

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ ЖИВУЧЕСТИ ПОДВИЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
СЕТИ СВЯЗИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ,
ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ**

Милашевский А. В., кандидат технических наук

Учреждение образования

«Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»,

г. Гродно, Республика Беларусь

Аннотация. В статье представлены отдельные методологические аспекты, призванные уточнить порядок оценки живучести подвижных элементов сети связи специального назначения, функционирующих в условиях дестабилизирующих воздействий как внутренней так и внешней природы. На основе анализа актуальных отечественных и зарубежных трудов, стандартов, нормативно-правовых актов и технической документации уточнен терминологический аппарат предметной области, определены особенности функционирования элементов сети связи специального назначения, существенным образом влияющие на функционирование метасистем. Сформулированы и обоснованы положения о целесообразности изменения методологии решения научных задач анализа и оценки живучести подвижных элементов сети связи специального назначения, функционирующих в условиях воздействия дестабилизирующих факторов различной природы.

Ключевые слова: методология научного исследования, живучесть, устойчивость, сеть связи специального назначения, управление качеством.

Annotation. The article presents certain methodological aspects designed to clarify the procedure for assessing the survivability of mobile elements of a spe-

cial-purpose communication network operating under conditions of destabilizing influences of both internal and external nature. Based on the analysis of current domestic and foreign works, standards, regulations and technical documentation, the terminological apparatus of the subject area was clarified, the features of the functioning of special-purpose communication network elements, which significantly influence the functioning of metasystems, were determined. The provisions on the feasibility of changing the methodology for solving scientific problems of analyzing and assessing the survivability of moving elements of a special-purpose communication network operating under the influence of destabilizing factors of various nature are formulated and justified.

Key words: scientific research methodology, survivability, stability, special-purpose communication network, quality management.

Функционирование сети связи специального назначения в интересах систем государственного и военного управления, обеспечения безопасности и правопорядка, как правило, сопряжено с воздействием на нее дестабилизирующих факторов, тем самым предъявляя к элементам сети дополнительные требования, комплекс которых в совокупности с собственными надежностными характеристиками элементов определяют свойство устойчивости.

Вопросы анализа функционирования сети связи специального назначения отражены в трудах А. И. Рябина [1], А. В. Боговика [2], А. Н. Назарова, К. И. Сычева [3], Е. Е. Исакова [4] и др.

Существенный вклад в исследование вопросов надежности, живучести, устойчивости структурно-сложных систем внесли труды А. С. Можая [5], В. И. Поленина [6], В. К. Попкова [7], Б. Я. Дудника [8], Г. Н. Черкесова [9] и др.

Достигнутый уровень исследований обозначил необходимую базу для постановки и решения научных задач оценки устойчивости и живучести структурно-сложных систем различного назначения, функционирующих в прогнозируемых условиях воздействия дестабилизирующих факторов. Од-

нако несовершенство существующего методологического аппарата и отсутствие исчерпывающих трудов, не требующих уточнения и пересмотра отдельных аспектов, обуславливают актуальность заявленной темы.

В соответствии с [10] устойчивость сети связи общего пользования единой сети электросвязи характеризует ее способность выполнять свои функции при выходе из строя части ее элементов в результате воздействия дестабилизирующих факторов естественной и искусственной природы, источником которых является физический или технологический процесс внутреннего или внешнего характера. Функциональные элементы сети связи «гражданского» назначения подвержены воздействию дестабилизирующих факторов естественной природы, которые, в основном, характеризуются погодноклиматическими условиями: последствиям грозových разрядов, землетрясений, изменения температуры, давления, влажности и т. д., а также влиянию факторов, вызванными происшествиями на объектах телекоммуникационной инфраструктуры (пожары, затопления и т. д.).

При этом учет функционального аспекта устойчивости видится особенно важным при сохранении иерархичной структуры сети связи, элементы которого взаимосвязаны, взаимозависимы и в силу соблюдения принципа универсализации способны выполнять множество разнородных функций. Выход из строя (блокирование) даже одного системообразующего элемента в цепи технических объектов, через которые информация последовательно проходит на УС (так называемый узловой путь прохождения информации), может негативно повлиять на функционирование обеспечиваемых элементов функционально-логической цепи и, как следствие, привести к снижению качества информационного обмена (вплоть до полного его прекращения).

