

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 15.05.2024 15:18:18

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabb73e945d14a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования

«Юго-Западный государственный университет»

(ЮЗГУ)

Кафедра вычислительной техники

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

« 26 » 01 2024 г.



## ОТКАЗОУСТОЙЧИВЫЕ И МАСШТАБИРУЕМЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Методические рекомендации по дисциплине «Отказоустойчивые и масштабируемые вычислительные системы» для студентов направления подготовки 09.04.01

Курск 2024

УДК 004.89:004.94:004:75

Составитель: А.Н. Земцов, С.А. Дюбрюкс

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Т.Н. Конаныхина*

**Отказоустойчивые и масштабируемые вычислительные системы:** методические рекомендации по дисциплине «Отказоустойчивые и масштабируемые вычислительные системы» для студентов направления подготовки 09.04.01/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.Н. Земцов, С.А. Дюбрюкс. – Курск, 2024. – 31 с.: Библиогр.: с. 28.

Методические рекомендации соответствуют требованиям рабочей программы по дисциплине «Отказоустойчивые и масштабируемые вычислительные системы» и разработанным оценочным средствам, рассмотрены вопросы, связанные с обеспечением отказоустойчивости вычислительных систем

Предназначены для студентов направления подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Форма 60x84 1/16.  
Усл. печ. л. 1,80 . Уч.-изд.л. 1,63 . Тираж 50 экз. Заказ. *89* Бесплатно  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. Методические материалы к практическим занятиям.....	6
1.1. Основные понятия, определения, свойства и показатели надежности.....	6
1.2. Структурные схемы надежности. ....	11
1.3. Понятие резервирования. Виды резервирования. Структурное резервирование. Временное резервирование. Информационное резервирование. ....	11
1.4. Использование теории марковских процессов для расчета резервируемых систем. ....	15
1.5. Проектирование инфокоммуникационной сети с избыточной топологией .....	16
2. Методические указания к лабораторным работам.....	19
2.1 Лабораторная работа № 1. Аналитический и имитационный методы оценки параметров надежности инфокоммуникационных сетей с избыточностью и восстановлением.....	19
2.1.1 Цели и задачи.....	19
2.1.2 Постановка задачи.....	19
2.1.3 Требования и состав отчёта.....	19
2.1.4 Вопросы к отчету лабораторной работы.....	20
2.2 Лабораторная работа № 2. Протоколы резервирования шлюза.....	20
2.2.1 Цели и задачи.....	20
2.2.2 Постановка задачи.....	21
2.2.3 Требования и состав отчёта.....	21
2.2.4 Вопросы к отчету лабораторной работы.....	21

2.3 Лабораторная работа № 3. Оценка качественных характеристик сети с помощью механизма соглашений об уровне обслуживания.....	22
2.3.1 Цели и задачи.....	22
2.3.2 Постановка задачи.....	22
2.3.3 Требования и состав отчёта.....	22
2.3.4 Вопросы к отчету лабораторной работы.....	23
3. Методические указания к выполнению контрольной работы .....	24
3.1. Задание на контрольную работу и требования к ее выполнению.	24
3.2 Методические указания по выполнению контрольной работы .....	25
3.3. Примерное содержание контрольной работы .....	26
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	27
Рекомендуемая литература по курсу .....	28

## ВВЕДЕНИЕ

Надежность вычислительных систем, инфокоммуникационных систем, является важнейшей их характеристикой, как и любых технических систем. В системах искусственного интеллекта, системах автоматизации принятия решений надежность как вычислительных, так и коммуникационных компонент играет, пожалуй, еще более важную роль, поскольку влияет на корректность и своевременность принятия решений, решения задач распознавания такими системами, либо предоставления необходимой для принятия решений информации пользователям. То есть более ответственная роль вычислительной системы в целом определяет еще более важное значение показателей надежности. В данной работе рассмотрены способы оценки параметров надёжности, а также способы повышения надежности и отказоустойчивости вычислительных систем. Избыточность и резервирование, используемое для повышения надежности, нередко могут способствовать и масштабированию систем и сокращению времени обслуживания запросов. Приводятся примеры оценки и способов повышения надежности из области инфокоммуникационных систем.

