

# МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ СВЯЗИ В УСЛОВИЯХ ПОТОКА ОТКАЗОВ И ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ

## MODEL OF FUNCTIONING OF A TRANSPORT NETWORK OF COMMUNICATION IN THE CONDITIONS OF A STREAM OF FAILURES AND INFLUENCE OF DESTABILIZING FACTORS

**O. Gadan  
S. Krivtsov  
Hamdan Mohammed Ribhi As Hell  
G. Baiseitov  
Abd Al-Qadar Ahmed Yassin**

*Summary.* the article deals with the model of functioning of the transport network in the conditions of the flow of failures and the impact of destabilizing factors. The purpose and structure necessary for the description, assessment of a condition and influence on a network is defined. A number of private subtasks are considered: operational control of network elements parameters and quality of service (QoS), measurement of diagnostic parameters of transport communication network, reservation, restoration and repair of transport communication network elements. The algorithm of functioning of a transport network of communication in the conditions of a stream of failures and influence of destabilizing factors is considered.

*Keywords:* transport communication network, model of functioning, operational control of parameters, algorithm of functioning, flow of failures, influence of destabilizing factors.

**Жадан Олег Павлович**

Преподаватель, ФГКВООУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого» (г. Санкт-Петербург)  
gadan\_op@mail.ru

**Кривцов Станислав Петрович**

Старший преподаватель, ФГКВООУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого» (г. Санкт-Петербург)  
staskriv@mail.ru

**Хамдан Мохамед Рибхи Ас'ад**

Адъюнкт, ФГКВООУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого» (г. Санкт-Петербург)  
hamdan.mohamed@yandex.ru

**Байсаитов Гани Нуралиевич**

К.т.н., ФГКВООУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого» (г. Санкт-Петербург)  
bayyseitov.ganinurgalievich@rambler.ru

**Абд Аль Кадар Ахмед Ясин**

К.т.н., Хатайский университет имени Мустафы Кемаля. Турция, г. Хатай  
dahmedaboyassin@gmail.com

*Аннотация.* в статье рассматривается модель функционирования транспортной сети связи в условиях потока отказов и воздействия дестабилизирующих факторов. Определяется цель и структура необходимая для описания, оценки состояния и воздействия на сеть. Рассматривается ряд частных подзадач: осуществляющей оперативный контроль параметров элементов сети и качества обслуживания (QoS), измерение диагностических параметров транспортной сети связи, резервирование, восстановление и ремонт элементов транспортной сети связи. Рассмотрен алгоритм функционирования транспортной сети связи в условиях потока отказов и воздействия дестабилизирующих факторов.

*Ключевые слова:* транспортная сеть связи, модель функционирования, оперативный контроль параметров, алгоритм функционирования, поток отказов, воздействие дестабилизирующих факторов.

**П**овышение устойчивого функционирования транспортной сети связи (ТрСС) в условиях воздействия дестабилизирующих факторов (ВДФ) является важной научно — технической задачей при их исследовании, проектировании и эксплуатации. Это, прежде всего, связано с множеством функционирующих процессов в них, которые характеризуются своими описываемыми параметрами.

Учитывая сложность объекта исследования и условий его функционирования, необходимо определить цель и структуру необходимую для описания, оценивания состояния и воздействия на сеть.

При формировании модели функционирования ТрСС в условиях потока отказов и воздействия дестабилизирующих факторов необходимо определить:

