

## Улучшение познавательной функции понятий технической диагностики с применением системного подхода и собственных свойств модели

С.В. Микони

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН,  
Санкт-Петербург, Россия

### Аннотация

Предпочтение англоязычным публикациям сказалось на качестве современной русской научной терминологии. На примере одной из монографий показана потеря взаимосвязи между основными понятиями технической диагностики, следующая из их определений. К причинам такого положения следует отнести: пренебрежение основополагающими отечественными стандартами в области надёжности и диагностики, заимствование иностранных определений без учёта особенностей национального языка, утерю образного восприятия терминов и отсутствие научного подхода к формированию определений понятий. На основе определений понятий, сформулированных в основополагающих отечественных стандартах, устанавливаются связи между отказом, ошибкой, дефектом и неисправностью, иллюстрируемые наглядной структурно-функциональной моделью диагностирования вычислительной системы. Для улучшения познавательной функции понятий предлагается использовать системный подход и собственные свойства модели (функция, структура, операция). С их применением выполнен критический анализ определения понятия «тестирование», предложено определение этого понятия, удовлетворяющее системным требованиям.

**Ключевые слова:** отказ, ошибка, дефект, неисправность, тестирование, системный подход, собственные свойства модели, функция, структура, операция, образ.

**Цитирование:** Микони, С.В. Улучшение познавательной функции понятий технической диагностики с применением системного подхода и собственных свойств модели / С.В. Микони // Онтология проектирования. – 2020. – Т.10, № 2(36). – С.163-175. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-2-163-175.

### Введение

За прошедшие 30 лет под натиском зарубежных технологий и публикаций оказались забытыми многие разработки отечественной науки, что проявляется, прежде всего, в используемой терминологии. В качестве примера в статье рассмотрена терминология *технической диагностики*, предложенная в недавно вышедшей монографии [1], содержащей следующие определения ряда основных понятий.

«Под *тестированием вычислительных систем* (далее ВС) понимают вид деятельности в процессе их разработки и использования, связанный с выполнением процедур, направленных на обнаружение ошибок, несоответствий, неполноты, двусмысленностей и других некорректных ситуаций при функционировании текущей версии ВС». Но «...процедуры, направленные на обнаружение ошибок, ...» применяются также в процессе контроля, диагностирования и в отказоустойчивых вычислениях ВС. Приведённое определение не позволяет отделить тестирование от этих понятий.

Ошибку (Error) автор монографии определяет как: «...*отклонение полученных результатов от правильных значений или их точности*». Согласно этому определению ошибку трудно отличить от отказа, который определён в [1] как «...*невыполнение системой какой-*

либо предопределённой функциональности, или получение ею результата, отличного от ожидаемого значения».

Слова «несоответствий, неполноты, двусмысленностей и других некорректных ситуаций» в определении понятия «тестирование» представляют собой неполный перечень следствий ошибок. Они не могут использоваться в одном смысловом ряду с понятием *ошибка*.

Ошибки связываются с неисправностью следующим образом: «...*ошибки ВС являются результатом активизации её неисправностей*». В свою очередь, «...*неисправность как математическая модель неисправного состояния ВС*» определяется следующим образом: «...*неисправность (fault) – это физический дефект, несовершенство или недостаток, который происходит в аппаратном и программном обеспечении ВС, а также в её запоминающих устройствах*». Из этого определения непонятна разница между неисправностью и физическим дефектом. В качестве примера «физического дефекта» в книге приводится пропуск одной из двух звёздочек (\*\*), обозначающих в программировании степень числа. Физика в программировании? Совсем не по-русски звучит «*неисправное поведение*» (вполне приемлемое в духе грубой англоязычной лексики), под которым в [1] понимается неисправное состояние технического объекта. Аналогом неисправности в медицине является болезнь, а не «болезненное поведение» человека.

Очевидно, что из приведённых определений невозможно найти правильную взаимосвязь между основными терминами технической диагностики, такими как ошибка, дефект, отказ, неисправность. В связи с этим возникают вопросы: «В чём состоят задачи тестирования ВС – в поиске ошибок, отказов, дефектов, неисправностей?», «В чём их различие, и как они связаны между собой?».

Книга [1] посвящена технологиям тестирования ВС. Терминология в ней вторична, оторвана от образного восприятия и заимствована из иностранных источников. Однако основные понятия предметной области (ПрО) не зависят от технологий. Технологии совершенствуются и продуцируют свои узкие понятия, которые не должны противоречить основополагающим понятиям научного направления.

## 1 История вопроса

Исследования по технической диагностике ВС начались с появлением первых ламповых электронно-вычислительных машин (ЭВМ) в начале 60-х годов XX-го века. Ламповые ЭВМ обладали низкой надёжностью. Средняя наработка на отказ ЭВМ Минск-1, которую обслуживал автор статьи, составляла не более 12 часов. Актуальной задачей было построение тестов для логических схем и его автоматизация. Одними из первых в этом направлении были работы [2-5]. В них и начала формироваться терминология нового научного направления параллельно в США и в СССР на своих национальных языках.

В первых работах по тестированию логических схем использовались простейшие логические модели неисправности (malfunction): const 1 (Stuck in 1) и const 0 (Stuck in 0). В дальнейшем стали применяться термины «дефект» (Defect) и «ошибка» (Error). В частности, классификация дефектов была предложена в работе [6], а программных ошибок (Software Faults) – в работе [7]. В связи с появлением различных терминов технической диагностики возникла необходимость в их обобщении и систематизации.

