

## Логические схемы расчета надежности локальных систем передачи данных

В. Е. Гвоздев • Р. Р. Галимов • В. Е. Приходько • О. А. Шебухова

Уфимский университет науки и технологий • НИИ «Солитон»

Исследуются особенности использования последовательно-параллельных логических схем при расчетах надежности локальных систем передачи данных. Обосновывается положение о том, что структурные модели обладают свойствами изоморфизма и полиморфизма, что позволяет выполнять анализ структурной надежности сетевых компонент в рамках разных видений. Показано, что отличительным свойством анализа работоспособности систем передачи данных является необходимость учета одновременного коллективного использования сетевых ресурсов разными пользователями, в силу чего неисправность сети с точки зрения пользователей может быть обусловлена не только потерей работоспособности сетевых компонент, но и ограниченностью их ресурсов. Показано, что отказы резервных путей передачи сообщений являются коррелированными, из чего следует, что увеличение числа резервных путей не гарантирует увеличение структурной надежности локальной сети передачи данных.

*Сетецентрическое управление; структурная надежность; последовательно-параллельные схемы; резервирование устройств и звеньев; доступность сетевых ресурсов; коррелированность отказов.*

### ВВЕДЕНИЕ

Аппарат логических схем расчета надежности является базовой платформой решения задач управления надежностью технических систем. Основу построения логических схем составляет содержание понятия отказа технического компонента. Толкование этого понятия определяется функциональным назначением и условиями применения изделия (ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике. Термины и определения).

Сетецентризм является современным подходом к управлению сложными системами. Критическим фактором рационального управления в условиях неопределенности является информационная осведомленность субъектов управления. Системы передачи данных (СПД) формируют коммуникационную платформу для информационного взаимодействия объектов и субъектов управления [При25]. В силу этого обеспечение требуемого уровня надежности аппаратно-программных компонент СПД является необходимым условием решения задач сетецентрического управления. В работе [Шу612] отмечается, что исследование структурной надежности создает фундамент управления функциональной безопасностью информационных систем. Структурная надежность СПД как предмет исследования обладает рядом особенностей, ограничивающих возможность механического переноса аппарата логических схем расчета надежности, разработанных применительно к замкнутым техническим системам, в область систем передачи данных [Гво24].

Рекомендовано к публикации программным комитетом XI Международной научной конференции ITIDS'2025 «Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений», Уфа, 13–15 ноября 2025 г.

Гвоздев В. Е., Галимов Р. Р., Приходько В. Е., Шебухова О. А. Логические схемы расчета надежности локальных систем передачи данных // СИИТ. 2026. Т. 8, № 2(26). С. 102-110. DOI: [10.54708/SIIT-2026-no2-p102](https://doi.org/10.54708/SIIT-2026-no2-p102). EDN: ZAIDVL.

Gvozdev V. E., Galimov R. R., Prikhodko V. E., Shebukhova O. A. "Logical schemes for calculating the reliability of local data transmission systems" // SIIT. 2026. Vol. 8, no. 2(26), pp. 102-110. DOI: [10.54708/SIIT-2026-no2-p102](https://doi.org/10.54708/SIIT-2026-no2-p102). EDN: ZAIDVL. (In Russian).

Ниже приводится краткая характеристика этих особенностей.

1. Функциональные компоненты СПД представляют собой аппаратно-программные комплексы (часто используется понятие программно-аппаратные комплексы), представляющие собою неделимое целое аппаратной и программной составляющих. Однако природа отказов этих составляющих разная. Отказы аппаратной составляющей обусловлены деградацией физических свойств аппаратуры. Отказы программной составляющей обусловлены дефектами в алгоритмах и программных продуктах, возникающими вследствие ошибок, допущенных разработчиками, на разных стадиях жизненного цикла программных продуктов. Это отличие влияет на подходы к оцениванию уровней надежности аппаратной и программной составляющих.

2. Использование ресурсов компонентов систем. В замкнутых технических системах считается, что компонент входит в состав одного устройства, и его ресурс надежности принадлежит этому устройству. Так, например, один и тот же резервный блок не может одновременно находиться в разных стойках. В СПД же предполагается коллективное использование сетевых ресурсов, поэтому один и тот же компонент (устройство или канал) может одновременно использоваться для передачи сообщений между разными парами узел-источник и узел назначения. По этой причине некоторая пара узлов может получить отказ в обслуживании из-за того, что все ресурсы компонентов уже задействованы в информационных взаимодействиях других пар узлов. Иными словами, в СПД отказ в обслуживании не обязательно связан с физическим разрушением либо программным сбоем компонента сети.

