

МИНИСТЕРСТВО СВЯЗИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ СВЯЗИ»  
РЕГИОНАЛЬНОЕ СОДРУЖЕСТВО В ОБЛАСТИ СВЯЗИ (РСС)  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ (МСЭ)  
РУП «БЕЛПОЧТА»  
РУП «БЕЛТЕЛЕКОМ»  
ОАО «ГИПРОСВЯЗЬ»

# **СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА СВЯЗИ**

МАТЕРИАЛЫ  
XXV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ

22–23 октября 2020 года  
Минск, Республика Беларусь

Минск  
Белорусская государственная академия связи  
2020

УДК 654(082)  
ББК 32.88  
С56

**Редакционная коллегия:**

**А. О. Зеневич**  
**В. В. Дубровский**  
**Е. А. Кудрицкая**  
**Е. В. Новиков**  
**А. А. Лапцевич**  
**А. В. Будник**  
**С. И. Половения**  
**О. Ю. Горбадей**  
**Г. Е. Кобринский**  
**Г. И. Мельянец**  
**Л. П. Томилина**  
**С. Ю. Михневич**

**С56** **Современные средства связи** : материалы XXV Междунар. науч.-техн. конф., 22–23 окт. 2020 года, Минск, Респ. Беларусь ; редкол. : А. О. Зеневич [и др.]. – Минск : Белорусская государственная академия связи, 2020. – 336 с.  
ISBN 978-985-585-055-8.

Сборник включает материалы докладов XXV Международной научно-технической конференции «Современные средства связи», которая проводилась 22–23 октября 2020 года. Представлены материалы по следующим секциям: теория связи, сети и системы электросвязи; радиосвязь, радиовещание и телевидение; организация, технологии и логистические системы почтовой связи; информационные технологии и инфокоммуникации; защита информации и технологии информационной безопасности; экономика, система менеджмента качества, организация, управление и маркетинг в связи; методика преподавания и инновационные технологии обучения специалистов для отрасли связи.

Материалы конференции предназначены для специалистов в области связи и смежных наук, преподавателей, аспирантов и студентов высших учебных заведений.

УДК 654(082)  
ББК 32.88

ISBN 978-985-585-055-8

© Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
академия связи», 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

### Секция «Теория связи, сети и системы электросвязи»

<b>Ю.А.Дуйнова, С.И.Половения, А.Н.Соловьев</b> Анализ алгоритма кластеризации беспроводной сети связи .....	12
<b>Н.Ю.Амурова, С.М.Абдуллаева, Е.А.Борисова</b> Стимулы развития ВИЭ в мире и в Узбекистане .....	13
<b>А.Г.Костюковский</b> Случайные выделенные сети распределения фотонов во вселенной .....	15
<b>М.А.Малец, В.А.Акулич, М.П.Пагапович</b> Динамика напыления тонких пленок методом атомно-эмиссионной многоканальной спектрометрии со сдвоенными лазерными импульсами .....	17
<b>Б.Бабаев, Ч.Сейитнепесов</b> Исследования влияния архитектурных особенностей Ашгабада на затухания сигналов сотовых радиосетей .....	18
<b>О.П.Рябычина, О.Р.Ходасевич</b> Обоснование методов и средств передачи данных от датчиков в аппаратно-программном комплексе мониторинга загрязнения атмосферного воздуха .....	19
<b>Ч.Сейитнепесов, А.Хыдыров</b> Исследования характеристик распространения сигналов радиотелефонной сети связи CDMA-450 Марыйского веляята (области) .....	21
<b>В.В.Бахтизин, А.А.Петрашевский</b> Применение Microsoft Excel для ведения документации по учету работоспособности (повреждаемости) телефонных станций .....	22
<b>Д.Давронбеков, С.Абдуллаева</b> Принципы построения источников вторичного электропитания .....	23
<b>С.С.Парсиев, Ф.К.Эркинов, Ш.Х.Кучкаров</b> Методика оптимизации телекоммуникационной сети с многоуровневой структурой по критерию общесетевых приведенных затрат .....	25
<b>Т.А.Радишевская</b> Программно-управляемые шкафы для распределенных телекоммуникационных систем .....	26
<b>М.Мирзаахмедов, Л.А.Кадирова</b> Стандартные правила обмена информацией в сети интернет .....	28
<b>Т.Н.Дворникова, А.А.Денис</b> Особенности технической диагностики радиоэлектронной аппаратуры .....	29
<b>Имад Эль Абед</b> Архитектурные отклонения и требуемая структура архитектуры беспроводных сенсорных сетей .....	30
<b>М.С.Сапаев, Г.Б.Шербобоева</b> Формализация системы управления мультисервисных сетей на основе нейро-нечеткой технологии .....	31
<b>О.И.Киш, Ю.А.Скудняков</b> Выбор параметров устойчивости процесса сглаживания дискретных данных .....	33
<b>Н.А.Князева</b> Показатели структурной надежности сетей с неопределенной топологией .....	34
<b>А.А.Лосик</b> Этапы передачи и приема телекоммуникационных сигналов .....	37
<b>Н.Ю.Амурова, С.М.Абдуллаева, Е.А.Борисова</b> Smart Grid модернизированные каналы электроснабжения .....	38
<b>Н.Ю.Амурова, С.М.Абдуллаева, Е.А.Борисова</b> Использование альтернативных источников энергии для развития энергопотребления Узбекистана .....	39
<b>А.Д.Аказникова, Т.М.Печень</b> Обзор и анализ методов идентификации дискретных систем с запаздыванием .....	40
<b>Khalid Ali Khan, S.M.Nokerov</b> Analysis of gaussian beam profile and its amplification in optical ring resonator with thin radial gradient-index lens .....	42
<b>А.Е.Лагутин</b> Методы переноса синхросигналов в транспортных сетях .....	44
<b>К.А.Радкевич</b> Построение сетей интернет вещей на базе инструментальных платформ .....	45
<b>В.О.Казючиц, С.М.Боровиков</b> Поиск информативных параметров для прогнозирования индивидуальной надежности транзисторов большой мощности .....	47

