

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

**КОМИТЕТ ТЕХНИЧЕСКОЙ ТЕРМИНОЛОГИИ
ИНСТИТУТ РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ**

СБОРНИКИ РЕКОМЕНДУЕМЫХ ТЕРМИНОВ

Выпуск 60

ТЕОРИЯ НАДЕЖНОСТИ В ОБЛАСТИ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

ТЕРМИНОЛОГИЯ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
КОМИТЕТ ТЕХНИЧЕСКОЙ ТЕРМИНОЛОГИИ
ИНСТИТУТ РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ

СБОРНИКИ РЕКОМЕНДУЕМЫХ ТЕРМИНОВ

Выпуск 60

ТЕОРИЯ НАДЕЖНОСТИ
В ОБЛАСТИ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ
ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ. ОТКАЗЫ. РЕЗЕРВИРОВАНИЕ.
ПАРАМЕТРЫ. ИСПЫТАНИЯ

ТЕРМИНОЛОГИЯ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

МОСКВА 1962

Настоящая терминология рекомендуется Комитетом технической терминологии АН СССР к применению в научно-технической литературе, учебном процессе, стандартах и технической документации. Терминология рекомендуется Министерством высшего и среднего специального образования СССР для высших и средних специальных учебных заведений. Рекомендуемые термины просмотрены с точки зрения норм языка Институтом русского языка Академии наук СССР

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР ВЫПУСКА

член-корреспондент АН СССР

В. И. СИФОРОВ

ВВЕДЕНИЕ

Развитие ряда новых областей науки и техники привело к появлению весьма сложных, комплексных (по структуре, связям и функциям) систем, примером которых являются различные системы, применяемые в радиоэлектронике, электронной технике, энергетике, автоматике, вычислительной технике, авиации, космонавтике, ракетной технике и др. Ответственный характер выполняемых такими системами заданий обусловил исключительно важное значение надежности этих систем и их элементов.

Развернувшееся за последние годы в СССР и зарубежных странах, в частности в США, разностороннее теоретическое и экспериментальное изучение проблемы надежности, условий и закономерностей, связанных с обеспечением безотказной работы систем современной техники,— способствовало быстрому формированию теории надежности как нового научного направления, нового раздела знаний.

Применяя методы теории вероятностей и математической статистики, теория надежности устанавливает закономерности возникновения отказов и восстановления работоспособности системы и ее элементов, рассматривает влияние внешних и внутренних воздействий на процессы в системах, создает основы расчета надежности и прогнозирования отказов, изыскивает способы повышения надежности при конструировании и изготовлении систем и их элементов, а также способы сохранения надежности при эксплуатации, определяет методику сбора, учета и анализа статистических сведений, характеризующих надежность.

Опыт формирования новых бурно развивающихся областей науки показал, насколько важной является задача установления правильной терминологии, особенно на ранних этапах развития. Большая научно-техническая литература по вопросам надежности, возникшая за короткое время, вовлекла в теорию и в практику немалое число терминов, имеющих типичные недостатки неупорядоченной терминологии (многозначность, синонимия, неточность и др.), которые затрудняют взаимопонимание между специалистами, вносят путаницу в расчеты и техническую документацию, что не может быть терпимо по

отношению к столь важной проблеме, какой является обеспечение надежности.

Неслучайно поэтому в советской и зарубежной (главным образом, американской) литературе, наряду с исследованиями различных задач надежности, появились дискуссионные материалы, непосредственно относящиеся к самой терминологии, применяемой в теории надежности. Все это определило необходимость проведения обобщающей работы по упорядочению и построению терминологии теории надежности, без чего ее дальнейшее развитие и внедрение могло бы испытывать возрастающие трудности.

Таким образом, была выдвинута задача выявления, в первую очередь, системы понятий, составляющих основу теории надежности (с учетом ее современного уровня и перспектив развития), обследования существующих взаимосвязей между этими понятиями, уточнения их содержания и места в системе, а также построения соответствующей системы терминов и определений.

Эта задача была поставлена применительно к радиоэлектронике с ее многообразной и сложной техникой, тесно связанной с электронной техникой, автоматикой, вычислительной техникой и другими актуальными областями техники, развитие которых опирается на новейшие достижения естествознания. Отсюда вполне закономерно вытекала возможность достаточно широкого рассмотрения понятий, связанных с надежностью, и применения данной терминологии не только в области радиоэлектроники, но и в некоторых других областях техники.

* * *

Работа по построению системы терминов и определений, относящихся к теории надежности в области радиоэлектроники, была выполнена в Академии наук СССР Комитетом технической терминологии (КТТ) совместно с Институтом радиотехники и электроники (ИРЭ) в течение 1960—1961 гг. От КТТ в работе участвовали Я. А. Климовицкий, С. И. Коршунов и Г. Г. Самбунова, от ИРЭ — член-корр. АН СССР В. И. Сифоров, А. С. Беркман и А. Н. Цветков.

Для проведения работы по построению терминологии КТТ и ИРЭ создали научную комиссию в следующем составе: член-корр. АН СССР В. И. Сифоров (председатель), А. Г. Александров, Ф. И. Белов, А. С. Беркман, Г. Г. Геворкян, Я. А. Климовицкий, С. И. Коршунов, О. Ф. Пославский, О. С. Розов, Г. Г. Самбунова, М. А. Сеница, Р. М. Туркельтауб, А. Н. Цветков, Я. К. Цупко.

Предварительные материалы к проекту терминологии были подготовлены Ф. И. Беловым, А. С. Беркманом, О. Ф. Пославским, О. С. Розовым и М. А. Сеницей. В результате подробного обсуждения этих материалов и изучения ряда советских и зарубежных работ по вопросам терминологии теории надежности научной комиссией был разработан проект «Теория надежности в области радиоэлектроники. Терминология», который был выпущен ти-

ражом в 600 экз. и разослан в начале 1961 г. для широкого обсуждения различным организациям и специалистам. В связи с тем, что эта терминология представляет интерес не только для организаций и лиц, непосредственно связанных по своей деятельности с радиоэлектроникой, проект был направлен на рассмотрение также ряду учреждений, предприятий и специалистов других областей науки и техники.

В итоге от 110 организаций и специалистов были получены многочисленные замечания и предложения, которые относились к построению системы терминов и ее разделов, к построению и отбору рекомендуемых терминов, к определениям понятий. Кроме замечаний и предложений, был получен ряд материалов, имеющих характер обстоятельных терминологических разработок и развернутых проектов терминологии.

Ценные консультации, замечания и предложения предоставили академик А. И. Берг, академик Н. Г. Бруевич, академик Б. А. Введенский, академик Академии наук Украинской ССР Б. В. Гнеденко, И. М. Головинский, член-корреспондент АН СССР И. М. Рабинович, С. В. Крауз, С. В. Кривонос, М. Д. Линденбаум, И. М. Маликов, Г. Г. Мауль, Я. М. Сорин, И. А. Ушаков, Я. Б. Шор и др.

После глубокого анализа, систематизации и рассмотрения всех этих обширных материалов, а также после существенной переработки первоначального проекта с учетом (в той или иной мере) всех отзывов и консультаций, КТТ и ИРЭ с участием комиссии в указанном выше составе подготовили настоящий сборник, содержащий 70 основных рекомендуемых терминов с определениями. В основу построения терминологии, которая рекомендуется к применению в научно-технической литературе, учебном процессе, стандартах и технической документации, положены принципы и методика, разработанные в трудах Комитета технической терминологии АН СССР¹.

Комитет технической терминологии АН СССР и Институт радиотехники и электроники АН СССР выражают глубокую благодарность всем организациям и лицам, принимавшим участие в работе по построению настоящей терминологии и предоставившим свои консультации, замечания, предложения и другие материалы.

* * *

Представленная в настоящем сборнике система терминов и выражаемых ими понятий состоит из следующих разделов: I — Общие понятия; II — Отказы (с классификационной таблицей); III — Резервирование; IV — Параметры; V — Испытания. Эта совокупность терминов охватывает в известной мере понятия, составляющие основу теории надежности (применительно к

¹ См. Д. С. Лотте. Основы построения научно-технической терминологии. Изд-во АН СССР, 1961.

радиоэлектронике), однако не исчерпывает всех понятий, привлекаемых в настоящее время в широкой литературе при изложении вопросов надежности.

С учетом поступивших по проекту терминологии замечаний и предложений было признано целесообразным не включать термины тех понятий, содержание которых не совсем еще установилось и необходимость применения которых не является пока обоснованной. В некоторых случаях приведены термины, выражающие достаточно простые по своему содержанию понятия. Это требовалось тогда, когда нужно было, например, зафиксировать рекомендуемые и не рекомендуемые термины по отношению к таким понятиям.

Следует особо сказать, что в данной терминологии не получили отражения понятия чисто экономического характера, хотя вопросы экономики, связанные с обеспечением надежности систем и их элементов, сами по себе очень важны. Экономический аспект проблемы надежности, а также соответствующие термины и определения, требуют специального рассмотрения.

Как отмечалось выше, настоящая терминологическая работа проводилась применительно к надежности в области радиоэлектроники. Однако во многих отзывах, полученных по проекту терминологии, убедительно указывалось на то, что приведенные термины и определения могут с полным основанием применяться и в других областях техники. После переработки первоначального проекта это о б щ е е з н а ч е н и е данной терминологии вполне сохранено.

Так как теория надежности находится в процессе становления и формирования, сопровождающегося накоплением и обобщением большого количества новых фактических данных, соответствующая терминология также непрерывно развивается, уточняется и совершенствуется. Поэтому настоящую работу по построению терминологии теории надежности следует рассматривать как п е р в у ю р е к о м е н д а ц и ю, которая соответствует уровню нынешних знаний в рассматриваемой области и, можно надеяться, сыграет свою нормализующую и прогрессивную роль, но вместе с тем подлежит пересмотру, дополнению и уточнению в недалеком будущем. Этот пересмотр может быть проведен на основе дальнейшего изучения проблемы надежности и обобщения относящихся к ней новых фактических данных как в радиоэлектронике, так и в других областях техники, а также на основе опыта внедрения рекомендуемой терминологии с учетом замечаний и предложений, которые могут быть выдвинуты практикой ее применения.

* * *

Ниже дан ряд пояснений по некоторым позициям терминологической системы.

Важнейшее понятие данной терминологии, выражаемое терми-

ном «надежность» (1)¹, определяется как «свойство системы (элемента системы), обусловленное главным образом ее безотказностью и ремонтпригодностью и обеспечивающее выполнение задания в установленном для системы (элемента) объеме». При формулировании этого широкого определения исходили из того, что существенными признаками понятия «надежности» являются «безотказность» (2) и «ремонтпригодность» (3) и что любая система или ее элемент имеют практическое назначение, заключающееся в выполнении задания в заранее установленном объеме, что также является существенным признаком «надежности». Отмеченные существенные признаки являются необходимыми и в своей совокупности достаточными для выявления содержания понятия «надежности» как свойства системы (элемента). Нужно подчеркнуть, что это свойство, в конечном счете, во многом зависит от качества изготовления технических устройств, входящих в состав системы (элемента).

Например, задачей электронно-вычислительной машины может быть выполнение определенного объема вычислений в течение заданного времени. Надежность этой машины обусловлена в общем случае ее безотказностью и ремонтпригодностью. «Безотказность» определяется как «свойство системы (элемента) сохранять работоспособность в течение заданного времени в определенных условиях эксплуатации». «Ремонтпригодность» определяется как «свойство системы (элемента), которое заключается в приспособленности ее к обнаружению и устранению отказов, а также к их предупреждению».

К определению «ремонтпригодности», трактуемой в широком смысле, дано примечание, (см. термин 3), разъясняющее, что ремонтпригодность невозстанавливаемого элемента понимается как его приспособленность к контролю и удобной замене. Это примечание имеет принципиальное значение, так как учитывает одну из важных прогрессивных тенденций в развитии радиоэлектроники и новой техники вообще. Эта тенденция заключается в том, что некоторые элементы систем изготавливаются с обеспечением высокой безотказности в эксплуатации, однако по своей конструкции и назначению не подлежат восстановлению при возникновении отказа, обладая вместе с тем приспособленностью к контролю и удобной замене. Таким образом, ремонтпригодность таких элементов выражается, по существу, в возможности контроля за ними и удобозаменяемости.

Следует отметить, что термин «надежность» часто употребляется в более узком смысле — только в смысле «безотказности». Широкое понимание «надежности» как сочетания «безотказности» и «ремонтпригодности» особенно необходимо для систем многократного использования, таких, как автоматические производственные линии, энергетические системы, вычислительные машины и т. п.

