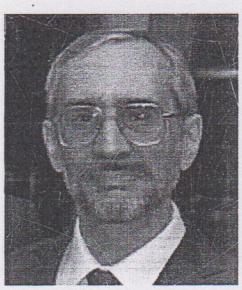
Новый международный терминологический стандарт по надежности

Виктор А. Нетес, *Московский технический университет связи и информатизации, Москва, Россия, e-mail: vicnet@yandex.ru*



Виктор А. Нетес

Резюме. *В 2015 г. Международная электротехническая комиссия приняла новый международный стандарт IEC 60050-192, устанавливающий основные термины в области надежности и дающий их определения. Он был подготовлен ТК МЭК 56 «Надежность» под контролем ТК 1 «Терминология» и представляет собой Часть 192 Международного электротехнического словаря. Этот стандарт заменил принятый еще в 1990 г. предыдущий аналогичный стандарт IEC 60050-191. Статья посвящена IEC 60050-192, знакомство с которым необходимо всем специалистам в области надежности. Новый стандарт сравнивается как с прежним IEC 60050-191, так и с аналогичным отечественным ГОСТ 27.002–89. По сравнению с IEC 60050-191 в новом стандарте изменились заглавие и охват. Исключены разделы, содержащие термины, относящиеся к качеству услуг электросвязи и системам электроэнергетики. Исходя из этого, IEC 60050-192 озаглавлен просто «Надежность» (Dependability). Таким образом, он стал полностью соответствовать своему статусу горизонтального (т.е. межотраслевого, общетехнического) стандарта. Терминология в области надежности дается применительно к техническому объекту. Анализируются определение этого понятия, возможный состав объекта и ряд терминов, характеризующих виды объектов. В IEC 60050-192 дано новое определение понятия «надежность»: способность объекта функционировать как и когда требуется. Вокруг этого определения велись активные дискуссии, как в кругу экспертов МЭК, участвовавших в разработке стандарта, так и среди отечественных специалистов. Также изменилась и совокупность свойств, составляющих надежность, к которым стандарт относит: готовность, безотказность, восстанавливаемость, ремонтопригодность и обеспеченность технического обслуживания и ремонта, а в некоторых случаях также долговечность, безопасность и защищенность. Новым понятием здесь является «восстанавливаемость», которая определяется, как способность объекта восстанавливаться после отказа без ремонта. Рассматриваются разделы стандарта, посвященные состояниям объекта и временным понятиям, отказам и нарушениям, техническому обслуживанию и ремонту, показателям надежности, испытаниям, проектированию или конструированию, анализу и повышению надежности. При этом приводятся и при необходимости объясняются важнейшие термины, указываются новые термины, добавленные в стандарт, и термины, исключенные из него. Обращается внимание на отсутствие у некоторых терминов адекватных русских эквивалентов. Делается вывод, что хотя отечественная и международная терминология по надежности имеют много общего, между ними есть и существенные различия. Они обусловлены тем, что стандартизация терминология по надежности в нашей стране, начавшаяся полвека назад, многие годы шла в отрыве от аналогичной деятельности в международном масштабе. В силу указанных различий в настоящее время создание нового ГОСТ, гармонизированного с IEC 60050-192, не представляется возможным. Однако при этом надо стремиться к максимально возможному сближению отечественной и международной терминологии.*

Ключевые слова: *надежность, термины и определения, международный стандарт, Международная электротехническая комиссия.*

Формат цитирования: *Нетес В.А. Новый международный терминологический стандарт по надежности // Надежность. 2016. №3. С. 54-58. DOI: 10.21683/1729-2640-2016-16-3-54-58*

В начале 2015 г. Международная электротехническая комиссия (МЭК) приняла новый международный стандарт (МС) 60050-192, устанавливающий основные термины в области надежности и дающий их определения. Он представляет собой Часть 192 Международного электротехнического словаря (International Electrotechnical Vocabulary, IEV). Этот стандарт заменил принятый еще в 1990 году МС 60050-191, а также поправки к нему 1999 и 2002 годов. Вначале предполагалось, что новый стандарт будет второй редакцией МС 60050-191, но затем ему был дан иной номер (причина этого будут объяснена ниже).