3. В теории надежности технических систем увеличение числа резервных компонентов приводит к росту надежности. Это связано с тем, что отказ одного резервного компонента не приводит к отказу других резервных компонентов. Особенностью СПД является то, что резервные пути передачи данных между разными парами узлов формируются на базе одних и тех же аппаратно-программных компонент. Поэтому отказ одного компонента физического слоя может привести к разрушению нескольких резервных путей логического слоя между разными парами узлов. В силу коррелированности отказов нельзя утверждать, что увеличение числа резервных путей способствует повышению надежности в СПД.

4. В технических системах в силу того, что определено назначение изделия и определены условия его использования, имеется возможность ранжирования компонентов по степени влияния отказа компонента на работоспособность изделия. Это служит основанием для принятия решения о целесообразности дополнительных затрат ресурсов на резервирование компонентов системы. В СПД в силу динамического характера ситуаций при реализации сетецентрического управления значимость сетевых компонентов определяется содержанием понятия «основное направление связи» (ГОСТ Р 53111-2008. Национальный стандарт РФ. Устойчивость функционирования сети связи общего пользования. Требования и методы проверки) и может изменяться во времени. Это затрудняет принятие решения о целесообразности резервирования линий связи.

5. Особенностью СПД в задачах сетецентрического управления является одновременное использование разных сред для передачи данных. Это осложняет проведение сравнительного анализа компонент сети по признаку надежности. Так, в проводных сетях надежность каналов, соединяющих два устройства, может быть намного выше надежности устройств (примером канала, имеющего высокий уровень надежности, является оптоволоконный канал). В то же время в мобильных (беспроводных) сетях работоспособность каналов (например, радиоканалов) может быть значительно ниже работоспособности устройств. В силу этого надежность одних и тех же функциональных компонентов СПД различается.

6. Многослойность СПД. В плоских сетях наибольшей структурной надежностью обладают сети с полносвязной топологией [Тим12]. В многослойных сетях сильная связность может явиться причиной отказов в наложенных, по отношению к базовому слою, сетях. Примером может служить разрушение значительного числа путей передачи данных в логическом слое при физическом разрушении оптоволоконного кабеля в физическом слое. По этой

причине увеличение числа путей передачи данных не гарантирует увеличения надежности многослойной системы.

На основании вышеизложенного можно утверждать, что надежность СПД является самостоятельной задачей исследования, что обуславливает потребность совершенствования известных и разработки новых подходов, методов и моделей, включая логические схемы расчета надежности.

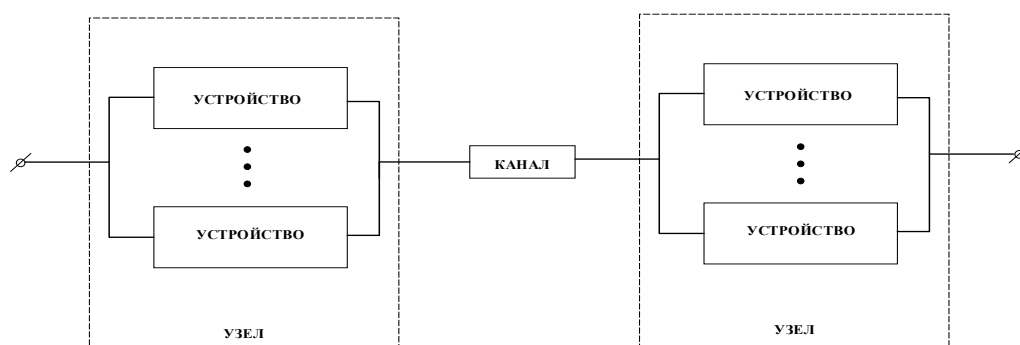
### ИЗОМОРФИЗМ И ПОЛИМОРФИЗМ СТРУКТУРНЫХ МОДЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СЕТЕВЫХ СИСТЕМ

Согласно стандарту (ГОСТ Р 27.018-2021. Национальный стандарт РФ. Надежность в технике. Методы оценки и обеспечения надежности коммуникационной сети), неисправность сети (англ. Network Fault) характеризуется неспособностью выполнять требуемые функции (то есть обеспечивать быстрый и надежный обмен информацией между разными устройствами и пользователями) по внутренней причине. Объектом резервирования в системах передачи данных являются устройства и звенья линий связи (англ. Links) между парами узлов. Особенностью СПД является одновременное коллективное использование сетевых ресурсов группами пользователей.

Физическое резервирование (горячее / холодное / теплое; общее / отдельно / автономное) основано на одновременном существовании между парой узлов нескольких линий связи (физические среды звеньев линий могут быть одинаковыми либо разными). Логическое резервирование основано на использовании различных протоколов маршрутизации: основанных на изменении топологии пересылки пакетов (Rapid Spanning Tree Protocol – RSTP и Media Redundancy Protocol – MRP) либо основанных на дублировании фреймов без изменения топологии PRP (Parallel Redundancy Protocol) и HSR (High-availability Seamless Redundancy).

