

Министерство образования и науки Республики Казахстан

ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Д.СЕРИКБАЕВА

Муздыбаев М.С., Семёнов С.В.

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ НАДЕЖНОСТИ
ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Конспект лекций для студентов специальности
6В07107 «Транспорт, транспортная техника и технологии»

Лекция № 1

Усть-Каменогорск
2021

УДК 621.879.31:625.08:629.113-192:519.863

ББК 30.2

М11

Муздыбаев М.С., Семёнов С.В. Надежность транспортной техники: Конспект лекций для студентов специальности 6В07107 «Транспорт, транспортная техника и технологии». – Усть-Каменогорск, ВКТУ, 2021. – 174 с.

Конспект лекций разработан в школе машиностроения Восточно-Казахстанского технического университета на основании Государственного общеобязательного стандарта образования Республики Казахстан ГОСО РК 3.08.341-2006 для специальности 6В07107 «Транспорт, транспортная техника и технологии».

Введение

Проблемы качества технических систем включают широкий круг вопросов, в том числе связанных с обеспечением и нормированием их надежности. Их изучению посвящена теория надежности. Она является специальным разделом теории вероятностей и математической статистики.

Предмет теории надежности как общетехнической дисциплины составляет общая методология обеспечения, нормирования, контроля и управления надежностью технических систем на различных стадиях их жизненного цикла. Применительно к машиностроению и смежным с ним областям допустимо говорить о теории надежности машин.

Обеспечение надежности технических систем (машин) имеет большое значение. Рассматриваемое свойство играет определяющую роль при определении эффективности технических объектов, в т.ч. объектов общегосударственного значения (в промышленности, энергетике, строительстве, связи и др.), а также применительно к безопасности уникальных объектов и сооружений, отказы которых могут привести к большому экономическому ущербу либо могут угрожать жизни и здоровью населения, окружающей среде.

В связи с этим меры организационного, технического, эксплуатационного и экономического характера, направленные на обеспечение надежности технических систем стандартизированы на государственном и международном уровне. Стандартизация в области надежности должна носить комплексный характер с учетом международной интеграции и гармонизации национальных стандартов, быть взаимосвязанной со стандартизацией в смежных областях (безопасности, живучести, технической диагностике, статистических и других методов контроля качества продукции и др.). В основе стандартизации в области надежности лежит система научных знаний по математической теории надежности технических систем и теории восстановления их работоспособности.

1 Основы теории надежности технических систем

Разработкой и развитием комплекса нормативных документов в области надежности занимаются международные организации по стандартизации – International Electrotechnical Commission / IEC (Международная электротехническая комиссия / МЭК), International Standardizing Organization / ISO (Международная организация по стандартизации / ИСО). Международная стандартизация понятий, терминов и определений при решении задач в области надежности осуществляется в рамках технического комитета ТК56 «Dependability» («Надежность»), образованного в 1965 г. при Международной электротехнической комиссии. Указанное наименование комитет ТК56 получил в 1989 г. в связи с переориентацией деятельности с 1990 г. на общетехнические стандарты по надежности, распространяющиеся на все виды техники, подпадающие под сферу действия комитетов МЭК и ИСО. В 1995 г. комитету ТК56 был официально придан статус «горизонтального» комитета, работающего на «вертикальные» видовые комитеты МЭК и ИСО. В состав комитета входит управление комитетом (председатель, секретарь, секретариат, группа консультантов по стратегии, юридическая группа и группа «Качество, надежность, статистика» для координации работ с другими комитетами ИСО) и 10 рабочих групп. Структура технического комитета МЭК/ТК56 представлена на рисунке 1.

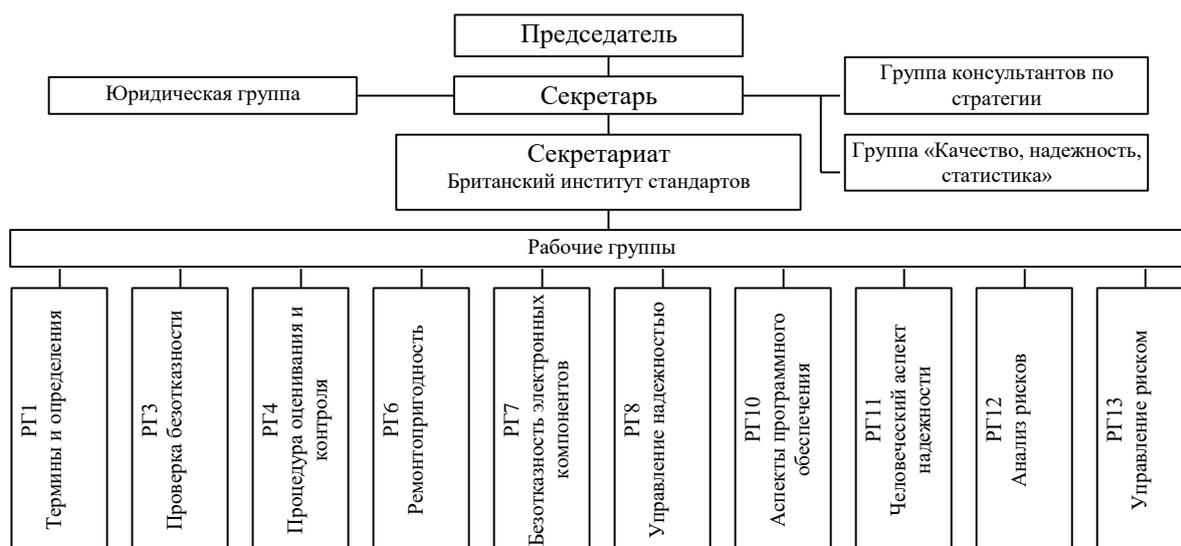


Рисунок 1 – Структура технического комитета МЭК/ТК56

Принципы и структура отечественных стандартов в области надежности разрабатывались в 1986-1988 гг. Институтом машиноведения Академии наук СССР и Экспертным советом по стандартизации при Межотраслевом научно-техническом комплексе «Надежность машин».

Система стандартов «Надежность в технике» предназначена для нормативного обеспечения методов, мероприятий и средств, направленных на достижение уровня надежности объектов [5]. Стандарты системы «Надежность в технике» должны обеспечивать эффективность организационных, конструкторских, технологических и эксплуатационных мероприятий, направленных на достижение оптимального уровня надежности объектов, а также объективность и сопоставимость результатов контроля и испытаний на надежность.

В [5] приведено деление объектов стандартизации на пять основных групп, в соответствие с которыми были намечены основные направления работ по стандартизации в области надежности технических объектов. Состав указанных групп объектов стандартизации приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Состав объектов стандартизации в системе стандартов «Надежность в технике»

Шифр и наименование группы стандартов	Объект стандартизации
1	2
0 Общие вопросы	0.1 Основные принципы стандартизации в области надежности
	0.2 Основные понятия. Термины и определения
	0.3 Общие правила и методы установления требований по надежности
	0.4 Классификация отказов и предельных состояний
1 Организация работ по обеспечению надежности	1.1 Общий порядок обеспечения надежности на стадиях жизненного цикла, организационные структуры
	1.2 Программы обеспечения надежности, планирование работ
	1.3 Управление применением комплектующих изделий (надежностные аспекты)
	1.4 Информационное обеспечение надежности
	1.5 Экспертиза проектов