# 1. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

## 1.1. Основные понятия, определения, свойства и показатели надежности

В рамках занятия рассматриваются следующие вопросы: факторы, влияющие на надежность, понятие отказа, классификация отказов. Жизненный цикл объекта. Основные законы безотказности. Основные показатели надежности невосстанавливаемых элементов систем. Вероятность безотказной работы. Законы распределения вероятности безотказной работы. Интенсивность отказов. Аналитические зависимости между основными показателями надежности невосстанавливаемых систем. Надежность восстанавливаемых систем. Основные показатели и определения при восстановлении систем. Коэффициент готовности. Коэффициент использования. Аналитические зависимости между основными показателями надежности невосстанавливаемых систем. Расчет показателей надежности систем по статистическим данным об отказах. Расчет показателей надежности систем с последовательным и параллельным соединением.

Отказы в современных инфокоммуникационных системах являются фактором, влияющим на показатели экономической эффективности организации. Исследование отказов элементов инфокоммуникационных систем с целью повышения их показателей надежности и отказоустойчивости путем внесения изменений в ее структуру является актуальной задачей. Выбранная стратегия восстановления отказавшего элемента может существенно влиять на показатели надежности. Результаты имеют важное значение для обеспечения требуемого уровня отказоустойчивости при ограниченных эксплуатационных расходах [1].

Невосстанавливаемым называют такой элемент инфокоммуникационной системы, который после работы до первого

отказа заменяют на такой же элемент, так как его восстановление в условиях эксплуатации невозможно.

Под отказом изделия понимают полную или частичную потерю им работоспособности вследствие ухода одного или нескольких параметров за пределы установленных норм.

Под наработкой изделия в общем случае понимают продолжительность его работы, выраженную в часах, циклах переключения или других единиц в зависимости от вида и функционального назначения изделия.

Например, для коммутаторов, интегральных микросхем наработка выражается в часах, а для ПЗУ – в циклах переключения/перезаписи.

Пусть время работы невосстанавливаемого элемента представляет собой случайную величину  $\tau$ . В момент времени  $t = 0$  элемент начинает работать, а в момент  $t = \tau$  происходит его отказ. Говорят, что  $\tau$  является временем жизни элемента. Интервал времени от момента включения системы до возникновения первого отказа представляет собой случайную величину  $\tau$ , которую называют наработкой до первого отказа.

Таким образом,  $\tau$  имеет случайный характер, и в качестве основного показателя надежности элемента можно назвать функцию распределения, которая выражается зависимостью вида

$$F(t) = P(\tau < t)$$

Функция  $F(t)$  представляет собой функцию распределения времени  $\tau$  – наработки до отказа.

Функцию  $Q(t) = F(t)$  называют вероятностью отказа элемента до момента  $t$ .

Вероятность отказа – это вероятность того, что наработка до первого отказа не превышает заданную величину  $t$ .

Вероятность отказа  $Q(t)$  – событие противоположное вероятности безотказной работы. Если элемент работает в течение времени  $t$  непрерывно, то существует непрерывная плотность вероятности отказа,

т.е. вероятность отказа за малую единицу времени при работе узла, модуля без замены.

Следующим показателем надежности является вероятность безотказной работы за заданное время  $R$  или функция надежности, которая является функцией, обратной функции распределения (вероятностная оценка вероятности безотказной работы)

$$P(t) = 1 - F(t) = P(\tau > t)$$

Вероятность безотказной работы – вероятность  $P(\tau > t)$  того, что в заданном интервале времени или заданной наработки отказ изделия не возникнет, т.е. наработка до первого отказа  $\tau$  превышает заданную величину  $t$ .

Работоспособное состояние и отказ объекта – несовместные противоположные события, образующие полную группу событий (совокупность всех возможных состояний объекта), поэтому в любой момент времени  $t$ :

$$P(t) + Q(t) = 1$$

Вероятность отказа изделия  $Q(t)$  в любой момент времени  $R$ :

$$Q(t) = 1 - P(t)$$

В общем виде вероятность безотказной работы испытываемых объектов определяется как отношение числа элементов оставшихся исправными в конце времени испытания (при) к начальному числу объектов, поставленных на испытание (статистическая оценка вероятности безотказной работы):

$$P(t) = \frac{N(t)}{N(0)} = \frac{N(0) - n(t)}{N(0)} = 1 - \frac{n(t)}{N(0)}$$



где  $N(0)$  – число работоспособных объектов при  $t=0$ ,  $N(t)$  – число работоспособных объектов при наработке  $t$ ,  
 $n(t)$  – число отказавших элементов за наработку  $t$ .