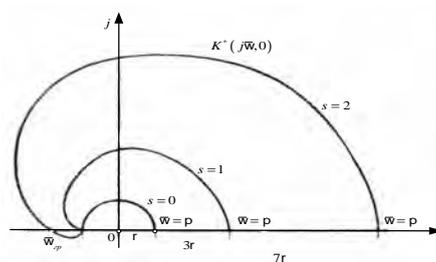


Рисунок 1 – Частотная характеристика

Для определения устойчивости находим предварительно критические частоты, т.е. частоты  $\bar{\omega}_{\epsilon\delta}$ , при которых мнимая часть частотной характеристики обращается в нуль. Критические частоты удовлетворяют уравнению:

$$2^{s+1} \sin^{s+1} \frac{\bar{\omega}}{2} \sin(s+1) \frac{p - \bar{\omega}}{2} = 0.$$

Отсюда находим:

$$(s+1) \frac{p - \bar{\omega}_{\epsilon\delta}}{2} = r p$$

где  $r$  - целое число и, следовательно, при  $s > 0$   $\bar{\omega}_{\epsilon\delta} = p - \frac{2rp}{s+1}$

Проводя преобразования получим условие устойчивости в виде:

$$r < r_{\epsilon\delta} = \frac{1}{1 + \frac{2}{\epsilon} \cos \frac{p - \bar{\omega}_{\epsilon\delta}}{s+1}}$$

Зависимость  $r_{\epsilon\delta}$  и  $\bar{\omega}_{\epsilon\delta}$  от  $s$  приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость  $r_{\epsilon\delta}$  и  $\bar{\omega}_{\epsilon\delta}$  от  $s$

$s$	0	1	2	3	4	5
$\bar{\omega}_{\epsilon\delta}$	0	0	$\frac{1}{3}p$	$\frac{1}{2}p$	$\frac{3}{5}p$	$\frac{2}{3}p$
$r_{\epsilon\delta}$	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{28}$

Для  $s=0$  и  $s=1$  процесс сглаживания всегда устойчив. Для  $s > 1$  существует предельное значение  $r$ , при котором процесс становится неустойчивым. С увеличением  $s$  граничная частота увеличивается, стремясь к  $p$  при  $s \rightarrow \infty$ , а  $r_{\epsilon\delta}$  уменьшается, стремясь к нулю.

Таким образом, при выборе  $r$ , удовлетворяющем условию устойчивости, система будет осуществлять процесс сглаживания.

Полученный результат справедлив и для более сложных систем, поскольку устойчивость процесса сглаживания не зависит от коэффициентов  $X_n$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Цыпкин, Я.З. Теория линейных импульсных систем / Я.З.Цыпкин – М.: Физматгиз, 1963. – 968с.