Продолжение таблицы 1

1	2
2 Способы обеспечения	2.1 Общие требования и рекомендации по конструктивным и технологическим способам обеспечения надежности
	2.2 Экспериментальная отработка на надежность, моделирование роста надежности
	2.3 Ориентированные на обеспечение надежности способы контроля качества и отбраковка потенциально ненадежных объектов
	2.4 Назначение и продление срока службы, срока хранения и ресурса
	2.5 Обеспечение (поддержание) надежности в эксплуатации
3 Анализ и расчет надежности	3.1 Порядок и общие требования к методам анализа и расчета надежности
	3.2 Методы расчета показателей надежности
	3.3 Методы расчета надежности с учетом качества программных средств (надежности программного обеспечения)
	3.4 Методы расчета надежности с учетом «человеческого фактора»
	3.5 Анализ возможных видов, последствий и критичности отказов
4 Испытания, контроль, оценка надежности	4.1 Порядок оценки и контроль надежность
	4.2 Правила проведения и общие требования к методам испытаний
	4.3 Выбор условий и режимов испытаний
	4.4 Предварительная обработка статистических данных о надежности (проверка однородности, сравнение, выявление тренда, проверка вида распределения)
	4.5 Оценка показателей надежности по экспериментальным данным
	4.6 Планы контрольных испытаний на надежность
	4.7 Оценка показателей надежности объектов по данным о надежности их составных частей
	4.8 Методы сокращения объемов испытаний, форсирование режимов, использование дополнительной информации, контроль и оценка надежности по состоянию технологического процесса и др.

В настоящее время систему общетехнических стандартов «Надежность в технике» (стандарты группы 27 со статусом межгосударственных стандартов СНГ) продолжает вести Технический комитет по стандартизации в области надежности (ТК119 «Надежность в технике»), созданный в 1990 г. при Госстандарте Российской Федера-

ции. Концепция и основные направления работ по стандартизации методов надежности представлена на рисунке 2.

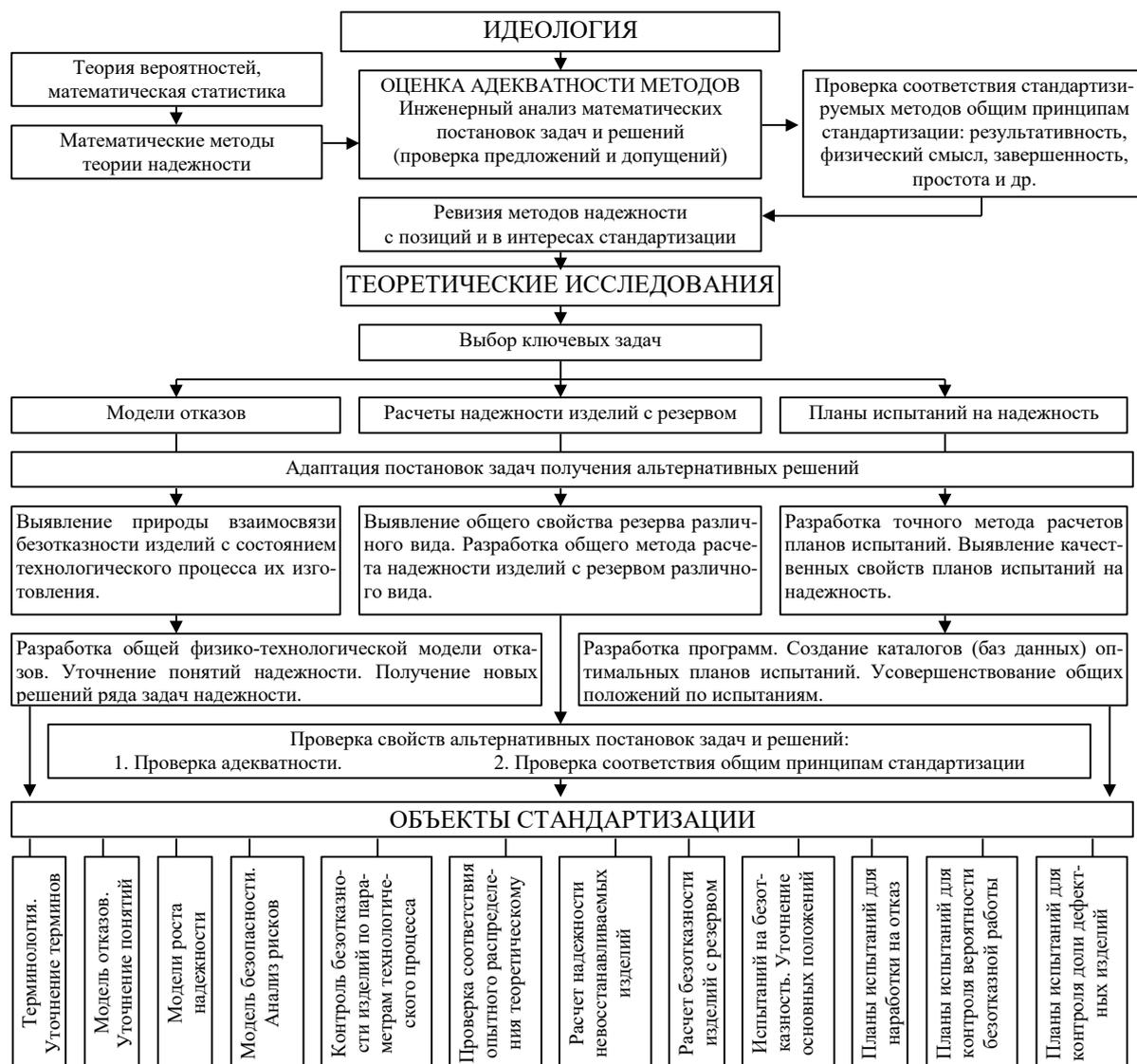


Рисунок 2 – Концепция и основные направления работ технического комитета ТК119 по стандартизации методов надежности

Работы по стандартизации в указанной области опираются на фундаментальные и прикладные научные исследования, выполненные ведущими учеными и коллективами научно-исследовательских институтов, а также на опыт по обеспечению надежности машин, накопленный в машиностроительной и смежных отраслях.

В связи с необходимостью гармонизации нормативных документов в области качества и надежности с современными международными стандартами техническим комитетом ТК119 при Госстандарте

Российской Федерации было предложено ввести три уровня стандартов «Надежность в технике».

Первый уровень представляют общетехнические стандарты, положения которых гармонизированы с международными документами и распространяются на технику в целом. Второй уровень образуют стандарты на укрупненные группы однородной продукции. Третий уровень объединяет стандарты на группы однородной продукции и изделия конкретного вида.

Предлагаемая ТК119 структура межгосударственных общетехнических стандартов в области надежности (стандартов первого уровня) [7] представлена в таблице 2. Условно выделено пять направлений работ, включающих общие и организационные вопросы надежности объектов, физические, технические, технологические аспекты обеспечения их надежности, расчеты, испытания, оценка, контроль надежности изделий по экспериментальным данным, а также с учетом априорных статистических данных.