МС 60050-192 был подготовлен Техническим комитетом (ТК) МЭК 56 «Надежность» под контролем ТК 1 «Терминология». Разработка шла довольно долго, ход этой работы был отражен в ряде публикаций на русском языке [1–3], однако основные цели этих статей были другими, и об этом стандарте в них говорилось достаточно кратко. Данная статья специально посвящена МС 60050-192, знакомство с которым необходимо всем специалистам в области надежности. Следует также обратить внимание на то, что некоторые понятия этого МС используются при создании нового межгосударственно-

го стандарта, который должен прийти на смену ГОСТ 27.002–89, и работа над которым идет полным ходом.

Конечно, в одной статье невозможно охватить все содержание МС 60050-192, поэтому здесь будут рассмотрены только наиболее важные моменты. При этом новый стандарт будет сравниваться как с прежним МС 60050-191, так и с аналогичным отечественным ГОСТ 27.002–89. По ходу изложения после первого упоминания терминов в скобках будут приводиться их английские эквиваленты из МС 60050-192.

С МС 60050-192, также как и с другими частями IEV, можно ознакомиться по онлайновой версии этого словаря, называемой «Электропедия» (www.electropedia.org/). Доступ к этому интернет-ресурсу свободный. Термины по надежности и их определения там даны на английском и французском языках, а только термины (без определений) еще и на арабском, немецком, испанском, японском, польском, португальском и китайском. Русской версии, к сожалению, нет (для МС 60050-191 она существовала, хотя и не была представлена в «Электропедии»). Полный текст МС на английском и французском языках в электронном виде или на бумаге можно приобрести через сайт МЭК (цена 310 швейцарских франков).

По сравнению с МС 60050-191 в новом стандарте изменились заглавие и охват. Исключены разделы, содержащие термины, относящиеся к качеству услуг электросвязи и системам электроэнергетики. Терминология по качеству услуг электросвязи содержится в Рекомендации Е.800 Международного союза электросвязи [4], а терминам по надежности и качеству услуг систем электроэнергетики будет посвящен специальный МС 60050-692, разрабатываемый в настоящее время. Исходя из этого, МС 60050-192 озаглавлен просто «Надежность» (Dependability), тогда как МС 60050-191 назывался «Надежность и качество услуг» (Dependability and Quality of Service). Именно по этой причине был изменен и номер стандарта. Таким образом, МС 60050-192 стал полностью соответствовать своему статусу горизонтального (т.е. межотраслевого, общетехнического) стандарта, который должны использовать в свой работе все ТК по стандартизации.

Терминология в области надежности дается применительно к (техническому) объекту (item). В МС 60050-191 в определении этого термина просто перечислялись различные виды объектов: любая часть, компонент, устройство, подсистема, функциональная единица, аппаратура или система, которая может рассматриваться в отдельности. Однако вряд ли это исчерпывающий перечень всех возможных видов объектов. Поэтому в новом МС объект определен просто как предмет рассмотрения, а список указанных видов объектов перенесен в примечание. После этого даются определения терминам подобъект (sub item), система (system) и подсистема (subsystem).

В еще одном примечании указано, что объект может состоять из аппаратных средств, программного обеспечения, людей или любой их комбинации. Далее терминам «аппаратные средства» (hardware) и «программное обеспечение» (software) даются определения. В стандарт включен также ряд терминов, характеризующих различные виды программного обеспечения (ПО): системное ПО (system software), прикладное ПО (application software), компьютерная программа (computer program), микропрограммное обеспечение (firmware), встроенное ПО (embedded software).

Термины «ремонтируемый / неремонтируемый объект» (repaired / non-repaired item), бывшие в прежнем МС, заменены на более точные «ремонтопригодный / неремонтопригодный объект» (repairable / non-repairable item). Дело в том, что словосочетание «ремонтируемый объект» может пониматься двояко: как объект, ремонт которого возможен, или как объект, ремонт которого осуществляется в данный момент. Чтобы исключить второе неверное понимание, термины и были заменены.

