18,475 | 16,622 | 15,509 | 14,703 | 14,067 | 12,017 | 9,803  | 8,383  | 7,283  |
| 8  | 26,124            | 20,090 | 18,168 | 17,011 | 16,171 | 15,507 | 13,362 | 11,030 | 9,524  | 8,351  |
| 9  | 27,877            | 21,666 | 19,679 | 18,480 | 17,608 | 16,919 | 14,684 | 12,242 | 10,656 | 9,414  |
| 10 | 29,588            | 23,209 | 21,161 | 19,922 | 19,021 | 18,307 | 15,987 | 13,442 | 11,781 | 10,473 |
| 11 | 31,264            | 24,725 | 22,618 | 21,342 | 20,412 | 19,675 | 17,275 | 14,631 | 12,899 | 11,530 |
| 12 | 32,909            | 26,217 | 24,054 | 22,742 | 21,785 | 21,026 | 18,549 | 15,812 | 14,011 | 12,584 |
| 13 | 34,527            | 27,688 | 25,471 | 24,125 | 23,142 | 22,362 | 19,812 | 16,985 | 15,119 | 13,636 |
| 14 | 36,124            | 29,141 | 26,873 | 25,493 | 24,485 | 23,685 | 21,064 | 18,151 | 16,222 | 14,685 |
| 15 | 37,698            | 30,578 | 28,259 | 26,848 | 25,816 | 24,996 | 22,307 | 19,311 | 17,322 | 15,733 |
| 16 | 39,252            | 32,000 | 29,633 | 28,191 | 27,136 | 26,296 | 23,542 | 20,465 | 18,418 | 16,780 |
| 17 | 40,791            | 33,409 | 30,995 | 29,523 | 28,445 | 27,587 | 24,769 | 21,615 | 19,511 | 17,824 |
| 18 | 42,312            | 34,805 | 32,346 | 30,845 | 29,745 | 28,869 | 25,989 | 22,760 | 20,601 | 18,868 |
| 19 | 43,819            | 36,191 | 33,687 | 32,158 | 31,037 | 30,144 | 27,204 | 23,900 | 21,689 | 19,910 |
| 20 | 45,314            | 37,566 | 35,020 | 33,462 | 32,321 | 31,410 | 28,412 | 25,038 | 22,775 | 20,951 |
| 21 | 46,796            | 38,932 | 36,343 | 34,759 | 33,597 | 32,671 | 29,615 | 26,171 | 23,858 | 21,992 |
| 22 | 48,268            | 40,289 | 37,659 | 36,049 | 34,867 | 33,924 | 30,813 | 27,301 | 24,939 | 23,031 |
| 23 | 49,728            | 41,638 | 38,968 | 37,332 | 36,131 | 35,172 | 32,007 | 28,429 | 26,018 | 24,069 |
| 24 | 51,179            | 42,980 | 40,270 | 38,609 | 37,389 | 36,415 | 33,196 | 29,553 | 27,096 | 25,106 |
| 25 | 52,619            | 44,314 | 41,566 | 39,880 | 38,642 | 37,652 | 34,382 | 30,675 | 28,172 | 26,143 |
| 26 | 54,051            | 45,642 | 42,856 | 41,146 | 39,889 | 38,885 | 35,563 | 31,795 | 29,246 | 27,179 |
| 27 | 55,475            | 46,963 | 44,140 | 42,407 | 41,132 | 40,113 | 36,741 | 32,912 | 30,319 | 28,214 |
| 28 | 56,892            | 48,278 | 45,419 | 43,662 | 42,370 | 41,337 | 37,916 | 34,027 | 31,391 | 29,249 |
| 29 | 58,301            | 49,588 | 46,693 | 44,913 | 43,604 | 42,557 | 39,087 | 35,139 | 32,461 | 30,283 |
| 30 | 59,702            | 50,892 | 47,962 | 46,160 | 44,834 | 43,773 | 40,256 | 36,250 | 33,530 | 31,316 |