Таблица 2 – Направления работ по развитию общетехнических стандартов «Надежность в технике»

Направления надежности	Аспекты стандартизации
1	2
1 Общие вопросы	1.1 Системообразующий стандарт (концепция стандартизации в области надежности)
	1.2 Основные понятия. Термины и определения
	1.3 Общие правила классификации отказов и предельных состояний
	1.4 Состав и общие правила задания требований по надежности
	1.5 Экономические аспекты надежности (оценка стоимости жизненного цикла)
2 Организационные вопросы обеспечения надежности	2.1 Основные положения по организационному обеспечению надежности (системы и службы надежности, задачи, организация работ)
	2.2 Программы обеспечения надежности (в т.ч. комплексной экспериментальной отработки, обеспечения ремонтпригодности др.)
	2.3 Сбор, обработка и реализация информации о надежности

Продолжение таблицы 2

1	2
3 Физические, технические, технологические аспекты обеспечения надежности	3.1 Методы контроля надежности изделий по параметрам технологического процесса их изготовления
	3.2 Приработка изделий, технологическая тренировка, отработка потенциально ненадежных экземпляров
	3.3 Модели отработки изделий на надежность
	3.4 Прогнозирование и оценка остаточного ресурса изделий
	3.5 Контроль правильности применения комплектующих изделий
	3.6 Физические основы форсированных испытаний на надежность. Общие положения
4 Расчеты	4.1 Расчеты надежности. Общие требования
	4.2 Расчеты безотказности и долговечности невосстанавливаемых изделий
	4.3 Расчет безотказности восстанавливаемых изделий
	4.4 Расчет ремонтпригодности изделий
	4.5 Расчет долговечности восстанавливаемых изделий (включая обоснование назначенных показателей долговечности)
	4.6 Расчет надежности сложных систем изделий
	4.7 Расчет комплектов ЗИП
	4.8 Расчет параметров технического обслуживания и ремонта
	4.9 Расчет надежности программного обеспечения
	4.10 Анализ возможных причин и последствий отказов при проектировании
5 Испытания, оценка, контроль	5.1 Испытания на надежность. Общие требования
	5.2 Предварительная обработка статистических данных, характеризующих надежность изделий
	5.3 Оценка параметров распределения случайных величин, характеризующих надежность изделий
	5.4 Оценка показателей надежности по экспериментальным данным
	5.5 Методы и планы испытаний для контроля средней наработки на отказ
	5.6 Методы и планы испытаний для контроля вероятности безотказной работы
	5.7 Методы и планы испытаний для контроля коэффициента готовности
	5.8 Методы испытаний ремонтпригодности
	5.9 Ускоренные испытания на надежность. Основные положения
	5.10 Оценка и контроль надежности с учетом априорных статистических данных

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 191. Reliability, Maintainability and Quality of Service (draft). Geneva: International Electrotechnical Commission, 1987. 75 p. // МЭК 60050-191 Международный электротехнический словарь. Глава 191. Надежность и качество услуг
- 2 СТ РК ИСО 9000:2001 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
- 3 СТ РК ИСО 9001:2001 Системы менеджмента качества. Требования.
- 4 МЭК 60300-1 Управление общей надежностью. Часть 1: Управление программой общей надежности.
- 5 ГОСТ 27.001-95 Система стандартов «Надежность в технике». Основные положения.
- 6 ГОСТ 27.002-89 Надежность в технике. Общие понятия. Термины и определения.
- 7 Машиностроение. Энциклопедия. Т. VI-3 Надежность машин. / В.В. Ключев, В.В. Болотин, Ф.Р. Соснин и др.; Под общ. ред. В.В. Ключева. - М.: Машиностроение, 2003. - 592 с.
- 8 СТ РК ГОСТ Р 50779.10-2003 (ИСО 3534.1-93) Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения.
- 9 ГОСТ 15467-79 Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения.
- 10 ГОСТ 18322-78 Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения.
- 11 Надежность и эффективность в технике. Справочник в 10 т. / Ред. совет: В.С. Авдусевский (пред.) и др. Т. 2. Математические методы в теории надежности и эффективности / Под ред. Б.В. Гнеденко. - М.: Машиностроение, 1987. - 280 с.
- 12 Шейнин А.М. Основные принципы управления надежностью машин в эксплуатации. - М.: Знание, 1977. - Ч.1. - 68 с., Ч.2. - 43 с.
- 13 Проников А.С. Надежность машин. - М.: Машиностроение, 1978. - 591 с.
- 14 Словарь-справочник по трению, износу и смазке деталей машин / В.Д. Зозуля, Е.Л. Шведков, Д.Я. Ровинский, Э.Д. Браун. Отв. ред. И.М. Федорченко. Изд. 2-е, перераб. и доп. - К.: Наукова думка, 1990. - 264 с.

- 15 Боуден Ф.П., Тейбор Д. Трение и смазка твердых тел. – М.: Машиностроение, 1968. – 543 с.
- 16 Хрущов М.М. Закономерности абразивного изнашивания // В сб.: «Износостойкость». – М.: Наука, 1975.
- 17 Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машинах. – К.: Техника, 1970. – 396 с.
- 18 Крагельский И.В. Трение и износ. – М.: Машиностроение, 1968. – 478 с.
- 19 ГОСТ 27674-88 Трение изнашивания и смазка. Термины и определения.
- 20 ГОСТ 27640-88 Материалы конструкционные и смазочные. Методы экспериментальной оценки коэффициента трения.
- 21 ГОСТ 27860-88 Детали трущихся сопряжений. Методы измерения износа.
- 22 ГОСТ 23.301-78 Обеспечение износостойкости изделий. Приборы для измерения износа методом вырезанных лунок. Технические требования.
- 23 ГОСТ 30479-97 Обеспечение износостойкости изделий. Методы установления предельного износа, обеспечивающего требуемый уровень безопасности. Общие требования.
- 24 ГОСТ 23.201-78 Обеспечение износостойкости изделий. Метод испытаний материалов и покрытий на газоабразивное изнашивание с помощью центробежного ускорителя.
- 25 ГОСТ 23.207-79 Обеспечение износостойкости изделий. Метод испытаний машиностроительных материалов на ударно-абразивное изнашивание.
- 26 ГОСТ 23.208-79 Обеспечение износостойкости изделий. Метод испытаний материалов на износостойкость при трении о жестко закрепленные абразивные частицы.
- 27 ГОСТ 23.211-80 Обеспечение износостойкости изделий. Метод испытаний материалов на изнашивание при фретинге и фретинг-коррозии.
- 28 ГОСТ 23.219-84 Обеспечение износостойкости изделий. Метод испытаний материалов на износостойкость материалов и деталей при гидроэрозионном изнашивании дисперсными частицами.
- 29 ГОСТ 30480-97 Обеспечение износостойкости изделий. Методы испытания на износостойкость. Общие требования.
- 30 Кокс Д.Р., Смит В.Л. Теория восстановления. – М.: Советское радио, 1967. – 300 с.

- 31 Feller W. An introduction to probability theory and its application. 2nd ed. New York, Wiley, 1957. (Феллер У. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. – М.: Мир, 1964.)
- 32 Feller W. On the integral equation of renewal theory. Ann. Math. Statist., 1941. №12. P. 243-267.
- 33 Feller W. On probability problems in the theory of counters. Courant Anniversary Volume, 1948. P. 105-115.
- 34 Feller W. Fluctuation theory of recurrent events. Trans. Amer. Math. Soc., 1949. №67. P. 98-119.
- 35 Widder D.V. The Laplace transform. Princeton University Press, 1946.
- 36 Корн К., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. - М.: Наука, 1970. - 831с.
- 37 Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. - М.: Наука, 1965. - 524 с.
- 38 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.
- 39 РД 50-690-89. Методические указания. Надежность в технике. Методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным. - М.: Издательство стандартов.
- 40 ГОСТ 27.402-95 Надежность в технике. Планы испытаний для контроля средней наработки до отказа
- 41 ГОСТ 27.403-2001 Надежность в технике. Планы испытаний для контроля вероятности безотказной работы
- 42 ГОСТ 27.404-2001 Надежность в технике. Планы испытаний для контроля коэффициента готовности
- 43 РТМ 37.031.004-88 Надежность изделий автомобилестроения. Система сбора и обработки информации. Единый классификатор неисправностей изделий автомобилестроения
- 44 ГОСТ 27.310-95 Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения
- 45 Шор Я.Б., Кузьмин Ф.И. Таблицы для анализа и контроля надежности. - М.: Советское радио, 1968. - 288с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