В МС 60050-191 определение ключевого термина «надежность» (dependability) фактически сводилось к перечислению составляющих его свойств: готовности (availability), безотказности (reliability), ремонтопригодности (maintainability) и обеспеченности технического обслуживания и ремонта (maintenance support performance). В МС 60050-192 дано новое определение надежности: способность объекта функционировать как и когда требуется (ability to perform as and when required). Вокруг этого определения велись активные дискуссии, как в кругу экспертов МЭК, участвовавших в разработке стандарта, так и среди отечественных специалистов. Анализу этого и других определений надежности была посвящена специальная статья [3], поэтому здесь этот вопрос не рассмотрен.

К этому определению дано примечание, в котором перечисляются свойства, составляющие надежность. К ним относятся: готовность, безотказность, восстанавливаемость (recoverability), ремонтопригодность и обеспеченность технического обслуживания и ремонта, а в некоторых случаях также долговечность (durability), безопасность и защищенность (safety and security). Готовность, безотказность, ремонтопригодность и обеспеченность технического обслуживания и ремонта, как уже было сказано, присутствовали и в МС 60050-191. Термин «долговечность» также был в МС 60050-191, однако там его связь с надежностью оставалась неясной. Хотя безопасность и защищенность и упомянуты в примечании, как самостоятельные термины, имеющие определения, они в МС 60050-192 отсутствуют.

Новый термин «восстанавливаемость» определяется, как способность объекта восстанавливаться после отказа без ремонта. Действительно, зачастую восстановление осуществляется, например, путем переключения на резерв или перезагрузки ПО. Эти действия нельзя относить к ремонту, поэтому способность к подобному восстановлению не охватывается понятием «ремонтопригодность», что потребовало введения нового термина. Частным случаем восстанавливаемости является самовосстанавливаемость, когда восстановление происходит без внешнего воздействия на объект. Эти термины, конечно, тесно связаны с понятием «восстановление», которое будет рассмотрено ниже.

Говоря о составляющих надежность свойствах, напомним, что в соответствии с ГОСТ 27.002–89 надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать безотказность, долговечность, ремонтопригодность и сохраняемость или определенные сочетания этих свойств. Термина «готовность» в явном виде в нашем стандарте нет, однако присутствуют показатели, количественно характеризующие это свойство: коэффициент готовности и коэффициент оперативной готовности. С другой стороны, в МС нет сохраняемости.

Из МС 60050-192 исключены бывшие в прежнем МС общие термины «эффективность» (effectiveness) и «производительность» (capability), как не относящиеся непосредственно к надежности.

В новом, как и в прежнем МС, есть раздел, посвященный состояниям объекта. В ГОСТ 27.002–89 определены две пары состояний: исправное – неисправное, работоспособное – неработоспособное (исправный объект всегда работоспособен, неисправный объект может быть и работоспособным, и неработоспособным; работоспособный объект может быть исправен и неисправен, неработоспособный объект всегда неисправен). В МС нет эквивалентов исправному и неисправному состояниям, однако есть целый ряд других терминов, характеризующих различные состояния объекта. В частности, выделяются рабочее (operating) и нерабочее (non-operating) состояния. В первом из них объект выполняет какую-либо требуемую функцию, во втором – не выполняет никакой требуемой функции.

Для каждого состояния вводится время пребывания в этом состоянии. Далее определяются также времена, связанные с техническим обслуживанием и ремонтом объекта. Разобраться во всем хитросплетении этих времен помогают приведенные в стандарте два рисунка. В числе временных понятий определяется срок службы (useful life), а также период ранних отказов (early life failure period, infant mortality period), период постоянной интенсивности отказов (constant failure intensity period) и период износовых отказов (wear-out failure period). Последние три характерны для объектов, имеющих U-образную кривую интенсивности отказов.

В разделе, посвященном отказам, исключен ряд терминов. Например, такие виды отказов, как критический (critical) и некритический (non-critical), внезапный (sudden) и постепенный (gradual), учитываемый (relevant) и неучитываемый (non-relevant), деградационный (degradation) и др. В то же время остались такие виды отказов, как полный (complete) и частичный (partial), независимый (primary) и зависимый (secondary), систематический (systematic) и др., добавлен программный отказ (software failure).