¹ Здесь и в дальнейшем числа, стоящие в скобках, обозначают номера терминов.

Приведенные определения «надежности» и «безотказности», имеющие качественный характер, сопровождаются указанием на то, что «надежность» и «безотказность» количественно определяются вероятностными характеристиками и параметрами.

Рассмотренные выше и связанные между собой понятия об этих свойствах системы находятся в тесной связи с понятием об «отказе» (4). «Отказ» определяется как «событие, которым является полная или частичная утрата работоспособности системой (элементом)». Таким образом, в уяснении понятий, выражаемых данными терминами (1—4), важную роль играет понятие о «работоспособности» (6), т. е. о «состоянии системы (элемента), при котором она в данный момент времени соответствует всем требованиям, установленным в отношении основных параметров системы (элемента)». Утрата «работоспособности» системой (элементом), т. е. событие, именуемое «отказом», может последовать непосредственно из-за «основной неисправности» (7, примечание), неправильных действий обслуживающего персонала и др.

Поскольку классификация отказов имеет существенное значение для правильного их учета и анализа и, следовательно, для правильной их оценки, в работе дана подробная классификационная таблица (раздел II). Классификация отказов проведена по восьми существенным и независимым признакам, что вообще еще не исчерпывает всех видов отказов, но охватывает основные виды, для большинства которых сформулированы определения (18—29). В соответствии с этой классификацией каждый реальный отказ в зависимости от конкретных условий можно отнести по определенным признакам к тем или иным видам отказов. Так, например, электрический пробой конденсатора может быть в некотором конкретном случае отнесен к внезапным, независимым, полным, устойчивым, очевидным, технологическим, естественным отказам периода нормальной эксплуатации.

Термины «система» (14) и «элемент системы» (15), или краткая форма — «элемент», в настоящей терминологии применяются в широком смысле. Под «системой» понимается «совокупность совместно действующих объектов, которая предназначена для самостоятельного (независимого) выполнения установленного задания». К этому определению дано примечание о том, что «под объектами в данном случае понимаются технические устройства, а иногда также среда (например, среда, в которой распространяются электромагнитные волны) и обслуживающий персонал». Термин «система» может применяться, например, и к таким совокупностям объектов, как радиорелейная линия, которая в общем случае рассматривается состоящей из приемопередающих станций, источников питания, пространства (где распространяются электромагнитные волны) и операторов, осуществляющих управление аппаратурой.

Упомянутый в определении «системы» существенный признак

«самостоятельности» рассматривается здесь относительно поставленного перед системой задания. Следует иметь в виду, что некоторые элементы системы применительно к другим, более простым заданиям могут рассматриваться как самостоятельные системы. Поэтому понятия, выражаемые терминами «система» и «элемент», имеют относительный характер.

Из данной терминологии, по сравнению с ее первоначальным проектом, исключен термин «устройство». Применение термина «устройство» как самостоятельного наряду с терминами «система» и «элемент» было недостаточно оправдано и в некоторых случаях приводило к двойственному толкованию «устройства»: в одних случаях «устройство» совпадало с «системой», а в других — с «элементом».

Деление системы на элементы может быть различным в зависимости от того, с какой целью это деление выполняется. Однако границы элементов нельзя считать произвольными, так как каждый элемент должен обладать способностью выполнять определенные функции в системе.

Система может делиться на элементы по различным уровням сложности. Например, приемопередающая радиостанция может делиться на элементы первого уровня, такие, как передающее, приемное и питающее устройство. В свою очередь эти устройства могут делиться на элементы второго уровня, к которым относятся отдельные блоки. Далее блоки могут делиться на каскады или модули, а те — на такие элементы, как сопротивления, конденсаторы, радиолампы и т. д. Такое деление системы на элементы нескольких уровней сложности применяется, например, при отыскании отказавшего элемента методом последовательного приближения.

Термины «система» и «элемент», применяемые в теории надежности, нельзя ввиду изложенных выше соображений смешивать с конкретными и принятыми в других документах терминами, относящимися к вполне определенным техническим понятиям, таким, как прибор, узел, деталь и т. п. Применение последних должно быть связано с конкретным изделием. В частности, очевидно, что деталь — один из простейших элементов, хотя деление на элементы может быть и еще мельче, чем деление на детали. Например, при анализе надежности непроволочных сопротивлений рассматривают такие их элементы, как основание, проводящий слой, изолирующее покрытие, контактный узел, выводы.

Особо зафиксированы в терминологии термины «восстанавливаемая система» (16) и «невосстанавливаемая система» (17), а также, соответственно, «восстанавливаемый элемент» и «невосстанавливаемый элемент» с относящимися к ним определениями, что является необходимым для понимания некоторых аспектов проблемы надежности.

Попутно, говоря о «системе» и «элементе», следует отметить, что все термины и определения, помещенные в настоящем сбор-

нике, относятся одновременно к системе и элементу (за исключением отдельно оговоренных случаев, когда термин или определение относится только к системе или только к элементу).

Термины «старение системы» (10) и «изнашивание системы» (11) имеют широкий смысл: все процессы, приводящие к постепенному изменению параметров системы (элемента), относятся или к процессам старения, или к процессам изнашивания; процессы старения имеют место и при работе, и во время перерывов, а процессы изнашивания — только при работе, так как они обусловлены факторами, которые действуют только при работе. Толкования процессов изнашивания и старения, встречающиеся в ряде других научных дисциплин, не противоречат принятому здесь пониманию этих процессов (по отношению к системе и элементу системы).

Термин «долговечность» (44) отнесен только к невозстанавливаемому элементу. Чтобы характеризовать «суммарную наработку» (43) системы (элемента) от начала эксплуатации до ее прекращения, обусловленного изнашиванием и старением, т. е. до момента практической нецелесообразности восстановления и дальнейшей эксплуатации, применяется термин «технический ресурс» (45).

В настоящей терминологии приведена группа терминов, относящихся к допускам: «производственный допуск» (58), «ремонтный допуск» (59) и «эксплуатационный допуск» (60); при этом общее понятие о допуске принимается без каких-либо изменений.

Производственный допуск, будучи наиболее жестким, обеспечивает определенный запас на изменение параметра при эксплуатации в связи с процессами изнашивания и старения. Ремонтный допуск в основном зависит от «восстанавливаемости» (12) и способа восстановления системы или ее элементов. Эксплуатационный допуск назначается с учетом конкретных условий работы и применения системы (элемента).

Выход хотя бы одного основного параметра системы (элемента) из заранее установленного эксплуатационного допуска, что означает основную неисправность, вызывает утрату работоспособности системой (элементом), т. е. отказ.

В заключение необходимо остановиться на термине «прогнозирование отказов» (68), который понимается только как экспериментальная оценка путем измерения значений параметров реально существующей системы (элемента) с целью заблаговременного предупреждения возникновения некоторых «постепенных отказов» (19). В литературе можно встретить иногда попытки называть расчет надежности «прогнозированием надежности», что является необоснованным.

Ниже даются пояснения к тексту и оформлению публикуемой терминологии.

Расположение. В трех колонках (слева направо) расположены номера по порядку, термины и определения понятий.

Система терминов. Термины теории надежности даны в систематическом порядке, соответствующем системе логически взаимосвязанных понятий и отражающем объективные связи между понятиями.

Основные и параллельные термины. Для каждого понятия дан, как правило, один основной рекомендуемый однозначный термин (полужирным шрифтом). Кроме основных рекомендуемых терминов иногда даются параллельные термины (светлым шрифтом). Параллельный термин является, как правило, краткой формой рекомендуемого термина. Например, наряду с основным термином «элемент системы» (15) допускается краткий, параллельный термин «элемент», или наряду с основным термином «долговечность невосстанавливаемого элемента» (44) допускается параллельный термин «долговечность» и др. Параллельный термин допускается в соответствующем контексте, когда исключена возможность недоразумений.

Нерекомендуемые термины. С обозначением *Нрк* приведены нерекомендуемые термины, которыми не следует пользоваться (по отношению к данным понятиям).

Иностранные термины. В качестве справочных сведений даны английские термины, соответствующие в той или иной мере основным рекомендуемым русским терминам. При подборе английских терминов была принята во внимание литература по вопросам надежности, изданная главным образом в США. Для ряда рекомендуемых русских терминов соответствующие английские термины указать не удалось.

Определения понятий. Приведенные в сборнике определения понятий можно при необходимости изменять по форме изложения, однако при этом не должно искажаться содержание понятий. К некоторым определениям даны примечания, имеющие характер пояснений или указывающие на возможность построения и применения соответствующих терминов.

Алфавитные указатели. В конце даны алфавитные указатели русских и английских терминов.

В виде приложений к рекомендуемой терминологии сборник содержит: «Буквенные обозначения величин» (приложение 1) и «Термины теории вероятностей и математической статистики, применяемые при математическом рассмотрении задач теории надежности» (приложение 2). Эти приложения справочного характера даны в связи с пожеланиями, полученными при обсуждении

проекта терминологии. Многие участники коллективной терминологической работы правильно указывали на то, что для разработки и применения теории надежности, для целей проектирования и расчета было бы весьма полезно сопроводить термины и определения буквенными обозначениями величин и сведениями из области теории вероятностей и математической статистики.

Публикуемый список обозначений величин охватывает величины, относящиеся к теории надежности, в несколько более широких рамках по сравнению с рекомендуемой терминологией.

Список учитывает, как правило, принятую в литературе и документации по надежности практику применения обозначений. Можно, естественно, ожидать, что этот список, помещаемый в порядке обсуждения, будет в свое время прокорректирован на основе дальнейшего опыта применения обозначений как в советской, так и в зарубежной литературе. Рекомендация по обозначениям величин, связанных с надежностью, может быть выработана лишь в итоге коллективных усилий и широкого предварительного обсуждения.

По просьбе КТТ и ИРЭ член-корреспондент АН СССР Н. В. Смирнов и И. В. Дунин-Барковский выполнили большую работу по составлению специального приложения, включающего 75 избранных терминов из области теории вероятностей и математической статистики, применительно к теории надежности. Толкования понятий, выражаемых этими терминами, снабжены математическим аппаратом. Каждый русский термин сопровождается соответствующим английским термином.

Таким образом, рекомендуемая терминология в сочетании с буквенными обозначениями величин и с совокупностью терминов теории вероятностей и математической статистики должна послужить делу дальнейшего развития и практического внедрения теории надежности как важного инструмента прогресса новой техники в СССР.

ТЕРМИНОЛОГИЯ

I. Общие понятия

1 Надежность
Reliability

Свойство системы (элемента системы)¹, обусловленное главным образом ее безотказностью и ремонтпригодностью и обеспечивающее выполнение задания в установленном для системы (элемента) объеме; количественно определяется вероятностными характеристиками и параметрами.

2 Безотказность
No-failure operation

Свойство системы (элемента) сохранять работоспособность (см. термин 6) в течение заданного времени в определенных условиях эксплуатации; количественно определяется вероятностными характеристиками и параметрами.

3 Ремонтпригодность
Нрк Восстанавливаемость;
ремонтоспособность
Maintainability

Свойство системы (элемента), которое заключается в приспособленности ее к обнаружению и устранению отказов, а также к их предупреждению; количественно характеризуется затратами времени и средств на обнаружение, устранение и предупреждение отказов с учетом необходимой квалификации обслуживающего персонала.

П р и м е ч а н и е. Ремонтпригодность восстанавливаемого элемента (см. термин 17, примечание 3) понимается как его приспособленность к контролю и удобной замене.

4 Отказ
Нрк Выход из строя
Failure

Полная или частичная утрата работоспособности (см. термин 6) системой (элементом).

П р и м е ч а н и е. Непосредственной причиной отказа могут быть: основная неисправность (см. термин 7, примечание), неправильные действия обслуживающего персонала и др.

5 Исправность

Состояние системы (элемента), при котором она в данный момент времени соответствует всем требованиям, установленным как в отношении основных параметров системы (элемента), так и в отношении второстепенных параметров (характеризующих удобства эксплуатации, внешний вид и т. п.).

¹ См. термины 14 и 15; в дальнейшем вместо термина «элемент системы» применяется краткая форма — «элемент».

6 Работоспособность
Нрк Рабочее состояние

Состояние системы (элемента), при котором она в данный момент времени соответствует всем требованиям, установленным в отношении основных параметров системы (элемента).