Следует отметить, что независимо от способов реализации резервных линий связи физических или логических приемы построения знаковых моделей резервированных систем (параллельно-последовательные схемы) оказываются одними и теми же. Это свидетельствует о наличии у логических схем расчета надежности резервированных систем передачи данных свойства изоморфизма. Также следует отметить, что в зависимости от выбора фокуса задачи структурного анализа надежности одному и тому же компоненту сети могут быть поставлены в соответствие разные последовательно-параллельные схемы. Иными словами, имеет место проявление свойства полиморфизма аппарата последовательно-параллельных схем в задачах структурного резервирования.

Например, предположим, что логическому понятию «узел сети» соответствует группа физических устройств одного функционального назначения, функционирующая в режиме горячего резервирования. Логическому понятию «канал» ставится в соответствие совокупность звеньев. Если фокусом построения модели компонента сети (узлы + канал) является надежность узлов, как критического фактора работоспособного состояния компонента, то структурно-логическая модель имеет вид (рис. 1).



**Рис. 1** Последовательно-параллельная логическая схема при горячем резервировании устройств

Этой структуре, в предположении, что резервные устройства одинаковые по надежности, ставится в соответствие следующее выражение для оценки надежности:

$$p_{\Sigma} = (1 - (1 - p^{(1)})^m) p_l (1 - (1 - p^{(2)})^n). \quad (1)$$

Здесь  $p^{(1)}$  – показатель надежности устройства в составе первого узла;  $p_l$  – показатель надежности канала;  $p^{(2)}$  – показатель надежности устройства в составе второго узла.

Также могут быть получены выражения для случаев ненагруженного и смешанного резервирования устройств.

В случае ненагруженного резервирования устройств выражение преобразуется к виду

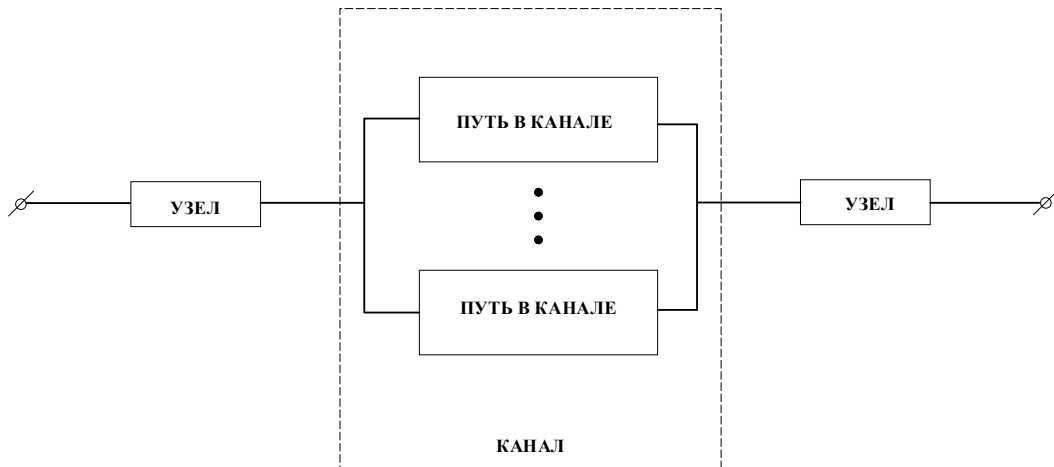
$$p_{\Sigma}^{(r)} = \left[ e^{-\lambda(t)t} \prod_{j=1}^{m-1} \frac{(\lambda(t)t)^j}{j!} \right] p_l \left[ e^{-\lambda(t)*t} \prod_{j=1}^{n-1} \frac{(\lambda(t)t)^j}{j!} \right]. \quad (2)$$

Здесь  $\lambda(t)$  – интенсивность отказов, зависящая от времени. Зависимость от времени обусловлена зависимостью состояния СПД от характера трафика, обусловленного ситуацией сетецентрического управления.

В случае смешанного резервирования, то есть когда на одном конце канала – нагруженное резервирование, а на другом – ненагруженное, выражение приобретает вид

$$p_{\Sigma}^{(r)} = [1 - (1 - p^{(1)})^m] p^{(l)} \left[ e^{-\lambda(t)t} \prod_{j=1}^{n-1} \frac{(\lambda(t)t)^j}{j!} \right]. \quad (3)$$

Если же фокусом построения модели является надежность канала, то структурно-логическая модель имеет вид (рис. 2).