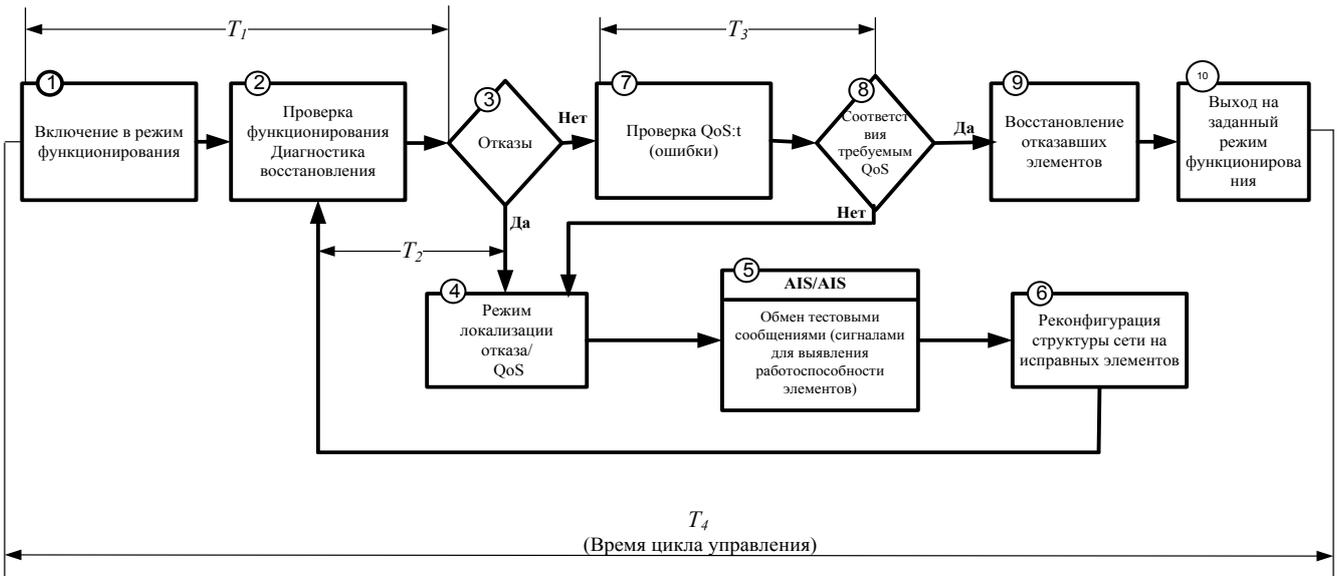


Рис. 1. Блок схема процесса функционирования уровня ТрСС

- 1) назначение сети связи и совокупность, решаемых ею задач;
- 2) совокупность условий функционирования сети связи;
- 3) выбор показателей качества функционирования сети;
- 4) перечень и характеристики, действующих на сеть связи факторов, подлежащих обязательному учету при синтезе;
- 5) совокупность ограничений на имеющиеся ресурсы, с помощью и с использованием которых будет функционировать ТрСС.

Функционирование сетей электросвязи, входящих в состав сети связи общего пользования (ССОП), в условиях ВДФ физического или технологического характера (далее — дестабилизирующие факторы) определяется свойством сети, называемым устойчивостью. Обеспечение устойчивости заключается в сохранении функционирования сетей электросвязи в условиях мирного времени, в чрезвычайных ситуациях. Классификация, состояние, оценка устойчивости объектов электросвязи к ВДФ в [3].

Высокая устойчивость сети связи определяется ее способностью выполнять свои задачи по передаче сообщений с требуемым качеством при всех ВДФ и является центральной как по значимости данного свойства системы, так и по сложности ее достижения.

Для реализации устойчивого функционирования ТрСС необходимо применять систему управления (СУ), которая отвечает современным требованиям и выполняет основные задачи: своевременно обнаруживает неисправности и отказы в оборудовании;

управляет конфигурацией сети; резервирует и восстанавливает элементы сети; управляет сетевым трафиком [1].

Одним из основных подходов рассмотрения функционирования ТрСС в условиях потока отказов и воздействия дестабилизирующих факторов имеет уровневую архитектуру, в которой в соответствии относительно эталонной модели взаимодействия открытых систем (ЭМВОС) выделяются уровни физический, каналный, сетевой.

