

Подходы к идентификации и классификации факторов, оказывающих влияние на надежность телекоммуникационной сети

¹ Ненов Алексей Леонидович, Учебно-научный институт холода, криотехнологий и экоэнергетики, Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса, Украина

Аннотация: В статье описаны несколько подходов к построению классификации факторов, определяющих надежность обобщенной телекоммуникационной сети, показана важность классификации в решении задач анализа надежности. Описаны варианты классификации факторов на основании различных классификационных признаков, таких как этап жизненного цикла сети, естественность воздействия, локализация источника возникновения воздействия относительно границ системы, составляющая надежности, степень закономерности воздействия, природа реализации объектов сети, локализация источников воздействия относительно условий функционирования сети. Предложен вариант, пригодный для конкретной идентификации факторов при осуществлении сбора и обработки информации об отказах сети.

Ключевые слова: надежность; телекоммуникационная сеть; фактор, влияющий на надежность; классификация; метод оценки надежности.

Надежность всегда была и остается важнейшим свойством любого технического объекта или системы, и это вполне закономерно: пока существуют технические системы, их потребители и, следовательно, разработчики, заинтересованы в их бесперебойной работе. И чем важнее и ответственнее эти системы, тем более высокие требования предъявляются к их надежности. Телекоммуникационные сети (ТКС) являются яркими представителями таких систем. Несомненно важность той роли, которую играют ТКС в индустриальных и общественных процессах самого разного масштаба: офиса, компании, города, государства и всего мира. Задачи анализа надежности телекоммуникационных сетей (ТКС), как и любых структурно сложных технических систем, а также существующие методы их решения отличаются большим разнообразием. Задачи эти традиционно возникают на всех этапах жизненного цикла ТКС в связи с необходимостью всестороннего анализа и обеспечения надежности ТКС. При проектировании необходимо нормировать надежность ТКС, то есть определять и обосновывать требуемое значение выбранных показателей надежности для каждого элемента и ТКС в целом, что позволяет заложить основу надежности ТКС. На этапе тестирования и эксплуатации ТКС необходимо выяснять фактически достигнутую надежность, чтобы сравнивать с ее требуемой, а также осуществлять необходимые уточнения и прогнозы относительно надежности. Анализ надежности ТКС часто осложняется тем, что во многих случаях ТКС может в определенной степени модифицироваться после ввода ее в эксплуатацию.

Решение указанных задач невозможно без построения комплексной системы анализа надежности ТКС, в рамках которой должны осуществ-

ляться систематизация знаний о соответствующих задачах, методах их решения, факторах, влияющих на надежность (ФВН), а также определение применимости существующих и разработка новых методов решения задач в тех или иных условиях. Для построения такой системы необходима идентификация и классификация основных содержательных ее сущностей, в частности, ФВН. Важность классификации ФВН обусловлена тем, что она позволяет обнаружить ряд существенных признаков ФВН, на основе которых обнаруживаются сходства и различия между ФВН, осуществляются поиск и обоснование применимости методов учета ФВН, а также устанавливаются соответствия между конкретными задачами, методами, показателями и ФВН.

Под ФВН далее понимается результат влияния некоторой причины на надежность рассматриваемого технического объекта или системы, регламентированный требованиями к условиям их эксплуатации. Поскольку понятие надежности относится к штатным условиям функционирования объекта, то эти факторы, как правило, оказывают прогнозируемое, ожидаемое воздействие на его надежность. Тем не менее, вполне очевидно, что реализация возможности определения значений одного и того же показателя на разных этапах жизненного цикла ТКС вполне может являться (и часто является) нетривиальной задачей.

На каждом этапе жизненного цикла ТКС можно идентифицировать и классифицировать ФВН элемента, подсистемы или ТКС в целом. Поскольку ФВН идентифицируются причинами, но не объектами воздействия, один ФВН может оказывать свое воздействие, в частности, единовременное, на надежность элементов ТКС различного масштаба.

Идентификация и классификация ФВН может быть осуществлена множеством способов на основе различных классификационных признаков, с выделением различных категорий и подкатегорий. Выбор или построение того или иного варианта классификации ФВН должен производиться в зависимости от цели ее осуществления на основе ряда критериев, в качестве которых выступают, как правило, логическая стройность, удобство дальнейшего учета ФВН и управления их влиянием, степень соответствия классификационной структуре соответствующих объектов ТКС или ее модели. Следует отметить, что нередко граница между образуемыми классами ФВН не является четкой, а классификация — полной и исчерпывающей. В определенных случаях могут обнаруживаться ФВН, обладающие чертами нескольких классов ФВН, а также ФВН, для которых не выделено подходящих классов (в результате недочетов процедуры классификации или сознательно, например, при рассмотрении малозначительных ФВН). Классификация ФВН, как и любая другая, может быть одно- или многоуровневой, образуя в последнем случае иерархическую структуру обобщения-конкретизации.