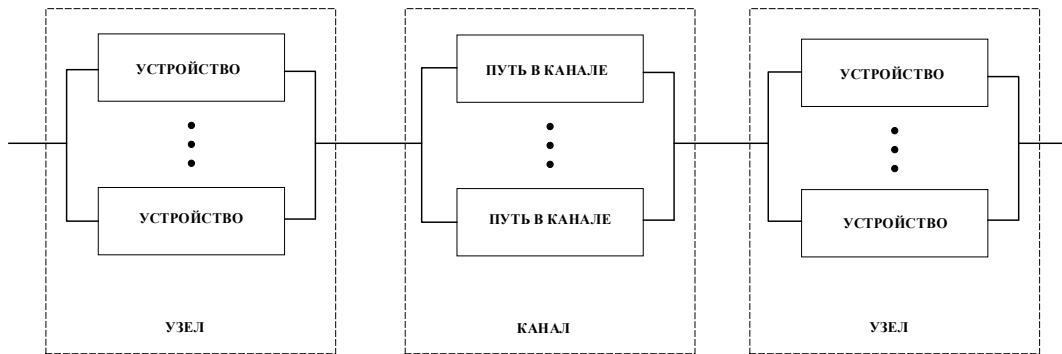
**Рис. 2** Последовательно-параллельная логическая схема при горячем резервировании путей в канале

Этой структуре ставится в соответствие выражение для оценки надежности

$$p_{\Sigma} = p_1 (1 - \prod_{k=1}^K (1 - r_k)) p_2. \quad (4)$$

Здесь  $p_1$  – показатель надежности первого узла;  $r_k$  – показатель надежности  $k$ -го пути (линии связи) в канале;  $p_2$  – показатель надежности второго узла.

Следует подчеркнуть, что если при вычислении на основе (4) будет приниматься во внимание, что значения показателей  $p_1$  и  $p_2$  определяются показателями надежности  $p^{(1)}$  и  $p^{(2)}$ ; а также учитывать, что значение  $p^{(l)}$  определяется значениями  $r_k$ , то на основании (1) и (4) будет получен один и тот же результат. Это вполне закономерно, поскольку исследуется один и тот же объект – два узла, соединенных каналом. Разные структуры выражений (1) и (4) обусловлены разным видением объекта.



**Рис. 3** Последовательно-параллельная логическая схема при горячем резервировании устройств и путей в канале

В случае горячего резервирования устройств и путей (рис. 3), объекту может быть поставлено в соответствие выражение:

$$p_{\Sigma} = (1 - (1 - p^{(1)})^m) * (1 - \prod_{k=1}^K (1 - r_k)) * (1 - (1 - p^{(2)})^n). \quad (5)$$

Ранее отмечалось, что особенностью оценивания надежности компонент сетей передачи данных при коллективном использовании ресурсов сети на  $s$ -м интервале времени  $\Delta T^{(s)}$  для информационного взаимодействия разных пар узлов является необходимость учета доступности коммуникационных ресурсов  $P_{\text{дост}}^{(i,j)(s)}$ ,  $t \in \Delta T^{(s)}$ . Здесь  $P_{\text{дост}}^{(i,j)(s)}$  – вероятность доступности ресурсов компонент сети для передачи сообщений между парой узлов  $(i, j)$ . Доступность определяется двумя составляющими: работоспособностью физических компонентов и достаточностью свободных, то есть не задействованных в информационных обменах между другими парами узлов сети, ресурсов для передачи данных между парой узлов  $(i, j)$ . Значение  $P_{\text{дост}}^{(i,j)(s)}$  может быть определено посредством оператора:

$$P_{\text{дост}}^{(i,j)(s)} = \int_{\Delta T^{(s)}} f^{(i,j)(s)}(t) dt, \quad (6)$$

где  $f^{(i,j)(s)}(t)$  – дифференциальная функция распределения времени выделения в пути ресурсов, достаточных для передачи данных между парой узлов  $(i, j)$ . Подробнее вопрос определения  $P_{\text{дост}}^{(i,j)(s)}$  рассматривается в работе [Гво24].

Таким образом, структурно-логические модели, разработанные для оценивания надежности технических устройств, могут использоваться для исследования надежности компонентов локальных систем передачи данных. Условием их корректного применения является четкое определение предмета моделирования. Также важно учитывать, что показатели надежности компонентов зависят не только от их работоспособного состояния, но и от наличия у него достаточных ресурсов для передачи сообщений между парами узлов в условиях коллективного использования ресурсов сети.

### ОСОБЕННОСТИ АНАЛИЗА СТРУКТУРНОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРИ КОЛЛЕКТИВНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СЕТЕВЫХ РЕСУРСОВ

Одной из особенностей сетевых систем является вхождение одних и тех же компонентов сети в состав различных путей передачи сообщений между разными парами узлов. Следствием этого является то, что отказы резервных путей перестают быть независимыми. То есть отказ одного сетевого компонента может привести одновременно к отказу нескольких линий связи, в которые входит этот компонент. Проиллюстрируем это примером.