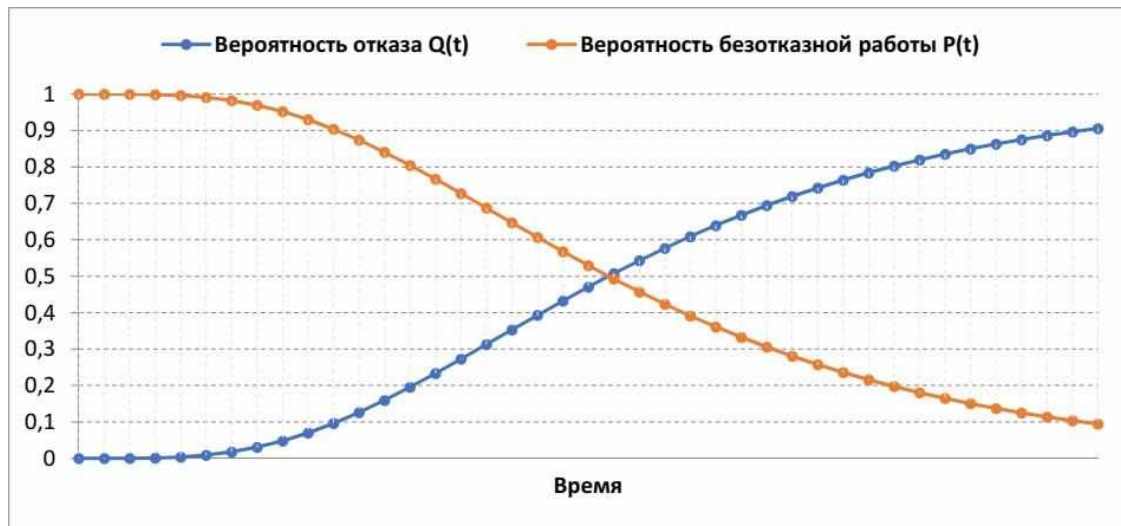


Рисунок 1 - Взаимосвязь между вероятностью отказа и вероятностью безотказной работы

Одной из важнейших характеристик надежности невосстанавливаемого элемента является интенсивность отказов, или опасность отказа, которая определяет надежность элемента в каждый данный момент времени.

Интенсивность отказа – условная плотность вероятности отказа в момент времени  $R$ , при условии того, что до  $R$  отказа не было:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)} = \frac{f(t)}{P(t)} = -\frac{1}{P(t)} \cdot \frac{dP(t)}{dt}$$

Это выражение – основной закон надежности, позволяет установить временное изменение вероятности безотказной работы при любом характере изменения интенсивности отказов во времени.

Важнейшим показателем невосстанавливаемого элемента является среднее время безотказной работы или средняя наработка до отказа  $T_0$ , которое определяют как математическое ожидание случайной величины  $t$

(вероятностное определение):

$$T_o = M[t] = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt$$

Очевидно, что средняя наработка до отказа  $T_o$  равна площади под кривой  $P(t)$  :

