

**МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ  
КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики»**

**А.Ю. Гребешков**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

**для подготовки к практическим занятиям**

**по дисциплине**

**«Технологии будущих инфокоммуникационных сетей»**

**Часть 2**

**Учебно-методическое пособие**

Самара, 2022

УДК 654.1  
ББК  
Г79

Рекомендовано к изданию методическим советом ПГУТИ,  
протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_.09.2022 г.

Гребешков А.Ю.

**Г79** Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям по дисциплине «Технологии будущих инфокоммуникационных сетей». Ч.2.: учебно-методическое пособие / А.Ю. Гребешков. - Самара: ПГУТИ, 2022. – 20 с.

Учебно-методическое пособие «Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям по дисциплине «Технологии будущих инфокоммуникационных сетей», часть 2 содержит типовые задачи для решения в соответствии с содержанием методических указаний и рекомендациями преподавателя на основе применения ранее приобретенных умений и навыков. Разработаны в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавра 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» профиля подготовки «Оптические и проводные сети и системы связи» и предназначено для студентов уровня бакалавриата очной и заочной формы обучения для подготовки к зачету и экзамену.

© Гребешков А.Ю., 2022  
© Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2022

## Содержание

|                                                                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1. ТЕМА «РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ<br/>УПРАВЛЯЮЩЕГО КОМПЛЕКСА С ПОСТОЯННО<br/>ВКЛЮЧЕННЫМ РЕЗЕРВОМ» .....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2. ТЕМА «ПОСТРОЕНИЕ ДЕРЕВА<br/>ОТКАЗОВ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ НА БАЗЕ<br/>СЕНСОРНОЙ СЕТИ» .....</b> | <b>9</b>  |
| <b>КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА .....</b>                                                                                                 | <b>15</b> |

## **Практическое занятие №1. Тема «Расчет надежности управляющего комплекса с постоянно включенным резервом»**

### **1. Цель и задачи практического занятия**

Изучение методов обеспечения надежности управляющих комплексов современных средств связи при комплексировании с использованием кратного резервировании компонентов, 2 ак. часа.

### **2. Форма проведения практического занятия**

Практическое занятие по месту проводится в аудиторной или дистанционной форме, по форме выполнения в виде индивидуального контрольного задания.

### **3. Подготовка к практическому занятию**

1. Изучить рекомендованную литературу.
2. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

### **4. План практического занятия**

1. Ответить на контрольные вопросы по указанию преподавателя по результатам изучения списка литературы.
2. Получить у преподавателя индивидуальное контрольное задание.
3. Выполнить индивидуальное контрольное задание.
4. Представить преподавателю для проверки задание в письменном виде.

### **5. Контрольные вопросы**

1. Дайте определение понятию «кратность резервирования».
2. Какая схема резервирования более надежна в случае невозможности ремонта компонент управляющего комплекса?

3. В чем состоит достоинство и недостаток решения с кратным резервированием компонентов управляющего комплекса?

4. Какие показатели ухудшаются в связи с появлением в схеме избыточных устройств?

## **6. Список литературы**

1. Гребешков, А. Ю. Технологии будущих инфокоммуникационных сетей. Ч.2. [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А. Ю. Гребешков; ПГУТИ, Каф. ССС. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 2,23 Мб). - Самара: ПГУТИ, 2022.

2. Гребешков, А. Ю. Технологии будущих инфокоммуникационных сетей. Ч.2. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Ю. Гребешков; ПГУТИ, Каф. ССС. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 2,65 Мб). - Самара: ПГУТИ, 2022.

## **7. Содержание отчета**

1. Индивидуальное контрольное задание с описанием решения и промежуточными расчетами.

## **8. Индивидуальное контрольное задание**

По указанным исходным данным, где номер варианта есть номер студента в списке группы, в таблице 1 рассчитать вероятность штатной (безаварийной) работы управляющего комплекса  $P_{сист}$  за  $t_i$  часов, а также рассчитать среднее время безотказной работы  $m_{tc}$ . Принять во внимание, что многопроцессорный управляющий комплекс состоит из  $I$  управляющих устройств, номинальная производительность каждого из которых  $w$  миллионов операций в секунду. Штатная работ возможна, если комплекс обеспечивает производительность не менее  $w_{min}$ , а интенсивность выхода из строя управляющего устройства  $\lambda_0$ , 1/час.