Остались также термины «причина отказа» (failure cause), «механизм отказа» (failure mechanism), «отказы по общей причине» (common cause failures), «отказы общего вида» (common mode failures). Первые два из них достаточно понятны, приведем определения последних двух. Отказы по общей причине – отказы различных объектов, возникающие по единой причине, которые без рассмотрения причин считались бы независимыми. Отказы общего вида – отказы различных объектов, характеризующиеся одним и тем же видом отказа. Лучшему пониманию этого термина способствует введение понятия «вид отказа» (failure mode), определяющегося как способ, которым отказ себя проявляет. Добавлены также термины «последствия отказа» (failure effect), рассматриваемые как внутри, так вне границ отказавшего объекта; «критичность» (criticality) – тяжесть последствий в соответствии с установленными критериями оценки.

Один из разделов МС посвящен понятию, которое впрямую не имеет аналога в сложившейся русскоязычной терминологии по надежности. По-английски оно выражается термином 'fault" и определяется следующим образом: неспособность объекта функционировать как требуется из-за его внутреннего состояния.

В русской версии МС 60050-191 fault перевели «существенная неисправность», в ГОСТ Р 27.002–2011 (изначально ГОСТ Р 53480–2009) – просто «неисправность». Однако подобный перевод вряд ли можно признать удачным, поскольку по многолетней традиции, закрепленной рядом стандартов, в частности ГОСТ 27.002–89, «неисправность» есть краткая форма термина «неисправное состояние». Между тем, согласно своему определению, fault не является состоянием. Кстати, подобная трактовка понятия «неисправность» в ГОСТ Р 27.002–2011 резко критиковалась специалистами [5, 6], поскольку согласно нашим стандартам неисправность вовсе не всегда приводит к неспособности объекта функционировать (поэтому при переводе МС 60050-191 и было добавлено «существенная»). Нельзя переводить fault и словом «отказ», хотя, как это будет видно из дальнейшего, эти понятия тесно связаны. В качестве рабочего русского эквивалента далее будет использоваться слово «нарушение» (автор с благодарностью рассмотрит и другие предложения на этот счет).

К определению нарушения даны несколько примечаний. Первое указывает, что нарушение может возникнуть в результате отказа или быть присуще самому объекту, или быть следствием недостатков более ранних стадий жизненного цикла, таких как задание технических требований к объекту, проектирование или конструирование, производство, техническое обслуживание и ремонт. Соответствующие уточняющие слова могут использоваться для указания причины нарушения: из-за ошибок при задании технических требований (specification), проектирования или конструирования (design), производства (manufacturing). Еще одно примечание говорит, что тип нарушения может ассоциироваться с типом отказа, например, износовое (wear-out) нарушение и износовый отказ. Указано также, что объект может иметь более одного нарушения.

В этом разделе исключены некоторые термины, характеризующие типы нарушений: критическое (critical) и некритическое (non-critical), существенное (major) и

несущественное (minor), полное (complete) и частичное (partial) и ряд других. Остались такие типы нарушений, как перемежающееся (intermittent), скрытое (latent), систематическое (systematic), программно чувствительное (programme-sensitive). Добавлены программное (software) и чувствительное к данным (data-sensitive) нарушения.

Еще одним термином МС, не имеющим непосредственного русского эквивалента в ГОСТ 27.002–89, является "maintenance". Его можно перевести словосочетанием «техническое обслуживание и ремонт», включающим два самостоятельных в нашей терминологии понятия. В качестве обобщающего термина, эквивалентного английскому "maintenance", можно предложить «техническое содержание», уже имеющееся в ГОСТ 31192–2013 «Надежность в железнодорожной технике. Основные понятия. Термины и определения».

Операции по техническому содержанию разделяются на предупредительные (preventive) и корректирующие (corrective). Первые проводятся для уменьшения деградации и снижения вероятности отказа, вторые выполняются после обнаружения нарушения для восстановления работоспособности. Выделяются также такие виды технического содержания, как плановое (scheduled) и неплановое (unscheduled), отложенное (deferred), по состоянию (condition-based), автоматическое (automatic), удаленное (remote) и др.

Добавлен мониторинг состояния (condition monitoring) – получение информации о физическом состоянии и эксплуатационных параметрах объекта. Он используется для определения потребности в предупредительных операциях технического содержания.