В 70-е годы XX-го века были выполнены работы по стандартизации профессионального русского языка в области технической диагностики. Основополагающие понятия контроля и диагностики сложных изделий разрабатывались параллельно в авиационной и электронной отраслях отечественной промышленности и были сформулированы соответственно в терминологических стандартах [8, 9]. В стандарте [8] было сформулировано понятие «техническое

состояние» (ТС). Виды ТС: исправное и работоспособное и их противоположности – неисправное и неработоспособное ТС – были сформулированы в стандарте по надёжности [10]. В стандарте [8] они получили сокращённые названия соответственно – *исправность* и *работоспособность* (*неисправность* и *неработоспособность*). Поэтому сокращение «неисправность» никоим образом не может претендовать на «математическую модель неисправного состояния ВС» как сказано в [1]. В пятилетку качества (1976—1980 г.г.) понятие «техническое состояние» как «совокупность подверженных изменению в процессе производства и эксплуатации свойств объекта, характеризуемая в определённый момент времени признаками, установленными в технической документации на этот объект», было обобщено термином «технический уровень продукции» [11]. К значениям показателей объекта было предъявлено требование технического совершенства оцениваемой продукции, т.е. сравнение с значениями, характеризующими уровень её качества.

Традиционно в авиационной отрасли приоритет отдавался проверке исправности и работоспособности летательных аппаратов (предполётный и послеполётный осмотр), что отразилось в применении термина «контроль ТС». Поиск места отказа рассматривался как вторичная процедура. В электронной отрасли в качестве базового использовался термин «техническое диагностирование». При взаимодействии отраслей появилась потребность объединить понятия контроля и диагностики в одном документе [12]. В нём контроль ТС был принят в качестве *части* процесса диагностирования, предназначенной для выделения исправного состояния  $M_0$  объекта из множества возможных технических состояний  $\{M_0, M_1, \dots, M_i, \dots, M_N\}$ . Другую часть составил поиск дефекта, заключающийся в отождествлении измеренного ТС с одним из известных неисправных состояний  $\{M_1, \dots, M_i, \dots, M_N\}$ . Теоретическое обоснование соотношения этих и других понятий технической диагностики приведено в монографии автора статьи [13], принявшего участие в разработке стандарта [12].

Применительно к ВС необходимо различать два способа диагностирования – на специальных (тестовых) и рабочих воздействиях. В стандарте [8] первый способ назван периодическим контролем, а второй – самоконтролем. Из названий этих способов следует использование для их реализации соответственно временного и аппаратного ресурсов. В стандарте [9] техническое диагностирование было разделено на тестовое (сокращённо тестирование) и функциональное. Под функциональным понималось «*диагностирование, осуществляемое во время функционирования объекта, на который поступают только рабочие воздействия*», что соответствует понятию самоконтроль в [8]. В работе [13] термин «функциональное диагностирование» был квалифицирован как ложноориентирующий<sup>1</sup>, и в стандарте [12] использован термин «рабочее диагностирование». Применительно к ВС ошибка обнаруживается в момент её появления. Она исправляется в рамках отказоустойчивого функционирования объекта.

## 2 Соотношение основных понятий технической диагностики

К основным понятиям технической диагностики относятся: ошибка, отказ, дефект, неисправность. Соотношение между ними можно установить на основе определений этих понятий, сформулированных в терминологических источниках.

В самом общем смысле *ошибка* (Error) – *непреднамеренное отклонение от истины или правил* (поведения, действия и др.) [14]. Это определение охватывает «несоответствия, неполноту, двусмысленность и другие некорректные ситуации», перечисленные в определении понятия «тестирование ВС». Слово «отклонение» в определении относится к категории «действие» (*отклоняться* от правил). Поскольку в цитированном определении не указывает-

<sup>1</sup> Объект реализует свои функции как на тестовых, так и на рабочих воздействиях. *Прим. автора.*

ся субъект действия, под ошибкой часто подразумевается и результат ошибочного действия, относящийся к категории «предмет». Поэтому для разделения понятий действия и его результата в технике используется термин «дефект».

Согласно [11] *дефект* – это каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям. В этом определении слово «несоответствие» относится к категории оценивания. Более точным и общим выглядит следующее определение: дефект – материализованный результат влияния на объект, проявляющийся в отклонении какого-либо параметра от заданного значения («каждое отдельное несоответствие свойств изделия требованиям научно-технической документации»). Источники влияния не ограничиваются ошибками проектировщика / изготовителя / пользователя. К ним относятся также воздействия внешней среды и изменение внутренней среды (старение).

Согласно [10] под отказом понимается «событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта». Это определение позволяет выстроить причинно-следственную цепочку между основными понятиями технической диагностики: источник влияния на объект (ошибка, внешняя или внутренняя среда) → отказ → дефект → неисправность. В этой цепочке неисправность взята как расширенное понятие неработоспособности. На рисунке 1 приведена структурно-функциональная модель диагностирования ВС, реализующая указанные причинно-следственные связи, наложенные на различные этапы жизненного цикла ВС (проектирование, изготовление, эксплуатация).