Модель функционирования сети предполагается выполнить на каждом уровне отдельно с возможностью последующего объединения результатов по остальным уровням сети.

Процесс функционирования включает в себя ряд частных подзадач: осуществляющей оперативный контроль параметров элементов сети и качества обслуживания (QoS), измерение диагностических параметров ТрСС, резервирование, восстановление и ремонт элементов ТрСС.

В данной блок схеме процесса функционирования уровня ТрСС реализуются базовые операции:

- ◆ включение в режим функционирования (поступление потока или идентификация (сигнала) в оборудование ТрСС);
- ◆ проверка функционирования встроенными средствами диагностики оборудования ТрСС;
- ◆ определение на наличие или на отсутствие отказов в оборудовании;
- ◆ проверка качества обслуживания в оборудовании ТрСС QoS.

Таблица 1. Исходные данные для моделирования

$n$	количество отказов
$m$	количество отказов по соответствию параметров
$S$	количество потоков
$t_1$	длительность измерения параметров ТрСС уровня
$t_2$	длительность обработки параметров уровня ТрСС
$t_3$	длительность определения типа неисправности на ТрСС
$t_4$	длительность определения исправных элементов ТрСС
$t_5$	длительность изменения топологической структуры ТрСС
$t_6$	длительность обработки параметров QoS ТрСС
$t_7$	длительность восстановления ТрСС на уровне сети
$t_8$	длительность функционирования нормального состояния
$T_{цус}$	длительность одного цикла, где $S$ -поступивший поток по порядку
$T_{циср}$	среднее время одного цикла управления.
$T_n$	время неисправности системы (уровня)
$T_{нсп}$	среднее время неисправности системы (уровня)
$T_{иср}$	среднее время исправности системы
$K_r$	коэффициент готовности системы
$P_{отк}$	вероятность отказа системы
$P_{ij}$	параметр показателя качества, где $i$ - индекс обозначающий тип технологии; $j$ - индекс обозначающий параметр $i$ -го типа технологии.
$T_{с+1}$	время поступление следующего потока
$T_{огр}$	время ограничения поступления потоков