Таблица 1.

## Исходные данные задания 1

| Показатель  | Вар. 0            | Вар. 1            | Вар. 2            | Вар. 3            | Вар. 4            | Вар. 5            | Вар. 6            | Вар. 7            | Вар. 8            | Вар. 9            | Вар. 10           | Вар. 11           |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| $I$         | 3                 | 4                 | 3                 | 2                 | 4                 | 2                 | 3                 | 3                 | 4                 | 3                 | 2                 | 3                 |
| $W$         | 150               | 200               | 170               | 230               | 190               | 250               | 210               | 220               | 210               | 190               | 240               | 170               |
| $W_{min}$   | 280               | 580               | 330               | 200               | 370               | 240               | 410               | 320               | 420               | 230               | 280               | 330               |
| $\lambda_0$ | $4 \cdot 10^{-4}$ | $4 \cdot 10^{-5}$ | $7 \cdot 10^{-5}$ | $4 \cdot 10^{-5}$ | $2 \cdot 10^{-4}$ | $5 \cdot 10^{-4}$ | $8 \cdot 10^{-4}$ | $5 \cdot 10^{-4}$ | $4 \cdot 10^{-5}$ | $7 \cdot 10^{-5}$ | $3 \cdot 10^{-5}$ | $7 \cdot 10^{-5}$ |
| $t_i$       | 600               | 700               | 800               | 900               | 650               | 750               | 850               | 900               | 950               | 800               | 900               | 800               |

| Показатель  | Вар. 12           | Вар. 13           | Вар. 14           | Вар. 15           | Вар. 16           | Вар. 17           | Вар. 18           | Вар. 19           | Вар. 20           | Вар. 21           | Вар. 22           |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| $I$         | 3                 | 4                 | 3                 | 2                 | 4                 | 2                 | 3                 | 3                 | 4                 | 3                 | 3                 |
| $W$         | 150               | 200               | 170               | 230               | 190               | 250               | 220               | 150               | 200               | 170               | 140               |
| $W_{min}$   | 290               | 560               | 320               | 200               | 350               | 240               | 390               | 280               | 590               | 330               | 279               |
| $\lambda_0$ | $7 \cdot 10^{-5}$ | $5 \cdot 10^{-5}$ | $7 \cdot 10^{-5}$ | $8 \cdot 10^{-5}$ | $8 \cdot 10^{-4}$ | $6 \cdot 10^{-4}$ | $8 \cdot 10^{-5}$ | $4 \cdot 10^{-6}$ | $4 \cdot 10^{-6}$ | $7 \cdot 10^{-5}$ | $8 \cdot 10^{-5}$ |
| $t_i$       | 950               | 900               | 950               | 900               | 750               | 950               | 850               | 700               | 700               | 800               | 700               |

## 9. Методические указания к индивидуальному контрольному заданию №1

Пусть многопроцессорный управляющий комплекс содержит  $l$  одинаковых управляющих устройств,  $h$  из которых обладают мощностью, достаточной для обеспечения штатной производительности управляющего комплекса (см. рис. 1). Тогда получается, что число  $l-h$  процессоров являются избыточными.

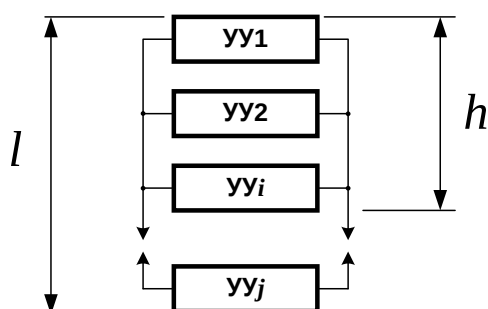


Рис. 1 – Схема резервирования с дробной кратностью и постоянно включенным (нагруженным) резервом

В нормальном режиме работы избыточные управляющие устройства, УУ, как правило, работают в режиме разделения нагрузки с основными процессорами. Это так называемый случай нагруженного резерва. При этом резервные процессоры в любой момент времени могут на 100% заменить отказавший основное УУ. Другими словами, если бы УУ загружались на 100%, их число можно было бы уменьшить, но при этом ни о каком резервировании говорить не приходилось бы.