7 Неисправность
Нрк Дефект
Trouble; fault; defect

Состояние системы (элемента), при котором она в данный момент времени не соответствует хотя бы одному из требований, установленных как в отношении основных параметров системы (элемента), так и в отношении второстепенных параметров (характеризующих удобства эксплуатации, внешний вид и т. п.).

Примечание. Различают: «основную неисправность», при которой хотя бы один основной параметр системы (элемента) выходит из заранее установленного эксплуатационного допуска (см. термин 60), непосредственным следствием чего является отказ; «второстепенную неисправность», при которой система (элемент) не соответствует хотя бы одному из требований, установленных в отношении второстепенных параметров, непосредственным следствием чего, однако, не может явиться отказ.

8 Сохранность

Свойство системы (элемента) сохранять исправность во времени при заданных условиях хранения; количественно определяется вероятностными характеристиками и параметрами.

9 Стабильность надежности

Свойство системы (элемента) сохранять надежность во времени при заданных условиях работы или хранения; количественно определяется вероятностными характеристиками и параметрами.

Примечание. Различают: «стабильность надежности при работе» и «стабильность надежности при хранении».

10 Старение системы
System aging; system deterioration

Процесс постепенного и непрерывного изменения параметров системы, вызываемый действием старения материалов и другими процессами, наличие которых не зависит от режима работы.

Примечание. Аналогично определяется «старение элемента».

11 Изнашивание системы
Нрк Износ
System wear-out

Процесс постепенного изменения параметров системы, вызываемый действием механических, электрических, тепловых и других нагрузок, наличие которых определяется только режимом работы.

Примечание. Аналогично определяется «изнашивание элемента».

12 Восстанавливаемость
Restorability

Свойство системы (элемента), определяющее возможность получения допустимых (в частном случае, начальных) значений параметров системы в результате устранения неисправности.

13 Самовосстанавливаемость
Selfrestorability

Восстанавливаемость, которая обеспечивается автоматически или самопроизвольно.

Примечание. Самовосстанавливаемость имеет место, например, в системе с автоматическим резервированием, в металлобумажном конденсаторе и т. д.

14 Система
System

Совокупность совместно действующих объектов, которая предназначена для самостоятельного (независимого) выполнения установленного задания.

Примечание. Под объектами в данном случае понимаются технические устройства, а иногда также среда (например, среда, в которой распространяются электромагнитные волны) и обслуживающий персонал.

15 Элемент системы
Элемент
System component;
system element

Часть системы, предназначенная для выполнения определенных функций.

16 Восстанавливаемая система
Restorable system

Система, которая в случае возникновения отказа может быть восстановлена.

Примечание. Аналогично определяется «восстанавливаемый элемент».

17 Невосстанавливаемая система
Нрк Неремонтируемая система
Unrestorable system

Система, которая в случае возникновения отказа не подлежит или не поддается восстановлению.

Примечания. 1. Невосстанавливаемая система, как правило, относится к системам однократного использования.

2. Система может считаться невосстанавливаемой иногда только на некотором отрезке времени эксплуатации, а в другое время — рассматриваться как восстанавливаемая система.

3. Аналогично определяется «невосстанавливаемый элемент».

II. Отказы

Классификационная таблица

Признак деления		Виды отказов (определения—см. стр. 18)	
I. Характер изменения параметра до момента возникновения отказа		Внезапный отказ	
		Постепенный отказ	
II. Связь с другими отказами		Независимый отказ	
		Зависимый отказ	
III. Возможность последующего использования после возникновения отказа		Полный отказ	
		Частичный отказ	
IV. Характер устранения отказа		Устойчивый отказ	
		Самоустраняющийся отказ	Сбой
			Перебегающий отказ
V. Наличие внешних проявлений		Очевидный (явный) отказ	
		Скрытый (неявный) отказ	
VI. Причина возникновения		Конструкционный отказ	
При конструировании	Ошибка конструктора -		
	Несовершенство принятых методов конструирования		
При изготовлении	Ошибка при изготовлении — нарушение принятой технологии	Технологический отказ	
	Несовершенство технологии		

Признак деления		Виды отказов
При эксплуатации	Нарушение правил эксплуатации	Эксплуатационный отказ
	Внешние воздействия, не свойственные нормальной эксплуатации	
VII. Природа происхождения		Естественный отказ
		Искусственный отказ (отказ, вызываемый намеренно)
VIII. Время возникновения отказов		Отказ при испытаниях
		Отказ периода приработки (прирабочный отказ)
		Отказ периода нормальной эксплуатации
		Отказ последнего периода эксплуатации

- 18 Внезапный отказ**
Нрк Случайный отказ; грубый отказ
Catastrophic failure; random failure; chance failure
 - 19 Постепенный отказ**
Нрк Негрубый отказ
Deterioration failure; degradation failure; gradual failure
 - 20 Независимый отказ**
Нрк Первичный отказ; основной отказ
Independent failure; primary failure
 - 21 Зависимый отказ**
Нрк Вторичный отказ
Dependent failure; secondary failure
 - 22 Полный отказ**
 - 23 Частичный отказ**
 - 24 Устойчивый отказ**
Stable failure
 - 25 Сбой**
Нрк Однократный отказ
Short duration failure
 - 26 Перемежающийся отказ**
Нрк Многократный отказ
Intermittent failure
 - 27 Конструкционный отказ**
Design error failure
 - 28 Технологический отказ**
 - 29 Эксплуатационный отказ**
Operational failure
- Отказ, возникший в результате скачкообразного изменения значений одного или нескольких основных параметров системы (элемента).
- Отказ, возникший в результате постепенного изменения значений одного или нескольких основных параметров системы (элемента).
- Отказ, возникший по любым причинам, кроме действия другого отказа.
- Отказ, возникший в результате другого отказа.
- Отказ, до устранения которого использование системы (элемента) по назначению становится невозможным.
- Отказ, до устранения которого остается возможность хотя бы частичного использования системы (элемента) по назначению.
- Отказ, который устраняется лишь в результате мер, принятых для восстановления работоспособности системы (элемента).
- Однократно возникающий; самоустраниющийся отказ, продолжительность действия которого мала по сравнению с продолжительностью работы до следующего отказа (порядка единиц секунд или долей секунды).
- Ряд сбоев, быстро следующих друг за другом.
- Отказ, обусловленный ошибками конструктора или несовершенством принятых методов конструирования.
- Отказ, обусловленный нарушениями принятого технологического процесса или несовершенством этого процесса.
- Отказ, обусловленный нарушениями принятых правил эксплуатации или внешними воздействиями, не предусмотренными для условий эксплуатации данной системы (элемента).

III. Резервирование

30 Резервирование

Нрк Избыточность
Redundancy

Метод повышения надежности системы (элемента) путем применения резервных систем и элементов.

Примечание. По отношению к системе различают «общее резервирование», при котором повышение надежности системы достигается применением резервных систем, и «раздельное резервирование», при котором применяются отдельные резервные элементы.

Резервирование, при котором резервные системы (элементы) присоединены к основным в течение всего времени работы и находятся в одинаковом с ними рабочем режиме.

Резервирование, при котором резервные системы (элементы) замещают основные после их отказа.

Резервирование, при котором применяется автоматическое обнаружение и замена отказавшей системы (элемента) резервной системой (элементом).

Резервная система (элемент), находящаяся в рабочем режиме.

Резервная система (элемент), находящаяся в неполном рабочем режиме.

Резервная система (элемент), не находящаяся в состоянии работы.

Совокупность систем (элементов), для которой необходимым и достаточным условием отказа является отказ хотя бы одной (любой) системы (элемента), входящей в данную совокупность.

Совокупность систем (элементов), для которой необходимым и достаточным условием отказа является отказ всех систем (элементов), входящих в данную совокупность.

Сочетание последовательного и параллельного соединений систем (элементов).

Примечание к терминам 37—39. Понятия, выражаемые терминами «последовательное соединение», «параллельное соединение», «смешанное соединение», относятся к блок-схемам анализа (расчета) надежности и не являются тождественными понятиям, которые относятся, например, к электрическим соединениям и выражаются аналогичными терминами.

31 Постоянное резервирование

Parallel redundancy;
passive redundancy

32 Резервирование замещением

Active redundancy;
stand-by redundancy

33 Автоматическое резервирование

Automatic redundancy

34 Нагруженный резерв

Нрк Горячий резерв
Loaded reserve; hot reserve

35 Облегченный резерв

Нрк Теплый резерв

36 Ненагруженный резерв

Нрк Холодный резерв
Unloaded reserve; cold reserve

37 Последовательное соединение

Нрк Функциональное соединение; основное соединение
Series connection

38 Параллельное соединение

Нрк Резервное соединение; вспомогательное соединение
Parallel connection

39 Смешанное соединение

Mixed connection; series-parallel connection

IV. Параметры

- 40 Нарботка**
Non-failure operating time
- Величина, принятая для измерения продолжительности работы системы (элемента).
- Примечание. Нарботка может измеряться единицами времени, числом циклов, включений и т. п. (приведенные соответствующие английские термины 40—43 относятся к величине, измеряемой единицами времени).
- 41 Нарботка между отказами**
Time between failures
- Нарботка системы (элемента) между двумя последовательно возникшими отказами.
- Примечание. Нарботка между отказами является случайной величиной.
- 42 Нарботка на отказ**
Mean time between failures
- Среднее значение наработки между отказами.
- 43 Суммарная наработка**
Accumulated operating time
- Сумма наработок одной или нескольких систем (элементов) за определенный период времени.
- 44 Долговечность невосстанавливаемого элемента**
Долговечность
Нрк Срок службы
Life; longevity
- Суммарная наработка невосстанавливаемого элемента от начала эксплуатации (испытания) до момента возникновения отказа, обусловленного основной неисправностью.
- Примечание. Различают: «индивидуальную долговечность», «среднюю долговечность» и т. п.
- 45 Технический ресурс**
Ресурс
- Суммарная наработка системы (элемента) от начала эксплуатации до ее прекращения, обусловленного изнашиванием и (или) старением.
- Примечание. Различают: «установленный технический ресурс», «индивидуальный технический ресурс», «средний технический ресурс» и т. п.
- 46 Заданная наработка**
Заданная продолжительность
Нрк Длительность задания; рабочее время
Operating time; mission time
- Заранее устанавливаемая наработка системы (элемента), необходимая для выполнения определенного задания.
- 47 Продолжительность простоя**
Простой
Нрк Длительность простоя
Down time
- Продолжительность перерыва в работе системы (восстанавливаемого элемента) по тем или иным причинам
- Примечание. Различают: «продолжительность вынужденного простоя» («время восстановления»), «среднюю продолжительность простоя» и «продолжительность планируемого простоя».
- 48 Вероятность безотказной работы**
Probability of survival
- Вероятность того, что в определенных условиях эксплуатации в пределах заданной продолжительности работы отказ не возникнет.

49 Частота отказов
Failure density function

Плотность вероятности наработки системы (элемента) до первого отказа; статистически определяется как отношение количества систем (элементов), отказавших в течение рассматриваемого промежутка времени испытания, к произведению первоначального количества испытываемых систем (элементов) на продолжительность того же промежутка времени.

Примечание. Частота отказов определяется при условии, что все системы (элементы) однотипны, испытываются (или работают) в одинаковом режиме и в случае возникновения отказа не восстанавливаются и не заменяются.

50 Интенсивность отказов
Нрк Опасность отказов; лямбда-характеристика
Failure rate; hazard

Отношение частоты отказов к вероятности безотказной работы невозстанавливаемой при испытании (при работе) системы (элемента), взятое для одного и того же момента времени; статистически определяется как отношение количества систем (элементов), отказавших в течение рассматриваемого промежутка времени испытания, к произведению количества систем (элементов), работоспособных к началу этого промежутка времени, на его продолжительность.

Примечание. Интенсивность отказов определяется при условии, что все системы (элементы) однотипны, испытываются (или работают) в одинаковом режиме и в случае возникновения отказа не заменяются.

51 Параметр потока отказов

Среднее количество отказов восстанавливаемой системы (элемента) в единицу времени, взятое для рассматриваемого момента времени.

Примечание. Под «потоком отказов» понимается рассматриваемый с точки зрения теории массового обслуживания поток событий, каждое из которых заключается в возникновении отказа.

52 Частость отказов
Mission success rate

Отношение количества отказавших систем (элементов) к общему количеству наблюдаемых (испытываемых) систем (элементов).

Примечание. Частость отказов обычно определяется при условии, что все системы (элементы) однотипны, испытываются в одинаковом режиме и в случае возникновения отказа не восстанавливаются и не заменяются.