При построении иерархической классификации ФВН одним из первоначальных классификационных признаков зачастую выступает соответствие ФВН определенным этапам жизненного цикла ТКС. Это обусловлено тем, что на каждом этапе надежность ТКС определяется своими причинами и предпосылками, которые связаны с задачами анализа и обеспечения надежности, а также целями, ими преследуемыми. В соответствии с этим подходом выделяют, как правило, три категории ФВН: проектные, производственные и эксплуатационные [3]. Такое деление имеет тот очевидный смысл, что ФВН каждого из таких видов учитываются и управляются в большинстве своем независимо друг от друга, посредством собственных методов, учитывающих соответствующую специфику.

Проектные (или конструктивные) ФВН определяют потенциальную надежность ТКС. В этом смысле они являются стабилизирующими, поскольку, как правило, непосредственно связаны с мерами повышения и обеспечения надежности ТКС. К данной категории также относятся те ФВН, которые учитываются при осуществлении прогноза относительно надежности, которой будет обладать ТКС после ее изготовления и введения в эксплуатацию. К проектным ФВН ТКС относятся, например, выбор логической и физической топологии ТКС, ее функциональной схемы, выбор аппаратных устройств, способов их резервирования и контроля, режимов и условий

их функционирования в ТКС, назначение параметров установки и наладки и др.

К производственным ФВН относятся технологические факторы производства, монтажа и наладки оборудования ТКС, в частности: входной контроль качества применяемых элементов ТКС, организация процесса изготовления и контроль качества оборудования ТКС, обеспечение качества и контроль монтажа и наладки аппаратных блоков и систем ТКС и др.

К эксплуатационным относятся ФВН, которые оказывают воздействие, соответственно, в процессе эксплуатации ТКС. В основном, эти ФВН определяются регламентированными (штатными) условиями эксплуатации, такими как, например, климатические факторы, условиями обслуживания ТКС, а также процессами старения и износа материалов.

Отметим, что граница между указанными категориями ФВН несколько размывается тем обстоятельством, что на этапах анализа требований и проектирования ТКС могут быть учтены все ФВН, в том числе производственные и эксплуатационные, на основании имеющихся, накопленных ранее данных об условиях функционирования и особенностях эксплуатации подобных систем. На последующих этапах жизненного цикла ТКС, разумеется, эти данные уточняются.

По критерию естественности воздействия (иными словами, природе возникновения) ФВН можно подразделить на объективные — воздействия внешней среды, и субъективные — воздействия обслуживающего персонала. Такое деление позволяет четче проследить причины, соответствующие источнику возникновения отказов ТКС, и выработать на основе этих наблюдений соответствующие группы методов анализа и предотвращения отказов. Отметим, однако, что данные методы могут не иметь принципиальных различий в той части, которая касается рассмотрения влияния ошибок обслуживающего персонала с учетом его случайной, недетерминированной природы.

ФВН можно классифицировать по локализации источника возникновения относительно границ системы на две группы: внутренние и внешние. Внутренние ФВН определяют воздействия, которые возникают внутри ТКС, а внешние, соответственно, вне ее. Внешние ФВН обусловлены влиянием внешней среды и условиями применения ТКС; к ним относятся климатические факторы, механические воздействия, электромагнитное и радиационное излучения, агрессивная среда и др. Внутренние ФВН связанные с изменением параметров самих объектов ТКС, в частности, конструкционных материалов, из которых они изготовлены. Эти ФВН определяют

надежность, закладываемую в систему еще на стадии проектирования, и могут быть подразделены на категории в соответствии с составляющими интегрального понятия надежности: безотказностью, долговечностью, ремонтпригодностью.

Целесообразность разделения ФВН на внутренние и внешние обусловлена тем, что лица, ответственные за управление каждой из этих групп, и, соответственно, способы такого управления, как правило, различны. Здесь отметим лишь тот факт, что возможно отнесение одних и тех же ФВН к внутренним или внешним в зависимости от границ рассматриваемой системы, которые в ряде случаев могут не задаваться изначально, а устанавливаться произвольно или на основании определенных субъективных соображений.

Отказы, которые происходят в рамках воздействия внутренних ФВН, можно с некоторой долей условности подразделить по степени закономерности воздействия на случайные и систематические (закономерные).