Системе передачи данных ставится в соответствие граф, представленный на рис. 4.

Требуется оценить влияние различных звеньев, с точки зрения структурной надежности, как отдельных пар узлов, так и сети в целом.

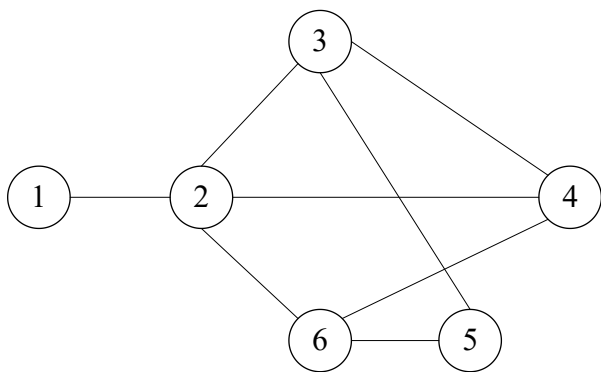


Рис. 4 Граф сети передачи данных

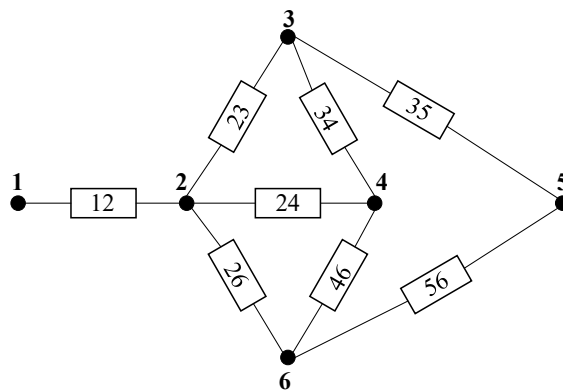


Рис. 5 Преобразованный граф

Преобразуем этот граф к виду, представленному на рис. 5: прямоугольниками обозначены компоненты сети (звенья – links), связывающие смежные узлы. Цифры в прямоугольниках соответствуют номерам смежных узлов. Например, пара цифр {2, 6} означает, что существует связь между узлами с номерами 2 и 6, то есть оба узла могут выступать в качестве узлов источника и узлов назначения.

Оценивание последствий отказов пересекающихся сетевых компонентов основано на реализации следующих шагов.

1. Выделяются пары узлов, для которых определяются множества возможных путей передачи данных, которые для каждой из пар рассматриваются как канал передачи данных. В примере графу соответствует  $\binom{6}{2}$  пар узлов. Общее число путей в графе – 59.

2. Формируется прямоугольная матрица, проиндексированная по вертикали путями, соответствующими парам узлов, а по горизонтали – звеньями сети. Компоненты прямоугольной матрицы формируются по правилу: если звено входит в состав  $k$ -го пути, ему ставится в соответствие «1»; в противном случае – «0». На рис. 6 в качестве примера приведен фрагмент матрицы, соответствующий каналу между первым и четвертым узлами графа, представленного на рис. 5. Отметим, что по виду матрица схожа с матрицей инцидентности, но имеет иной смысл. Матрица инцидентности по вертикали индексируется узлами, а матрица, представленная на рис. 3 – линиями связи между парами узлов, при этом указывается, какому каналу соответствует линия.

| Канал между парой узлов | Линии связи  | Звенья |    |    |    |    |    |    |    |
|-------------------------|--------------|--------|----|----|----|----|----|----|----|
|                         |              | 12     | 23 | 24 | 26 | 34 | 35 | 46 | 56 |
| 1 ↔ 4                   | $P_1^{(14)}$ | 1      | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|                         | $P_2^{(14)}$ | 1      | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  |
|                         | $P_3^{(14)}$ | 1      | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  |
|                         | $P_4^{(14)}$ | 1      | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  |

Рис. 6 Фрагмент матрицы линий связи в канале

3. На основе матрицы линий связи формируется матрица каналов, характеризующая вхождение звеньев в каналы передачи сведений между парами узлов. Фрагмент матрицы, соответствующий сети, представленной на рис. 5, представлен на рис. 7.