53 Коэффициент стабильности надежности

Отношение значений параметра надежности системы (элемента), взятых для некоторых двух периодов времени.

54 Коэффициент готовности

Нрк Коэффициент использования; коэффициент исправного действия
Availability; in-commission rate

Вероятность того, что данная система (элемент) будет работоспособна в любой произвольно выбранный момент времени.

55 Коэффициент простоя

Down time ratio

Вероятность того, что данная система (элемент) будет неработоспособна в произвольно выбранный момент времени.

Примечание. Сумма коэффициента простоя и коэффициента готовности данной системы (элемента) равна единице.

56 Коэффициент восстанавливаемости

Restorability ratio

Отношение значения параметра системы (элемента) после ремонта к его значению до ремонта.

57 Коэффициент нагрузки

Relative severity factor

Отношение рабочей нагрузки, действующей на систему (элемент), к ее номинальной (установленной стандартами, инструкциями по эксплуатации и другими соответствующими документами) нагрузке при определенных условиях эксплуатации.

Примечание. В ряде случаев одна и та же система (элемент) может характеризоваться несколькими различными по значению коэффициентами нагрузки в зависимости от видов нагрузки (механическая, электрическая, тепловая и др.).

58 Производственный допуск

Допуск, установленный стандартами, техническими условиями на изготовление и другими соответствующими документами для параметра изготавливаемой системы (элемента).

59 Ремонтный допуск

Допуск, установленный техническими условиями на ремонт и другими соответствующими документами для параметра ремонтируемой системы (элемента).

60 Эксплуатационный допуск

Допуск, устанавливаемый инструкциями по эксплуатации и другими соответствующими документами для параметра эксплуатируемой системы (элемента).

61 Кратность резервирования

Redundancy rate

Отношение числа резервных систем (элементов) к числу основных (работающих) систем (элементов).

62 Показатель сложности

Нрк Оценка сложности; параметр сложности
Complexity units; complexity factor

Величина, характеризующая сложность системы (элемента) по тем или иным признакам.

Примечание. В первом приближении показателем сложности может быть, например, число деталей в системе (элементе)

V. Испытания

- 63 Испытание на надежность**
Reliability test
Экспериментальное определение значений параметров надежности системы (элемента) по установленной методике с целью оценки их соответствия требованиям технических условий
- 64 Испытание на долговечность**
Life test; longevity test
Экспериментальное определение значения параметра долговечности восстанавливаемого элемента по установленной методике с целью оценки соответствия этого параметра требованиям технических условий.
- 65 Испытание на сохранность**
Экспериментальное определение значений параметров сохранности системы (элемента) по установленной методике, с целью оценки их соответствия требованиям технических условий.
- 66 Ускоренные испытания**
Accelerated tests
Испытания на надежность, долговечность и др. в форсированном режиме с целью проведения этих испытаний в сокращенные сроки.
- 67 Граничные испытания**
Marginal testing; marginal checking
Экспериментальная оценка области допустимых изменений значений параметров элементов системы в зависимости от изменения окружающих условий и режима работы.
- 68 Прогнозирование отказов**
Экспериментальная оценка вероятной наработки (или сроков хранения) до момента возникновения ожидаемого отказа, а также выявление элементов, отказ которых в прогнозируемый период наиболее вероятен; осуществляется путем измерения значений параметров системы (элемента) по установленной методике.
- 69 Опытная эксплуатация**
Reliability field testing
Специально организованная эксплуатация системы (элемента), проводимая в условиях, максимально приближенных к нормальным, при регулярном контроле с целью изучения эксплуатационных свойств системы (элемента), главным образом ее надежности в данных условиях.
- 70 Подконтрольная эксплуатация**
Field performance program
Нормальная эксплуатация системы (элемента), над которой установлено дополнительное наблюдение с целью увеличения объема и достоверности информации об эксплуатационных свойствах системы (элемента), главным образом о ее надежности в данных условиях.
-

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ РУССКИХ ТЕРМИНОВ

Основные рекомендуемые термины даны полужирным шрифтом; параллельные, nereкомендуемые и приведенные в примечаниях термины — светлым шрифтом.

Числа обозначают номера терминов.

Номера терминов, приведенных в примечаниях, отмечены звездочкой.

Номера nereкомендуемых терминов заключены в скобки.

Термины, имеющие в своем составе несколько слов, расположены по алфавиту своих главных слов (обычно имен существительных в именительном падеже).

Запятая, стоящая после какого-либо слова, указывает на то, что при применении данного термина (в соответствии с написанием, принятым в настоящем сборнике) слова, стоящие после запятой, должны предшествовать словам, находящимся до запятой. Например, термин «Отказ, полный» следует читать «Полный отказ» (22); термин «Продолжительность работы, заданная», следует читать «Заданная продолжительность работы» (46).

Б		И	
Безотказность	2	Избыточность	(30)
		Изнашивание системы	11
		Изнашивание элемента	11*
		Износ	(11)
		Интенсивность отказов	50
		Исправность	5
		Испытание на долговечность	64
		Испытание на надежность	63
		Испытание на сохранность	65
		Испытания, граничные	67
		Испытания, ускоренные	66
В		К	
Вероятность безотказной работы	48	Коэффициент восстанавливаемости	56
Восстанавливаемость	12	Коэффициент готовности	54
Восстанавливаемость	(3)	Коэффициент использования	(54)
Время восстановления	47*	Коэффициент исправного действия	(54)
Время, рабочее	(46)	Коэффициент нагрузки	57
Выход из строя	(4)	Коэффициент простоя	55
		Коэффициент стабильности	
		Коэффициент надежности	53
		Кратность резервирования	61
Д		Л	
Дефект	(7)	Лямбда-характеристика	(50)
Длительность задания	(46)		
Длительность простоя	(47)		
Долговечность	44		
Долговечность, индивидуальная	44*		
Долговечность невосстанавливаемого элемента	44		
Долговечность, средняя	44*		
Допуск, производственный	58		
Допуск, ремонтный	59		
Допуск, эксплуатационный	60		

Н

Надежность	1
Наработка	40
Наработка, заданная	46
Наработка между отказами	41
Наработка на отказ	42
Наработка, суммарная	43
Неисправность	7
Неисправность, второстепенная	7*
Неисправность, основная	7*

О

Опасность отказов	(50)
Отказ	4
Отказ, внезапный	18
Отказ, вторичный	(21)
Отказ, грубый	(18)
Отказ, зависимый	21
Отказ, конструкционный	27
Отказ, многократный	(26)
Отказ, негрубый	(19)
Отказ, независимый	20
Отказ, однократный	(25)
Отказ, основной	(20)
Отказ, первичный	(20)
Отказ, перемежающийся	26
Отказ, полный	22
Отказ, постепенный	19
Отказ, случайный	(18)
Отказ, технологический	28
Отказ, устойчивый	24
Отказ, частичный	23
Отказ, эксплуатационный	29
Оценка сложности	(62)

П

Параметр потока отказов	51
Параметр сложности	(62)
Показатель сложности	62
Поток отказов	51*
Прогнозирование отказов	68
Продолжительность вынужденного простоя	47*
Продолжительность, заданная	46
Продолжительность планируемого простоя	47*
Продолжительность простоя	47
Продолжительность простоя, средняя	47*
Простой	47

Р

Работоспособность	6
Резерв, горячий	(34)
Резерв, нагруженный	34
Резерв, ненагруженный	36
Резерв, облегченный	35

Резерв, теплый	(35)
Резерв, холодный	(36)
Резервирование	30
Резервирование, автоматическое	33
Резервирование замещением	32
Резервирование, общее	30*
Резервирование, постоянное	31
Резервирование, раздельное	30*
Ремонтпригодность	3
Ремонтоспособность	(3)
Ресурс	45
Ресурс, индивидуальный технический	45*
Ресурс, средний технический	45*
Ресурс, технический	45
Ресурс, установленный технический	45*

С

Самовосстанавливаемость	13
Сбой	25
Система	14
Система, восстанавливаемая	16
Система, невосстанавливаемая	17
Система, неремонтируемая	(17)
Соединение, вспомогательное	(38)
Соединение, основное	(37)
Соединение, параллельное	38
Соединение, последовательное	37
Соединение, резервное	(38)
Соединение, смешанное	39
Соединение, функциональное	(37)
Состояние, рабочее	(6)
Сохранность	8
Срок службы	(44)
Стабильность надежности	9
Стабильность надежности при работе	9*
Стабильность надежности при хранении	9*
Старение системы	10
Старение элемента	10*

Ч

Частость отказов	52
Частота отказов	49

Э

Эксплуатация, опытная	69
Эксплуатация, подконтрольная	70
Элемент	15
Элемент системы	15
Элемент, восстанавливаемый	16*
Элемент, невосстанавливаемый	17*

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ АНГЛИЙСКИХ ТЕРМИНОВ

(Числа обозначают номера терминов)

A		Mean time between failures . .	42
Accelerated tests	66	Mission success rate	52
Accumulated operating time . .	43	Mission time	46
Active redundancy	32	Mixed connection	39
Automatic redundancy	33	N	
Availability	54	No-failure operation	2
C		Non-failure operating time . .	40
Catastrophic failure	18	O	
Chance failure	18	Operating time	46
Cold reserve	36	Operational failure	29
Complexity factor		P	
Complexity units		Parallel connection	38
D		Parallel redundancy	31
Defect	7	Passive redundancy	31
Degradation failure	19	Primary failure	20
Dependent failure	21	Probability of survival	48
Design error failure	27	R	
Deterioration failure	19	Random failure	18
Down time	47	Redundancy	30
Down time ratio	55	Redundancy rate	61
F		Relative severity factor	57
Failure	4	Reliability	1
Failure density function	49	Reliability field testing	69
Failure rate	50	Reliability test	63
Fault	7	Restorability	12
Field performance program . . .	70	Restorability ratio	56
G		Restorable system	16
Gradual failure	19	S	
H		Secondary failure	21
Hazard	50	Selfrestorability	13
Hot reserve	34	Series connection	37
I		Series-parallel connection . . .	39
In-commission rate	54	Short duration failure	25
Independent failure	20	Stable failure	24
Intermittent failure	26	Stand-by redundancy	32
L		System	14
Life	44	System aging	10
Life test	64	System component	15
Loaded reserve	34	System deterioration	10
Longevity	44	System element	15
Longevity test	64	System wear-out	11
M		T	
Maintainability	3	Time between failures	41
Marginal checking	67	Trouble	7
Marginal testing	67	U	
		Unloaded reserve	3
		Unrestorable system	17

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Буквенные обозначения величин
в теории надежности
2. Термины теории вероятностей
и математической статистики,
применяемые в теории надежности

БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ВЕЛИЧИН В ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ

№ п/п	Наименование величин (по алфавиту)	Буквенные обозначения		Примечание
		основные	запасные	
1	Вероятность безотказной работы системы за время t	P_0	$P_{0,t}$	где i — номер элемента
2	Вероятность безотказной работы элемента за время t	P_i		
3	Вероятность возникновения n отказов системы (элемента) за время t	P_n	$P_{n,t}$	
4	Вероятность возникновения хотя бы одного отказа системы за время t	Q		где i — номер элемента
5	Вероятность возникновения хотя бы одного отказа элемента за время t	q_i		
6	Долговечность невосстанавливаемого элемента. Долговечность	D		
7	Долговечность, средняя	$D_{ср}$		
8	Долговечность, индивидуальная	$D_{и}$		
9	Интенсивность отказов системы	Λ		
10	Интенсивность отказов элемента	λ		
11	Количество отказов	n		
12	Количество систем (элементов)	N		
13	Количество систем (элементов), начальное	N_0		
14	Коэффициент восстанавливаемости	$k_{вс}$		
15	Коэффициент готовности	k_r		
16	Коэффициент нагрузки	k_n		
17	Коэффициент простоя	k_p		
18	Коэффициент стабильности надежности	$k_{ст}$		
19	Коэффициент стоимости эксплуатации	$k_{сэ}$		
20	Кратность резервирования	$k_{рз}$		
21	Нагрузка элемента, номинальная	$H_{ном}$		
22	Нагрузка элемента, рабочая	$H_{раб}$		
23	Нагрузка элемента, разрушающая	$H_{раз}$		
24	Наработка (в единицах времени)	$t_{раб}$	t	
25	Наработка между отказами (в единицах времени)	$t_{i,j}$	t_i	
26	Наработка на отказ	T	$t_{от}$	
27	Наработка, суммарная	t_{Σ}		
28	Продолжительность простоя; простой	$t_{п}$		
29	Продолжительность работы, заданная	t_z		
30	Продолжительность ремонта	$t_{рем}$		

№ п/п	Наименование величин (по алфавиту)	Буквенные обозначения		Примечание
		основные	запасные	
31	Стоимость эксплуатации системы в течение одного года	$C_{\text{год}}$		Трудоемкость измеряется в человеко-часах
32	Стоимость изготовления системы	C_0		
33	Трудоемкость восстановления	$\tau_{\text{рем}}$	τ	
34	Трудоемкость отыскания неисправности	$\tau_{\text{рем1}}$	$\tau_{\text{он}}$	
35	Трудоемкость устранения неисправности	$\tau_{\text{рем2}}$	$\tau_{\text{ун}}$	
36	Частота отказов	f	a	
37	Частота отказов	W	S	

Правила пользования буквенными обозначениями

1. Запасные буквенные обозначения, указанные в таблице в графе «запасные», как правило, применяются взамен основных обозначений в тех случаях, когда применение последних может вызвать недоразумение вследствие обозначения одной и той же буквой разных понятий (величин).