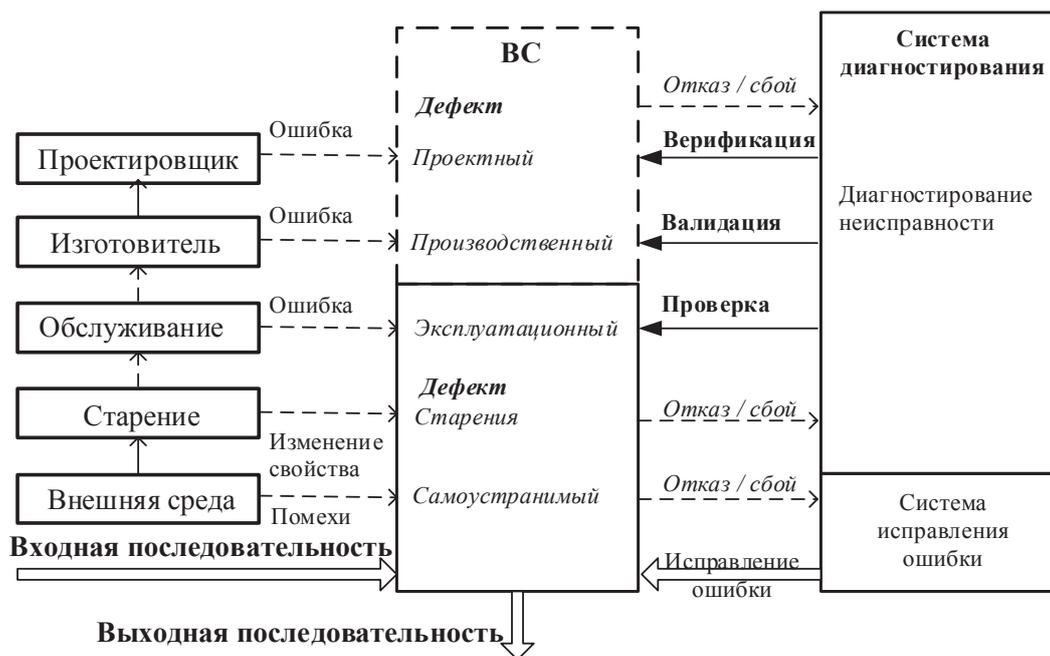


Рисунок 1 – Структурно-функциональная модель диагностирования ВС

В левой части рисунка 1 перечислены источники порождения дефектов ВС. На различных этапах жизненного цикла ВС ими являются проектировщик, изготовитель и пользователь ВС. На этапе эксплуатации к человеческому фактору добавляется влияние внешней и внутренней среды. В блоке ВС дефекты классифицированы по источникам их возникновения. Самоустранимый дефект обычно является следствием помех, либо граничных значений параметров ВС. Он проявляется в виде сбоя как краткосрочного отказа.

В правой части рисунка 1 показаны операции, выполняемые системой диагностирования. На этапах моделирования и изготовления опытного образца выполняется верификация и валидация ВС. Целью *верификации* является доказательство соответствия ВС предъявляемым

ей требованиям, а целью *валидации* – доказательство её действенности, т.е. способности выполнять возложенные на неё функции. Экспериментальным средством выполнения этих операций является периодический и постоянный контроль ВС. Периодический контроль выполняется путём тестирования ВС. При обнаружении отказа ВС фиксируется наличие неисправности. Обнаружить неисправность – не означает найти дефект. Поэтому за её обнаружением следует поиск дефекта (диагностика). Поставить диагноз означает найти дефект технического объекта, а в медицине – найти причину болезни человека по совпадению симптомов его состояния с симптомами известной болезни. По виду и времени возникновения дефекта выявляется источник его возникновения. Для постоянного контроля привлекаются средства отказоустойчивых вычислений, например, дублирование [13]. К средствам отказоустойчивых вычислений относится система исправления ошибки, например, помехоустойчивое кодирование.

Графическая модель, представленная на рисунке 1, позволила уточнить соотношение основных понятий технической диагностики относительно связанных с ними операций. На усиление познавательной функции человека за счёт сочетания знаковых и образных моделей указывал Полонников [15]. Ещё ранее практические шаги в этом направлении были сделаны учителем-новатором В.Ф. Шаталовым, предложившим технологию обучения школьников на основе опорных листов и сигналов. В опорный лист входили ключевые понятия, формулы и рисунки изучаемой темы [16]. В наше время этот познавательный приём назван когнитивным моделированием.

От непротиворечивой системы базовых понятий технической диагностики можно перейти к анализу и улучшению качества определения понятия, от которого зависит его познавательная функция.

### 3 Собственные свойства модели

Определение понятия представляет собой простейшую онтологическую модель ПрО. В работе [17] показано, что функциональная, операционная и структурная составляющие <Функция (Ф-), Операция (О-), Структура (С-)> присущи любой модели, что позволяет отнести их к её собственным свойствам. Поскольку Ф-, О- и С-модели образуют базис собственных свойств, они применимы для анализа моделей любого типа. Применительно к лингвистическим моделям это означает, что смысл, обозначаемый словом, можно раскрывать через функцию, операцию и структуру, т.е. определять смысл слова с различных точек зрения.

#### 3.1 Функциональный подход

Функциональный подход к выяснению смысла слова предполагает использование отношения *аргумент-функция* или/и *функция-аргумент*. В работе [18] рассмотрены следующие виды *функциональной* зависимости  $a = f(a_1, \dots, a_i, \dots, a_n)$  фактора  $a$  от факторов  $a_1, \dots, a_i, \dots, a_n$ : *каузальная* (связь «причина-следствие»), *суммирующая*, *альтернативная* и *транзитивная*. Зависимость «причина-следствие»  $a$  от  $a_i$  настолько сильна, что можно пренебречь зависимостью  $a$  от других аргументов. В этом случае фактор  $a_i$  можно считать *причиной* возникновения  $a$ , а сам фактор  $a$  – её *следствием*, т.е.  $a = f(a_i)$ . Суммирующая зависимость имеет место в том случае, когда зависимость  $a$  от любого из аргументов является *необходимой*, но *не достаточной*. Событие  $a$  может произойти только при наличии помимо наличия  $i$ -го фактора  $a_i$  (основной причины) совокупности остальных  $n-1$  факторов (сопутствующих причин), т.е.  $a = f(a_1, \dots, a_i, \dots, a_n)$ . Альтернативная зависимость характеризуется тем, что событие  $a$  может быть вызвано разными причинами, т.е. оно может зависеть от любого из  $n$  факторов в

отдельности. Транзитивная зависимость осуществляется через промежуточные факторы, т.е. фактически она реализуется последовательным выполнением суммирующей связи.