Ремонт (repair) относится к корректирующему техническому содержанию и определяется как непосредственное действие, предпринимаемое для восстановления. Он включает в себя локализацию нарушения (fault localization), диагностику нарушения (fault diagnosis), исправление нарушения (fault correction) и проверку функционирования (function checkout). Во время ремонта не включаются технические, административные и логистические задержки.

Восстановление (restoration) определяется в МС как событие возврата объекта в работоспособное состояние после отказа. Поэтому длительность периода неработоспособности после отказа называется «время до восстановления». В ГОСТ 27.002–89 под восстановлением понимается процесс перевода объекта в работоспособное состояние из неработоспособного состояния, поэтому используется термин «время восстановления». Каждая из трактовок понятия «восстановление» – как событие и как процесс – имеет свои плюсы и минусы. В частности, подход МС дает удобную парность терминов: отказ – восстановление (оба события), время до отказа – время до восстановления.

В МС 60050-191 в качестве синонима термина "restoration" давалось слово "recovery". Однако в МС 60050-192 оно введено как самостоятельный термин, и ему придан несколько иной смысл: восстановление без корректирующего технического содержания. Его частным случаем является самовосстановление (self-recovery), происходящие без внешнего вмешательства.

Новым понятием является также «техническое содержание ПО» (software maintenance) – модификация ПО с целью устранения нарушения, адаптации к новым условиям или улучшения характеристик. Соответственно оно может быть корректирующим, адаптивным (adaptive) или совершенствующим (perfective).

Разделы, содержащие показатели надежности (measures), мало изменились. Отметим, что в отличие от ГОСТ 27.002–89 в МС для ряда показателей дается более глубокая дифференциация. Например, нет общего термина «коэффициент готовности», а определяются отдельно нестационарный (мгновенный) коэффициент готовности (instantaneous availability), усредненный коэффициент готовности (mean availability), стационарный коэффициент готовности (steady state availability). Аналогичным образом определяются и три коэффициента неготовности (unavailability).

Также различаются собственная (внутренняя) готовность (inherent availability) и эксплуатационная готовность (operational availability). Собственная готовность обеспечивается при разработке (конструировании, проектировании) для идеальных условий эксплуатации, технического обслуживания и ремонта. При этом такие задержки, связанные с техническим обслуживанием и ремонтом, как логистические и административные, исключаются. Эксплуатационная готовность определяется в реальных условиях эксплуатации, технического обслуживания и ремонта. При этом берется в расчет все время неработоспособности после отказа с учетом всех задержек за исключением только тех, которые обусловлены внешними причинами.

Раздел, посвященный испытаниям, значительно расширен, в него добавлен ряд новых терминов. В их числе: отбраковочные испытания (screening test), предназначенные для обнаружения и удаления из выборки дефектных объектов или объектов, подверженных риску ранних отказов; тестирование по принципу черного ящика (black-box testing), при котором используется только знание функциональных спецификаций испытуемого объекта; тестирование по принципу белого ящика (white-box testing), при котором используется знание внутренней структуры испытуемого объекта; цензурирование (censoring) – исключение при оценке данных, полученных после истечения установленной продолжительности или наступления данного числа событий, и др. Введены также специальные термины, относящиеся к испытаниям ПО, например, лабораторные испытания (альфа-тестирование) ПО (software alpha test), эксплуатационные испытания (бета-тестирование) ПО (software beta test) и др. Вместе с тем некоторые термины исключены. В частности, термин «контрольные испытания» (compliance test) остался, а «определительные испытания» (determination test) – исключен.

Расширен раздел, содержащий понятия, относящиеся к проектированию или конструированию (design). В нем остались все термины из прежнего МС: резервирование (redundancy), постоянное резервирование (active redundancy), резервирование замещением (standby redundancy), отказобезопасность (fail-safe), устойчивость к нарушениям (fault tolerance), маскирование нарушений (fault masking). При этом некоторым из них даны новые более точные определения.

Добавлено несколько терминов, относящихся к резервированию, в частности, смешанное резервирование (diverse redundancy) и резервирование *m* из *n* (*m* out of *n* redundancy). Включен ряд терминов общего характера: системная реконфигурация (system reconfiguration), предупреждение нарушений (fault avoidance), самопроверка (self-checking), самотестирование (self-testing), а также ряд терминов, специфических для программных средств, в частности, N-версионное программирование (N-version programming), обратное восстановление (backward recovery), прямое восстановление (forward recovery). Последние два термина означают восстановление после ошибок соответственно путем возврата к предыдущему состоянию и путем перехода в новое состояние.