2. Индексы применяются в тех случаях, когда необходимо отметить различие между несколькими величинами или значениями, обозначенными одной и той же буквой, например, указанием на различные процессы, условия, виды нагрузки и т. п., к которым относится данная величина или данное значение величины.

Индексы должны, как правило, состоять не более чем из трех знаков и располагаться внизу у основания буквы обозначения.

В случае применения нескольких индексов (например, для обозначения различных характеристик) при одном основном буквенном обозначении, допускается отделение их запятой (или запятыми).

В качестве нижних индексов применяются:

а) *цифры* — для обозначения порядковых номеров. Например, «вероятность отказа первого элемента» — q_1 ;

б) *строчные буквы русского алфавита*, соответствующие начальным буквам (или характерным буквам) наименования процесса, условия, состояния и т. п., к которому относится основное буквенное обозначение; например, «продолжительность ремонта» — $t_{\text{рем}}$; «коэффициент восстанавливаемости» — $k_{\text{вс}}$;

в) *буквы латинского и греческого алфавита*, — если они должны указывать на связь с понятием, для которого в качестве основного буквенного обозначения установлено обозначение латинской или греческой буквой; например, «вероятность возникновения n отказов за время t » — P_n или $P_{n, t}$.

3. Замена обозначений с предусмотренными настоящим сборником индексами обозначениями без индексов или с ограниченной индексацией допускается, если это не может вызвать недоразумений.

ТЕРМИНЫ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ МАТЕМАТИЧЕСКОМ РАССМОТРЕНИИ ЗАДАЧ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ¹

Помещаемый ниже список терминов с их толкованиями охватывает термины теории вероятностей и математической статистики, которые применяются при рассмотрении задач, относящихся к теории надежности, и являются наиболее существенными, по мнению составителей, для математического описания этих задач.

Составители придерживались обозначений, примененных в их книге «Краткий курс математической статистики для технических приложений» (Физматгиз, 1959).

Каждый термин сопровождается соответствующим английским термином, трактуемым применительно к словарю, подготовленному для Международного статистического института: M. G. Kendall and W. R. Buckland. A dictionary of statistical terms. Oliver and Boyd, 1957, Edinburg — London.

В конце дан список литературы.

Термины даны полужирным шрифтом. Курсивом выделены в тексте термины, включенные в данный список.

Настоящая публикация имеет справочный характер и является приложением к рекомендуемой терминологии, относящейся к теории надежности.

Альтернативная гипотеза. Alternative hypothesis. В теории проверки гипотез какая-нибудь из допустимых в данной обстановке гипотез, альтернативная (исключающая) по отношению к той, которая проверяется.

Бейесовское решение. Bayes' solution. Статистическая решающая функция, которая минимизирует *средний риск* принятия неправильного решения в предположении некоторого априорного распределения вероятностей оцениваемого параметра (основанного на предварительной информации относительно этого параметра).

¹ Составители—член-корр. АН СССР Н. В. Смирнов и канд. техн. наук, доц. И. В. Дунин-Барковский.

Биномиальное распределение. Binomial distribution. Распределение вероятностей числа появлений *случайного события* в n независимых испытаниях, в каждом из которых вероятность p появления данного события постоянна. Вероятность появления события x раз в n таких испытаниях:

$$p_n(x) = C_n^x p^x q^{n-x},$$

где C_n^x — число сочетаний из n элементов по x элементов; $q = 1 - p$ — вероятность не появления рассматриваемого события в одном каком-нибудь испытании.

Вероятность $p_n(x)$ представляет член, содержащий p^x , разложения бинোма $(q + p)^n$, которое определяет различные вероятности для числа появлений события $x = 0, 1, 2, \dots, n$, в сумме, равной единице. Совокупность всех этих вероятностей и называется биномиальным распределением.

Вариационный ряд. Упорядоченная выборка. Set of variate values. Ряд наблюдаемых значений *случайной величины*, расположенных в порядке возрастания их величины. Члены вариационного ряда называются «порядковыми статистиками» — среди них часто используются *медиана, квартили, децили* и т. д.

Вероятность. Probability. Положительное число, не превышающее единицу, представляющее собой количественную меру возможности появления *случайного события* в повторяющихся от опыта к опыту основных условиях. Конкретный смысл вероятности $P(A)$ случайного события A заключается в том, что она определяет среднюю *частоту*, с которой можно ожидать появление случайного события A в длинных сериях независимых испытаний. Именно в этой устойчивости находит свое выражение зависимость между появлением события и постоянными условиями опыта.

Выборочная совокупность. Выборка. Sample. Часть изучаемой совокупности или подгруппы из множества объектов, полученная тем или иным способом, обычно путем преднамеренного отбора объектов для исследования тех или иных свойств исходной совокупности. Для того, чтобы по результатам выборки можно было найти объективные оценки для *генеральной совокупности*, опираясь на теорию вероятностей, в математической статистике рассматривают обычно выборки, полученные в результате случайного отбора объектов, выполняемого по определенной методике.

Генеральная совокупность. Population. Коллектив или группа объектов статистического исследования, представляющих множество возможных значений *случайной величины*. При выборочном обследовании объектов — это исходная или общая совокупность, из которой извлекается *выборка*, или *выборочная совокупность*.

Дисперсионный анализ. Variance-analysis. Процедура анализа статистических данных, типичная задача для которой состоит в том, чтобы определить, в какой мере существенно влияние того или иного фактора или комбинации факторов на рассматриваемый признак. Общая *дисперсия*, обнаруженная рядом наблюдений и измеряемая суммой квадратов отклонений от средней ряда, может быть в определенных условиях подразделена на компоненты, ассоциирующиеся с определенными источниками вариации. Относительные величины этих компонентов и позволяют решить задачу существенности соответствующих факторов.

Дисперсия. Variance. Второй момент распределения, взятый относительно его центра (*математического ожидания* в распределении вероятностей и средней статистической в эмпирическом распределении), т. е. для распределения вероятностей

$$\int_{-\infty}^{\infty} (x - \nu)^2 dP(x) = DX = \mu_2,$$

где ν — математическое ожидание или первый начальный момент распределения; $P(x)$ — функция (интегральная) распределения вероятностей (в случае непрерывного распределения $P(x) = p(x) dx$, где $p(x)$ — плотность вероятности); для эмпирического распределения

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2,$$

где n — общее число наблюдений; \bar{x} — арифметическая средняя.

Доверительная вероятность. Confidence coefficient. Мера вероятности, ассоциируемая с *доверительным интервалом* и выражающая вероятность справедливости того положения, что этот интервал покроет отложенное на числовой оси истинное значение оцениваемого по выборочным данным параметра распределения.

Доверительные границы. Confidence limits. Значения t_1 и t_2 , которые образуют нижнюю и верхнюю границы *доверительного интервала*.

Доверительный интервал. Confidence interval. Если можно определить две оценки t_1 и t_2 — функции только выборочных значений, такие, что для оцениваемого по выборочным данным параметра Θ имеет место

$$P(t_1 \leq \Theta \leq t_2) = 1 - \alpha,$$

где α — некоторая фиксированная (малая) вероятность, то интервал между t_1 и t_2 называется доверительным интервалом. Утверждение о том, что Θ лежит в этом интервале, будет оправдываться в среднем в доле $1 - \alpha$ случаев оценивания по этому правилу, каково бы ни было Θ .

Достаточность оценки. Sufficiency. Свойство статистических оценок, определенное Р. А. Фишером. Оценка $\hat{\Theta}$ — функция выборки x_1, x_2, \dots, x_n называется достаточной для параметра Θ , если условное распределение *выборки* при заданном значении $\hat{\Theta}$ уже не будет зависеть от Θ . Таким образом, после того, как по данным выборки определено значение $\hat{\Theta}$, из этих данных нельзя извлечь никакой добавочной информации о величине оцениваемого параметра Θ . Вообще оценки $\hat{\Theta}_1, \hat{\Theta}_2, \dots, \hat{\Theta}_m$ «в совокупности достаточны» для параметров $\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_m$, если условное распределение выборочных значений при заданных значениях $\hat{\Theta}_1, \hat{\Theta}_2, \dots, \hat{\Theta}_m$ не зависит от параметров $\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_m$. Так, например, средняя арифметическая \bar{x} и эмпирическая дисперсия s^2 являются достаточными оценками для центра и дисперсии нормального распределения.

Закон больших чисел. Law of large numbers. Основная и общая закономерность, которой следуют средние из большого числа *случайных величин*.

В простейшем случае, когда имеется последовательность независимых в совокупности и одинаково распределенных случайных величин и существует математическое ожидание $\nu = MX_n$ ($n = 1, 2, \dots$) для любого $\varepsilon > 0$ при $n \rightarrow \infty$ вероятность

$$P \left(\left| \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} - \nu \right| > \varepsilon \right) \rightarrow 0.$$

Иными словами, *вероятность* того, что отклонение средних арифметических n таких *случайных величин* от общего для них *математического ожидания* превзойдет по абсолютному значению сколь угодно малое ε , стремится к нулю при возрастании n . При некоторых добавочных условиях эта закономерность выполняется и для не одинаково распределенных последовательностей и даже для зависимых случайных величин. Средние по таким величинам X_1, X_2, \dots, X_n при больших n оказываются почти близкими к средним по их математическим ожиданиям.

Интегральная функция распределения. Функция распределения. Distribution function. Вероятность того, что случайная величина X примет значение, меньшее любого заданного числа x , т. е.

$$P(x) \doteq P(X < x).$$

Согласно общему правилу, вся масса вероятности, соответствующая случайной величине X , равна единице. Поэтому значение $P(x)$ представляет долю вероятности всех значений X , меньших x . Для n случайных величин функция распределения $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ есть вероятность того, что случайная величина X_1 примет значение, меньшее x_1 , и одновременно величина X_2 примет значение, меньшее x_2 и т. д.

Испытание гипотезы. Проверка гипотезы. Testing of statistical hypothesis. Проверка по данным наблюдений *статистической гипотезы*.

Квартиль. Quartile. Имеются два квартиля: нижний, представляющий такое значение x , при котором непрерывная (строго возрастающая) *функция распределения* случайной величины $P(x)$ равна $1/4$, и верхний, при котором она равна $3/4$. Оба квартиля и центральное значение, называемое *медианой*, подразделяют числовую ось на такие четыре интервала, что вероятность попадания в каждый из них равна $1/4$. В случае, когда $P(x)$ — не строго монотонная или имеет разрывы (как, например, при дискретном распределении), квартиль однозначно не определяется.

Корреляция. Correlation. В самом широком смысле означает взаимную зависимость между количественными или качественными данными; в более узком и употребительном смысле означает связь между случайными переменными, при которой одна из них реагирует на изменение других изменениями своего *математического ожидания*.

Коэффициент вариации. Коэффициент изменчивости. Coefficient of variation. Отношение среднего квадратического отклонения σ_X к математическому ожиданию MX , умноженное на 100, т. е.

$$\frac{\sigma_X}{MX} 100 = \gamma_X.$$

В качестве оценки γ_X по выборке используется выборочный коэффициент вариации $v_x = \frac{s}{\bar{x}} 100$, где s — эмпирическое среднее квадратическое отклонение и \bar{x} — средняя арифметическая.