Из рассмотренных видов функциональной зависимости для объяснения смысла слова наиболее общей представляется суммирующая зависимость  $a = f(a_1, \dots, a_i, \dots, a_n)$ . В родовидовом определении понятия она реализуется следующим образом. Определяемому понятию  $a$  приравнивается понятие более общей категории  $a_1$ , именуемое родовым, которое уточняется видовыми отличиями  $a_2, \dots, a_i, \dots, a_n$ , выделяющими понятие  $a$  от других понятий, видовых по отношению к понятию  $a_1$ . Необходимости совпадения всех факторов для объяснения смысла слова отвечает функция логического умножения – конъюнкция  $\wedge$ . В словесной форме конъюнкция выражается союзом И. С учётом главенствующей роли фактора  $a_1$  функция  $f$  представляется как:

$$(1) \quad a = a_1 \wedge \bigwedge_{i=2}^n a_i$$

По числу видовых отличий видовому понятию присваивается ранг [13]. Если ранг родового понятия  $a_1$  в формуле (1) принять за 0, то ранг видового понятия равен числу видовых отличий  $n - 1$ .

*Пример.* Определение ранга понятия «тестовое внутреннее диагностирование» (в ВС со встроенным тестером). В нём родовому понятию «диагностирование» присваивается ранг 0. Тогда ранг предложенного видового понятия равен 2.

В функциональной логико-лингвистической модели понятия роль аргументов функции играют существенные признаки этого понятия. В работе [19] было предложено рассматривать существенные признаки понятия как актаны глагола. Этот термин был предложен Л. Теньером в 1959 году и первоначально обозначал активного участника ситуации, действующее лицо. Согласно [20] предикатное слово описывает ситуацию, имеющую некоторый набор участников. Участникам ситуации соответствуют переменные в толковании предикатного слова, отражающие *семантические валентности* данного предиката. В расширенной трактовке семантические валентности присущи и существительному, характеризваемому некоторым набором признаков. Они заполняются фрагментами смысла, которые называются *семантическими актантами* данного слова. Множество семантических актантов слова называется его актантной структурой [21]. Поиск семантических актантов отличается от синтаксического анализа предложения. Он выполняется путём поиска ответов на некоторый набор вопросов. Перечень основных вопросов в английском языке образно выражается шестёркой слов 6W, содержащих букву W. К ним относятся следующие слова: Who, What, Where, When, Why, How (буква W в конце слова).

Полноту Ф-модели слова можно определить через достаточный для понимания (выделения от других схожих с ним смыслов) перечень аргументов (определяющих слов). Он зависит от категории определяемого слова (предмет, действие). Аргументы определяются через их роли в синтезе смысла определяемого понятия, выраженные вопросительными словами. Из этого перечня исключаются вопросительные слова, ответы на которые ситуативны, т.е. зависят от ситуации, в которой используется определяемое понятие. К ним относятся вопросы «Где?» и «Когда?». Смысл понятий  $A$  и  $B$ , относящихся соответственно к категориям «предмет» и «действие», воспринимается по ответам на следующие минимальные перечни вопросов:  $A$  (*Действие*) =  $Pr_B$  (*Кто субъект действия?, Что за объект действия?, Зачем выполняется действие?, Как выполняется действие?*).  $B$  (*Предмет*) =  $Pr_A$  (*Что это?, Каким свойством обладает?, Откуда произошёл?*). Для предметов искусственного происхождения этот перечень следует дополнить вопросом «Зачем?».

### 3.2 Структурно-функциональный подход

Идея этого подхода заключена в поэтапном уточнении смысла слова, доминирующего в определении понятия. Доминирующим словом (ДС) обозначается родовое понятие определения. За него принимается категория, к которой отнесено определяемое понятие. Она и содержит наиболее общий смысл, подлежащий конкретизации и принимаемый за значение лингвистической функции  $f_1$ . Видовые отличия определяемого понятия принимаются за аргументы функции  $f_1$ , выделяемые скобками. В том случае, когда  $i$ -й аргумент имеет поясняющие слова, они, в свою очередь, принимаются за аргументы функции  $f_i$ . В качестве аргументов могут выступать любые члены предложения. Отношение пояснения представляется двухместным предикатом: Вопрос (Поясняемое слово, Поясняющее слово). Процесс конкретизации смысла родового понятия продолжается до пояснения всех слов в предложении. Полученная скобочная форма представляет собой структурно-функциональную модель (СФ-модель) определения понятия, представимую в аналитической либо графической форме (граф типа «дерево»). Структурная составляющая СФ-модели представляет отношение пояснения между словами определения.

### 3.3 Операционный подход

Операционный подход реализуется с применением О-модели. О-модель выражает определяемое действие через элементарные действия, реализуемые во времени и в пространстве. В простейшем случае - это последовательность элементарных действий (алгоритм), выполняемых исполнительными органами. Очевидно, что этот подход применим только для слов, имеющих смысл действия, к которым относятся глаголы и отглагольные существительные. Различие близких по смыслу слов, обозначающих действие, можно выявить через состав и последовательность реализуемых ими элементарных действий.

## 4 Анализ определения тестирования

### 4.1 СФ-модель определения понятия «тестирование»

СФ-модель понятия «тестирование» строится по его определению, данному в работе [1]. ДС в этом определении является *деятельность*. Для наглядного представления СФ-модели поясняющие слова выделены нумерованными отступами. Перед каждым поясняющим словом поставлен вопрос, на который оно отвечает.