В зависимости от природы воздействия дестабилизирующих факторов в самом общем случае устойчивость включает себя свойства надежности, живучести и помехоустойчивости. При этом их смысловое распределение условно осуществляется исходя из причин, приводящих к отказам техниче-

ских средств и блокированию обеспечиваемого ими информационного обмена, и, как следствие, снижение эффективности функционирования сети связи в целом. Так, свойство надежности определяется исключительно причинами внутреннего характера, обуславливающих отказ технических средств; свойство живучести – факторами внешней природы: нарушениями работоспособности элементов сети, вызванными как отказами, так и разрушениями в результате воздействия дестабилизирующих факторов.

В соответствии с [2, 4, 6] под дестабилизирующими факторами внутренней по отношению к сети связи природы понимаются воздействия, источники которых находятся внутри системы и в отношении которых имеется достаточная информация о характеристиках дестабилизирующих воздействий, способствующая принятию упреждающих рационально обоснованных решений по их локализации и проведению профилактических и ремонтно-восстановительных мероприятий на всех этапах: от производства технических средств до проектирования сетей связи. Обеспечение устойчивости при воздействии дестабилизирующих факторов внутренней природы обусловлено поддержанием надежностных характеристик сети в пределах установленных требований.

Под дестабилизирующими факторами внешней по отношению к сети связи природы понимаются такие, источники воздействия которых локализованы вне системы [2, 4, 6]: физические объекты, которые во взаимодействии с другими объектами или системами, а также событиями, определяющими моменты и характер возбуждения источника, выделяют энергию на образование дестабилизирующих факторов. В таком случае обеспечение устойчивости сводиться к решению проблемы живучести.

Определенные стандартом требования к устойчивости функционирования сети связи являются весьма обобщенными и сводятся к учету отдельных требований по надежности, живучести и помехоустойчивости. При этом необходимо отметить, что определяющим условием функционирования сети

связи специального назначения является преднамеренность воздействий дестабилизирующих факторов, а также существенное возрастание их количества на единицу времени по сравнению с воздействиями, например, естественной природы.

С появлением в понятийном аппарате технической отрасли наук термина качество услуги (*Quality of Service*), определенного международным стандартом ИСО 8402 «Управление качеством и обеспечение качества. Словарь» как «совокупность характеристик объекта, определяющих его способность удовлетворять заявленным требованиям», и, впоследствии с его декомпозицией на показатели качества восприятия, качества услуги, качества функционирования сети, предоставило исследователям достаточную свободу при формулировании и решении частных задач, направленных на изучение устойчивости в топологическом и структурном контексте, с последующим комплексированием при необходимости.

Однако, указанные понятия не имеют однозначного толкования. Так, в трудах [11–13] профессора И. Б. Шубинского указано, что структурная надежность – это надежность продукции (объектов, элементов, систем), а функциональная надежность – это надежность оказания услуг (выполнения процессов сбора, обработки, передачи информации, управления подчиненными объектами). Научные изыскания [9] профессора Г. Н. Черкесова, посвященные исследованию взаимосвязи функциональной надежности структурно-сложных систем и их эффективности, свидетельствуют о том, что функциональная надежность является более общим понятием и включает в себя частные свойства структурной надежности, равно как и структурная живучесть является частным свойством функциональной живучести.

Принципиальная особенность функционирования подвижных элементов сети связи специального назначения состоит в необходимости их эксплуатации в условиях перманентного воздействия преднамеренных дестабилизирующих факторов, с обязательным учетом возможности функционального вос-

становления в процессе деградации информационных функций. При таких обстоятельствах необходима сменить привычную аналитическую модель, или, иными словами, осуществить переход от анализа и оценки надежности к анализу и оценке живучести.

Анализ зарубежных и отечественных научных трудов [1, 11–14], посвященных исследованию проблем живучести, свидетельствует о смещении их содержательного акцента преимущественно в структурную плоскость. Так, преобладающее большинство исследователей для повышения показателей живучести прибегает к восстановлению системы с использованием структурной избыточности, создавая подсистему, ориентированную на решение задач технического обеспечения в интересах сети связи.

Необходимо учитывать, что функциональная живучесть информационной системы зависит от цели ее функционирования, равно как и параметров, определяющих условия работоспособности входящих в ее состав элементов. При этом показатели оценки свойства не являются статичными и могут изменяться по мере изменения целевой функции метасистемы.

В качестве основного показателя функциональной живучести в научных исследованиях [11–14] предлагается использовать вероятность $P \{N_{\text{дф}}, \xi\}$ эффективного (с требуемым уровнем ξ в долях от нормативного уровня) выполнения системой целевой функции при условии воздействия на нее $N_{\text{дф}}$ дестабилизирующими факторами. При этом производный от этого частный показатель структурной живучести находится при условии, что $\xi = 1$, то есть $P \{N_{\text{дф}}\}$.