Коэффициент корреляции. Coefficient of correlation. Мера взаимной зависимости двух *случайных величин* — обычно отвлеченное число, лежащее в пределах от -1 до 1 ; значение его, равное нулю, указывает на отсутствие корреляции (что не означает еще независимости случайных переменных). Крайние значения -1 и 1 указывают на точную отрицательную или положительную линейную зависимость. Обычно коэффициент корреляции между случайными переменными X и Y представляет *математическое ожидание* произведения их отклонений от соответствующих математических ожиданий, поделенное на произведение средних квадратических отклонений этих величин, т. е.

$$\rho_{XY} = \frac{M[(X - MX)(Y - MY)]}{\sigma_X \sigma_Y},$$

где MX и MY — математические ожидания случайных величин X и Y соответственно и σ_X и σ_Y — их средние квадратические отклонения.

Для оценки ρ_{XY} по данным *выборки* используется эмпирический или выборочный коэффициент корреляции

$$r_{xy} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{s_x s_y},$$

где \bar{x} и \bar{y} — средние арифметические; s_x и s_y — средние квадратические отклонения величин X и Y , определяемые по наблюдаемым парам $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ значений этих величин.

Кривая распределения. Distribution curve. График функции распределения вероятностей. Чаще всего кривой распределения называют также график *плотности вероятности*.

Критерий значимости. Test statistic. Функция наблюдаемых значений *выборки*, служащая основой для испытания (проверки) статистических гипотез.

Критерий Колмогорова. Kolmogoroff-Smirnoff's test. Критерий согласия, основывающийся на теореме, доказанной А. Н. Колмогоровым. Пусть в порядке гипотезы допускается, что $P(x)$ есть некоторая непрерывная функция распределения случайной величины X и $W_n(x)$ — эмпирическая функция распределения, построенная по n независимым наблюдениям величины X (т. е. по выборке). Для оценки степени согласия между наблюдаемым распределением $W_n(x)$ и гипотетическим $P(x)$ определяется величина $D_n = \max |W_n(x) - P(x)|$. Доказывается, что 1) распределение критерия D_n не зависит от вида $P(x)$; 2) при большом n распределение $D_n \sqrt{n}$ близко к некоторому предельному, так что при $z > 0$ и $n \rightarrow \infty$

$$P(D_n \sqrt{n} < z) \rightarrow K(z) = \sum_{k=-\infty}^{k=\infty} (-1)^k e^{-2k^2 z^2}.$$

Исходя из этих предложений, можно строить приближенные доверительные границы для неизвестной функции $P(x)$. Дальнейшее развитие критерия и применение его к аналогичной задаче об оценке однородности двух независимых выборок принадлежит Н. В. Смирнову.

Критерий согласия. Goodness of fit. В общем смысле критерий соответствия между рядом наблюдаемых значений и вторым рядом, который строится целиком или частично, исходя из каких-либо теоретических допущений или гипотез. Чаще всего критерием согласия называют критерий для оценки соответствия между теоретически допускаемым распределением и данными наблюдений.

Критическая область. Critical region. Проверка *статистических гипотез* основывается на подразделении всей совокупности возможных результатов наблюдений или исходов опыта (пространства выборок — по принятой в математической статистике терминологии) на две взаимно исключающих области. Если результат выборки попадает в первую область (область принятия гипотезы), то проверяемая гипотеза признается не противоречащей данным наблюдений. Если же она попадает во вторую область, называемую «критической» областью, то гипотеза отвергается, как несогласующаяся с данными наблюдений. Выбор критической области для испытания гипотезы контролируется вероятностями совершения *ошибки первого* или *второго* рода.

Математическое ожидание. Mean value. Mathematical expectation. Числовая характеристика «центра» одномерного или многомерного распределений случайных величин. Представляет среднее «взвешенное» по вероятностям

значение случайной величины. Математическое ожидание определяется соотношениями: для дискретной случайной величины

$$MX = \sum_x xp(x),$$

где $p(x)$ — вероятность получения значения x случайной величиной X ; для непрерывной случайной величины с плотностью вероятности $p(x)$

$$MX = \int_{-\infty}^{\infty} xp(x) dx.$$

Общее выражение для MX дается с помощью интеграла Стильтьеса $MX = \int xp(x)$, где $P(x)$ — функция распределения случайной величины X .

Медиана. Median. Одна из характеристик распределения случайной величины. Для непрерывного распределения медиана MeX определяется соотношением

$$P(x = MeX) = \frac{1}{2},$$

где $P(x)$ — непрерывная строго возрастающая функция распределения случайной величины X .

Для дискретного распределения медиане можно дать определение лишь при условии, что существует такое значение, которое подразделяет общее число $2N + 1$ возможных значений случайной величины на две равновероятные части объема N . Тогда медианой будет «эн» плюс первое $(N + 1)$ значение.

Метод наибольшего правдоподобия. Maximum-likelihood method. Метод оценивания одного или нескольких параметров генеральной совокупности с помощью того значения, которое максимизирует правдоподобие выборки. Например, если правдоподобие есть $L(x_1, x_2, \dots, x_n, \theta)$, то параметр θ оценивается при помощи такой оценки $\hat{\theta}$, являющейся функцией от x_1, x_2, \dots, x_n , для которой

$$\left[\frac{\partial L}{\partial \theta} \right]_{\theta=\hat{\theta}} = 0 \quad \text{и} \quad \left[\frac{\partial^2 L}{\partial \theta^2} \right]_{\theta=\hat{\theta}} < 0.$$

Многомерное распределение. Multivariate distribution. Совместное распределение n случайных величин ($n > 1$) или что то же самое, распределение вероятности n случайных переменных X_1, X_2, \dots, X_n , задаваемое функцией распределения $P(X_1 < x_1, X_2 < x_2, \dots, X_n < x_n)$ или плотностью распределения $p(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

Мода. Mode. Модой MoX случайной величины X называется ее значение, имеющее наибольшую вероятность (при дискретном распределении) или наибольшую плотность вероятности (при непрерывном распределении). Модой эмпирического распределения m_0x называется значение, имеющее наибольшую частоту.

Мощность критерия значимости. Power. Мощность критерия, используемого для проверки статистической гипотезы, представляет вероятность того, что проверяемая гипотеза будет отброшена, когда имеет место одна из альтернативных гипотез. Мощность критерия зависит от выбора критической области. Она будет наибольшей, когда вероятность ошибки второго рода будет наименьшей.

Независимые испытания. Independent trials. Последовательные стохастические испытания, в которых вероятность любого из возможных исходов — случайных событий в одном каком-нибудь испытании — не зависит от

исходов других испытаний. Обычно этот термин относится к случаям, когда вероятность появления события одинакова во всех испытаниях. Сюда относятся все классические примеры, такие, как извлечение шаров из урны с возвращением всякий раз вынутого шара в урну, подбрасывание монеты и т. п.

Независимые события. Independent events. Два события называются независимыми, если вероятность одного из них не изменяется от того, произошло или нет другое событие, т. е.

$$P(A) = P(A|B) \text{ и } P(B) = P(B|A).$$

Из этого следует, что вероятность совместного наступления событий в одном испытании $P(AB) = P(A) P(B)$, если события A и B независимы.

Несмещенная оценка. Unbiased estimator. Оценка $\hat{\theta}$, полученная по выборке и имеющая для любого объема выборки математическое ожидание, равное оцениваемому параметру θ , так что $M|\hat{\theta}| = \theta$. Например, выборочная (эмпирическая) дисперсия s^2 не является несмещенной оценкой дисперсии генеральной совокупности (теоретической дисперсии) σ^2 , так как

$$Ms^2 = \frac{n-1}{n} \sigma^2,$$

где

$$\bar{s}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2.$$

С другой стороны, оценка

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2$$

является несмещенной оценкой σ^2 ввиду того, что $M\bar{s}^2 = \sigma^2$. Оценка, не являющаяся несмещенной, называется смещенной оценкой. Если она является несмещенной для любого типа распределения, как, например, оценка \bar{s}^2 для σ^2 , то она называется абсолютно несмещенной. Если она не смещенная и линейная по отношению к данным наблюдений, то ее называют несмещенной линейной оценкой.

Если оценка стремится стать несмещенной с увеличением объема выборки (численности наблюдений), то она называется асимптотически несмещенной. Такова, например, оценка s^2 для σ^2 .

Нормальное распределение. Normal distribution. Непрерывное распределение вероятностей на всей действительной оси, задаваемое равенством

$$dP(x) = p(x) dx = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx,$$

где a — математическое ожидание и σ — среднее квадратическое отклонение. Функция распределения $P(x)$ нормального распределения с параметрами a и σ часто кратко обозначается $N(x; a; \sigma)$. Это распределение называют еще гауссовым, лапласовым, гаусс-лапласовым распределением. Оно было, по-видимому, впервые открыто Муавром как предельная форма биномиального распределения.

Оперативная характеристика. Operating characteristic. Описание свойств принятого правила проверки статистической гипотезы с помощью указания вероятности принятия проверяемой гипотезы (нулевой), когда на самом деле осуществляется некоторая альтернативная гипотеза. Так, например, в приемочном контроле качества продукции доброкачественность данного правила

приемки обнаруживается с помощью оперативной характеристики, обеспечивающей малую вероятность приемки партии с большей долей негодных изделий и близкую к единице вероятность приемки партии с малой долей негодных изделий. Оперативная характеристическая функция может рассматриваться как дополнение к функции мощности критерия значимости в теории проверки *статистических гипотез*.

Отношение правдоподобия. Likelihood ratio. Если x_1, x_2, \dots, x_n представляют случайную выборку из генеральной совокупности величины X с плотностью распределения $f(x; \theta_1; \theta_2; \dots; \theta_k)$, где $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k$ — неизвестные параметры, то правдоподобие этой выборки есть

$$L = \prod_{i=1}^{i=n} f(x_i; \theta_1; \theta_2; \theta_k).$$

Пусть эта функция параметров (при фиксированных x_i) будет достигать максимума где-нибудь в пространстве параметров Ω . Обозначим этот максимум через $L(\hat{\Omega})$. Подпространству параметров ω (т. е. для множества значений $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k$, корреспондирующих некоторым ограничениям, наложенным на параметры) будет соответствовать также максимальное значение $L(\hat{\omega})$. Нулевая гипотеза H_0 , заключающаяся в том, что исследуемая генеральная совокупность принадлежит подпространству ω пространства Ω , может быть проверена с помощью отношения правдоподобия

$$\lambda = \frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})}, \quad 0 \leq \lambda \leq 1,$$

представляющего функцию x_1, x_2, \dots, x_n или некоторых надлежаще выбранных функций λ . Этот метод принадлежит Нейману и Пирсону. Он может быть обобщен на многомерный случай.

Ошибка второго рода. Error of second kind. Ошибка, заключающаяся в принятии *статистической гипотезы* в то время, когда она является ложной и должна быть отброшена. Вместе с ошибкой первого рода является основой теории проверки статистических гипотез, начала которой заложены Нейманом и Пирсоном. В отличие от *ошибки первого рода*, вообще говоря, не определяется просто выбором областей принятия гипотезы и отбрасывания *критической области*. Обычная процедура выбора *критерия значимости* и правил проверки гипотез состоит в фиксировании величины ошибки первого рода и при этом условии — минимизации ошибки второго рода надлежащим выбором критической области.

Ошибка первого рода. Error of first kind. Ошибка, состоящая в том, что *статистическая гипотеза* отбрасывается как ложная в то время, когда она на самом деле верна и должна быть принята. Вероятность этого рода ошибки определяется надлежащим выбором областей: 1) принятия гипотезы и 2) отбрасывания гипотезы (критической области).

Плотность вероятности. Frequency function. В несколько формальном смысле плотность вероятности представляет первую производную *функции распределения*, т. е.

$$p(x) = \frac{dP(x)}{dx},$$

где $P(x)$ — функция распределения случайной величины X , так что $dP(x) = p(x)dx$ с точностью до бесконечно малых высшего порядка представляет вероятность, соответствующую элементарному промежутку $(x, x + dx)$ и

$$\int_{\alpha}^{\beta} p(x) dx = P(\beta) - P(\alpha) = P(\alpha \leq X \leq \beta).$$

Понятие плотности обобщается и на многомерные распределения.

Последовательный анализ. Sequential analysis. Анализ материала наблюдений последовательным методом отбора, т. е. при последовательном получении данных наблюдений друг за другом по одному или группами для того, чтобы по результатам анализа данных на любой стадии отбора судить, следует ли дальше продолжать накапливать наблюдения или прекратить наблюдения. В этом случае объем выборки не фиксируется и зависит от фактических результатов отбора от одного объекта (группы) к другому объекту (группе). Процедура отбирания данных подчиняется надлежащим правилам, которые определяются степенью требуемой точности и надежности вывода.