Следует учитывать, что изменения внутренних параметров объектов ТКС, определяющие внутренние ФВН, происходят с течением времени под влиянием внешних ФВН, и, таким образом, внутренние ФВН нельзя считать полностью независимыми. Также необходимо отметить, что все перечисленные ФВН влияют на надежность рассматриваемого объекта ТКС в комплексе, что затрудняет уточненное моделирование их воздействия.

Еще один вариант классификации эксплуатационных факторов основан на учете природы реализации объектов сети: аппаратурные и неаппаратурные. К последним можно отнести характеристики ПО, условия работы, антропогенный фактор [3].

При первичной классификации ФВН, то есть при выделении категорий ФВН первого уровня конкретизации, в качестве классификационного признака также может использоваться локализация соответствующих источников воздействия (в частности, источников отказа) относительно условий функционирования ТКС [2]. При таком подходе на верхнем уровне выделяются ФВН, которым соответствуют те или иные условия, порождающие источники воздействий на надежность объекта анализа:

– системные условия – порождают источники воздействий внутри объекта на любом этапе его жизненного цикла;

– условия эксплуатации – порождают источники отказов, которые возникают во время эксплуатации объекта;

– условия технического обслуживания – порождают источники отказов, которые возникают в объекте во время проведения технического обслуживания.

– следует отметить, что данные источники отказов могут взаимодействовать между собой.

Независимо от выбранного способа первичной классификации, ФВН верхнего уровня, как правило, носят обобщенный характер и, в целом, могут быть отнесены к любым отраслям промышленности.

На рисунке 1 представлена схема, отражающая варианты первичной классификации ФВН. Выявление более детальных ФВН возможно осуществить путем дальнейшего рассмотрения каждого общего ФВН в контексте конкретного объекта.

ФВН также можно подразделять на стабилизирующие и дестабилизирующие, допустимые и недопустимые и т. п.

После качественной и количественной оценки выявленных ФВН общего характера могут быть идентифицированы детальные ФВН, являющиеся специфичными в каждом конкретном случае. При этом следует учесть, что состав ТКС как объекта анализа также может быть определен по-разному. Здесь опять-таки должны задействоваться критерии логической стройности и управляемости, то есть целесообразного соответствия объектам управления.

Классификация ФВН, в конечном счете, должна помочь в идентификации тех конкретных ФВН, которые будут являться объектами непосредственного анализа и управления. Эффективный учет ФВН возможен лишь при небольшом их количестве, поэтому после идентификации конкретных ФВН необходимо выявить наиболее важные из них. Иными словами, необходимо отделить основные ФВН от второстепенных и косвенных (следствий). Одним из ключевых свойств выделяемых ФВН также является прогнозируемость, поскольку непрогнозируемые ФВН не могут быть заложены в оценку надежности ТКС.

Исследования в области выявления причин отказов свидетельствуют о том, что одним из важнейших аспектов в комплексном процессе управления надежностью ТКС является человеческий фактор, представляемый, прежде всего, обслуживающим персоналом. Отнесение человеческого фактора к внешним или внутренним, определяемое решением о включении человека в анализируемую систему, по всей видимости, не принципиально; важнее сама по себе необходимость его учета. По результатам исследований в области отказов телефонной сети США [1], можно выделить три основных ФВН ТКС.

Все выделенные ФВН неизбежны, хотя каждый из них можно уменьшить, обеспечив повы-

шенную надежность, и порождают «вполне вероятные» события [4].