#### 1. Деятельность

##### 1.1. (В каких случаях?) В процессе

##### 1.1.1. (Каком?) Разработки

##### 1.1.1.1. (Чего?) ВС.

##### 1.1.2. (Каком?) Использования

##### 1.1.2.1. (Чего?) ВС.

##### 1.2. (Что делается?) Выполнение процедуры

##### 1.2.1. (Какой?) Обнаружения

##### 1.2.1.1. (Чего?) Ошибки

##### 1.2.1.1.1. (Чьей?) Версии

##### 1.2.1.1.1.1. (Чего?) ВС

##### 1.2.1.1.1.2. (Какой?) Текущей

##### 1.2.1.1.2. (При каких условиях?) При функционировании

##### 1.2.1.1.2.1. (Чего?) Версии

##### 1.2.1.1.2.1.1. (Чего?) ВС

##### 1.2.1.1.2.1.2. (Какой?) Текущей.

По одинаковому числу цифр в нумерации поясняющего слова определяется число аргументов в поясняющей функции. Так, например, слово «деятельность» определяется функцией от двух аргументов, отвечающих на вопросы: «В каких случаях?» и «Что делается?». По числу цифр в нумерации последнего поясняющего слова определяется число уровней иерархии СФ-модели определяемого понятия. В рассматриваемом примере оно равно семи. В скобочной форме записи СФ-модель определения имеет следующий вид: *Тестирование = Деятельность (Процесс (Разработка (ВС), Использование (ВС)), Выполнение процедур (Обнаружение (Ошибка (Версия (ВС, Текущая)), Функционирование (Версия (ВС, Текущая)))))*.

В наглядной графической форме СФ-модель определения понятия *тестирование* изображена на рисунке 2. В ней все слова представлены в именительном падеже.

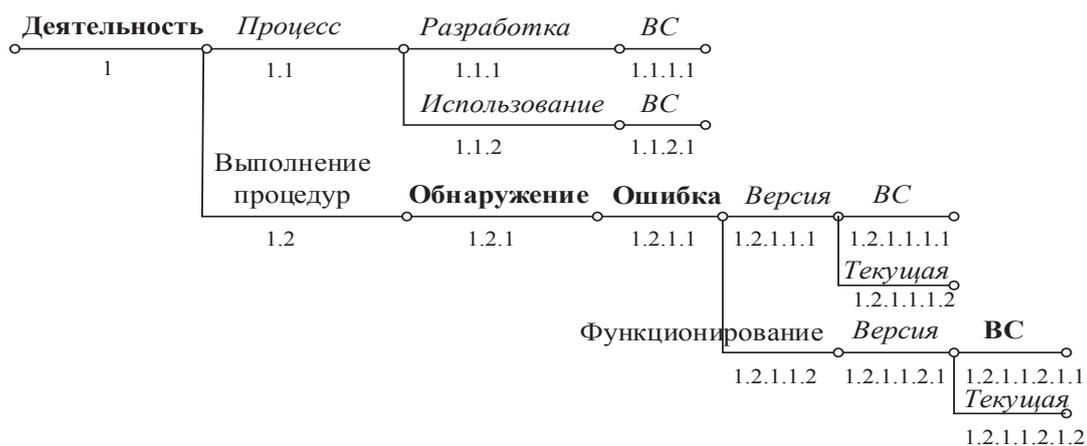


Рисунок 2 – СФ-модель исходного определения понятия «тестирование»

Наглядная СФ-модель, представленная на рисунке 2, удобна для выделения существенных (информативных) признаков, характеризующих понятие. Поскольку в задачу определения понятия входит выделение его среди других близких ему понятий, все слова, не решающие эту задачу, не существенны для определения. К ним относятся слова в верхней ветви дерева СФ-модели. Они поясняют область применения тестирования и в этом смысле являются избыточными. Поясняющая дополнительная информация обычно приводится в приложении к определению.

Избыточны также концевые вершины других ветвей дерева кроме ВС, поскольку слова «текущая версия» ВС никаким образом не поясняют особенность ВС. Словосочетание «выполнение процедур», отвечающее на вопрос «Что делается?» («В чём заключается деятельность?»), не проясняет сущность процедур и в этом смысле не является информативным. Слово «функционирование» также избыточно в определении, поскольку само понятие «тестирование» представляет собой процесс (действие), заключающийся в реализации функций системы. Жирным шрифтом на рисунке 2 выделены слова, обозначающие существенные признаки понятия «тестирование». Они используются в качестве актантов в Ф-модели для определения полноты понятия «тестирование».

#### 4.2 Ф-модель понятия «тестирование»

В соответствии с формулой (1) минимальный перечень актантов в определении понятия, относящегося к категории действия, определён четырьмя вопросами. Графическая Ф-модель с информативными актантами СФ-модели определения тестирования приведена на рисунке 3. Эта Ф-модель наглядно демонстрирует неполноту определения понятия «тестирова-

ние», поскольку она содержит ответы только на 2 вопроса. Таким образом, предложенное в [1] определение не позволяет различить тестирование от родственных ему понятий «контроль», «диагностирование», «отказоустойчивое функционирование». Все эти процессы подразумевают обнаружение дефектов (в определении – ошибок). Поскольку тестирование относится к категории действия, для уточнения его определения используется операционная модель (О-модель) процесса.