Правдоподобие. Likelihood. Если распределение непрерывных случайных величин X_1, X_2, \dots, X_n , зависящих от параметров $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k$, задается в виде

$$dP = f(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k) dx_1, dx_2, \dots, dx_n,$$

то функция $f(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k)$, рассматриваемая как функция параметров $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k$ при фиксированных x_1, x_2, \dots, x_n , называется функцией правдоподобия. Функция правдоподобия обычно обозначается символом L ; во многих отношениях более удобной функцией является логарифм правдоподобия, который также иногда обозначается через L .

Если выборка, состоящая из независимых значений x_1, x_2, \dots, x_n , отобрана из однородно распределенной совокупности с плотностью вероятности $f(x, \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k)$, то правдоподобие выборки представляет произведение

$$\prod_{i=1}^{i=k} f(x_i, \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k)$$

с очевидным обобщением на многомерный случай.

Противоположные события. Взаимнодополнительные события. Complementary events. Два несовместимых события, одно из которых неизбежно происходит в каждом испытании.

Процесс Маркова. Markoff's process. Один из важнейших типов случайных процессов, получивший название по имени выдающегося русского математика академика А. А. Маркова. Процесс Маркова $X(t)$ обладает следующим свойством. Когда известно значение $x(t_0)$, которое приняла величина $X(t)$ в момент t_0 , то при этом условии всякий вероятностный прогноз о протекании процесса в будущем (т. е. для $t > t_0$) вовсе не зависит от того, как протекал процесс до момента t_0 (при $t < t_0$). Частным случаем процессов этого рода являются «цепи Маркова», описывающие эволюцию физических систем, могущих находиться в одном из возможного множества состояний E_1, E_2, \dots, E_s . причем смена состояний возможна лишь в определенные моменты времени $t_0 < t_1 < t_2 < t_3 < \dots < t_k$. Математическое описание стационарной цепи Маркова дается матрицей «переходных» всроятностей P_{ij} , определяющих условную вероятность (для системы) находиться в состоянии E_j в момент t_{k+1} , если известно что в предшествующий момент t_k система находилась в состоянии E_i . Для полной определенности цепи нужно еще задание начальных вероятностей π_k ($k = 1, 2, \dots$) (для момента t_0) находиться в состоянии E_k .

Размах варьирования. Широта распределения. Range. Разность между наибольшим и наименьшим значениями ряда значений случайной величины, являющаяся простейшей мерой величины рассеивания и в виде среднего размаха в повторных выборках могущая служить для оценки среднего квадратического отклонения.

Распределение отношения дисперсий. Variance-ratio distribution. Распределение отношения двух независимых случайных величин, каждая из которых следует χ^2 -распределению (таково, например, распределение отношения $F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$ двух дисперсий, полученных в двух независимых выборках из нормальной генеральной совокупности).

Распределение задается функцией

$$P(F) dF = \frac{k_1^{\frac{k_1}{2}} k_2^{\frac{k_2}{2}} \Gamma\left(\frac{k_1 + k_2}{2}\right) F^{\frac{k_1}{2} - 1} dF}{\Gamma\left(\frac{k_1}{2}\right) \Gamma\left(\frac{k_2}{2}\right) \left(\frac{k_1}{k_2} F + 1\right)^{\frac{k_1 + k_2}{2}}},$$

где k_1 и k_2 — числа степеней свободы соответственно числителя и знаменателя в отношении

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}.$$

Распределение впервые было использовано Р. А. Фишером в несколько трансформированном виде (критерий z).

Распределение Пуассона. Poisson distribution. Распределение числа X_t появлений события за промежуток времени t в случайном процессе Пуассона, характеризующемся: 1) стационарностью, т. е. тем, что вероятность появления ровно k -событий за промежуток времени $(t_0, t_0 + t)$ не зависит от t_0 ; 2) отсутствием последствия, т. е. независимостью протекания процесса в неперекрывающихся промежутках времени; 3) практической невозможностью появления двух или более событий в бесконечно малом промежутке времени. Вместо времени t в различных конкретных задачах появляются другого рода параметры (протяженность, объем и т. д.). В качестве асимптотического распределения оно применяется для предсказания вероятностей появления редкого события в длинных сериях испытаний. Вероятность появлений ровно x -событий в промежутке времени t задается формулой

$$P(X_t = x) = \pi_\lambda(x) \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^x}{x!},$$

где параметр λ равен математическому ожиданию числа появлений события за единицу времени, так что

$$MX_t = \lambda t.$$

Дисперсия X_t численно равна MX , т. е.

$$DX_t = \sigma_{x_t}^2 = \lambda t.$$

Распределение Стьюдента. Student's distribution. t -distribution. Распределение, задаваемое следующей функцией:

$$dP(t) = \frac{\Gamma\left[\frac{1}{2}(k+1)\right]}{\sqrt{k\pi} \Gamma\left(\frac{1}{2}k\right)} \left(1 + \frac{t^2}{k}\right)^{-\frac{1}{2}(k+1)} dt,$$

$$-\infty \leq t \leq \infty$$

где k — число степеней свободы. Этому закону распределения, в частности, следует отношение выборочной средней, отсчитываемой от генеральной средней, т. е. отклонение $(\bar{x} - \nu)$ к выборочному среднему квадратическому отклонению, поделенному на корень квадратный из объема выборки без единицы, т. е. величина

$$t = \frac{\bar{x} - \nu}{s / \sqrt{n-1}}.$$

Поскольку это распределение не зависит от параметров исходного распределения, то оно может быть использовано для построения *доверительного интервала* для генеральной средней.

Регрессия. Regression. Если случайная величина состоит из двух компонент: случайной и систематической, зависящей от переменной x , т. е.

$$Y = f(x) + \varepsilon.$$

то регрессией Y на X называется уравнение

$$y = f(x),$$

при математическом ожидании ε , равном нулю.

Определение остается справедливым и в том случае, когда X представляет не одну переменную, а ряд переменных X_1, X_2 и т. д. X может представлять значения случайной величины. В этом случае регрессия Y на X может рассматриваться как выражение зависимости математического ожидания Y (при заданном x) от соответствующих x , т. е.

$$M(Y|x) = f(x).$$

Наиболее часто встречающаяся форма $f(x)$ представляет полином, в частности, линейную функцию, задающую регрессию Y на X в виде

$$M(Y|x) = y = \beta_0 + \beta_1 x$$

или для n переменных в виде

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n.$$

Такое выражение называется уравнением регрессии.

Решающая функция. Decision function. Правило, следуя которому на любой стадии выборочного исследования (в зависимости от полученных результатов) можно судить о том, необходимы ли дальнейшие наблюдения или собранные наблюдения достаточны и, в последнем случае, какой вывод из них можно сделать. На каждой стадии (за исключением первой) решающая функция представляет функцию предыдущих наблюдений. До тех пор, пока не получил развития *последовательный анализ*, решающие функции были большей частью простого типа и основывались на выборках фиксированного объема, которые предписывали принятие или отбрасывание гипотез или устанавливали пределы для оцениваемых параметров.

Случайная величина. Variate. Random variable. Переменная, могущая принимать значения из определенного множества чисел в зависимости от поступления того или иного события данного поля. Случайная величина есть, таким образом, некоторая функция случайных событий поля и поэтому ей соответствует определенное распределение вероятностей.

Случайное событие. Random event. Событие, принадлежащее рассматриваемому в данной задаче «полю элементарных событий», т. е. всевозможных исходов определенного *статистического испытания*. Оно может быть составлено с помощью операций (сложение, вычитание, умножение, деление) из элементарных событий поля и ему соответствует определенная вероятностная мера — вероятность данного события.

Случайный процесс. Стохастический процесс. Вероятностный процесс. Random process. Stochastic process. Совокупность случайных величин $X(t)$, где t — значение некоторого неслучайного параметра в интервале T . Параметр t может быть, например, временем наблюдения, но может относиться также к распределению величин в пространстве и принимать как непрерывные, так и дискретные значения.

Состоятельная оценка. Consistent estimator. Выборочная оценка, сходящаяся по вероятности к оцениваемому параметру. Так, например, при любой функции распределения $P(x)$ можно получить

$$Ds^2 = \sigma_{s^2}^2 = \frac{\mu_4 - \mu_2^2}{n} - \frac{2\mu_4 - 2\mu_2^2}{n^2} + \frac{\mu_4 - 3\mu_2^2}{n^3},$$

где

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2,$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i.$$

$Ds^2 = \sigma_{s^2}^2$ — дисперсия выборочного значения s^2 ; n — число наблюдений;

$$\mu_2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - MX)^2 dP(x);$$

$$\mu_4 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - MX)^4 dP(x),$$

где MX — математическое ожидание.

При $n \rightarrow \infty$ имеем $\sigma_{s^2}^2 \rightarrow 0$ и так как при том же условии $Ms^2 \rightarrow \sigma^2$, то s^2 сходится по вероятности к σ^2 , где σ^2 — дисперсия исходного распределения.

Таким образом, s^2 является состоятельной оценкой σ^2 , но она в то же время есть смещенная оценка того же параметра.

Способ наименьших квадратов. Least-squares method. Техника оценивания, при которой оцениваемые значения интересующих исследователя параметров определяются, исходя из минимизации определенной квадратичной формы, зависящей от наблюдаемых и оцениваемых значений. В определенной ситуации этот метод дает в некотором смысле оптимальные результаты. Два случая, имеющие наибольшее значение в статистике, сводятся к следующему: а) когда ищется линейная *несмещенная оценка* с минимальной дисперсией; б) когда рассматриваемая теоретическая модель включает нормально распределенные ошибки. В этом случае оценка с помощью способа наименьших квадратов становится эквивалентной оцениванию по максимуму *правдоподобия*.

Среднее квадратическое отклонение. Standart deviation. Взятый с положительным знаком корень квадратный из *дисперсии*, т. е.

$$\sigma_X = + \sqrt{\sigma_X^2} \text{ — для теоретического распределения}$$

и

$s = + \sqrt{s^2}$ — для эмпирического распределения, служит наиболее употребительной характеристикой рассеивания.

Средний риск. Risk. Вообще в статистике имеет обычный смысл, но наряду с этим в теории решающих функций, когда рассматривается выбор из некоторого числа возможных (на основе имеющейся информации) решений, средний риск представляет среднюю стоимость экспериментирования плюс среднее значение возможных потерь при неправильных решениях.

Средняя арифметическая. Arithmetical mean. Для ряда значений x_1, x_2, \dots, x_n — сумма этих значений, разделенная на их число, т. е.

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} x_i = \bar{x}.$$

Статистическая гипотеза. Statistical hypothesis. Гипотеза относительно параметров или формы распределения вероятности для определенной генеральной совокупности или нескольких совокупностей.

Статистическая характеристика. Estimator. Правило или метод оценивания постоянных параметров генеральной совокупности с помощью функций выборочных значений; эти функции являются случайными величинами, распределения которых имеют большое значение для суждения о точности и реальности оценивания с их помощью упомянутых постоянных.

Стохастическое испытание. Trial. Осуществление на практике какого-нибудь комплекса условий, могущего быть воспроизводимым сколь угодно большое число раз.

Сходимость по вероятности. Stochastic convergence. Convergence in probability. Один из типов сходимостей, связанных с вероятностью. Последовательность X_1, X_2, \dots, X_n случайных величин называют сходящейся по вероятности к случайной величине X , если

$$\lim P(|X_n - X| > \varepsilon) = 0$$

при любом $\varepsilon > 0$. В частном случае, когда $X = a$, где a постоянное число, говорят также, что последовательность $\{X_n\}$ имеет стохастическим пределом a .

Теорема Бернулли. Bernoulli's theorem. Теорема Бернулли, заключающаяся в следующем: вероятность того, что отклонение частоты X/n появления случайного события от его вероятности p не превзойдет по абсолютному значению сколь угодно малого $\varepsilon > 0$, стремится к единице при возрастании n , т. е.

$$P\left(\left|\frac{X}{n} - p\right| \leq \varepsilon\right) \rightarrow 1 \text{ при } n \rightarrow \infty,$$

где n — число произведенных испытаний; X — число появлений случайного события в этих испытаниях, причем предполагаются независимость испытаний и постоянство вероятности появления события в каждом испытании.