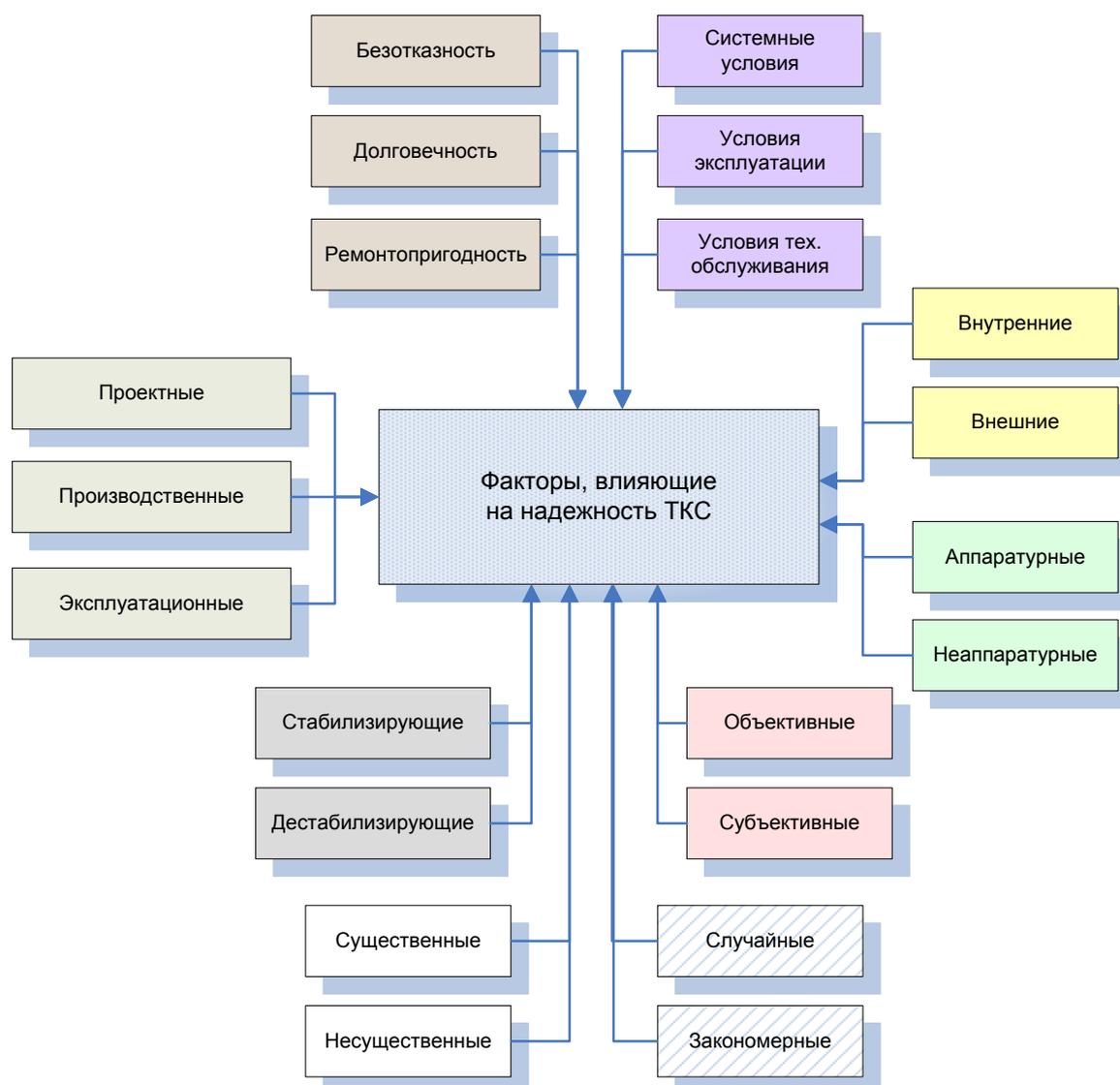


Рисунок 1. Варианты классификации факторов, влияющих на надежность телекоммуникационных сетей

Отказы техники — события, которые являются следствием воздействия различных ФВН: климатических (таких как влажность, приводящая к окислению контактов, повышенная температура, следствием воздействия которой является ухудшение эластичности изоляции), электромагнитных (вызывающих помехи), механических (трение, приводящее к износу материалов) и др. В рамках данного вида ФВН рассматриваются только те отказы, которые происходят по причине воздействия указанных естественных ФВН (то есть «сами по себе»), и не рассматриваются отказы, которые происходят по вине человека или ошибок программного обеспечения (ПО). В зависимости от того, какая часть техники выходит из строя, отказы могут различаться по масштабу, степени критичности, продолжительности (постепенности), другим особенностям.

Ошибки ПО — имеют свою специфику, на нижнем уровне влияют на логику работы непосредственно управляемого оборудования, на верхнем — на логику всей системы управления. Соответственно ошибки на верхнем уровне могут дестабилизировать целые участки распределенной ТКС или даже всю ТКС, если управление централизованное.

Ошибки персонала — могут приводить к физическим повреждениям (и отказам) техники, а также ошибкам в управлении (как и в результате отказов ПО). При поэлементном структурировании ТКС как системы анализа надежности необходимо учитывать степень влияния надежности каждого элемента на надежность ТКС, возможность объективного контроля надежности элементов в производстве и эксплуатации, а также достоверность сведений о техническом состоя-

нии элемента, поступающих с различных этапов технического контроля.

| Вид ФВН | Способ уменьшения влияния ФВН |
|---------------------------------|---|
| Отказы техники | Использование высоконадежной аппаратуры и материалов, резервирование |
| Ошибки программного обеспечения | Использование многократно проверенных и хорошо протестированных программ |
| Ошибки персонала | Задействование работников высокой квалификации (для устранения ошибок по неопытности), улучшение условий труда для снижения утомляемости и количества соответствующих ошибок. |