| c  | $P_c(\chi^2 > u)$ |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|    | 0,50              | 0,60   | 0,70   | 0,80   | 0,90   | 0,95   | 0,96   | 0,97   | 0,98   | 0,99   |
| 1  | 0,455             | 0,275  | 0,148  | 0,064  | 0,016  | 0,004  | 0,003  | 0,001  | 0,001  | 0,000  |
| 2  | 1,386             | 1,022  | 0,713  | 0,446  | 0,211  | 0,103  | 0,082  | 0,061  | 0,040  | 0,020  |
| 3  | 2,366             | 1,869  | 1,424  | 1,005  | 0,584  | 0,352  | 0,300  | 0,245  | 0,185  | 0,115  |
| 4  | 3,357             | 2,753  | 2,195  | 1,649  | 1,064  | 0,711  | 0,627  | 0,535  | 0,429  | 0,297  |
| 5  | 4,351             | 3,656  | 3,000  | 2,343  | 1,610  | 1,145  | 1,031  | 0,903  | 0,752  | 0,554  |
| 6  | 5,348             | 4,570  | 3,828  | 3,070  | 2,204  | 1,635  | 1,492  | 1,330  | 1,134  | 0,872  |
| 7  | 6,346             | 5,493  | 4,671  | 3,822  | 2,833  | 2,167  | 1,997  | 1,802  | 1,564  | 1,239  |
| 8  | 7,344             | 6,423  | 5,527  | 4,594  | 3,490  | 2,733  | 2,537  | 2,310  | 2,032  | 1,647  |
| 9  | 8,343             | 7,357  | 6,393  | 5,380  | 4,168  | 3,325  | 3,105  | 2,848  | 2,532  | 2,088  |
| 10 | 9,342             | 8,295  | 7,267  | 6,179  | 4,865  | 3,940  | 3,697  | 3,412  | 3,059  | 2,558  |
| 11 | 10,341            | 9,237  | 8,148  | 6,989  | 5,578  | 4,575  | 4,309  | 3,997  | 3,609  | 3,053  |
| 12 | 11,340            | 10,182 | 9,034  | 7,807  | 6,304  | 5,226  | 4,939  | 4,601  | 4,178  | 3,571  |
| 13 | 12,340            | 11,129 | 9,926  | 8,634  | 7,041  | 5,892  | 5,584  | 5,221  | 4,765  | 4,107  |
| 14 | 13,339            | 12,078 | 10,821 | 9,467  | 7,790  | 6,571  | 6,243  | 5,856  | 5,368  | 4,660  |
| 15 | 14,339            | 13,030 | 11,721 | 10,307 | 8,547  | 7,261  | 6,914  | 6,503  | 5,985  | 5,229  |
| 16 | 15,338            | 13,983 | 12,624 | 11,152 | 9,312  | 7,962  | 7,596  | 7,163  | 6,614  | 5,812  |
| 17 | 16,338            | 14,937 | 13,531 | 12,002 | 10,085 | 8,672  | 8,288  | 7,832  | 7,255  | 6,408  |
| 18 | 17,338            | 15,893 | 14,440 | 12,857 | 10,865 | 9,390  | 8,989  | 8,512  | 7,906  | 7,015  |
| 19 | 18,338            | 16,850 | 15,352 | 13,716 | 11,651 | 10,117 | 9,698  | 9,200  | 8,567  | 7,633  |
| 20 | 19,337            | 17,809 | 16,266 | 14,578 | 12,443 | 10,851 | 10,415 | 9,897  | 9,237  | 8,260  |
| 21 | 20,337            | 18,768 | 17,182 | 15,445 | 13,240 | 11,591 | 11,140 | 10,601 | 9,915  | 8,897  |
| 22 | 21,337            | 19,729 | 18,101 | 16,314 | 14,041 | 12,338 | 11,870 | 11,313 | 10,600 | 9,542  |