| Каналы между парами узлов   | Звенья          |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                             | 12              | 23              | 24              | 26              | 34              | 35              | 46              | 56              |
| 1 ↔ 2                       | $\frac{1}{1}$   | $\frac{1}{1}$   | $\frac{0}{1}$   | $\frac{0}{1}$   | $\frac{0}{1}$   | $\frac{0}{1}$   | $\frac{0}{1}$   | $\frac{0}{1}$   |
| 1 ↔ 3                       | $\frac{5}{5}$   | $\frac{1}{5}$   | $\frac{2}{5}$   | $\frac{2}{5}$   | $\frac{2}{5}$   | $\frac{2}{5}$   | $\frac{2}{5}$   | $\frac{2}{5}$   |
| ...                         | ...             |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| 4 ↔ 6                       | $\frac{0}{4}$   | $\frac{1}{4}$   | $\frac{1}{4}$   | $\frac{2}{4}$   | $\frac{2}{4}$   | $\frac{1}{4}$   | $\frac{1}{4}$   | $\frac{1}{4}$   |
| 5 ↔ 6                       | $\frac{0}{4}$   | $\frac{1}{4}$   | $\frac{1}{4}$   | $\frac{2}{4}$   | $\frac{2}{4}$   | $\frac{3}{4}$   | $\frac{1}{4}$   | $\frac{1}{4}$   |
| Вхождение звена во все пути | $\frac{19}{59}$ | $\frac{21}{59}$ | $\frac{18}{59}$ | $\frac{22}{59}$ | $\frac{19}{59}$ | $\frac{20}{59}$ | $\frac{21}{59}$ | $\frac{22}{59}$ |
| Встречаемость канала (ранг) | 4               | 2               | 5               | 1               | 4               | 3               | 2               | 1               |

Рис. 7 Фрагмент матрицы вхождения звеньев в каналы передачи сообщений

В таблице верхняя цифра характеризует число путей, в которые входит звено в канале, обеспечивающем информационный обмен пары узлов  $i \leftrightarrow j$ . Нижняя цифра соответствует числу линий связи в канале между парой узлов. Предпоследняя строка таблицы характеризует вхождение звена во все пути сети. Верхняя цифра характеризует встречаемость звена во всех линиях связи. Нижняя цифра соответствует общему числу путей в сети (59). Такая таблица служит основанием для ранжирования каналов по признаку доступности для информационного взаимодействия узлов (последняя строка таблицы). Чем выше встречаемость звена, тем выше его загруженность. Другими словами, тем выше загруженность каналов, в которые входит это звено, и тем меньше вероятность доступности канала.

4. Оценивается доля разрушенных линий связи в канале, связывающем узлы  $(i, j)$  из-за отказа  $l$ -го звена на долю разрушенных линий связи в разных каналах: если  $l$ -е звено входит в состав  $k$ -й линии связи, то считается, что его отказ приводит к разрушению пути. Определяется отношение числа разрушенных линий связи к общему числу путей в канале. На рис. 8 представлена матрица, компонентами которой являются доли разрушенных путей в общем числе путей в графе из-за отказов разных звеньев графа, представленного на рис. 4.

| Каналы между парами узлов         | Звенья |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                   | 12     | 23   | 24   | 26   | 34   | 35   | 46   | 56   |
| 1 ↔ 2                             | 1      | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| 1 ↔ 3                             | 1      | 0.2  | 0.5  | 0.5  | 0.75 | 0.5  | 0.5  | 0.5  |
| 1 ↔ 4                             | 1      | 0.5  | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.5  | 0.25 |
| 1 ↔ 5                             | 1      | 0.5  | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.5  | 0.5  |
| 1 ↔ 6                             | 1      | 0.5  | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.5  | 0.25 |
| 2 ↔ 3                             | 0      | 0.25 | 0.25 | 0.5  | 0.5  | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| 2 ↔ 4                             | 0      | 0.25 | 0.25 | 0.5  | 0.5  | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| 2 ↔ 5                             | 0      | 0.25 | 0.5  | 0.25 | 0.25 | 0.5  | 0.25 | 0.5  |
| 2 ↔ 6                             | 0      | 0.5  | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.5  | 0.25 |
| 3 ↔ 4                             | 0      | 0.5  | 0.25 | 0.5  | 0    | 0.25 | 0.5  | 0.25 |
| 3 ↔ 5                             | 0      | 0.5  | 0.25 | 0.5  | 0    | 0.25 | 0.5  | 0.75 |
| 3 ↔ 6                             | 0      | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| 4 ↔ 5                             | 0      | 0.25 | 0.5  | 0.25 | 0.25 | 0.5  | 0.25 | 0.25 |
| 4 ↔ 6                             | 0      | 0.25 | 0.25 | 0.5  | 0.5  | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| 5 ↔ 6                             | 0      | 0.25 | 0.25 | 0.5  | 0.5  | 0.75 | 0.25 | 0    |
| Доля разрушенных линий связи сети | 0.31   | 0.36 | 0.31 | 0.38 | 0.31 | 0.33 | 0.36 | 0.34 |

Рис. 8 Матрица долей разрушенных линий связи

Нижняя строка таблицы характеризует долю разрушенных линий связи в сети из-за отказа  $l$ -го звена.