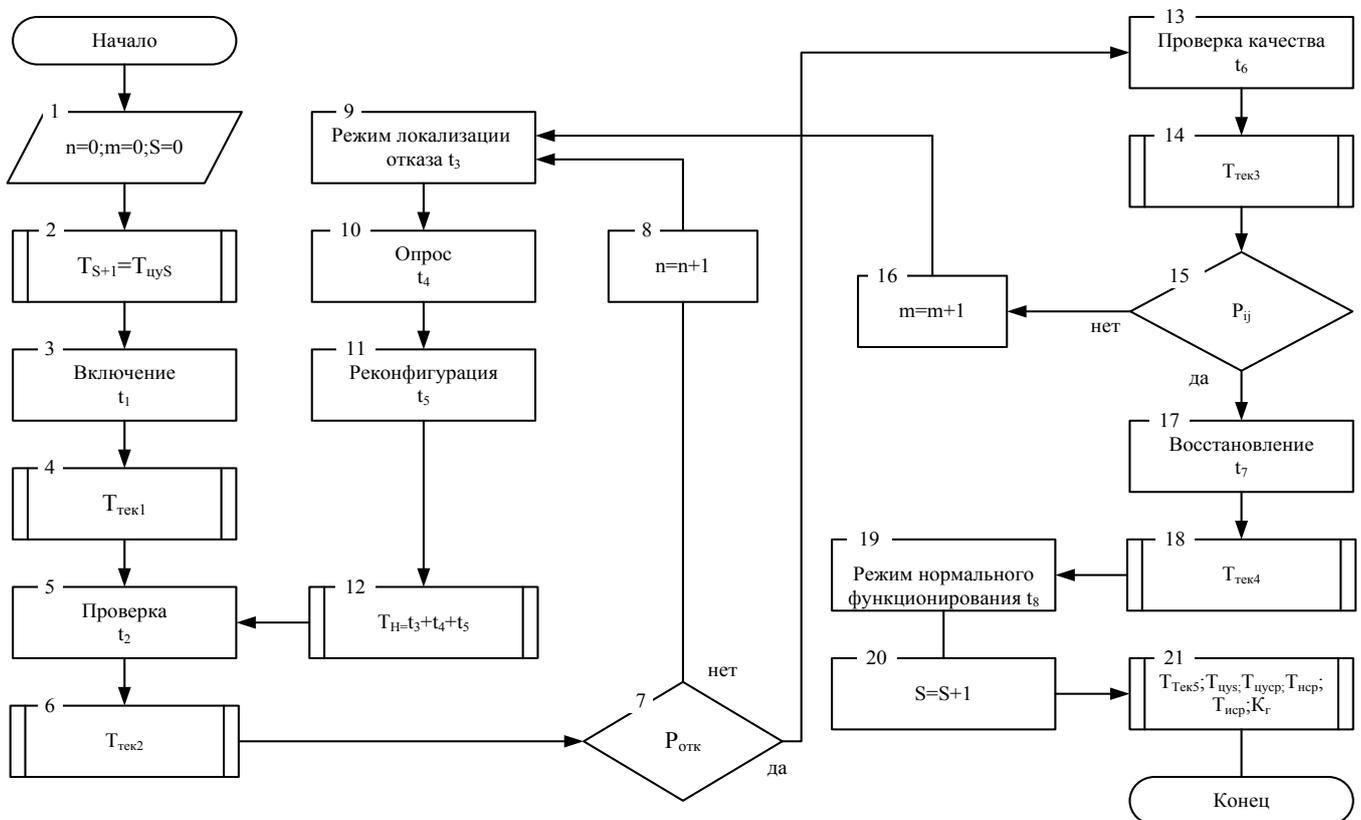


Рис. 2. Алгоритм функционирования ТрСС в условиях потока отказов и ВДФ

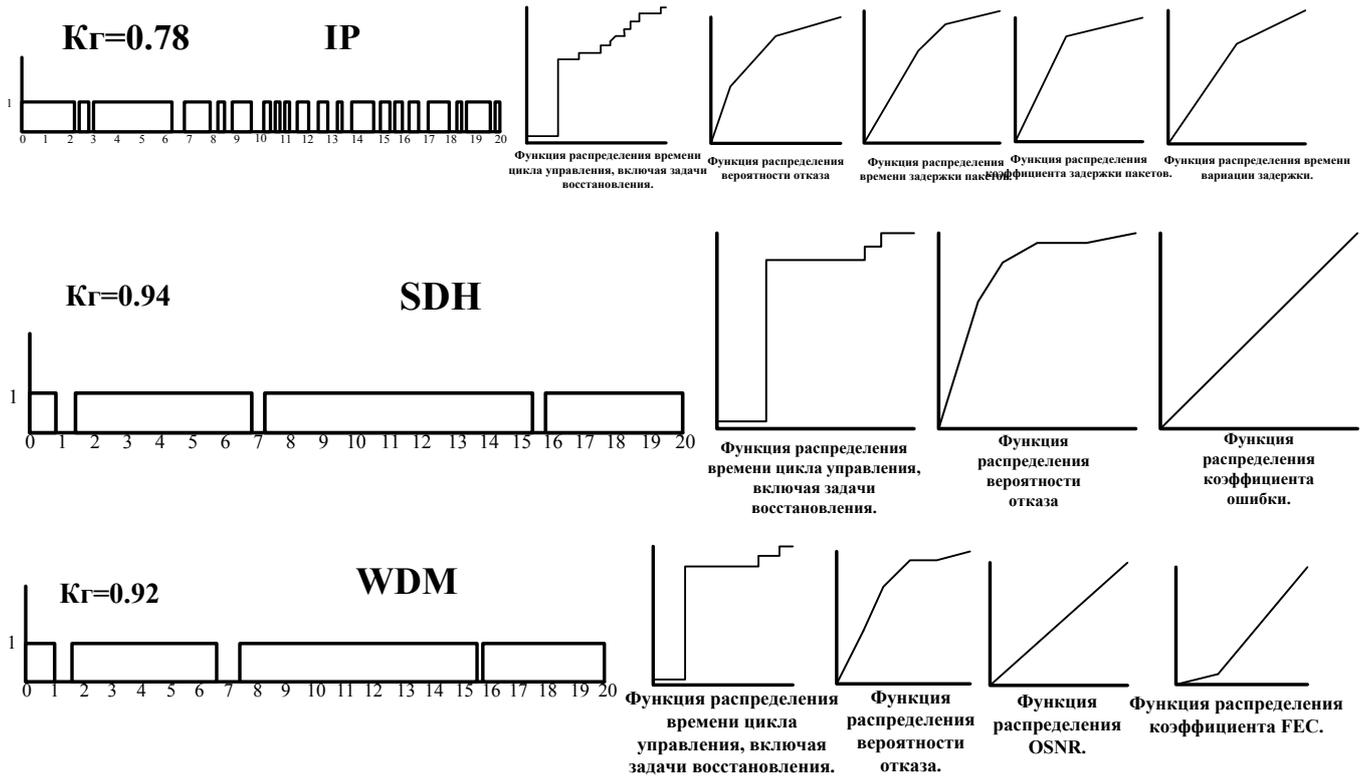


Рис. 3. Временные диаграммы функционирования рассматриваемых уровней.

- ♦ определение на соответствия требуемым параметрам уровня ЭМВОС OSI на QoS;
- ♦ устранение или локализация отказов элементов ТрСС;
- ♦ обмен тестовыми сообщениями (сигналами), для выявления работоспособность элементов на ТрСС;
- ♦ реконфигурация структуры сети на исправных элементах ТрСС;
- ♦ восстановление отказавших элементов ТрСС;
- ♦ выход на заданный режим функционирования ТрСС.

В соответствии с приведенным описанием операций блок схемы процесса функционирования уровня ТрСС, сформулируем алгоритм функционирования ТрСС в условиях потока отказов и ВДФ. (Рис. 2)

Исходные данные для моделирования исследуемого процесса представлены в таблице 1.

Имитируется поступление потока на передачу сообщений через интервалы времени T. При нормальном функционировании системы отвечающим и выполняющим требованиям системы модельного времени (МВ) принимает значение TцУS.

Интервалы времени поступления потока на вход системы равны времени предыдущего цикла управления.

При поступлении потока во времени t2 вероятность отказа системы будет равна P<sub>отк</sub>, которая распределяется по экспоненциальному закону. При поступлении потока во времени t6 вероятность соответствия параметрам будет равна P<sub>ij</sub>, которая распределяется по экспоненциальному закону.

Если хотя бы один показатель параметра QoS не соответствует нормативным значениям исправного состояния ТрСС, то необходимо провести ряд мероприятий по восстановлению работоспособного состояния ТрСС:

- ♦ определить причину изменения параметров QoS;
- ♦ изменить параметры элементов ТрСС на время восстановления за время t6,
- ♦ с помощью основных блоков блок схемы восстановить ТрСС за время t7.

По окончании восстановительных работ проводят контрольные измерения параметров ТрСС, чтобы убедиться в достоверности восстановления ТрСС.

После обработки измеренных значений параметров элементов ТрСС проводят ряд мероприятий по восстановлению ТрСС[4]:

- ♦ определяет тип неисправности за время Tн;
- ♦ производит анализ или диагностику состояния элементов ТрСС за время t4;

- ◆ изменяет топологическую структуру ТрСС за время реконфигурации  $t_5$ .