Стандартное нормальное распределение

Таблица А.1 – Дифференциальная функция стандартного нормального распределения $\varphi(x)$

x	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,398942280	0,398922334	0,398862500	0,398762797	0,398623254	0,398443914	0,398224830	0,397966068	0,397667706	0,397329832
0,1	0,396952547	0,396535966	0,396080212	0,395585421	0,395051741	0,394479331	0,393868362	0,393219015	0,392531483	0,391805971
0,2	0,391042694	0,390241878	0,389403759	0,388528585	0,387616615	0,386668117	0,385683369	0,384662661	0,383606292	0,382514571
0,3	0,381387815	0,380226355	0,379030526	0,377800677	0,376537162	0,375240347	0,373910605	0,372548319	0,371153879	0,369727684
0,4	0,368270140	0,366781662	0,365262673	0,363713600	0,362134882	0,360526962	0,358890291	0,357225325	0,355532529	0,353812370
0,5	0,352065327	0,350291879	0,348492513	0,346667721	0,344818001	0,342943855	0,341045789	0,339124313	0,337179944	0,335213199
0,6	0,333224603	0,331214680	0,329183961	0,327132977	0,325062264	0,322972360	0,320863804	0,318737138	0,316592908	0,314431657
0,7	0,312253933	0,310060285	0,307851260	0,305627410	0,303389284	0,301137432	0,298872406	0,296594755	0,294305030	0,292003780
0,8	0,289691553	0,287368897	0,285036358	0,282694482	0,280343811	0,277984886	0,275618247	0,273244431	0,270863972	0,268477402
0,9	0,266085250	0,263688042	0,261286301	0,258880547	0,256471294	0,254059056	0,251644341	0,249227652	0,246809491	0,244390351
1,0	0,241970725	0,239551098	0,237131952	0,234713764	0,232297005	0,229882141	0,227469632	0,225059935	0,222653499	0,220250767
1,1	0,217852177	0,215458162	0,213069147	0,210685552	0,208307790	0,205936269	0,203571388	0,201213543	0,198863119	0,196520499
1,2	0,194186055	0,191860155	0,189543158	0,187235418	0,184937281	0,182649085	0,180371163	0,178103839	0,175847430	0,173602247
1,3	0,171368592	0,169146761	0,166937042	0,164739715	0,162555055	0,160383327	0,158224790	0,156079696	0,153948287	0,151830800
1,4	0,149727466	0,147638504	0,145564130	0,143504551	0,141459965	0,139430566	0,137416539	0,135418062	0,133435304	0,131468430
1,5	0,129517596	0,127582951	0,125664637	0,123762790	0,121877537	0,120009001	0,118157295	0,116322528	0,114504800	0,112704207
1,6	0,110920835	0,109154766	0,107406075	0,105674831	0,103961095	0,102264925	0,100586368	0,098925471	0,097282269	0,095656796
1,7	0,094049077	0,092459133	0,090886979	0,089332623	0,087796071	0,086277319	0,084776361	0,083293186	0,081827776	0,080380109
1,8	0,078950158	0,077537892	0,076143274	0,074766262	0,073406813	0,072064874	0,070740393	0,069433312	0,068143566	0,066871091
1,9	0,065615815	0,064377664	0,063156561	0,061952425	0,060765169	0,059594706	0,058440944	0,057303789	0,056183142	0,055078902
2,0	0,053990967	0,052919228	0,051863577	0,050823901	0,049800088	0,048792019	0,047799575	0,046822635	0,045861076	0,044914772

Продолжение таблицы А.1

x	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
2,1	0,043983596	0,043067418	0,042166107	0,041279530	0,040407554	0,039550042	0,038706856	0,037877859	0,037062910	0,036261869
2,2	0,035474593	0,034700939	0,033940763	0,033193921	0,032460266	0,031739652	0,031031932	0,030336959	0,029654585	0,028984661
2,3	0,028327038	0,027681567	0,027048100	0,026426485	0,025816575	0,025218220	0,024631269	0,024055574	0,023490985	0,022937354
2,4	0,022394530	0,021862367	0,021340715	0,020829427	0,020328356	0,019837354	0,019356277	0,018884977	0,018423311	0,017971133
2,5	0,017528300	0,017094670	0,016670101	0,016254450	0,015847579	0,015449347	0,015059616	0,014678249	0,014305109	0,013940061
2,6	0,013582969	0,013233702	0,012892126	0,012558111	0,012231526	0,011912244	0,011600135	0,011295075	0,010996937	0,010705598
2,7	0,010420935	0,010142827	0,009871154	0,009605797	0,009346638	0,009093563	0,008846454	0,008605201	0,008369689	0,008139809
2,8	0,007915452	0,007696508	0,007482873	0,007274439	0,007071105	0,006872767	0,006679324	0,006490676	0,006306726	0,006127377
2,9	0,005952532	0,005782099	0,005615984	0,005454095	0,005296344	0,005142641	0,004992899	0,004847033	0,004704958	0,004566590
3,0	0,004431848	0,004300652	0,004172923	0,004048582	0,003927554	0,003809762	0,003695134	0,003583596	0,003475077	0,003369508
3,1	0,003266819	0,003166943	0,003069813	0,002975365	0,002883534	0,002794258	0,002707476	0,002623126	0,002541150	0,002461490
3,2	0,002384088	0,002308890	0,002235839	0,002164884	0,002095971	0,002029048	0,001964066	0,0019000975	0,001839726	0,001780273
3,3	0,001722569	0,001666569	0,001612227	0,001559502	0,001508351	0,001458731	0,001410602	0,001363925	0,001318661	0,001274771
3,4	0,001232219	0,001190968	0,001150983	0,001112230	0,001074673	0,001038281	0,001003021	0,000968862	0,000935772	0,000903722
3,5	0,000872683	0,000842625	0,000813521	0,000785344	0,000758067	0,000731664	0,000706111	0,000681381	0,000657452	0,000634300
3,6	0,000611902	0,000590236	0,000569280	0,000549013	0,000529415	0,000510465	0,000492144	0,000474434	0,000457315	0,000440769
3,7	0,000424780	0,000409330	0,000394403	0,000379981	0,000366051	0,000352596	0,000339601	0,000327053	0,000314937	0,000303239
3,8	0,000291947	0,000281047	0,000270527	0,000260375	0,000250578	0,000241127	0,000232008	0,000223212	0,000214728	0,000206546
3,9	0,000198655	0,000191047	0,000183712	0,000176641	0,000169826	0,000163256	0,000156926	0,000150825	0,000144948	0,000139285
4,0	0,000133830	0,000128576	0,000123516	0,000118643	0,000113951	0,000109434	0,000105085	0,000100899	0,000096870	0,000092993
4,1	0,000089262	0,000085672	0,000082218	0,000078895	0,000075700	0,000072626	0,000069670	0,000066828	0,000064095	0,000061468
4,2	0,000058943	0,000056516	0,000054183	0,000051942	0,000049788	0,000047719	0,000045731	0,000043821	0,000041988	0,000040226
4,3	0,000038535	0,000036911	0,000035353	0,000033856	0,000032420	0,000031041	0,000029719	0,000028449	0,000027231	0,000026063
4,4	0,000024942	0,000023868	0,000022837	0,000021848	0,000020900	0,000019992	0,000019121	0,000018286	0,000017486	0,000016719
4,5	0,000015984	0,000015280	0,000014605	0,000013959	0,000013340	0,000012747	0,000012180	0,000011636	0,000011116	0,000010618
4,6	0,000010141	0,000009684	0,000009248	0,000008830	0,000008430	0,000008047	0,000007681	0,000007331	0,000006996	0,000006676
4,7	0,000006370	0,000006077	0,000005797	0,000005530	0,000005274	0,000005030	0,000004796	0,000004573	0,000004360	0,000004156
4,8	0,000003961	0,000003775	0,000003598	0,000003428	0,000003267	0,000003112	0,000002965	0,000002824	0,000002690	0,000002561
4,9	0,000002439	0,000002322	0,000002211	0,000002105	0,000002003	0,000001907	0,000001814	0,000001727	0,000001643	0,000001563
5,0	0,000001487	0,000001414	0,000001345	0,000001279	0,000001216	0,000001156	0,000001099	0,000001045	0,000000993	0,000000944