| 23 | 22,337            | 20,690 | 19,021 | 17,187 | 14,848 | 13,091 | 12,607 | 12,030 | 11,293 | 10,196 |
| 24 | 23,337            | 21,652 | 19,943 | 18,062 | 15,659 | 13,848 | 13,350 | 12,754 | 11,992 | 10,856 |
| 25 | 24,337            | 22,616 | 20,867 | 18,940 | 16,473 | 14,611 | 14,098 | 13,484 | 12,697 | 11,524 |
| 26 | 25,336            | 23,579 | 21,792 | 19,820 | 17,292 | 15,379 | 14,851 | 14,219 | 13,409 | 12,198 |
| 27 | 26,336            | 24,544 | 22,719 | 20,703 | 18,114 | 16,151 | 15,609 | 14,959 | 14,125 | 12,878 |
| 28 | 27,336            | 25,509 | 23,647 | 21,588 | 18,939 | 16,928 | 16,371 | 15,704 | 14,847 | 13,565 |
| 29 | 28,336            | 26,475 | 24,577 | 22,475 | 19,768 | 17,708 | 17,138 | 16,454 | 15,574 | 14,256 |
| 30 | 29,336            | 27,442 | 25,508 | 23,364 | 20,599 | 18,493 | 17,908 | 17,208 | 16,306 | 14,953 |

Таблица П.9

Значения квантилей  $u_\beta$  распределения Стьюдента  $f_r(u) = \frac{\Gamma\left(\frac{c+1}{2}\right)}{\sqrt{\pi c} \cdot \Gamma\left(\frac{c}{2}\right)} \left(1 + \frac{u^2}{c}\right)^{-\frac{c+1}{2}}$

в зависимости от вероятности  $\beta$  попадания в интервал  $(-u_\beta; u_\beta)$

и числа степеней свободы  $c$

| $c$      | $\beta$ |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | 0,10    | 0,20  | 0,30  | 0,40  | 0,50  | 0,60  | 0,70  | 0,80  | 0,90  |
| 1        | 0,158   | 0,325 | 0,510 | 0,727 | 1,000 | 1,376 | 1,963 | 3,078 | 6,314 |
| 2        | 0,142   | 0,289 | 0,445 | 0,617 | 0,816 | 1,061 | 1,386 | 1,886 | 2,920 |
| 3        | 0,137   | 0,277 | 0,424 | 0,584 | 0,765 | 0,978 | 1,250 | 1,638 | 2,353 |
| 4        | 0,134   | 0,271 | 0,414 | 0,569 | 0,741 | 0,941 | 1,190 | 1,533 | 2,132 |
| 5        | 0,132   | 0,267 | 0,408 | 0,559 | 0,727 | 0,920 | 1,156 | 1,476 | 2,015 |
| 6        | 0,131   | 0,265 | 0,404 | 0,553 | 0,718 | 0,906 | 1,134 | 1,440 | 1,943 |
| 7        | 0,130   | 0,263 | 0,402 | 0,549 | 0,711 | 0,896 | 1,119 | 1,415 | 1,895 |
| 8        | 0,130   | 0,262 | 0,399 | 0,546 | 0,706 | 0,889 | 1,108 | 1,397 | 1,860 |
| 9        | 0,129   | 0,261 | 0,398 | 0,543 | 0,703 | 0,883 | 1,100 | 1,383 | 1,833 |
| 10       | 0,129   | 0,260 | 0,397 | 0,542 | 0,700 | 0,879 | 1,093 | 1,372 | 1,812 |
| 11       | 0,129   | 0,260 | 0,396 | 0,540 | 0,697 | 0,876 | 1,088 | 1,363 | 1,796 |
| 12       | 0,128   | 0,259 | 0,395 | 0,539 | 0,695 | 0,873 | 1,083 | 1,356 | 1,782 |
| 13       | 0,128   | 0,259 | 0,394 | 0,538 | 0,694 | 0,870 | 1,079 | 1,350 | 1,771 |
| 14       | 0,128   | 0,258 | 0,393 | 0,537 | 0,692 | 0,868 | 1,076 | 1,345 | 1,761 |