Если «избыточное» УУ полноценно заменяет любой из основных в случае отказа последнего, то реализуется т.н. «плавающее» резервирование. Примером плавающего резервирования является случай « $n+1$ », где  $n$  – количество рабочих компонент,  $1$  – количество резерва.

Разновидностью такого резервирования является кратное резервирование с постоянно включенным резервом (в случае, если отказавшее УУ не ремонтируется или не заменяется из ЗИПа за

приемлемое время, например за 24 часа).

Для нормальной работы схемы на рис. 1, например, для обеспечения заданной производительности управляющего комплекса в ЧНН, необходимо, чтобы исправными были не менее чем  $h$  процессоров. Кратность резервирования такой системы  $m$  равна  $m = (l - h)/h$ . Вероятность безотказной работы системы  $P_{сист}(t)$  на рис. 9 составит величину:

$$P_{сист}(t) = \sum_{i=0}^{l-h} C_l^i p_0^{l-i}(t) \sum_{j=0}^i (-1)^j C_i^j p_0^j(t) \quad (1)$$

где

$$C_l^i = \frac{l!}{i!(l-i)!} \quad (2)$$

Для рассматриваемого случая также можно определить среднее время (математическое ожидание) работы системы до отказа  $T$ , которое составляет величину:

$$m_{tc} = \int_0^{\infty} P_{сист}(t) dt \approx \frac{1}{\lambda_0} \sum_{i=0}^{l-h} \frac{1}{h+i} \quad (3)$$

где  $\lambda_0$  – интенсивность отказов отдельного компонента (управляющего устройства).

При  $l-h = 2...3$  наработка на отказ управляющего комплекса будет приближаться к границе физического срока службы.

## **Практическое занятие №2. Тема «Построение дерева отказов системы контроля объектов на базе сенсорной сети»**

### **1. Цель и задачи практического занятия**

Изучение вопросов организации и методов анализа надежности сенсорных сетей, 2 ак. часа.

### **2. Форма проведения практического занятия**

Практическое занятие по месту проводится в аудиторной или дистанционной форме, по форме выполнения в виде индивидуального контрольного задания.

### **3. Подготовка к практическому занятию**

1. Изучить рекомендованную литературу.
2. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

### **4. Порядок выполнения работы**

1. Ответить на контрольные вопросы по указанию преподавателя.
2. Получить у преподавателя индивидуальное контрольное задание.
3. Выполнить индивидуальное контрольное задание.
4. Представить преподавателю для проверки задание в письменном виде.

### **5. Контрольные вопросы**

1. Дайте определение понятию «дерево отказов».
2. Какие сетевые элементы используются при обслуживании трафика беспроводной сенсорной сети?
3. Какова функция шлюза беспроводной сенсорной сети?
4. Какие функции осуществляет транспортный медиашлюз?

## **6. Учебная литература**

1. Гребешков, А. Ю. Технологии будущих инфокоммуникационных сетей. Ч.1. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Ю. Гребешков; ПГУТИ, Каф. ССС. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 2,23 Мб). - Самара: ПГУТИ, 2022.

2. Гребешков, А. Ю. Технологии будущих инфокоммуникационных сетей. Ч.2. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Ю. Гребешков; ПГУТИ, Каф. ССС. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 2,65 Мб). - Самара: ПГУТИ, 2022.

## **7. Содержание отчета**

1. Индивидуальное контрольное задание с описанием решения.

## **8. Индивидуальное контрольное задание**

Требуется по исходным данным таблицы 2, где номер варианта – последняя цифра зачетной книжки, разработать дерево неисправностей системы контроля объектов с помощью БСС. Результат представить в виде графической схемы с объектами согласно заданию по образцу на рис. 2.

Таблица 2.