Н.А.КНЯЗЕВА

### ПОКАЗАТЕЛИ СТРУКТУРНОЙ НАДЕЖНОСТИ СЕТЕЙ С НЕОПРЕДЕЛЕННОЙ ТОПОЛОГИЕЙ

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса, Украина

Современные телекоммуникационные сети (ТКС) представляют собой объекты технического проектирования, одним из этапов которого является определение параметров ТКС, в частности,

показателей надёжности, поскольку надёжность ТКС непосредственно связана с результирующими показателями качества сервисов. Одним из направлений развития современных сетей является приоритетное использование беспроводного доступа и внедрение в сеть механизмов самоорганизации, т.е. развитие сетей с неопределенной топологией (СНТ). СНТ – это сети, не имеющие постоянной структуры, в которых число узлов и число связей между узлами являются случайными во времени величинами, изменяющимися до некоторого значения [1]. Поскольку ТКС относятся к структурным системам, особое значение для ТКС приобретают вопросы оценки структурной надёжности (СН), характеризующей функционирование ТКС в зависимости от работоспособности или отказов узлов или линий. Потому, когда говорят о СН, как правило, имеют в виду надёжность путей и связей [2, 3]. Существующие методы оценки СН ориентированы на применение для сетей с заранее известной топологией. В СНТ неизвестно множество путей, которые могут быть использованы для обслуживания каждой заявки, что усложняет задачу оценки СН. В этих условиях предпочтительным является подход, предполагающий получение оценок СН СНТ на основании учета лишь базовых структурных характеристик – размерности сети, степени ее связности, максимально допустимого ранга путей (ранг – число ветвей (участков), составляющих путь). При рассмотрении задач, касающихся анализа СН сетей связи, в качестве модели сети, как правило, используется случайный граф [4-6]. Среди этих моделей классическими являются, прежде всего, модель Эрдёша-Реньи ( $G(n, p)$ ) [4], а также ее обобщение – модель  $G(Nn, p)$  [6].

В данной работе СН СНТ предложено оценивать на основе показателей – верхней и нижней границ СН, получение которых основано на учете базовых структурных характеристик. Оценочным показателем СН СНТ выступает показатель СН произвольной связи в сети. Связь между парой узлов, например,  $i$  и  $j$ , обеспечивается путями, следовательно, для оценки СН этой связи необходимо в первую очередь определить количество независимых для данной связи путей.

Структура анализируемой СНТ описывается случайным графом модели ER [4]. Число путей ранга  $g$  в сети с числом пунктов  $n$  и числом ветвей  $L$  определяется выражением (1) [2]:

$$M_{r,L} = \frac{n(n-1)}{2} C_{n-2}^{r-1} \left(1 - \frac{2m_{r,L_{\max}}}{n(n-1)A_{n-2}^{r-1}}\right)^l, \quad (1)$$

где  $L_{\max} = n(n-1)$  – число ветвей в полносвязной сети;  $l$  – число ветвей, отсутствующих в сети (относительно числа ветвей в полносвязной сети,  $l = L_{\max} - L$ ).

Из выражения (1) можно определить число путей ранга  $g$ , приходящихся на одну связь ( $i-j$ ), в сети с  $n$  пунктами и  $L$  ветвями (2):

$$m_{(ij)r,L} = \frac{M_{r,L}}{g} = \frac{M_{r,L}}{n(n-1)}, \quad (2)$$

где  $g$  – общее число связей.

Число путей ранга не более  $R$ , которые могут использоваться для одной связи ( $i-j$ ), определяется на основе выражения (3):

$$M_{ij(1...R)} = \sum_{r=1}^R A_{n-2}^{r-1}. \quad (3)$$

Выражения (1-3) служат для расчета верхней и нижней границ СН для связи ( $i-j$ ) в СНТ.

Поиск всех путей ранга не более  $g$ , реализующих связь ( $i-j$ ), и рассмотрение их как независимых для данной связи дает верхнюю границу надёжности связи между узлами. Расчет верхней границы СН  $P_{\text{ВСН}ij}$  для связи ( $i-j$ ) в СНТ [3]:

$$P_{\text{ВСН}ij} = 1 - \prod_{k=1}^{M_{ij}} (1 - \prod_{b_{xy}^k} p_{xy}), \quad (4)$$

где  $b_{xy}^k$  – участок пути  $M_{ij}^k$ ,  $k$  – номер пути;

$p_{xy}$  – вероятность безотказной работы участка  $b_{xy}^k$ .

Количество участков путей заданного ранга определяется на основе выражения (1).

Отметим, что в полученном множестве путей  $M_{ij}$  фиксируется не последовательность участков  $b_{xy}^k$  путей, а количество участков каждого  $k$ -го пути  $M_{ij}^k \in M_{ij}$  с соответствующими значениями  $p_{xy}$ , которые могут определяться с использованием экспертных оценок или статистических данных.