| 15       | 0,128   | 0,258 | 0,393 | 0,536 | 0,691 | 0,866 | 1,074 | 1,341 | 1,753 |
| 16       | 0,128   | 0,258 | 0,392 | 0,535 | 0,690 | 0,865 | 1,071 | 1,337 | 1,746 |
| 17       | 0,128   | 0,257 | 0,392 | 0,534 | 0,689 | 0,863 | 1,069 | 1,333 | 1,740 |
| 18       | 0,127   | 0,257 | 0,392 | 0,534 | 0,688 | 0,862 | 1,067 | 1,330 | 1,734 |
| 19       | 0,127   | 0,257 | 0,391 | 0,533 | 0,688 | 0,861 | 1,066 | 1,328 | 1,729 |
| 20       | 0,127   | 0,257 | 0,391 | 0,533 | 0,687 | 0,860 | 1,064 | 1,325 | 1,725 |
| 21       | 0,127   | 0,257 | 0,391 | 0,532 | 0,686 | 0,859 | 1,063 | 1,323 | 1,721 |
| 22       | 0,127   | 0,256 | 0,390 | 0,532 | 0,686 | 0,858 | 1,061 | 1,321 | 1,717 |
| 23       | 0,127   | 0,256 | 0,390 | 0,532 | 0,685 | 0,858 | 1,060 | 1,319 | 1,714 |
| 24       | 0,127   | 0,256 | 0,390 | 0,531 | 0,685 | 0,857 | 1,059 | 1,318 | 1,711 |
| 25       | 0,127   | 0,256 | 0,390 | 0,531 | 0,684 | 0,856 | 1,058 | 1,316 | 1,708 |
| 26       | 0,127   | 0,256 | 0,390 | 0,531 | 0,684 | 0,856 | 1,058 | 1,315 | 1,706 |
| 27       | 0,127   | 0,256 | 0,389 | 0,531 | 0,684 | 0,855 | 1,057 | 1,314 | 1,703 |
| 28       | 0,127   | 0,256 | 0,389 | 0,530 | 0,683 | 0,855 | 1,056 | 1,313 | 1,701 |
| 29       | 0,127   | 0,256 | 0,389 | 0,530 | 0,683 | 0,854 | 1,055 | 1,311 | 1,699 |
| 30       | 0,127   | 0,256 | 0,389 | 0,530 | 0,683 | 0,854 | 1,055 | 1,310 | 1,697 |
| 40       | 0,126   | 0,255 | 0,388 | 0,529 | 0,681 | 0,851 | 1,050 | 1,303 | 1,684 |
| 60       | 0,126   | 0,254 | 0,387 | 0,527 | 0,679 | 0,848 | 1,046 | 1,296 | 1,671 |
| 120      | 0,126   | 0,254 | 0,386 | 0,526 | 0,677 | 0,845 | 1,041 | 1,289 | 1,658 |
| $\infty$ | 0,126   | 0,253 | 0,385 | 0,524 | 0,674 | 0,842 | 1,036 | 1,282 | 1,645 |

| c        | $\beta$ |       |       |        |        |        |        |        |        |
|----------|---------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|          | 0,91    | 0,92  | 0,93  | 0,94   | 0,95   | 0,96   | 0,97   | 0,98   | 0,99   |
| 1        | 7,026   | 7,916 | 9,058 | 10,579 | 12,706 | 15,894 | 21,205 | 31,821 | 63,656 |
| 2        | 3,104   | 3,320 | 3,578 | 3,896  | 4,303  | 4,849  | 5,643  | 6,965  | 9,925  |
| 3        | 2,471   | 2,605 | 2,763 | 2,951  | 3,182  | 3,482  | 3,896  | 4,541  | 5,841  |
| 4        | 2,226   | 2,333 | 2,456 | 2,601  | 2,776  | 2,999  | 3,298  | 3,747  | 4,604  |
| 5        | 2,098   | 2,191 | 2,297 | 2,422  | 2,571  | 2,757  | 3,003  | 3,365  | 4,032  |
| 6        | 2,019   | 2,104 | 2,201 | 2,313  | 2,447  | 2,612  | 2,829  | 3,143  | 3,707  |