Исходные данные задания 2

| №№<br>вари-<br>анта | Содержание задания                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                   | Система контроля охватывает 4 однотипных объекта с приоритетом 2-го объекта. Отказ системы контроля наступает при выходе из строя либо сервера обработки данных, либо отсутствия измерения по объекту. Отказ системы на объекте происходит при отказе и датчика движения и датчика температуры. |

| №№<br>вари-<br>анта | Содержание задания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2                   | Система контроля охватывает 3 однотипных объекта с приоритетом 1-го объекта. Отказ системы контроля наступает при отсутствии измерений по объекту и при отсутствии передачи трафика шлюзом. Передача трафика шлюзом не происходит при отсутствии или передачи данных на короткие расстояния или передачи с широким охватом. Отказ системы на объекте происходит при отказе или датчика движения или датчика температуры.     |
| 3                   | Система контроля охватывает 2 однотипных объекта с приоритетом 1-го объекта. Отказ системы контроля наступает при выходе из строя либо сервера обработки данных, либо отсутствия измерения по объекту. Отказ системы на объекте происходит при отказе и датчика движения и датчика температуры.                                                                                                                              |
| 4                   | Система контроля объекта включает датчик температуры, датчик загазованности и отказывает при неработе обоих датчиков. Система в целом отказывает, если не работают все три однотипных объекта или сервер обработки данных, или шлюз.                                                                                                                                                                                         |
| 5                   | Система контроля охватывает 2 однотипных объекта без приоритетов и контролироваться должен хотя бы один объект. Отказ системы на объекте происходит при отказе или датчика движения или датчика загазованности.<br>Отказ системы контроля наступает при выходе из строя либо сервера обработки данных, либо отсутствия измерения по объекту, либо при отказе шлюза.                                                          |
| 6                   | Система контроля охватывает 2 однотипных объекта с приоритетом 1-го объекта. Отказ системы на объекте происходит при отказе датчика движения и датчика температуры. Отказ системы контроля в целом наступает при отсутствии измерений по объекту или при отсутствии передачи трафика шлюзом. Передача трафика шлюзом не происходит при отсутствии или передачи данных на короткие расстояния или передачи с широким охватом. |
| 7                   | Система контроля объекта включает датчик температуры, датчик загазованности, датчик контроля движения и отказывает при неработе двух из трех датчиков. Система контроля в целом отказывает, если не работают два из трех однотипных объектов или шлюз или сервер обработки данных.                                                                                                                                           |

| №№<br>вари-<br>анта | Содержание задания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8                   | Система контроля отказывает если не работает сервер обработки данных или нет измерений по объекту или нет передачи данных шлюзом. Передачи данных шлюзом нет если нет передачи в проводной сети или нет передачи с широким охватом. Передачи с широким охватом нет, если поврежден и не работает приемопередатчик или нет электропитания базовой станции.                                                                                                              |
| 9                   | Система контроля функционирует если работает и сервер обработки данных, и есть измерения по объекту и есть трафик шлюза. Трафик шлюза не поступает или при отказе передачи на короткие расстояния или при передаче с широким охватом или при отказе узла проводной сети. Передача на короткие расстояния не происходит, если произошел отказ системы электропитания, или повреждено приемо-передающее устройство или перегрелся процессор управления.                  |
| 0                   | Система контроля охватывает 3 однотипных объекта с приоритетом 3-го объекта. Отказ системы на объекте происходит при отказе двух датчиков из трех : датчика движения, датчика температуры, датчика загазованности. Отказ системы контроля в целом наступает при отсутствии измерений по объекту или при отсутствии передачи трафика шлюзом. Передача трафика шлюзом не происходит при отсутствии и передачи данных на короткие расстояния и передачи в проводной сети. |

## **10. Методические указания к индивидуальному контрольному заданию №2**

Обобщенный пример вертикально расположенного дерева неисправностей (Fault Tree) для применения логико-вероятностного функционального метода для анализа объектов контроля с помощью сенсорных сетей и с использованием логических вентилей на рис. 1.

Применение вентиля типа «И» означает, что для наступления завершающего события происходят все независимые способствующие его появлению события уровнем ниже. Система контроля в

работоспособном состоянии, если, по крайней мере, хотя бы один из компонентов системы остается в работоспособном состоянии. Вентиль «ИЛИ» указывает, что отказ наступает в результате отказа одного из компонентов узла-координатора.