А вот раздел, посвященный анализу надежности, сокращен. Из него исключены термины, смысл которых ясен без определений, а также носящие частный характер. Остались такие термины, как прогнозирование (prediction), анализ видов и последствий отказов (failure modes and effects analysis); анализ видов, последствий и критичности отказов (failure modes, effects and criticality analysis); дерево нарушений (fault tree); анализ дерева нарушений (fault tree analysis); структурная схема надежности (reliability block diagram); диаграмма состояний и переходов (state-transition diagram). Отметим, что в первых двух из этих терминов в прежнем МС фигурировали не отказы, а нарушения (fault modes… analysis). Добавлены в раздел: распределение требований по надежности (allocation <of dependability requirements>), анализ дерева событий (event tree analysis), оценка стоимости жизненного цикла (life cycle costing).

Подобной же переработке подвергся и раздел с понятиями, относящимися к повышению надежности. Большинство терминов, бывших в этом разделе прежнего МС, исключены. Важные вновь включенные термины: система отчетности об отказах, анализа и корректирующих действий (failure reporting, analysis and corrective action system) – процесс замкнутого цикла, используемый для повышения надежности текущих и будущих разработок на основе данных тестирования, модификации и использования опыта; анализ первопричин (root cause analysis) – систематический процесс выявления причин нарушений, отказов и других нежелательных событий, направленный на исключение возможности их возникновения при проектировании / конструировании или путем изменения процесса или процедуры.

Подводя итоги, следует отметить, что хотя отечественная и международная терминология по надежности имеют много общего, есть между ними и существенные различия. Они обусловлены тем, что стандартизация терминология по надежности в нашей стране, начавшаяся полвека назад, многие годы шла в отрыве от аналогичной деятельности в международном масштабе. К сожалению, и до сих пор есть немало специалистов, не понимающих всей важности гармонизации отечественных стандартов с международными. В силу указанных различий в настоящее время создание нового межгосударственного стандарта (ГОСТ), гармонизированного с МС МЭК 60050-192, не представляется возможным. Однако при этом надо стремиться к максимально возможному сближению отечественной и международной терминологии.

Для достижения этого следует не только приближать наши стандарты к международным, но и вести работу по включению принятых у нас понятий и терминов в МС. Это требует активного участия наших специалистов в работе по созданию МС, причем не только заочного (по переписке), но и с поездками на заседания. Однако в очередной раз приходится констатировать, что вклад российских специалистов в разработку МС 60050-192 был весьма невелик. На ранних стадиях работы в ней участвовали наши эксперты (в частности, авторы [1]), но в последние лет пять, главным образом из-за отсутствия финансирования, такого участия не было.

Библиографический список

1. Богданова Г.А., Нетес В.А. МЭК/ТК 56: стандартизация для надежности // Методы менеджмента качества. 2009. № 5. С. 44–47.

2. Нетес В.А., Тарасьев Ю.И., Шпер В.Л. Актуальные вопросы стандартизации терминологии в области надежности // Надежность. 2014. № 2. С. 116–119.

3. Нетес В.А., Тарасьев Ю.И., Шпер В.Л. Как нам определить что такое «надежность» // Надежность. 2014. № 4. С. 3–14.

4. ITU-T Recommendation E.800 (09/08). Definitions of terms related to quality of service.

5. Нетес В.А., Резиновский А.Я., Тарасьев Ю.И., Ушаков И.А., Фишбейн Ф.И., Шпер В.Л. Деградация вместо гармонизации // Стандарты и качество. 2011. № 5.

6. Ушаков И.А. Незваный ГОСТ // Методы менеджмента качества. 2011. № 5.

Сведения об авторе

Виктор А. Нетес, доктор технических наук, профессор, Московский технический университет связи и информатизации, заместитель председателя Технического комитета по стандартизации № 119 «Надежность в технике», Москва, Россия

111024, Россия, Москва, ул.Авиамоторная, 8а, e-mail: vicnet@yandex.ru

Поступила 15.08.2016