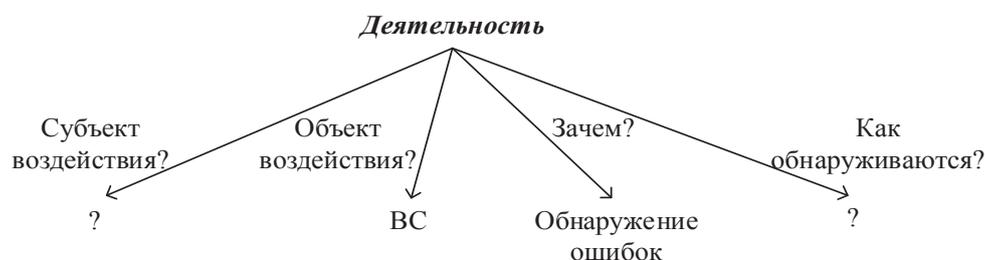


Рисунок 3 – Ф-модель исходного определения понятия «тестирование»

### 4.3 О-модель понятия «тестирование»

Слово *тестирование* имеет корень *тест* (*test*), который в английском языке трактуется как испытание или проверка. Объектом испытания является состояние объекта (исправное или неисправное из заданного списка). Для раскрытия смысла слова *test* в значении испытания, относящегося к категории действия, используем О-модель. Она включает три макрооперации:

- 1) приложение к входам объекта **специальных** воздействий, рассчитанных на распознавание заданного множества состояний;
- 2) сопоставление реакций объекта с известными реакциями на предмет совпадения;
- 3) принятие решения о состоянии объекта по результатам сопоставления.

Для выполнения перечисленных макроопераций тестирования применяется устройство, называемое тестером. Оно может быть как внешним по отношению к объекту диагностирования, так и встроенным в него. Тестер играет роль субъекта по отношению к объекту тестирования. Изложенная информация содержится в следующей формулировке определения тестирования: *Тестирование – это подача тестером специальных воздействий на исследуемый объект с целью распознавания его состояния из заданного перечня состояний по результатам оценивания реакций на воздействия.*

Полнота этого определения следует из его Ф-модели, аргументы которой (актанты предложения) отвечают на все заданные вопросы (см. рисунок 4).

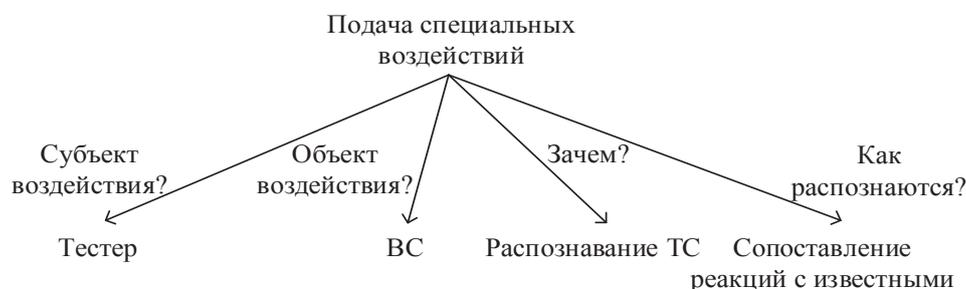


Рисунок 4 – Ф-модель предложенного определения понятия «тестирование»

Приведённое определение тестирования не противоречит происхождению слова «тестирование» от корневой морфемы *тест*. В диагностировании под тестом понимают *входную*

последовательность воздействий и соответствующую ей последовательность реакций, предназначенную для обнаружения и/или различения заданного класса неисправностей.

Важной особенностью тестирования является применение **специальных** воздействий на объект, что исключает рабочий режим функционирования (подачу рабочих воздействий). Иными словами, для обнаружения и распознавания дефектов используется временной ресурс. Исправление ошибок на рабочих воздействиях по мере их возникновения требует дополнительного аппаратного ресурса.

Таким образом, включение в определение тестирования специальных воздействий отличает его от отказоустойчивого функционирования. По отношению к контролю и диагностированию тестирование играет роль средства их реализации. Тестирование, предназначенное для распознавания исправного состояния объекта, соответствует цели *периодического* контроля состояния объекта<sup>2</sup>. Тестирование, предназначенное для распознавания всех состояний объекта, соответствует цели диагностирования, заключающегося в поиске дефектов из заданного класса. Таким образом, предложенный вариант определения позволяет выделить тестирование от близких ему понятий и исключает противоречия в их отношениях.

## Заключение

Дальнейшая роботизация человеческих функций требует углубления информационного обмена между человеком и роботом. Наиболее удобным средством общения человека с роботом является естественный язык. Общение на нём требует однозначного понимания слов. Образцом однозначного понимания служат языки программирования. Образное мышление и интуиция человека помогают устранить недостатки логико-лингвистических моделей понятий, к каковым относятся их определения. В отличие от человека компьютер имеет только логическое «мышление». Таким образом, формирование понятий остаётся прерогативой человека. Однозначность понимания обозначаемого (денотата) зависит от качества определения ассоциируемого с ним понятия. Этому способствует имеющийся образ обозначаемого. В качестве такового выступает как естественный объект исследования, так и искусственный образ – графическое изображение (картина, схема и пр.). Взаимосвязь между описанием обозначаемого и его образом создаёт синергетический эффект понимания. Информативность создаваемого описания зависит от качества восприятия образа разработчиком. Описанием элементарного обозначаемого служит определение понятия. Как к онтологической модели, к нему предъявляются требования полноты, непротиворечивости и неизбыточности. На примере основных понятий технической диагностики в работе показана необходимость применения системного подхода к установлению отношений между понятиями и возможность использования собственных свойств модели для оценивания и улучшения качества определенных понятий. СФ-модель позволяет оценить избыточность определения понятия. С помощью Ф-модели упрощается доказательство полноты определения понятия, а О-модель применяется для уточнения содержимого понятий, относящихся к категории действия.

## Благодарности

Исследования, выполненные по данной тематике, проводились при финансовой поддержке грантов РФФИ № 19-08-00989-а, № 20-08-01046 в рамках бюджетной темы № 0073–2019–0004.