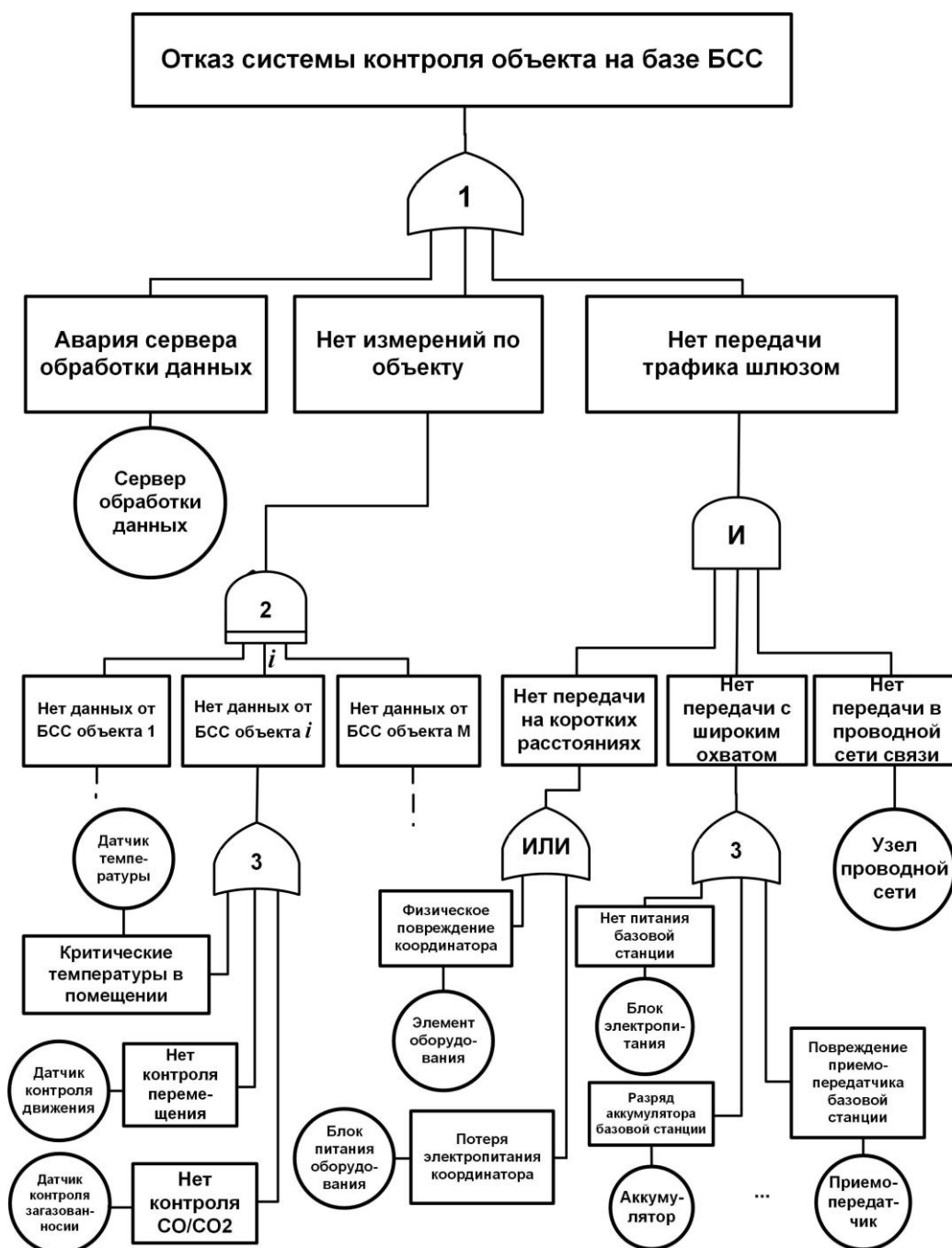


Рис. 2 – Схема дерева неисправностей системы контроля объектов с помощью БСС

Дерево отказов на рис. 2. предназначено для анализа элементов системы контроля объектов с помощью беспроводных сенсорных сетей. Возможные неисправности системы контроля здесь описаны в прямоугольниках, а элементы обозначены окружностями. Беспроводная связь на короткие расстояния относится к передаче сенсорной информации по стандартам Bluetooth, ZigBee. Беспроводная связь с широким охватом относится к передаче сенсорной информации по стандартам LoRaWAN, NB-IoT, LTE, WiFi. Узел проводной сети предполагает проводное подключение датчиков и сенсоров, а также подключение шлюзов.