Примечание к таблице А.1:

Дифференциальная функция стандартного нормального распределения $\varphi(x)$ имеет вид

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{x^2}{2}}$$

Плотность нормального распределения рассчитывают как

$$f(t) = \frac{1}{\sigma} \cdot \varphi(x), \quad x = \left| \frac{t - M[t]}{\sigma} \right|.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

Стандартное нормальное распределение

Таблица Б.1 – Интегральная функция стандартного нормального распределения $\Phi(x)$

x	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000000	0,5039893	0,5079783	0,5119665	0,5159534	0,5199388	0,5239222	0,5279032	0,5318814	0,5358564
0,1	0,5398278	0,5437953	0,5477584	0,5517168	0,5556700	0,5596177	0,5635594	0,5674949	0,5714237	0,5753454
0,2	0,5792596	0,5831661	0,5870643	0,5909540	0,5948348	0,5987062	0,6025680	0,6064198	0,6102611	0,6140918
0,3	0,6179113	0,6217194	0,6255157	0,6292999	0,6330716	0,6368305	0,6405763	0,6443086	0,6480272	0,6517316
0,4	0,6554216	0,6590969	0,6627572	0,6664021	0,6700314	0,6736447	0,6772418	0,6808224	0,6843862	0,6879330
0,5	0,6914624	0,6949742	0,6984682	0,7019440	0,7054015	0,7088403	0,7122603	0,7156611	0,7190427	0,7224047
0,6	0,7257469	0,7290691	0,7323711	0,7356527	0,7389137	0,7421539	0,7453731	0,7485711	0,7517478	0,7549029
0,7	0,7580364	0,7611480	0,7642375	0,7673049	0,7703500	0,7733727	0,7763727	0,7793501	0,7823046	0,7852361
0,8	0,7881446	0,7910299	0,7938920	0,7967306	0,7995458	0,8023375	0,8051055	0,8078498	0,8105703	0,8132670
0,9	0,8159399	0,8185887	0,8212136	0,8238144	0,8263912	0,8289438	0,8314724	0,8339767	0,8364569	0,8389129
1,0	0,8413447	0,8437523	0,8461357	0,8484949	0,8508300	0,8531409	0,8554276	0,8576903	0,8599288	0,8621433
1,1	0,8643338	0,8665004	0,8686430	0,8707618	0,8728567	0,8749280	0,8769755	0,8789994	0,8809998	0,8829767
1,2	0,8849302	0,8868604	0,8887674	0,8906513	0,8925122	0,8943501	0,8961652	0,8979576	0,8997273	0,9014746
1,3	0,9031994	0,9049020	0,9065824	0,9082408	0,9098772	0,9114919	0,9130849	0,9146564	0,9162066	0,9177355
1,4	0,9192432	0,9207301	0,9221961	0,9236414	0,9250662	0,9264707	0,9278549	0,9292190	0,9305633	0,9318878
1,5	0,9331927	0,9344782	0,9357444	0,9369916	0,9382198	0,9394292	0,9406200	0,9417924	0,9429465	0,9440825
1,6	0,9452007	0,9463010	0,9473838	0,9484492	0,9494974	0,9505285	0,9515427	0,9525403	0,9535213	0,9544860
1,7	0,9554345	0,9563670	0,9572838	0,9581849	0,9590705	0,9599408	0,9607961	0,9616364	0,9624620	0,9632730
1,8	0,9640697	0,9648521	0,9656205	0,9663750	0,9671159	0,9678432	0,9685573	0,9692581	0,9699460	0,9706210
1,9	0,9712835	0,9719334	0,9725711	0,9731966	0,9738102	0,9744120	0,9750021	0,9755808	0,9761483	0,9767046
2,0	0,9772499	0,9777844	0,9783083	0,9788217	0,9793249	0,9798178	0,9803007	0,9807738	0,9812372	0,9816911

Продолжение таблицы Б.1

x	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
2,1	0,982135643	0,982570884	0,982997038	0,983414253	0,983822675	0,984222449	0,984613720	0,984996631	0,985371321	0,985737932
2,2	0,986096601	0,986447466	0,986790661	0,987126322	0,987454580	0,987775567	0,988089412	0,988396244	0,988696189	0,988989373
2,3	0,989275919	0,989555950	0,989829586	0,990096947	0,990358150	0,990613313	0,990862548	0,991105971	0,991343692	0,991575823
2,4	0,991802471	0,992023745	0,992239749	0,992450589	0,992656367	0,992857185	0,993053143	0,993244339	0,993430871	0,993612833
2,5	0,993790320	0,993963425	0,994132240	0,994296853	0,994457354	0,994613830	0,994766365	0,994915046	0,995059954	0,995201171
2,6	0,995338778	0,995472853	0,995603474	0,995730718	0,995854658	0,995975369	0,996092924	0,996207393	0,996318845	0,996427351
2,7	0,996532977	0,9966635789	0,996735852	0,996833231	0,996927987	0,997020181	0,997109875	0,997197128	0,997281997	0,997364539
2,8	0,997444809	0,997522864	0,997598756	0,997672537	0,997744260	0,997813974	0,997881730	0,997947576	0,998011558	0,998073724
2,9	0,998134120	0,998192789	0,998249775	0,998305122	0,998358871	0,998411062	0,998461736	0,998510932	0,998558689	0,998605044
3,0	0,998650033	0,998693692	0,998736057	0,998777162	0,998817040	0,998855724	0,998893246	0,998929637	0,998964929	0,998999149
3,1	0,999032329	0,999064496	0,999095677	0,999125901	0,999155194	0,999183581	0,999211088	0,999237740	0,999263560	0,999288571
3,2	0,999312798	0,999336262	0,999358984	0,999380986	0,999402289	0,999422914	0,999442878	0,999462202	0,999480905	0,999499004
3,3	0,999516517	0,999533462	0,999549856	0,999565714	0,999581052	0,999595887	0,999610233	0,999624105	0,999637518	0,999650485
3,4	0,999663019	0,999675135	0,999686844	0,999698160	0,999709094	0,999719659	0,999729865	0,999739724	0,999749247	0,999758445
3,5	0,999767327	0,999775903	0,999784184	0,999792178	0,999799895	0,999807344	0,999814533	0,999821470	0,999828164	0,999834623
3,6	0,999840854	0,999846865	0,999852663	0,999858254	0,999863647	0,999868846	0,999873859	0,999878692	0,999883351	0,999887842
3,7	0,999892170	0,999896341	0,999900359	0,999904232	0,999907962	0,999911555	0,999915017	0,999918350	0,999921560	0,999924651
3,8	0,999927628	0,999930493	0,999933251	0,999935906	0,999938461	0,999940919	0,999943285	0,999945562	0,999947752	0,999949858
3,9	0,999951884	0,999953833	0,999955707	0,999957509	0,999959242	0,999960908	0,999962509	0,999964048	0,999965527	0,999966948
4,0	0,999968314	0,999969626	0,999970887	0,999972098	0,999973261	0,999974378	0,999975451	0,999976481	0,999977470	0,999978420
4,1	0,999979331	0,999980206	0,999981046	0,999981852	0,999982625	0,999983367	0,999984078	0,999984761	0,999985416	0,999986044
4,2	0,999986646	0,999987223	0,999987777	0,999988308	0,999988817	0,999989304	0,999989772	0,999990220	0,999990649	0,999991060
4,3	0,999991454	0,999991831	0,999992193	0,999992539	0,999992870	0,999993188	0,999993492	0,999993783	0,999994061	0,999994328
4,4	0,999994583	0,999994827	0,999995061	0,999995284	0,999995498	0,999995703	0,999995898	0,999996086	0,999996264	0,999996436
4,5	0,999996599	0,999996756	0,999996905	0,999997048	0,999997185	0,999997315	0,999997440	0,999997559	0,999997673	0,999997782
4,6	0,999997885	0,999997985	0,999998079	0,999998170	0,999998256	0,999998339	0,999998417	0,999998492	0,999998564	0,999998632
4,7	0,999998698	0,999998760	0,999998819	0,999998876	0,999998930	0,999998982	0,999999031	0,999999078	0,999999122	0,999999165
4,8	0,999999206	0,999999244	0,999999281	0,999999316	0,999999350	0,999999382	0,999999412	0,999999441	0,999999469	0,999999495
4,9	0,999999520	0,999999544	0,999999567	0,999999588	0,999999609	0,999999628	0,999999647	0,999999665	0,999999682	0,999999698
5,0	0,999999713	0,999999727	0,999999741	0,999999754	0,999999767	0,999999779	0,999999790	0,999999801	0,999999811	0,999999821