Особенностью сетевых систем является коррелированность разрушений линий связи передачи сообщений из-за отказов отдельных устройств и звеньев. Это является отличительной особенностью оценивания структурной надежности по сравнению с техническими системами, для которых считается, что отказ какого-либо резервного компонента не приводит к отказам других резервных компонентов.

Анализ вхождения сетевых компонент в пути и каналы системы делает возможным на качественном уровне оценить их доступность для передачи сообщений в условиях коллективного использования сетевых ресурсов разными парами узлов.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аппарат последовательно-параллельных логических схем является инструментом исследования структурной надежности технических систем на ранних стадиях жизненного цикла изделий. Особенность систем передачи данных как объекта моделирования показателей надежности обуславливает необходимость развития известных и разработки новых подходов к исследованию структурной надежности. Показано, что структурные модели локальных систем передачи данных обладают свойствами изоморфизма и полиморфизма, что позволяет выполнять разноаспектное исследование структурной надежности сетевых компонент. Также показано, что отличительной особенностью использования этих моделей является необходимость учета одновременного коллективного использования сетевых ресурсов пользователями. Отказ в обслуживании пользователей может быть обусловлен не только потерей работоспособности сетевых компонент, но и ограниченностью их ресурсов. Доступность ресурсов сетевых компонент определяется ситуацией сетецентрического управления. Коррелированность отказов резервных путей передачи сообщений обусловлена тем, что разные линии связи формируются на основе одних и тех же сетевых компонент. По этой причине увеличение числа резервных путей не гарантирует увеличение структурной надежности локальной сети передачи данных.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- [Гво24] Гвоздев В. Е., Галимов Р. Р., Ракипова А. С., Шебухова О. А. Оценка надежности информационных обменов в группе мобильных киберфизических устройств // ITIDS'2024: Тр. X Междунар. науч. конф. Уфа, 12–14 нояб. 2024 г. Уфа, 2024. С. 124–129. EDN: [XTVXBY](#).
- [Гво25] Гвоздев В. Е., Гузаиров М. Б., Ракипова А. С., Галимов Р. Р. Обобщенная характеристика структурной надежности сети // СИИТ. 2025. Т. 7, № 1(20). С. 49–58. EDN: [DSGTRS](#).
- [При25] Приходько В. Е., Тепляшин П. Н., Плотников А. В., Шебухова О. А. Практическая реализация коммуникационной системы мобильной группы на основе нейронных сетей // СИИТ. 2025. Т. 7, № 1(20). С. 96–104. EDN: [UYDDVC](#).
- [Тим12] Тимофеев А. В. Адаптивное управление и интеллектуальный анализ данных информационных потоков в компьютерных сетях. СПб.: Анатолия, 2012. 280 с.
- [Шуб12] Шубинский И. Б. Структурная надежность информационных систем. Методы анализа. М.: Журнал «Надежность», 2012. 216 с. EDN: [QMXPJT](#).
- Gvozdev V. E., Rakipova A. S., Galimov R. R., Shebukhova O. A. "Assessment of the reliability of information exchanges in a group of mobile cyber-physical devices" // ITIDS'2024: Proc. X Int. Sci. Conf. (Ufa, 12–14 Nov. 2024). Ufa, 2024. P. 124–129. EDN: [XTVXBY](#). (In Russian).
- Gvozdev V. E., Guzairov M. B., Rakipova A. S., Galimov R. R. Generalized characteristics of the structural reliability of the network // SIIT. 2025. Vol. 7, No. 1(20). P. 49-58. EDN: [DSGTRS](#). (In Russian).
- Prikhodko V. E., Teplyashin P. N., Plotnikov A. V., Shebukhova O. A. Practical implementation of a mobile group communication system based on neural networks // SIIT. 2025. Vol. 7, No. 1(20). P. 96-104. EDN: [UYDDVC](#). (In Russian).
- Timofeev A.V. "Adaptive control and intelligent data analysis of information flows in computer networks" // St. Petersburg: Anatolia LLC, 2012. (In Russian).
- Shubinsky I. B. Structural Reliability of Information Systems. Analysis Methods. M.: "Journal Reliability", 2012. EDN: [QMXPJT](#). (In Russian).

## ОБ АВТОРАХ | ABOUT THE AUTHORS

**ГВОЗДЕВ Владимир Ефимович**

Уфимский университет науки и технологий, Россия.  
[wega55@mail.ru](mailto:wega55@mail.ru) ORCID: 0009-0004-8557-3445.