Под функциональным отказом понимается невозможность выполнения функциональным элементом системы одной из своих функций. В [8] автор предлагает в качестве критерия отказа сети связи специального назначения использовать изменение канальной емкости (пропускной способности) функционального элемента на стадии его жизненного цикла, однако, более информативным показателем является текущее значение времени восстанов-

ления $T_B(t)$ пропускной способности информационного направления на интервале жизненного цикла сети связи специального назначения. В более общем случае показатель $T_B(t)$ следует рассматривать как характеристику устойчивости не только в отношении пропускной способности сети, но и других ее характеристик: доступности, мобильности, управляемости, помехоустойчивости и др.

Определив критерии отказа, при переходе к построению модели функционирования подвижных элементов сети связи специального назначения необходимо учесть центральную методологическую проблему исследования функциональной живучести. Факт воздействия дестабилизирующего фактора можно зарегистрировать на столь ничтожно малом интервале времени, что установить устойчивую повторяемость таких событий не представляется возможным, и, как следствие, в силу нестохастической природы интерпретировать такие события в терминах классической теории вероятностей будет некорректно.

Разрешение сложившегося затруднения при решении задачи моделирования и оценки живучести структурно-сложных систем видится в поэтапном переходе от структурного к функциональному аспекту исследуемого свойства с последующим замещением вероятностно-комбинаторных моделей на модели, где воздействие дестабилизирующих факторов определено в терминах предельно допустимых уровней снижения устойчивости, учитывающих соотношение функциональной избыточности и реальной пропускной способности, с обязательным экономическим обоснованием издержек на проектирование и эксплуатацию подвижных элементов системы связи специального назначения.

Литература

1. Рябинин, И. А. Логико-вероятностные методы исследования надежности структурно-сложных систем / И. А. Рябинин, Г. Н. Черкесов. – М. : Радио и связь, 1981. – 264 с.
2. Боговик, А. В. Теория управления в системах военного назначения / А. В. Боговик, В. В. Игнатов. – СПб : ВАС, 2008. – 460 с.
3. Назаров, А. Н. Модели и методы расчета показателей качества функционирования узлового оборудования и структурно-сетевых параметров сетей связи следующего поколения / А. Н. Назаров, К. И. Сычев. – Красноярск : Поликом, 2010. – 389 с.
4. Исаков, Е. Е. Основные принципы построения устойчивой военной связи и возможные способы их реализации / Е. Е. Исаков. – СПб : ВАС, 2015. – 448 с.
5. Можаяев, А. С. Технология автоматизированного структурно-логического моделирования надежности, живучести, безопасности, эффективности и риска функционирования систем / А. С. Можаяев // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2008. – № 9. – С. 1–14.
6. Поленин, В. И. Применение общего логико-вероятностного метода для анализа технических, военных организационно-функциональных систем и вооруженного противоборства / В. И. Поленин, И. А. Рябинин, С. К. Свирин, И. А. Гладкова. – СПб : НИКА, 2011. – 410 с.
7. Попков, В. К. Математические модели живучести сетей связи / В. К. Попков ; под редакцией М. И. Нечепуренко; АН СССР, Сиб. отд-ние, ВЦ. – Новосибирск : ВЦ СО АН СССР, 1990. – 235 с.
8. Дудник, Б. Я. Надежность и живучесть систем связи / Б. Я. Дудник, В. Ф. Овчаренко, В. К. Орлов [и др.]; под редакцией Б. Я. Дудника. – М. : Радио и связь, 1984. – 216 с.
9. Черкесов, Г. Н. Методы и модели оценки живучести сложных систем / Г. Н. Черкесов. – М. : Знание, 1987. 55 с.

10. ГОСТ Р 53111–2008. Устойчивость функционирования сети связи общего пользования : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 декабря 2008 г. № 529-ст : введен впервые : дата введения 2009-10-01. – М. : Стандартинформ, 2013. – 26 с.

11. Шубинский, И. Б. Структурная надежность информационных систем. Методы анализа / И. Б. Шубинский. – М. : «Журнал Надежность», 2012, – 216 с.

12. Шубинский, И. Б. Функциональная надежность информационных систем. Методы анализа / И. Б. Шубинский. – М. : «Журнал Надежность», 2012. – 296 с.

13. Шубинский, И. Б. Надежные отказоустойчивые информационные системы. Методы синтеза / И. Б. Шубинский. – М. : «Журнал Надежность», 2016. – 546 с.

14. Исаков, Е. Е. Оценка необходимых и достаточных значений реальной пропускной способности военных систем передачи информации / Е. Е. Исаков [и др.] // Информация и космос. Радиотехника и связь. – 2017. – № 4. – С. 133–136.