Примечание к таблице Б.1:

Интегральная функция стандартного нормального распределения $\Phi(x)$ имеет вид

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

Функцию нормального распределения рассчитывают как

$$\begin{cases} F(t) = 1 - \Phi(x), & \frac{t - M[t]}{\sigma} < 0, & x = \left| \frac{t - M[t]}{\sigma} \right|, \\ F(t) = \Phi(x), & \frac{t - M[t]}{\sigma} > 0, & x = \frac{t - M[t]}{\sigma}. \end{cases}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(обязательное)

Распределение Вейбулла-Гнеденко

$$f(t) = b \cdot \frac{t^{b-1}}{a^b} \cdot e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^b}, \quad F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^b}.$$

Таблица В.1 – Параметры двухпараметрического закона Вейбулла-Гнеденко

$$K_b = \Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right), \quad G_b = \sqrt{\Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{2}{b}\right)}.$$

b	K_b	G_b	v
1,00	1,000000000	1,000000000	1,000000000
1,01	0,995854310	0,986008423	0,990113125
1,02	0,991867846	0,972474007	0,980447154
1,03	0,988033310	0,959374771	0,970994359
1,04	0,984343816	0,946690079	0,961747373
1,05	0,980792864	0,934400547	0,952699170
1,06	0,977374310	0,922487947	0,943843047
1,07	0,974082347	0,910935127	0,935172606
1,08	0,970911478	0,899725934	0,926681735
1,09	0,967856502	0,888845142	0,918364593
1,10	0,964912489	0,878278393	0,910215593
1,11	0,962074768	0,868012133	0,902229393
1,12	0,959338907	0,858033560	0,894400877
1,13	0,956700701	0,848330572	0,886725149
1,14	0,954156158	0,838891723	0,879197515
1,15	0,951701482	0,829706179	0,871813478
1,16	0,949333068	0,820763679	0,864568723
1,17	0,947047485	0,812054498	0,857459114
1,18	0,944841470	0,803569413	0,850480676
1,19	0,942711915	0,795299673	0,843629597
1,20	0,940655858	0,787236968	0,836902212
1,21	0,938670480	0,779373405	0,830294999
1,22	0,936753090	0,771701479	0,823804573
1,23	0,934901123	0,764214052	0,817427676
1,24	0,933112129	0,756904332	0,811161176
1,25	0,931383771	0,749765850	0,805002056
1,26	0,929713816	0,742792446	0,798947411
1,27	0,928100129	0,735978245	0,792994444
1,28	0,926540671	0,729317648	0,787140458
1,29	0,925033491	0,722805309	0,781382854
1,30	0,923576721	0,716436127	0,775719126

Продолжение таблицы В.1

b	K_b	G_b	v
1,31	0,922168577	0,710205229	0,770146855
1,32	0,920807346	0,704107959	0,764663708
1,33	0,919491391	0,698139867	0,759267433
1,34	0,918219141	0,692296696	0,753955854
1,35	0,916989091	0,686574372	0,748726871
1,36	0,915799798	0,680968997	0,743578453
1,37	0,914649879	0,675476837	0,738508638
1,38	0,913538004	0,670094313	0,733515530
1,39	0,912462899	0,664817998	0,728597292
1,40	0,911423340	0,659644603	0,723752151
1,41	0,910418150	0,654570974	0,718978389
1,42	0,909446200	0,649594086	0,714274342
1,43	0,908506405	0,644711032	0,709638400
1,44	0,907597720	0,639919022	0,705069006
1,45	0,906719142	0,635215375	0,700564647
1,46	0,905869704	0,630597515	0,696123860
1,47	0,905048478	0,626062964	0,691745226
1,48	0,904254570	0,621609341	0,687427370
1,49	0,903487118	0,617234352	0,683168957
1,50	0,902745293	0,612935792	0,678968693
1,51	0,902028296	0,608711536	0,674825323
1,52	0,901335358	0,604559540	0,670737627
1,53	0,900665737	0,600477831	0,666704424
1,54	0,900018718	0,596464511	0,662724563
1,55	0,899393611	0,592517749	0,658796929
1,56	0,898789751	0,588635779	0,654920440
1,57	0,898206496	0,584816897	0,651094041
1,58	0,897643228	0,581059460	0,647316709
1,59	0,897099348	0,577361882	0,643587450
1,60	0,896574280	0,573722630	0,639905296
1,61	0,896067466	0,570140226	0,636269307
1,62	0,895578369	0,566613240	0,632678568
1,63	0,895106468	0,563140291	0,629132188
1,64	0,894651261	0,559720044	0,625629302
1,65	0,894212262	0,556351208	0,622169066
1,66	0,893789003	0,553032536	0,618750660
1,67	0,893381029	0,549762819	0,615373285
1,68	0,892987902	0,546540888	0,612036162
1,69	0,892609196	0,543365614	0,608738534
1,70	0,892244502	0,540235900	0,605479662
1,71	0,891893423	0,537150686	0,602258826
1,72	0,891555572	0,534108945	0,599075326
1,73	0,891230579	0,531109682	0,595928478
1,74	0,890918082	0,528151932	0,592817615
1,75	0,890617733	0,525234761	0,589742087