Вентиль «1» обозначает систему контроля, отказ которой наступает при любом из трех событий (логическая функция «ИЛИ»). Вентиль типа «2» есть вентиль «И» с приоритетом объекта  $i$ . Вентиль типа 3 есть мажоритарный вентиль с критическим числом 2. На рис. вентиль «1» означает что отказ произойдет в случае любой из трех неисправностей на входе, вентиль «2» означает что отказ объекта  $i$  *наступит раньше* чем отказы других объектов, вентиль «3» означает что любая комбинация двух событий из трех возможных может рассматриваться как неисправность.

## **Контрольная работа**

### **1. Цель и задачи контрольной работы**

Подготовка к зачетам по учебной дисциплине, 4 ак. часа.

### **2. Форма проведения контрольной работы**

Контрольная работа по месту проводится в аудиторной или дистанционной форме, по форме выполнения в виде индивидуальных контрольных заданий.

### **3. Подготовка к контрольной работе**

1. Изучить рекомендованную литературу.
2. Ответить на контрольные вопросы.
3. Подготовить индивидуальные контрольные варианты практических заданий.

### **4. План контрольной работы**

1. Ответить на контрольные вопросы по результатам изучения списка литературы.
2. Получить у преподавателя индивидуальные контрольные задания.
3. Выполнить индивидуальные контрольные задания.
4. Представить преподавателю для проверки контрольные задания в письменном виде.

### **5. Контрольные вопросы**

1. Для чего используются методы резервирования?
2. Какие логические элементы доступны для построения дерева неисправностей?
3. Для чего применяется резервный элемент?
4. Что такое невозстанавливаемый элемент?

## **6. Учебная литература**

1. Гребешков, А. Ю. Технологии будущих инфокоммуникационных сетей. Ч.1. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Ю. Гребешков; ПГУТИ, Каф. ССС. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 2,23 Мб). - Самара: ПГУТИ, 2022.

2. Гребешков, А. Ю. Технологии будущих инфокоммуникационных сетей. Ч.2. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Ю. Гребешков; ПГУТИ, Каф. ССС. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 2,65 Мб). - Самара: ПГУТИ, 2022.

## **7. Содержание отчета по контрольной работе**

1. Индивидуальные контрольные задания с описанием решения и промежуточными расчетами по каждому параметру и заданию.

## **8. Индивидуальное контрольное задание**

Распределение вариантов индивидуальных контрольных для задания 1 осуществляется по последней цифре зачетной книжки, варианты для задания 2 см. таблицу 3.

Таблица 3.

Распределение вариантов контрольного задания №2

| №№ варианта | Последняя цифра зачетной книжки |
|-------------|---------------------------------|
| 1           | 0,2                             |
| 2           | 1,3                             |
| 3           | 4,7                             |
| 4           | 5,6                             |
| 5           | 8,9                             |

## 9. Контрольное задание №1.

Требуется рассчитать вероятность безотказной работы системы  $P_{сист}(t)$  и среднее время безотказной работы  $m_{tc}$ . Схема для расчета надежности системы представлена на рис. 3, где также приведены интенсивности отказов элементов  $\lambda$ .