В дальнейшем если все показатели параметров QoS соответствуют нормативным значениям исправного состояния ТрСС, то функционирование СУ ТрСС завершается, и ТрСС замыкается.

Необходимо определить среднее время выполнения всех процессов, происходящих в ТрСС процесса функционирования.

Ограничения и допущения:

1) При разработке модели ТрСС использовались следующие предположения и допущения[5]:

- ◆ в каждый УС представленных систем определенного уровня поступают потоки отказов, промежутки времени, между поступлениями которых распределены по закону, соответствующему виду поступающей нагрузки;
- ◆ поток отказов воздействует на каждый уровень, число которых задается в исходных данных;
- ◆ динамика интенсивности потока отказов задается в исходных данных;
- ◆ интервалы обслуживания заявок являются величинами случайными, законы распределения, которых соотнесены с техническими характеристиками оборудования эксплуатирующих на УС ТрСС и задаются в исходных данных;
- ◆ сеть обладает структурой резервирования и восстановления;

- ◆ дисциплина обслуживания соответствует функциональным параметрам моделируемого УС ТрСС и задается в исходных данных;
- ◆ структура модели УС ТрСС не меняется;
- ◆ функции распределения случайных величин относятся к классу экспоненциальных;
- ◆ время реализации отдельных операций искомого процесса имеют экспоненциальное распределение;
- ◆ модель предполагает отсутствие новых отказов до окончания обработки предыдущей;
- ◆ потоки отказов являются неконкурирующими.

2) Предложенный алгоритм функционирования ТрСС в условиях потока отказов и ВДФ можно представить в виде имитационной модели.

На основании полученных результатов, временных длительностей, которые характеризуют состояние ТрСС по показателю коэффициента исправного действия на соответствующих уровнях сети, можем оценить свойства устойчивости ТрСС в условиях потока отказов и ВДФ.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- ◆ предложенная модель функционирования ТрСС в условиях потока отказов и ВДФ работоспособна и чувствительна к изменению исходных данных, а результаты моделирования согласуются со статистическими данными по затрачиваемому времени на восстановление ТрСС;
- ◆ предложенная модель позволяет определить среднее время, необходимое для выполнения всех процессов функционирования по восстановлению на рассматриваемом уровне ТрСС.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. К. Канаев, М. А. Сахарова, Е. В. Скуднева. Математическая модель процесса функционирования системы управления сетью передачи данных при запросах на определение ее технического состояния. Известия ПГУПС, 2015, № 1, с. 91–98.
2. Алисевиц Е. А., Губская О. А., Жадан О. П., Стахеев И. Г. «Алгоритм оперативно-технического управления сети связи специального назначения на основе дискретно-событийной модели». Современная наука: актуальные проблемы теории и практики, 2017, № 07–08, с. 13–16.
3. ГОСТ Р 53111–2008 Устойчивость функционирования сети связи общего пользования. Требования и методы проверки.
4. Исаков Е. Е., Мякотин А. В., Губская О. А., Кривцов С. П. Оптимальная цифровизация военных систем связи. Современная наука. Актуальные проблемы теории и практики. Серия естественные и технические науки № 3–4. 2017. С. 22–26
5. Исаков Е. Е., Мякотин А. В., Жадан А. П., Кривцов С. П., Басулин Д. В. Оценка необходимых и достаточных значений реальной пропускной способности военных систем передачи информации. Информация и космос. Радиотехника и связь. СПб. 2017. С. 133–136.

© Жадан Олег Павлович ( gadan\_op@mail.ru ), Кривцов Станислав Петрович ( staskriv@mail.ru ),

Хамдан Мохамед Рибхи Ас'ад ( hamdan.mohamed@yandex.ru ), Байсаитов Гани Нуралиевич ( bayyseitov.ganinuralievich@rambler.ru ),

Абд Аль Кадар Ахмед Ясин ( dahmedaboyassin@gmail.com ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»