Проф. каф. технической кибернетики. Дипл. инж. электронной техники (Уфимск. авиац. ин-т, 1978). Д-р техн. наук по упр. в техн. системах (Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 2000), профессор. Иссл. в обл. мат. статистики, информ. систем, экологич. мониторинга, сетевых систем.

**ГАЛИМОВ Роберт Ришатович**

Уфимский университет науки и технологий, Россия.  
[rregalimov@gmail.ru](mailto:rregalimov@gmail.ru) ORCID: 0009-0006-5947-7067.

Соискатель ученой степени кандидата наук. Дипл. преподавателя (Уфимск. ун-т науки и технологий, 2024). Иссл. в обл. математической статистики, информационных систем, сетевых систем.

**ПРИХОДЬКО Владимир Евгеньевич**

НИИ «Солитон», Россия.

[v.prihodko@soliton.com.ru](mailto:v.prihodko@soliton.com.ru).

Зам. ген. директора по исследованиям и разработкам.

**ШЕБУХОВА Оксана Анатольевна**

НИИ «Солитон», Россия.

[shebukhova@soliton.com.ru](mailto:shebukhova@soliton.com.ru).

Инженер-программист 1-й категории.

**GVOZDEV Vladimir Efimovich**

Ufa University of Science and Technology, Russia.  
[wega55@mail.com](mailto:wega55@mail.com) ORCID: 0009-0004-8557-3445.

Prof., Dept. of Technical Cybernetics. Dipl. of electronic engineer (Ufa Aviat. Institute, 1978). Dr. of Tech. Sci. in technical systems control (Ufa State Aviat. Technical University, 2000), professor. Research in mathematical statistics, information systems, environmental monitoring, network systems.

**GALIMOV Robert Rishatovich**

Ufa University of Science and Technology, Russia.  
[rregalimov@bash.ru](mailto:rregalimov@bash.ru) ORCID: 0009-0006-5947-7067.

Candidate of Sciences degree applicant. Dipl. of lecturer and researcher (Ufa University of Science and Technology, 2024). Research in mathematical statistics, information systems, network systems.

**PRIKHODKO Vladimir Evgenевич**

NII "Soliton", Russia.

[v.prihodko@soliton.com.ru](mailto:v.prihodko@soliton.com.ru).

Deputy Director General for Research and Development.

**SHEBUKHOVA Oksana Anatolevna**

NII "Soliton", Russia.

[shebukhova@soliton.com.ru](mailto:shebukhova@soliton.com.ru).

First category software engineer.

## МЕТАДААННЫЕ | METADATA

**Заглавие:** Логические схемы расчета надежности локальных систем передачи данных.

**Авторы:** Гвоздев В. Е., Галимов Р. Р., Приходько В. Е., Шебухова О. А.

**Аннотация:** Исследуются особенности использования последовательно-параллельных логических схем при расчетах надежности локальных систем передачи данных. Обосновывается положение о том, что структурные модели обладают свойствами изоморфизма и полиморфизма, что позволяет выполнять анализ структурной надежности сетевых компонент в рамках разных видений. Показано, что отличительным свойством анализа работоспособности систем передачи данных является необходимость учета одновременного коллективного использования сетевых ресурсов разными пользователями, в силу чего неисправность сети с точки зрения пользователей может быть обусловлена не только потерей работоспособности сетевых компонент, но и ограниченностью их ресурсов. Показано, что отказы резервных путей передачи сообщений являются коррелированными, из чего следует, что увеличение числа резервных путей не гарантирует увеличение структурной надежности локальной сети передачи данных.

**Ключевые слова:** Сетевое управление; структурная надежность; последовательно-параллельные схемы; резервирование устройств и звеньев; доступность сетевых ресурсов; коррелированность отказов.

**Язык:** Русский.

Статья поступила в редакцию 16 февраля 2026 г.

**Title:** Logical schemes for calculating the reliability of local data transmission systems.

**Authors:** Gvozdev V. E., Galimov R. R., Prihodko V. E., Shebukhova O. A.

**Abstract:** The features of using series-parallel logic circuits in the calculation of the reliability of local data transmission systems are studied. The position is substantiated that structural models possess the properties of isomorphism and polymorphism, which allows performing an analysis of the structural reliability of network components within the framework of different perspectives. It is shown that a distinctive feature of the analysis of the operability of data transmission systems is the necessity to take into account the simultaneous collective use of network resources by different users, due to which network failure from the users' point of view may be caused not only by the loss of operability of network components, but also by the limitation of their resources. It is shown that failures of backup message transmission paths are correlated, from which it follows that increasing the number of backup paths does not guarantee an increase in the structural reliability of the local data transmission network.

**Key words:** Network-centric management, structural reliability, series-parallel circuits, redundancy of devices and links, availability of network resources, correlation of failures.

**Language:** Russian.

The article was received by the editors on 16 February 2026.