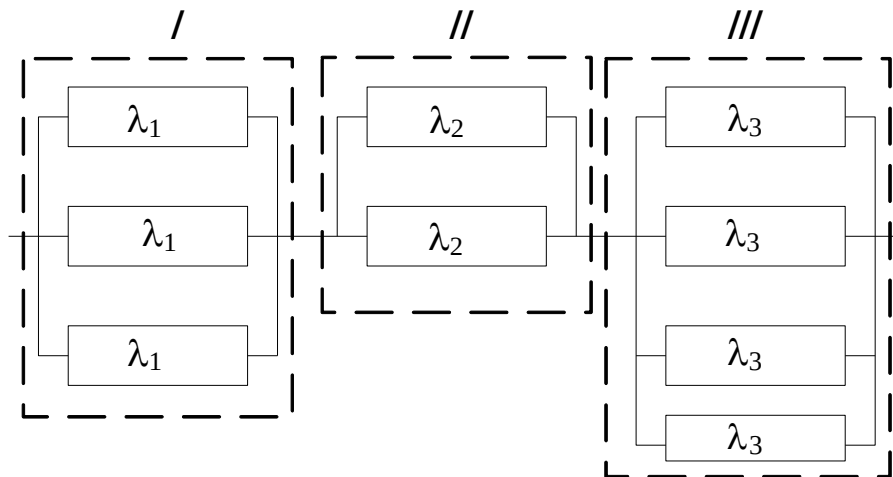


Рис. 3 – Схема для расчета надежности управляющего комплекса с раздельным резервированием элементов

Резерв пассивный, невосстанавливаемый, с неизменной нагрузкой. Исходные данные в таблице 3.

Расчет  $m_{tc}$  провести для группы I, считать I равным количеству элементов в группе I.

### Методические указания по выполнению индивидуального контрольного задания №1

Рассмотрим пример решения контрольного задания. Пусть схема для расчета надежности системы имеет вид на рис. 4, где также приведены интенсивности отказов элементов  $\lambda$ .

Таблица 3.

## Исходные данные контрольного задания №1

| Показатель                           | Вар. 0            | Вар. 1            | Вар. 2            | Вар. 3            | Вар. 4            | Вар. 5            | Вар. 6            | Вар. 7            | Вар. 8            | Вар.9             |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Количество групп элементов           | 2                 | 3                 | 3                 | 2                 | 3                 | 3                 | 2                 | 2                 | 3                 | 2                 |
| Количество элементов в 1 группе, $l$ | 2                 | 3                 | 4                 | 3                 | 4                 | 3                 | 3                 | 4                 | 2                 | 4                 |
| Количество элементов во 2 группе     | 3                 | 2                 | 2                 | 1                 | 2                 | 2                 | 3                 | 2                 | 3                 | 4                 |
| Количество элементов в 3 группе      | 0                 | 3                 | 2                 | 0                 | 2                 | 1                 | 0                 | 0                 | 2                 | 0                 |
| $\lambda_1$                          | $2 \cdot 10^{-5}$ | $2 \cdot 10^{-4}$ | $5 \cdot 10^{-5}$ | $2 \cdot 10^{-3}$ | $8 \cdot 10^{-6}$ | $3 \cdot 10^{-2}$ | $5 \cdot 10^{-5}$ | $1 \cdot 10^{-6}$ | $2 \cdot 10^{-4}$ | $7 \cdot 10^{-4}$ |
| $\lambda_2$                          | $1 \cdot 10^{-6}$ | $2 \cdot 10^{-6}$ | $4 \cdot 10^{-6}$ | $5 \cdot 10^{-4}$ | $2 \cdot 10^{-5}$ | $1 \cdot 10^{-1}$ | $4 \cdot 10^{-4}$ | $2 \cdot 10^{-6}$ | $5 \cdot 10^{-3}$ | $4 \cdot 10^{-6}$ |
| $\lambda_3$                          |                   | $1 \cdot 10^{-4}$ | $3 \cdot 10^{-3}$ |                   | $4 \cdot 10^{-4}$ | $3 \cdot 10^{-4}$ |                   |                   | $5 \cdot 10^{-4}$ |                   |
| $t$                                  | 100               | 200               | 1000              | 500               | 800               | 300               | 700               | 1000              | 1200              | 400               |
| $h$                                  | 1                 | 2                 | 3                 | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 | 3                 | 1                 | 2                 |