<sup>2</sup> Для обозначения непрерывного контроля за функционированием объекта на рабочих воздействиях на предмет его соответствия нормативам используют термин мониторинг (*monitoring*). *Прим. автора.*

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] **Ярмолик, В.Н.** Контроль и диагностика вычислительных систем. – Минск: Бестпринт, 2019. – 387 с.
- [2] **Чегис, И.А.** Логические способы контроля работы электрических схем / И.А. Чегис, С.В. Яблонский // Тр. Математического ин-та им.В.А. Стеклова. – М.: Изд-во АН СССР. 1958. – Т. 51. – С. 270-360.
- [3] **Roth, J.P.** Diagnostic of automata failures: a calculus and a method / J.P. Roth // IEEE Transactions on Computers. 1966. – Vol. 10. – No. 7. pp. 278-291.
- [4] **Armstrong, D.B.** On finding a nearly minimal set of fault detection tests for combinational logic nets / D.B. Armstrong // IEEE Transactions on Electronic Computers. 1966. vol. EC-15. No 1. pp. 66-73.
- [5] **Карибский, В.В.** Техническая диагностика комбинационных устройств / В.В. Карибский, П.П. Пархоменко, Е.С. Согомоян // Сб. «Абстрактная и структурная теория релейных устройств». – М.: Наука, 1966. – С. 189-225.
- [6] **Chillarege, R.** Orthogonal Defect Classification. A Concept for In-Process Measurements / R. Chillarege [at al.] // IEEE Transactions on Software Engineering. 1992. – No. 18 (11). pp. 943-956.
- [7] **Grottke, M.** Classification of Software Faults / M. Grottke, K.S. Trivedi / In Supplemental of the Proceedings Sixteens International IEEE Symposium on Software Reliability Engineering. 2005. pp. 4.19-4.20.
- [8] ГОСТ 19919-74. Контроль автоматизированный технического состояния изделий авиационной техники. Термины и определения.
- [9] ГОСТ 20911-75. Техническая диагностика. Основные термины и определения.
- [10] ГОСТ 27002-83. Надёжность в технике. Термины и определения.
- [11] ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения.
- [12] ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Основные термины и определения.
- [13] **Микони, С.В.** Общие диагностические базы знаний вычислительных систем / С.В. Микони. – СПб.: СПИИРАН. 1992. – 234 с.
- [14] Ошибка. Большой толковый социологический словарь. [https://gufo.me/dict/social\\_dict/Ошибка](https://gufo.me/dict/social_dict/Ошибка).
- [15] **Полонников, Р.И.** Избранные труды в двух томах. СПб: "Анатолия". 2013. Том 1. – С. 120-121.
- [16] **Шаталов, В.Ф.** Опорные сигналы по физике для VII класса. – Киев: Рад. школа. 1979. – 48 с.
- [17] **Микони, С.В.** Формализация познавательного процесса на основе базиса моделей / С.В. Микони // Онтология проектирования. – 2018. – Т. 8, №1(27). – С. 35-48. – DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-1-35-48.
- [18] **Микони, С.В.** Формализованный подход к установлению связи и роли понятий / С.В. Микони // Компьютерная лингвистика и вычислительные онтологии. Выпуск 2 (Труды XXI Международной объединенной конференции «Интернет и современное общество, IMS-2018. СПб. 30.05-2.06.2018. Сборник научных статей). – СПб.: Университет ИТМО. 2018. – С. 75-84.
- [19] **Микони, С.В.** Связывание показателей в модели оценивания качества сложных объектов на основе определений понятий / С.В. Микони // International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 8, no. 2, 2020. –С. 21-26.
- [20] **Теньер, Л.** Основы структурного синтаксиса. / Пер. с франц. Вступ. ст. и общ. ред. В. Г. Гака. – М.: Прогресс, 1988. – 656 с.
- [21] **Богуславский, И.М.** Сфера действия лексических единиц – М.: Школа «Языки русской культуры»: Кошелев, 1996. – 460 с.

## Сведения об авторе



**Микони Станислав Витальевич**, 1936 г. рождения. Окончил Ленинградский институт инженеров железнодорожного транспорта им. Образцова в 1963 г., д.т.н. (1992), профессор (1994), ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН. Член Российской ассоциации искусственного интеллекта (1998). В списке публикаций более 300 работ, из них 3 монографии и 7 учебных пособий в области технической диагностики, дискретной математики, системного анализа, теории принятия решений, искусственного интеллекта, квалиметрии. AuthorID (РИНЦ): 100261; Author ID (Scopus): 57192370467; Researcher ID (WoS): W-3236-2019. [smikoni@mail.ru](mailto:smikoni@mail.ru)

Поступила в редакцию 19.03.2020, после рецензирования 13.05.2020. Принята к публикации 19.06.2020.

## Improving the cognitive function of the concepts of technical diagnostics using the system approach and the model's own properties

S.V. Mikoni

St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the RAS, St. Petersburg, Russia

### Abstract

Preference for English-language publications affected the quality of Russian modern scientific terminology. The loss of the relationship between the basic concepts of technical diagnostics, resulting from their definitions in the monograph, is shown. The reasons for this situation include: neglect of fundamental Russian standards in the field of reliability and diagnostics, borrowing foreign definitions without taking into account the peculiarities of the national language, loss of the figurative perception of terms and lack of a scientific approach to the formation of definitions of concepts. On the basis of definitions of concepts formulated in the fundamental domestic standards, the relationships between failure, error, defect and malfunction are established, illustrated by a clear structural and functional model for diagnosing a computer system. To improve the cognitive function of concepts, it is proposed to use a systematic approach and the model's own properties (function, structure, operation). With their use, a critical analysis of the definition of the concept of "testing" was performed. Based on the results of the analysis, a definition of this concept is proposed that satisfies system requirements.