На основе полученного множества путей  $M_{ij}$  формируется множество разделяющих их сечений  $\delta_{ij}$  (например, при представлении  $M_{ij}$  в ДНФ – как двойственная булева функция для  $M_{ij}$ ), причём, как и в случае множества путей  $M_{ij}$ , для каждого  $q$ -го сечения  $d_{ij}^q \hat{=} d_{ij}^q$  фиксируется количество участков  $b_{xy}$ , образующих сечение, с соответствующими значениями  $p_{xy}$ . Эти данные позволяют рассчитать нижнюю границу СН РНСН $_{ij}$  отдельной связи (i-j) в СНТ (5) [2, 3]:

$$P_{\text{НСН}_{ij}} = \prod_{d_{ij}^q \hat{=} d_{ij}^q} (1 - \prod_{b_{xy} \hat{=} d_{ij}^q} (1 - p_{xy})) \quad (5)$$

где  $d_{ij}$  – множество разделяющих сечений,

$b_{xy}$  – участки, образующие  $q$ -е сечение, с соответствующими значениями  $p_{xy}$ .

Верхняя (4) и нижняя (5) границы СН дают возможность определения показателя СН отдельной связи (i-j) –  $P_{\text{НСН}_{ij}}$  в сети. Для всех пар (i-j) осуществляется расчет показателя СН –  $P_{\text{НСН}_{ij}}$  – как средневзвешенной величины значений РВСН $_{ij}$  и РНСН $_{ij}$  (6):

$$P_{\text{НСН}_{ij}} = P_{\text{ВСН}_{ij}} \times k_{\text{В}} + P_{\text{НСН}_{ij}} \times k_{\text{Н}} \quad (6)$$

где  $k_{\text{В}}$  и  $k_{\text{Н}}$  – весовые нормированные характеристики ( $k_{\text{В}} + k_{\text{Н}} = 1$ ), определяющие значимость показателей РВСН $_{ij}$  и РНСН $_{ij}$ , соответственно. Значения  $k_{\text{В}}$  и  $k_{\text{Н}}$  целесообразно определять на основе экспертных оценок.

Показатель СН для сети  $P_{\text{НСН}}$  определяется как средневзвешенное значение показателей  $P_{\text{НСН}_{ij}}$  всех связей (6) (тяготеющих пар (i-j)) (7):

$$P_{\text{НСН}} = \frac{\prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^n P_{\text{НСН}_{ij}} w_{ij}}{\prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^n w_{ij}} \quad (7)$$

где  $w_{ij}$  – весовые характеристики отдельных связей, которые определяют приоритет каждой связи. Значения коэффициентов  $w_{ij}$  не нормированы и могут быть представлены в баллах, например, в 10- или 100-балльной системах оценки.

Выполненный пример реализации представленного способа определения показателя  $P_{\text{НСН}}$  показал возможность практического применения предложенных показателей для оценки СН СНТ.

Дальнейшим развитием данной работы является решение вопросов определения значений вероятностей безотказной работы участков СНТ, значений весовых коэффициентов для определения нижней и верхней границ СН как отдельных связей, так и сети в целом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кучерявый А. Е., Прокопьев А. В., Кучерявый Е. А. Самоорганизующиеся сети – СПб.: Типография Любавич, 2011. – 312 с. / РИНЦ.
2. Князева Н. О. Оцінка структурної надійності телекомунікаційної мережі / Н. О. Князева, О. Л. Ненов // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – № 688. Комп'ютерні системи та мережі. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. – С. 129–137.
3. Князева Н. О. Використання базових структурних характеристик мережі невизначеної топології для оцінки її структурної надійності / Н. О. Князева, І. В. Колумба // Системи управління, навігації та зв'язку: Збірник наукових праць, ПНТУ, 2018, Випуск 6 (52) – С. 130-134 — ISSN 2073-7394
4. Erdos P. On random graphs I / P. Erdos, A. Rényi // Publ. Math. – Debrecen, 1959. – Vol. 6. – P. 290-297
5. Bollobás B. Random Graphs / Béla Bollobás. – 2nd ed. — Cambridge University Press, 2001. – 514 p. – ISBN 0-521-79722-5.с.
6. Райгородский А. М. Модели случайных графов и их применение // Труды МФТИ, 2010. Т2, №4. – С. 130-140.

*Научное издание*

## **СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА СВЯЗИ**

### МАТЕРИАЛЫ XXV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

22–23 октября 2020 года  
Минск, Республика Беларусь

В авторской редакции

Ответственный за выпуск В. В. Дубровский

Подписано в печать 09.10.2020. Формат 60×84/8.  
Бумага офсетная. Гарнитура «Times».  
Печать ризографическая.  
Усл. печ. л. 39,06. Уч.-изд. л. 28,57.  
Тираж 55 экз. Заказ 210.

Учреждение образования «Белорусская государственная академия связи»  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№ 1/241 от 20.11.2015.  
220114, Минск, Ф. Скорины, 8/2

Отпечатано в типографии УП «Бестпринт»  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№ 1/160 от 27.01.2014.  
Ул. Филатова, 9, к. 1, 220026, Минск