Теорема Лапласа. Laplace's theorem. Эта предельная теорема, из которой следует теорема Бернулли, состоит в следующем: если имеется n независимых испытаний, в каждом из которых вероятность появления рассматриваемого события равна p , и x число появлений этого события, то имеет место предельное соотношение

$$P\left(z_1 \leq \frac{x - np}{\sqrt{npq}} \leq z_2\right) \rightarrow \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{z_1}^{z_2} e^{-\frac{z^2}{2}} dz,$$

какими бы ни были числа z_1 и z_2 . Здесь $q = 1 - p$ — вероятность непоявления события в одном испытании. Теорема, таким образом, устанавливает,

что число x появлений события в n испытаниях распределено приближенно нормально для больших n .

Теорема Ляпунова. Liapunoff's theorem. Центральная предельная теорема теории вероятностей, устанавливающая применимость *нормального распределения* к суммам большого числа независимых *случайных величин*. Если X_i ($i = 1, 2, \dots$) представляет последовательность независимых случайных величин с центрами ν_i , дисперсиями σ_i^2 и абсолютными третьими центральными моментами

$$\rho_i^3 = \int_{-\infty}^{\infty} |x - \lambda_i|^3 dP(x),$$

то сумма $\sum_{i=1}^n X_i$ асимптотически нормально распределена, если выполнено

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\rho}{\sigma} = 0,$$

где

$$\rho = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^n \rho_i^3} \quad \text{и} \quad \sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2},$$

так что при любом ε и $n \rightarrow \infty$

$$P\left(\sum_{i=1}^n X_i - \sum_{i=1}^n \nu_i < z\sigma\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{x^2}{2}} dx.$$

Теорема Чебышева. Chebysheff's theorem. Теорема, формулирующая условия применимости *закона больших чисел*. По отношению к *средним арифметическим независимых случайных величин* эти условия (достаточные) состоят в том, чтобы *дисперсии* $D(\xi_1), D(\xi_2), \dots$ каждой из независимых величин последовательности $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$ были ограничены сверху одним и тем же числом, так что $D(\xi_1) < C, D(\xi_2) < C, \dots, D(\xi_n) < C$, где C — постоянное положительное число.

В этом случае

$$P\left\{\left|\frac{\sum_{k=1}^n \xi_k}{n} - \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n M(\xi_k)\right| < \varepsilon\right\} \xrightarrow{n \rightarrow \infty} 1.$$

Уровень значимости. Level of significance. Критерии проверки гипотез связаны с применением некоторой статистической оценки t , имеющей при выбранной гипотезе определенное распределение вероятностей. Когда гипотеза верна, это распределение позволяет определить вероятность $P(t_0 \leq t \leq t_1)$, причем t_0 и t_1 выбираются так, чтобы эта вероятность была близка к единице. О применимости гипотезы обычно судят по наблюдаемому значению оценки t : если такое значение имеет малую вероятность, оказываясь вне границ t_0 и t_1 установленного интервала, то гипотеза отвергается. Вероятность не попасть в допустимую область $t_0 < t < t_1$ называется уровнем значимости и обычно выражается в процентах. Выбранный уровень значимости определяет вероятность *ошибок первого рода*. Конкретные значения уровней значимости зависят от всей совокупности обстоятельств, связанных с проверкой гипотезы, но наиболее употребительными уровнями значимости являются 5,1 и 0,1%.

Условная вероятность. Conditional probability. Вероятность наступления одного из событий рассматриваемого поля событий в предположении, что другое событие наступило, называется условной вероятностью A при условии B и обозначается символом

$$P(A|B).$$

Такая вероятность используется, например, для подсчета вероятности $P(AB)$ совместного появления события A и B по формуле

$$P(AB) = P(A) P(B|A).$$

Условное математическое ожидание. Conditional mathematical expectation. Математическое ожидание случайной величины Y в двумерном распределении (X, Y) при фиксированном значении $X = x$, обозначаемое через $M(Y/x)$. Так, например, для дискретного двумерного распределения имеем

$$M(Y(x)) = \sum_y y_i p(y_i | x),$$

где $p(y_i|x)$ — условная вероятность получения y_i при фиксированном значении $X = x$.

Подобным же образом получается $M(Y|x)$ для непрерывного двумерного распределения. Аналогично вводятся условная дисперсия и условные моменты более высоких порядков. Все это обобщается и на многомерный случай вообще.

Формула Байеса. Bayes' formula. Формула для подсчета условной вероятности одного из несовместимых событий B_1, B_2, \dots, B_n , при одном из которых только и может осуществиться событие A , а также при условии, что событие A произошло

$$P(B_i | A) = \frac{P(B_i) P(A | B_i)}{\sum_{j=1}^{d=n} P(B_j) P(A | B_j)},$$

где $P(B_i | A)$ — условная вероятность события B_i при условии наступления события A ; $P(B_i)$ — безусловная вероятность события B_i ; $P(A | B_i)$ — вероятность события A при условии наступления события B_i .

Функция риска. Risk function. Математическое ожидание функции потерь от использования той или иной из возможных решающих функций в предположении определенного распределения вероятностей рассматриваемого класса

Хи-квадрат (χ^2) распределение. Распределение, задаваемое функцией плотности $p(x)$

$$dP(x) = p(x) dx = \frac{1}{2^{\frac{n}{2}} \Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} x^{\frac{n}{2}-1} e^{-\frac{x}{2}} dx,$$

где

$$P(x) = P(\chi^2 < x) = \int_0^x p(x) dx.$$

Параметр n называется числом степеней свободы.

Это распределение можно рассматривать как распределение суммы квадратов нормально распределенных величин с нулевым центром и дисперсией, равной единице у каждой из них, так что

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{i=n} X_i^2, \text{ причем } M(x_i) = 0, D(x_i) = 1.$$

Частость события. Relative frequency. Число $k_N(A)$ или относительная частота появлений случайного события A в серии испытаний, поделенное на общее число N испытаний данной серии, т. е.

$$W_N(A) = \frac{k_N(A)}{N}.$$

Частота событий. Frequency. Число $k_N(A)$ появлений случайного события A в данной серии испытаний, число которых равно N .

Эффективная оценка. Efficient estimator. Статистическая оценка, обладающая наименьшей дисперсией среди возможных оценок рассматриваемого параметра.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Арлей Н. и Бух К. Введение в теорию вероятностей и математическую статистику. Перевод с англ. ГИИЛ, 1961.
- Бартлет М. С. Введение в теорию случайных процессов. Перевод с англ. ГИИЛ, 1958.
- Бернштейн С. Н. Теория вероятностей. Гостехиздат, 1946.
- Боев Г. П. Теория вероятностей. Гостехиздат, 1950.
- Бородачев Н. А. Основные вопросы теории точности производства. Изд-во АН СССР, 1950.
- Боярский А. Я. Математика для экономистов. Госстатиздат, 1957.
- Браунли К. А. Статистические исследования в производстве. Перевод с англ. ГИИЛ, 1949.
- Бруевич Н. Г. Точность механизмов. Гостехиздат, 1946.
- Бунимович В. П. Флюктуационные процессы в радиоприемных устройствах. Изд-во «Советское радио», 1951.
- Ван дер Варден Б. Л. Математическая статистика. Перевод с нем. ГИИЛ, 1960.
- Вентцель Е. С. Теория вероятностей. Физматгиз, 1958.
- Вудворт Ф. М. Теория вероятностей и теория информации с применением в радиолокации. Перевод с англ. изд-во «Советское радио», 1955.
- Гливенко В. И. Курс теории вероятностей. ГОНТИ, 1939.
- Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей. Изд. 2. Гостехиздат, 1954.
- Гнеденко Б. В. Лекции по теории массового обслуживания. Вып. 1—2. Киевское высшее инженерное радиотехническое училище, 1960.
- Гончаров В. Л. Теория вероятностей. Оборонгиз, 1939.
- Гренандер У. Случайные процессы и статистические выводы. Перевод с англ. ГИИЛ, 1961.
- Давенпорт В. Б. и Рут В. Л. Введение в теорию случайных сигналов и шумов. Перевод с англ. ГИИЛ, 1960.
- Длин А. М. Математическая статистика в технике. Изд. 3. Изд-во «Советская наука», 1958.
- Долуханов М. П. Введение в теорию передачи сигналов по электрическим каналам связи. Связьиздат, 1955.
- Дуб Дж. Л. Вероятностные процессы. Перевод с англ. ГИИЛ, 1956.
- Дунин-Барковский И. В. и Смирнов Н. В. Теория вероятностей и математическая статистика в технике (общая часть). Гостехиздат, 1955.
- Колмогоров А. Н. Основные понятия теории вероятностей. ОНТИ, 1936.
- Крамер Г. Математические методы статистики. Перевод с англ. ГИИЛ, 1948.
- Кутай А. К. и Кордонский Х. Б. Анализ точности и контроль качества в машиностроении с применением методов математической статистики. Машгиз, 1958.
- Левин Б. Р. Теория случайных процессов и ее применение в радиотехнике. Изд-во «Советское радио», 1960.

- Л и н н и к Ю. В. Способ наименьших квадратов и основы теории обработки наблюдений. Физматгиз, 195.
- Л у к о м с к и й Я. И. Теория корреляции и ее приложение к анализу производства. Госстатиздат, 1958.
- Л э н и н г Дж. Х. и Б э т т и н Р. Г. Случайные процессы в задачах автоматического управления. Перевод с англ. ГИИЛ, 1958.
- М е с я ц е в П. П. Применение теории вероятностей и математической статистики при конструировании и производстве радиоаппаратуры. Оборонгиз, 1958.
- М и т р о п о л ь с к и й А. К. Статистическое исследование. ВЗЛИ, 1952—1954.
- Н а л и м о в В. В. Применение математической статистики при анализе вещества. Физматгиз, 1960.
- Н е м ч и н о в В. С. Полиномы Чебышева и математическая статистика. Изд. ТСХА, 1946.
- П у г а ч е в В. С. Теория случайных функций и ее применение к задачам автоматического управления. Гостехиздат, 1957.
- Р о м а н о в с к и й В. И. Применение математической статистики в опытном теле. Гостехиздат, 1947.
- Р у м ш и с к и й Л. З. Элементы теории вероятностей. Физматгиз, 1960.
- С м и р н о в Н. В. и Д у н и н - Б а р к о в с к и й И. В. Краткий курс математической статистики для технических приложений. Физматгиз, 1959.
- С о л о д о в н и к о в В. В. Введение в статистическую динамику систем автоматического управления. Гостехиздат, 1952.
- Ф и ш е р Р. А. Статистические методы исследований. Перевод с англ. Госстатиздат, 1958.
- Ф р а й Т о р н т о н. Теория вероятностей для инженеров. Перевод с англ. ГТТИ, 1934.
- Х а л ь д А. Математическая статистика с техническими приложениями. Перевод с англ. ГИИЛ, 1956.
- Х и н ч и н А. Я. Асимптотические законы теории вероятностей. ОНТИ, 1936.
- Х и н ч и н А. Я. Математические методы теории массового обслуживания. Труды матем. ин-та им. В. А. Стеклова. Изд-во АН СССР, 1955.
- Ю л Д. Э. и К э н д е л М. Дж. Теория статистики. Перевод с англ. Госстатиздат, 1960.
- Я г л о м А. М. и Я г л о м И. М. Вероятность и информация. Гостехиздат, 1957.
- Я с т р е м с к и й Б. С. Математическая статистика. Гостехиздат, 1956.
-

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Введение	3
Терминология	13
I. Общие понятия	13
II. Отказы. Классификационная таблица. Виды отказов	16
III. Резервирование	19
IV. Параметры	20
V. Испытания	23
Алфавитный указатель русских терминов	24
Алфавитный указатель английских терминов	26
Приложения	27
1. Буквенные обозначения величин в теории надежности	28
2. Термины теории вероятностей и математической статистики, применяемые при математическом рассмотрении задач теории надежности	30
Литература	46

Сборники рекомендуемых терминов

Выпуск 60

Теория надежности в области радиоэлектроники

Утверждено к печати Комитетом технической терминологии Академии наук СССР

РИСО АН СССР № 81—78В. Сдано в набор 6/IV 1962 г. Подписано к печати 13/VI 1962 г.

Формат 60×90¹/₁₆. Печ. л. 3. Уч.-издат 3,2. Т-06343. Тираж 5000 экз.

Изд. № 966. Тип. зак. № 582

Цена 22 коп.

Издательство Академии наук СССР. Москва, Б-62, Подсосенский пер., 21
2-я типография Издательства АН СССР. Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
36	17 св.	Ms^2	$M\bar{s}^2$
39	1 сн.	t	dt
42	20—21 св.	probabiity	probability

Цена 22 коп.