Продолжение таблицы В.1

b	K_b	G_b	v
1,76	0,890329194	0,522357261	0,586701262
1,77	0,890052136	0,519518554	0,583694520
1,78	0,889786244	0,516717787	0,580721258
1,79	0,889531208	0,513954133	0,577780889
1,80	0,889286732	0,511226788	0,574872838
1,81	0,889052527	0,508534973	0,571996544
1,82	0,888828312	0,505877932	0,569151460
1,83	0,888613816	0,503254929	0,566337052
1,84	0,888408776	0,500665251	0,563552798
1,85	0,888212936	0,498108205	0,560798188
1,86	0,888026048	0,495583116	0,558072724
1,87	0,887847872	0,493089330	0,555375921
1,88	0,887678174	0,490626210	0,552707303
1,89	0,887516729	0,488193137	0,550066406
1,90	0,887363316	0,485789510	0,547452775
1,91	0,887217722	0,483414742	0,544865967
1,92	0,887079739	0,481068265	0,542305549
1,93	0,886949167	0,478749523	0,539771095
1,94	0,886825811	0,476457978	0,537262191
1,95	0,886709479	0,474193105	0,534778432
1,96	0,886599988	0,471954391	0,532319419
1,97	0,886497159	0,469741340	0,529884766
1,98	0,886400818	0,467553466	0,527474092
1,99	0,886310795	0,465390298	0,525087025
2,00	0,886226925	0,463251375	0,522723201
2,01	0,886149050	0,461136249	0,520382264
2,02	0,886077013	0,459044482	0,518063865
2,03	0,886010664	0,456975650	0,515767663
2,04	0,885949855	0,454929335	0,513493323
2,05	0,885894444	0,452905134	0,511240518
2,06	0,885844291	0,450902652	0,509008927
2,07	0,885799262	0,448921503	0,506798236
2,08	0,885759224	0,446961312	0,504608137
2,09	0,885724049	0,445021711	0,502438329
2,10	0,885693614	0,443102343	0,500288515
2,11	0,885667796	0,441202859	0,498158407
2,12	0,885646479	0,439322917	0,496047721
2,13	0,885629546	0,437462185	0,493956177
2,14	0,885616886	0,435620337	0,491883504
2,15	0,885608390	0,433797057	0,489829434
2,16	0,885603953	0,431992033	0,487793705
2,17	0,885603470	0,430204964	0,485776059
2,18	0,885606842	0,428435552	0,483776244
2,19	0,885613971	0,426683510	0,481794014
2,20	0,885624760	0,424948553	0,479829124

Продолжение таблицы В.1

b	K_b	G_b	v
2,21	0,885639118	0,423230406	0,477881337
2,22	0,885656953	0,421528799	0,475950420
2,23	0,885678178	0,419843468	0,474036143
2,24	0,885702707	0,418174153	0,472138281
2,25	0,885730455	0,416520604	0,470256613
2,26	0,885761341	0,414882572	0,468390923
2,27	0,885795285	0,413259817	0,466540998
2,28	0,885832211	0,411652101	0,464706629
2,29	0,885872042	0,410059193	0,462887611
2,30	0,885914704	0,408480867	0,461083742
2,31	0,885960127	0,406916902	0,459294825
2,32	0,886008239	0,405367079	0,457520666
2,33	0,886058972	0,403831188	0,455761073
2,34	0,886112260	0,402309020	0,454015860
2,35	0,886168038	0,400800372	0,452284843
2,36	0,886226242	0,399305044	0,450567840
2,37	0,886286811	0,397822840	0,448864674
2,38	0,886349684	0,396353570	0,447175170
2,39	0,886414802	0,394897047	0,445499157
2,40	0,886482108	0,393453086	0,443836466
2,41	0,886551545	0,392021508	0,442186932
2,42	0,886623060	0,390602136	0,440550391
2,43	0,886696599	0,389194798	0,438926684
2,44	0,886772110	0,387799324	0,437315652
2,45	0,886849541	0,386415548	0,435717142
2,46	0,886928844	0,385043307	0,434131001
2,47	0,887009970	0,383682442	0,432557079
2,48	0,887092871	0,382332796	0,430995230
2,49	0,887177502	0,380994215	0,429445308
2,50	0,887263817	0,379666550	0,427907171
2,51	0,887351773	0,378349652	0,426380679
2,52	0,887441327	0,377043376	0,424865695
2,53	0,887532436	0,375747580	0,423362082
2,54	0,887625059	0,374462125	0,421869708
2,55	0,887719158	0,373186873	0,420388441
2,56	0,887814692	0,371921690	0,418918152
2,57	0,887911623	0,370666445	0,417458715
2,58	0,888009915	0,369421008	0,416010004
2,59	0,888109531	0,368185252	0,414571896
2,60	0,888210435	0,366959051	0,413144269
2,61	0,888312592	0,365742284	0,411727006
2,62	0,888415969	0,364534830	0,410319988
2,63	0,888520533	0,363336571	0,408923100
2,64	0,888626251	0,362147390	0,407536228
2,65	0,888733091	0,360967175	0,406159260

Продолжение таблицы В.1

b	K_b	G_b	v
2,66	0,888841023	0,359795812	0,404792086
2,67	0,888950016	0,358633192	0,403434598
2,68	0,889060041	0,357479207	0,402086687
2,69	0,889171070	0,356333750	0,400748250
2,70	0,889283073	0,355196717	0,399419181
2,71	0,889396023	0,354068005	0,398099380
2,72	0,889509893	0,352947514	0,396788745
2,73	0,889624658	0,351835145	0,395487177
2,74	0,889740291	0,350730799	0,394194579
2,75	0,889856767	0,349634382	0,392910853
2,76	0,889974062	0,348545798	0,391635906
2,77	0,890092151	0,347464956	0,390369644
2,78	0,890211011	0,346391765	0,389111975
2,79	0,890330619	0,345326134	0,387862808
2,80	0,890450953	0,344267976	0,386622053
2,81	0,890571991	0,343217203	0,385389622
2,82	0,890693711	0,342173732	0,384165430
2,83	0,890816092	0,341137478	0,382949388
2,84	0,890939114	0,340108358	0,381741415
2,85	0,891062757	0,339086292	0,380541425
2,86	0,891187000	0,338071199	0,379349338
2,87	0,891311826	0,337063001	0,378165072
2,88	0,891437214	0,336061620	0,376988547
2,89	0,891563148	0,335066981	0,375819685
2,90	0,891689608	0,334079009	0,374658408
2,91	0,891816578	0,333097630	0,373504640
2,92	0,891944039	0,332122771	0,372358305
2,93	0,892071976	0,331154360	0,371219329
2,94	0,892200372	0,330192329	0,370087638
2,95	0,892329211	0,329236606	0,368963161
2,96	0,892458477	0,328287125	0,367845825
2,97	0,892588155	0,327343817	0,366735560
2,98	0,892718230	0,326406617	0,365632297
2,99	0,892848687	0,325475460	0,364535967
3,00	0,892979512	0,324550281	0,363446503
3,01	0,893110690	0,323631017	0,362363838
3,02	0,893242208	0,322717607	0,361287906
3,03	0,893374053	0,321809988	0,360218641
3,04	0,893506211	0,320908100	0,359155981
3,05	0,893638670	0,320011884	0,358099861
3,06	0,893771417	0,319121281	0,357050219
3,07	0,893904439	0,318236233	0,356006994
3,08	0,894037725	0,317356683	0,354970125
3,09	0,894171263	0,316482576	0,353939551
3,10	0,894305041	0,315613855	0,352915214
3,11	0,894439047	0,314750467	0,351897055