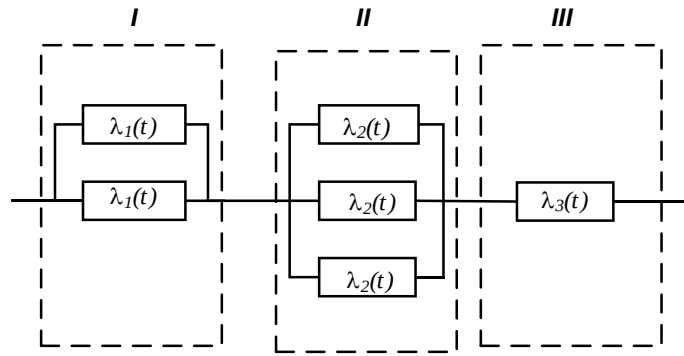


Рис. 4 – Пример схемы отдельного резервирования с различным числом элементов

Принято, что резерв пассивный, с неизменной нагрузкой. Требуется рассчитать вероятность безотказной работы системы  $P_{сист}(t)$  если известно время  $t = 100$  часов. При равнонадежных устройствах и экспоненциальным распределением наработки на отказ в случае общего резервирования вероятность безотказной работы схемы в целом на рис. 4 будет равна:

$$P_{сист}(t) = p_I(t) \times p_{II}(t) \times p_{III}(t) \quad (4)$$

Считаем, что вероятность безотказной работы единичного элемента по прежнему равна  $P_i(t) = e^{-\lambda_i t}$ . Применяя формулу (4) последовательно получаем выражения вида:

$$P_I = 1 - (1 - e^{-\lambda_1 t})^2,$$

$$P_{II} = 1 - (1 - e^{-\lambda_2 t})^3,$$

$$P_{III} = e^{-\lambda_3 t}.$$

Тогда  $P_{сист}(100) = 0,98$ . Расчет  $m_{tc}$  провести по формуле (3).

## 10. Индивидуальное контрольное задание №2.

Требуется по исходным данным таблицы 2, разработать дерево неисправностей системы контроля объектов с помощью БСС. Результат

представить в виде графической схемы с объектами согласно заданию по образцу на рис. 2.

Таблица 2.

Исходные данные контрольного задания №2

| №№<br>вари-<br>анта | Содержание задания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                   | Система контроля охватывает 1 объект. Отказ системы контроля наступает при выходе из строя сервера обработки данных или отсутствия измерения по объекту. Отказ системы на объекте происходит при отказе или датчика движения или датчика температур или датчика загазованности.                                                                                                                                           |
| 2                   | Система контроля охватывает 3 однотипных объекта с приоритетом 1-го объекта. Отказ системы контроля наступает при наличии двух из трех событий: отсутствии передачи трафика шлюзом или при отсутствии измерений по объекту или при аварии сервера обработки данных. Отказ системы на объекте происходит при отказе датчика движения и датчика температуры с приоритетом датчика движения.                                 |
| 3                   | Система контроля охватывает 2 однотипных объекта без приоритета. Отказ системы контроля наступает при отсутствии передачи трафика шлюзом, либо при отсутствии измерений по объекту. Отсутствие передачи трафика шлюзом происходит при отсутствии передачи на коротких расстояниях координатором или при отсутствии передачи с широким охватом от базовой станции.                                                         |
| 4                   | Система контроля объекта включает датчик температуры, датчик загазованности и отказывает при неработе хотя бы одного из датчиков. Система измерений отказывает, если нет измерений по всем трем объектам с приоритетом 3-го объекта. Система в целом отказывает, если нет измерений по объекту или произошла авария сервера обработки данных, или нет передачи трафика одним шлюзом.                                      |
| 5                   | Система контроля охватывает один объект. Отказ системы на объекте происходит при отказе или датчика движения или датчика загазованности.<br>Отказ системы контроля наступает при выходе из строя либо сервера обработки данных, либо отсутствия измерения по объекту, либо при отсутствии передачи трафика шлюзом. Передачи трафика шлюзом нет если нет передачи на коротком расстоянии и нет передачи с широким охватом. |

## 11. Методические указания по выполнению индивидуального контрольного задания №2

Выполнить задание согласно методическим указаниям к индивидуальному контрольному заданию №2 и рис. 2.