Среди конкретных данных, имеющих отношение к надежности функционирования ТКС и соответствующих им ФВН, можно указать следующие:

а) внутренняя структура узла связи с параметрами отдельных аппаратных блоков ТКС; соответствующий ФВН – внутренние отказы аппаратуры, надежность которой, прежде всего, характеризуется показателями безотказности (вероятность безотказной работы, наработка на отказ, интенсивность отказов и восстановлений, коэффициент готовности и др.);

б) характеристики используемого ПО узла, подсистемы или ТКС в целом; соответствующий ФВН – отказы ПО; показатели надежности – те же, что и в п. (а), считая отказами ПО перезагрузки, сбои, зависания, неправильное функционирование в результате проявившейся ошибки;

в) способы и особенности реализации каналов связи, включая параметры среды передачи, строительных сооружений и пр.; соответствующие ФВН – повреждения линий связи, естественные помехи;

г) характер формирования и передачи сетевого трафика (включая алгоритмы формирования и управления, объемы, способ коммутации и кодирования фрагментов и пр.); соответствующий

ФВН – временные перегрузки отдельных участков сети, приводящие к недопустимому снижению пропускной способности;

д) режимы работы и условия эксплуатации объектов сети (узлов, каналов, путей, связей), в том числе естественные помехи, режимы нагруженности и пр.;

е) информация об относительной значимости объектов в рамках всей ТКС; возможный ФВН – изменение информации о значимости со временем и в зависимости от конкретных ситуаций;

ж) особенности организации системы технического обслуживания и ремонта объектов ТКС (узлов и каналов); соответствующий ФВН – восстановления отказавших элементов, характеризующиеся показателем интенсивности восстановления;

з) характеристики персонала, обслуживающего объекты ТКС; соответствующий ФВН – ошибки персонала, невыполнение необходимых функций (своего рода отказ человека как звена в системе «человек–техника»).

По результатам данной классификации можно выполнить учет, оценку и распределение надежности на каждом уровне классификационной иерархии ФВН ТКС.

Литература

1. D. Richard Kuhn. Sources of failure in the Public Switched Telephone Network // IEEE Computer. – 1997. – Vol. 30. – No. 4.
2. Концепция комплексного управления надежностью, рисками, стоимостью жизненного цикла на железнодорожном транспорте (редакция 1.1). – М., 2010. – 132 с.
3. Острейковский В.А. Теория надежности: Учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 2003. – 463 с.
4. Рыбалко В.В. Математические модели контроля надежности объектов энергетики. Монография. — СПб.: ГОУВПО СПбГТУРП, 2010. – 151 с.

Nenov A.

Approaches to the Identification and Classification of Factors Influencing the Dependability of Telecommunications Network

Abstract: The article gives a detailed analysis of the problem of classification of factors determining the reliability of generalized telecommunications network, shows the importance of the classification in the task of reliability analysis and in the construction of an integrated system reliability analysis, highlights the major approaches to the implementation of the dependability factors classification. The types of problems encountered in the analysis of the telecommunications networks reliability. Variants classification of the factors determine the reliability of the network, on the basis of the following classifications: stage of the life cycle of the telecommunications network, the naturalness of the impact, the localization of the source of exposure relative to the boundaries of the system, the corresponding component reliability, the extent of the impact of laws, the nature of the objects of the telecommunications network, the localization of sources of exposure in relation to conditions of functioning of the telecommunications network, are described. The ad-

Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Science. Vol. 8, 2013

vantages, disadvantages, construction peculiarities of the corresponding classifiers are specified. For individual cases the examples of border placement factors in the overall classification scheme are shown. The presentation of material illustrates by generalized flowchart. A variant of the specific identification and classification of factors suitable for use in the implementation of the collection and processing of information about telecommunication network failures is proposed. It presents three major categories of factors affecting dependability: equipment failures, software errors, and human errors. In addition, the classification of the source data that are appropriate to base of the reliability analysis of the telecommunication networks, and destabilizing factors relevant these data with brief description are proposed. In this classification there were eight categories of data: a) the internal structure of the communication center; b) the characteristics of the software used host, subsystem or all network; c) the methods and characteristics of the communication channels; d) the nature of the formation and transmission of network traffic; e) modes and conditions of operation of the network; f) information about the relative importance of sites in the network; g) the characteristics of the network maintenance and repair organization; h) the characteristics of staff for the network.

Keywords: dependability; communication network; factors influenced on dependability; classification; method of dependability estimation.