| 7        | 1,966   | 2,046 | 2,136 | 2,241  | 2,365  | 2,517  | 2,715  | 2,998  | 3,499  |
| 8        | 1,928   | 2,004 | 2,090 | 2,189  | 2,306  | 2,449  | 2,634  | 2,896  | 3,355  |
| 9        | 1,899   | 1,973 | 2,055 | 2,150  | 2,262  | 2,398  | 2,574  | 2,821  | 3,250  |
| 10       | 1,877   | 1,948 | 2,028 | 2,120  | 2,228  | 2,359  | 2,527  | 2,764  | 3,169  |
| 11       | 1,859   | 1,928 | 2,007 | 2,096  | 2,201  | 2,328  | 2,491  | 2,718  | 3,106  |
| 12       | 1,844   | 1,912 | 1,989 | 2,076  | 2,179  | 2,303  | 2,461  | 2,681  | 3,055  |
| 13       | 1,832   | 1,899 | 1,974 | 2,060  | 2,160  | 2,282  | 2,436  | 2,650  | 3,012  |
| 14       | 1,821   | 1,887 | 1,962 | 2,046  | 2,145  | 2,264  | 2,415  | 2,624  | 2,977  |
| 15       | 1,812   | 1,878 | 1,951 | 2,034  | 2,131  | 2,249  | 2,397  | 2,602  | 2,947  |
| 16       | 1,805   | 1,869 | 1,942 | 2,024  | 2,120  | 2,235  | 2,382  | 2,583  | 2,921  |
| 17       | 1,798   | 1,862 | 1,934 | 2,015  | 2,110  | 2,224  | 2,368  | 2,567  | 2,898  |
| 18       | 1,792   | 1,855 | 1,926 | 2,007  | 2,101  | 2,214  | 2,356  | 2,552  | 2,878  |
| 19       | 1,786   | 1,850 | 1,920 | 2,000  | 2,093  | 2,205  | 2,346  | 2,539  | 2,861  |
| 20       | 1,782   | 1,844 | 1,914 | 1,994  | 2,086  | 2,197  | 2,336  | 2,528  | 2,845  |
| 21       | 1,777   | 1,840 | 1,909 | 1,988  | 2,080  | 2,189  | 2,328  | 2,518  | 2,831  |
| 22       | 1,773   | 1,835 | 1,905 | 1,983  | 2,074  | 2,183  | 2,320  | 2,508  | 2,819  |
| 23       | 1,770   | 1,832 | 1,900 | 1,978  | 2,069  | 2,177  | 2,313  | 2,500  | 2,807  |
| 24       | 1,767   | 1,828 | 1,896 | 1,974  | 2,064  | 2,172  | 2,307  | 2,492  | 2,797  |
| 25       | 1,764   | 1,825 | 1,893 | 1,970  | 2,060  | 2,167  | 2,301  | 2,485  | 2,787  |
| 26       | 1,761   | 1,822 | 1,890 | 1,967  | 2,056  | 2,162  | 2,296  | 2,479  | 2,779  |
| 27       | 1,758   | 1,819 | 1,887 | 1,963  | 2,052  | 2,158  | 2,291  | 2,473  | 2,771  |
| 28       | 1,756   | 1,817 | 1,884 | 1,960  | 2,048  | 2,154  | 2,286  | 2,467  | 2,763  |
| 29       | 1,754   | 1,814 | 1,881 | 1,957  | 2,045  | 2,150  | 2,282  | 2,462  | 2,756  |
| 30       | 1,752   | 1,812 | 1,879 | 1,955  | 2,042  | 2,147  | 2,278  | 2,457  | 2,750  |
| 40       | 1,737   | 1,796 | 1,862 | 1,936  | 2,021  | 2,123  | 2,250  | 2,423  | 2,704  |
| 60       | 1,723   | 1,781 | 1,845 | 1,917  | 2,000  | 2,099  | 2,223  | 2,390  | 2,660  |
| 120      | 1,709   | 1,766 | 1,828 | 1,899  | 1,980  | 2,076  | 2,196  | 2,358  | 2,617  |
| $\infty$ | 1,695   | 1,751 | 1,812 | 1,881  | 1,960  | 2,054  | 2,170  | 2,326  | 2,576  |