Продолжение таблицы В.1

b	K_b	G_b	v
3,12	0,894573272	0,313892357	0,350885016
3,13	0,894707704	0,313039472	0,349879040
3,14	0,894842333	0,312191761	0,348879071
3,15	0,894977148	0,311349172	0,347885053
3,16	0,895112139	0,310511654	0,346896931
3,17	0,895247296	0,309679157	0,345914652
3,18	0,895382610	0,308851631	0,344938162
3,19	0,895518071	0,308029029	0,343967407
3,20	0,895653670	0,307211301	0,343002336
3,21	0,895789398	0,306398401	0,342042897
3,22	0,895925246	0,305590282	0,341089040
3,23	0,896061205	0,304786898	0,340140714
3,24	0,896197267	0,303988203	0,339197869
3,25	0,896333424	0,303194153	0,338260456
3,26	0,896469667	0,302404703	0,337328427
3,27	0,896605988	0,301619810	0,336401735
3,28	0,896742381	0,300839431	0,335480331
3,29	0,896878836	0,300063523	0,334564170
3,30	0,897015348	0,299292045	0,333653204
3,31	0,897151908	0,298524955	0,332747389
3,32	0,897288509	0,297762212	0,331846679
3,33	0,897425145	0,297003776	0,330951030
3,34	0,897561808	0,296249607	0,330060398
3,35	0,897698492	0,295499667	0,329174739
3,36	0,897835191	0,294753916	0,328294011
3,37	0,897971898	0,294012317	0,327418172
3,38	0,898108607	0,293274831	0,326547178
3,39	0,898245312	0,292541421	0,325680989
3,40	0,898382006	0,291812052	0,324819564
3,41	0,898518685	0,291086685	0,323962862
3,42	0,898655342	0,290365286	0,323110844
3,43	0,898791972	0,289647819	0,322263469
3,44	0,898928569	0,288934249	0,321420699
3,45	0,899065128	0,288224542	0,320582495
3,46	0,899201644	0,287518664	0,319748819
3,47	0,899338112	0,286816581	0,318919633
3,48	0,899474526	0,286118260	0,318094900
3,49	0,899610883	0,285423667	0,317274583
3,50	0,899747176	0,284732772	0,316458645
3,51	0,899883403	0,284045541	0,315647050
3,52	0,900019557	0,283361944	0,314839763
3,53	0,900155634	0,282681948	0,314036748
3,54	0,900291631	0,282005523	0,313237971
3,55	0,900427543	0,281332639	0,312443396
3,56	0,900563365	0,280663266	0,311652990
3,57	0,900699094	0,279997373	0,310866720

Продолжение таблицы В.1

b	K_b	G_b	v
3,58	0,900834726	0,279334932	0,310084551
3,59	0,900970257	0,278675912	0,309306451
3,60	0,901105683	0,278020287	0,308532387
3,61	0,901241001	0,277368027	0,307762326
3,62	0,901376206	0,276719104	0,306996238
3,63	0,901511295	0,276073491	0,306234090
3,64	0,901646266	0,275431160	0,305475851
3,65	0,901781113	0,274792085	0,304721490
3,66	0,901915835	0,274156237	0,303970977
3,67	0,902050428	0,273523592	0,303224281
3,68	0,902184889	0,272894123	0,302481373
3,69	0,902319214	0,272267805	0,301742222
3,70	0,902453401	0,271644610	0,301006800
3,71	0,902587447	0,271024516	0,300275077
3,72	0,902721349	0,270407495	0,299547026
3,73	0,902855104	0,269793525	0,298822617
3,74	0,902988710	0,269182580	0,298101823
3,75	0,903122163	0,268574637	0,297384615
3,76	0,903255462	0,267969671	0,296670966
3,77	0,903388603	0,267367659	0,295960850
3,78	0,903521585	0,266768578	0,295254239
3,79	0,903654405	0,266172404	0,294551106
3,80	0,903787060	0,265579116	0,293851425
3,81	0,903919548	0,264988690	0,293155171
3,82	0,904051867	0,264401103	0,292462317
3,83	0,904184015	0,263816335	0,291772837
3,84	0,904315990	0,263234364	0,291086707
3,85	0,904447789	0,262655167	0,290403902
3,86	0,904579411	0,262078723	0,289724396
3,87	0,904710853	0,261505012	0,289048165
3,88	0,904842115	0,260934012	0,288375184
3,89	0,904973193	0,260365703	0,287705431
3,90	0,905104086	0,259800064	0,287038881
3,91	0,905234792	0,259237075	0,286375510
3,92	0,905365310	0,258676717	0,285715295
3,93	0,905495638	0,258118969	0,285058213
3,94	0,905625774	0,257563812	0,284404242
3,95	0,905755717	0,257011226	0,283753358
3,96	0,905885464	0,256461193	0,283105539
3,97	0,906015016	0,255913693	0,282460763
3,98	0,906144369	0,255368708	0,281819008
3,99	0,906273523	0,254826218	0,281180253
4,00	0,906402477	0,254286207	0,280544475

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(обязательное)

Критерии согласия теоретических законов распределения с эмпирическими
данными

Таблица Г.1 – Значения $a^* = \psi(W)$ (критерий Мизеса W)

$$W = -n - 2 \sum_{j=1}^n \left[\frac{2j-1}{2n} \ln(F(t_j)) + \left(1 - \frac{2j-1}{2n} \right) \ln(1 - F(t_j)) \right].$$

W	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,003	0,005
0,2	0,007	0,010	0,013	0,016	0,020	0,025	0,030	0,035	0,041	0,048
0,3	0,055	0,062	0,070	0,078	0,086	0,095	0,104	0,111	0,122	0,132
0,4	0,141	0,151	0,161	0,171	0,181	0,192	0,202	0,212	0,222	0,233
0,5	0,243	0,253	0,263	0,274	0,284	0,294	0,304	0,313	0,323	0,333
0,6	0,343	0,352	0,361	0,371	0,380	0,389	0,398	0,407	0,416	0,424
0,7	0,433	0,441	0,449	0,458	0,466	0,474	0,482	0,489	0,497	0,504
0,8	0,512	0,519	0,526	0,533	0,540	0,547	0,554	0,560	0,567	0,573
0,9	0,580	0,586	0,592	0,598	0,604	0,610	0,615	0,621	0,627	0,632
1,0	0,637	0,643	0,648	0,653	0,658	0,663	0,668	0,673	0,677	0,682
1,1	0,687	0,691	0,696	0,700	0,704	0,709	0,713	0,717	0,721	0,725
1,2	0,729	0,732	0,736	0,740	0,744	0,747	0,751	0,754	0,758	0,761
1,3	0,764	0,768	0,771	0,774	0,777	0,780	0,783	0,786	0,789	0,792
1,4	0,795	0,798	0,800	0,803	0,806	0,809	0,811	0,814	0,816	0,819
1,5	0,821	0,824	0,826	0,828	0,831	0,833	0,835	0,837	0,839	0,842
1,6	0,844	0,846	0,848	0,850	0,852	0,854	0,856	0,858	0,859	0,861
1,7	0,863	0,865	0,867	0,868	0,870	0,872	0,873	0,875	0,877	0,878
1,8	0,880	0,881	0,883	0,884	0,886	0,887	0,889	0,890	0,892	0,893
1,9	0,894	0,896	0,897	0,898	0,900	0,901	0,902	0,903	0,905	0,906
2,0	0,907	0,908	0,909	0,910	0,912	0,913	0,914	0,915	0,916	0,917
2,1	0,918	0,919	0,920	0,921	0,922	0,923	0,924	0,925	0,926	0,927
2,2	0,928	0,929	0,929	0,930	0,931	0,932	0,933	0,934	0,934	0,935
2,3	0,936	0,937	0,938	0,938	0,939	0,940	0,941	0,941	0,942	0,943
2,4	0,943	0,944	0,945	0,945	0,946	0,947	0,947	0,948	0,949	0,949

Таблица Г.2 – Значения параметра λ^* (критерий Колмогорова)

γ	0,01	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
λ^*	0,44	0,52	0,57	0,61	0,65	0,71	0,77	0,83	0,89	0,97	1,07	1,22	1,36	1,52	1,63