**Key words:** failure, error, defect, malfunction, testing, system approach, model's own properties, function, structure, operation, image.

**Citation:** Mikoni SV. Improving the cognitive function of the concepts of technical diagnostics using the system approach and the model's own properties [In Russian]. *Ontology of designing*. 2020; 10(2): 163-175. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-2-163-175.

**Acknowledgment:** The studies carried out on this subject were carried out with the financial support of the RFBR grants No. 19-08-00989-a, 20-08-01046 within the framework of the budget theme 0073-2019-0004.

### List of figures

Figure 1 – Structural-functional model for diagnosing computing systems

Figure 2 – Structural-functional model of the initial definition of testing

Figure 3 – Functional model of the initial definition of testing

Figure 4 – Functional model of the proposed definition of testing

### References

- [1] **Yarmolik VN.** Kontrol i diagnostika vichislitel'nykh sistem [Monitoring and diagnostics of computer systems] [In Russian]. Minsk: Bestprint, 2019. – 387 p.
- [2] **Chegis IA, Yablonskii SV.** Logicheskie sposobi kontrolya raboti elektricheskikh shem [Logical ways to control the operation of electrical circuits] [In Russian]. Trudi Matematicheskogo instituta im. V.A. Steklova. – M.: Izd-vo AN SSSR. 1958; 51: 270-360.
- [3] **Roth JP.** Diagnostic of automata failures: a calculus and a method. *IEEE Transactions on Computers*. 1966; 10(7): 278-291.
- [4] **Armstrong DB.** On finding a nearly minimal set of fault detection tests for combinational logic nets. *IEEE Transactions on Electronic Computers*. 1966; EC-15(1): 66-73.
- [5] **Karibskii VV, Parhomenko PP, Sogomonyan ES.** Technicheskaya diagnostika kombinatsionnykh sistem [Technical diagnostics of combinational devices]. [In Russian]. Sb. «Abstraktnaya i strukturnaya teoriya releinykh ustroystv». – M.: Nauka, 1966. 189-225.
- [6] **Chillarege R. et al.** Orthogonal Defect Classification. A Concept for In-Process Measurements. *IEEE Transactions on Software Engineering*. 1992; 18(11): 943-956.
- [7] **Grottke M, Trivedi KS.** Classification of Software Faults. In Supplemental of the Proceedings Sixteens International IEEE Symposium on Software Reliability Engineering. 2005. 4.19-4.20.

- 
- [8] GOST 19919-74. Monitoring automated technical condition of aircraft products. Terms and Definitions. [In Russian].
- [9] GOST 20911-75. Technical diagnostics. Key Terms and Definitions. [In Russian].
- [10] GOST 27002-83. Reliability in technology. Terms and Definitions. [In Russian].
- [11] GOST 15467-79. Product Quality Management. Basic concepts. Terms and Definitions. [In Russian].
- [12] GOST 20911-89. Technical diagnostics. Key Terms and Definitions. [In Russian].
- [13] **Mikoni SV**. Obschie diagnosticheskie bazi znaniy vichislitel'nykh system [General diagnostic knowledge base of computing systems]. [In Russian] – SPb.: SPIIRAS. 1992. – 234 p.
- [14] Error. Great Explanatory Sociological Dictionary [In Russian]. [https://gufo.me/dict/social\\_dict/Ошибка](https://gufo.me/dict/social_dict/Ошибка).
- [15] **Polonnikov RI**. Selected Works in Two Volumes. [In Russian]. SPb.: Anatoliya. 2013; 1: 120-121.
- [16] **Shatalov VF**. Opornie signali po fizike dlya VII klassa [Physics reference signals for grade VII]. [In Russian]. – Kiev: Rad. shkola. 1979. – 48 p.
- [17] **Mikoni SV**. Formalization of the cognitive process using the basis of models [In Russian]. *Ontology of designing*. 2018; 8(1): 35-48. - DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-1-35-48.
- [18] **Mikoni SV**. A formalized approach to establishing the connection and the role of concepts [In Russian]. Computational Linguistics and Ontologies. Vypusk 2 Trudi XXI Mejdunarodnoi obedinennoi konferencii «Internet i sovremennoe obschestvo, IMS-2018. – SPb.: 30.05-2.06.2018. Sbornik nauchnykh statei. – SPb.: Universitet ITMO. 2018. 75-84.
- [19] **Mikoni SV**. Linking indicators in a model for assessing the quality of complex objects based on definitions of concepts [In Russian]. International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 8, no. 2, 2020. C. 21-26.
- [20] **Tesnière L**. Elements de syntaxe structural. Paris: Librairie P.Klincksieck, 1976. [Structural Syntax Basics]. [In Russian]. Moscow: Progress. 1988. – 656 p.
- [21] **Boguslavskii IM**. Sfera deistviya leksicheskikh edinits [Scope of lexical units]. [In Russian]. Moscow: Shk. "Yaziki russkoi kulturi": Koshelev. 1996. – 460 p.
- 

### About the author

**Stanislav Vitalievich Mikoni** (b. 1936) graduated from the Obraztsov Institute of Engineers of Railway Transport (Leningrad) in 1963, D. Sc. Eng. (1992). Professor (1994). He is Russian Association of Artificial Intelligence member (1998). He is the author and co-author of more than 300 publications in the field of technical diagnostic, discrete mathematical, system analyses, artificial intelligence, decision making theory, qualimetry. AuthorID (RCI): 100261; Author ID (Scopus): 57192370467; Researcher ID (WoS): W-3236-2019. [smikoni@mail.ru](mailto:smikoni@mail.ru).

---

Received March 19, 2020. Revised May 13, 2020. Accepted June 19, 2020.

---