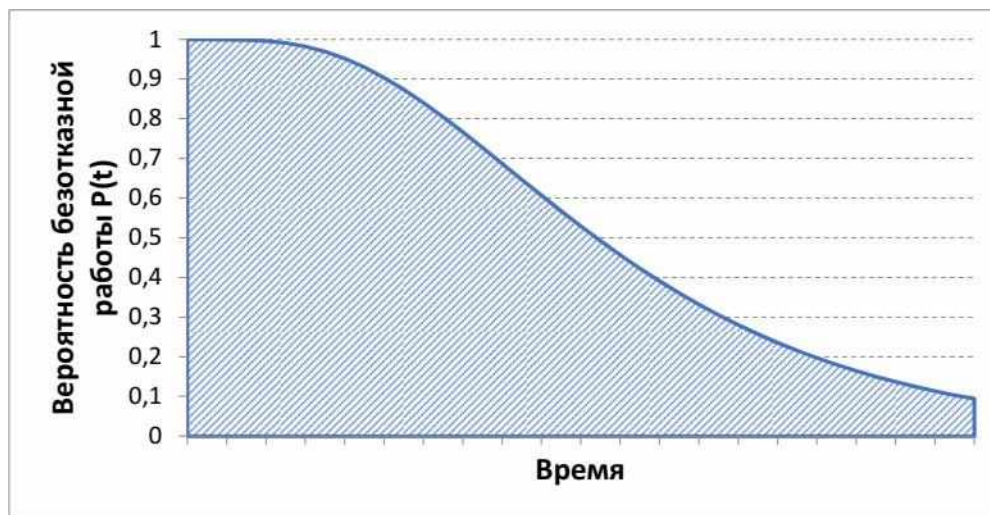


Рисунок 2 – Средняя наработка до отказа

Коэффициент готовности характеризует вероятность нахождения системы в работоспособном состоянии:

$$K_G = T_o / (T_{во} + T_o),$$

где  $T_o$  – наработка на отказ,  $T_{во}$  – время восстановления в случае отказа.

Системы с высоким коэффициентом  $K_G$ , близким к 1, называют системами высокой готовности.

Готовность оценивается числом девяток после запятой в коэффициенте готовности, причем каждая следующая девятка требует существенного удорожания системы.

Коэффициент использования учитывает также время профилактических работ ( $t_{по}$ ) :

$$K_{и} = T_o / (T_{во} + T_o + t_{по}).$$

## **1.2. Структурные схемы надежности**

В рамках занятия рассматриваются следующие вопросы: схема надежности с последовательным соединением элементов, определение основных показателей надежности с последовательным соединением элементов. Схема надежности с параллельным соединением элементов. Определение основных показателей надежности с параллельным соединением элементов. Мостовая схема надежности. Расчет мостовой схемы надежности. Расчет надежности логических элементов с учетом двух видов отказов. Комбинированные схемы надежности. Преобразование и расчет комбинированной схемы надежности. Метод прямого перебора состояний. Метод особого элемента. Метод минимальных путей. Метод минимальных сечений. Имитационные модели оценки показателей надежности сложных систем без восстановления.

## **1.3. Понятие резервирования. Виды резервирования. Структурное резервирование. Временное резервирование. Информационное резервирование**

В рамках занятия рассматриваются следующие вопросы: режимы работы резерва. Нагруженный резерв. Облегченный резерв. Ненагруженный резерв. Виды структурного резервирования. Общее резервирование. Структурная схема с общим резервом. Параметры надежности структуры с общим резервом. Раздельное резервирование. Структурная схема с раздельным резервом. Параметры надежности структуры с раздельным резервом. Смешанное резервирование. Оптимальное резервирование. Мажоритарное резервирование. Оптимизация глубины мажоритарного резервирования. Резервирование замещением.

Под резервированием понимают применение дополнительных средств и/или возможностей с целью сохранения работоспособного состояния инфокоммуникационной системы при отказе одного или нескольких ее элементов.

При постоянном резервировании инфокоммуникационной системы резервные элементы подключены к основным в течение всего времени работы и работают в одинаковом с ними режиме, а при резервировании замещением резервные элементы замещают основные после их отказа.

Работоспособность инфокоммуникационной системы без резервирования требует высокой надежности всех элементов системы, но в сложных системах без резервирования никогда не удастся достичь высоких показателей надежности, даже если использовать элементы с высокими показателями безотказности.

На практике часто используется резервирование устройств с выработкой результата путем голосования с помощью мажоритарных элементов (мажорирование).

Популярность связана с тем, что при небольшой избыточности (в 3 раза) обеспечивается надежность относительно ошибок обоих типов ( $0 \rightarrow 1$ ,  $1 \rightarrow 0$ ). Принцип работы: элементы вырабатывают выходные данные по большинству входных. Если из трех устройств одно стало работать неправильно, это не скажется на результате – только ошибка в двух из трех каналов проявляется в результате. Задача мажоритарного элемента – произвести голосование и передать на выход величину, соответствующую большинству из входных. Мажоритарный элемент может иметь только нечетное число входов. Промышленно выпускаемые элементы имеют по три входа или по пять входов, например, 533ЛПЗ, КР134ЛПЗ, КР1533ЛПЗ – 3 мажоритарных элемента «2 из 3».

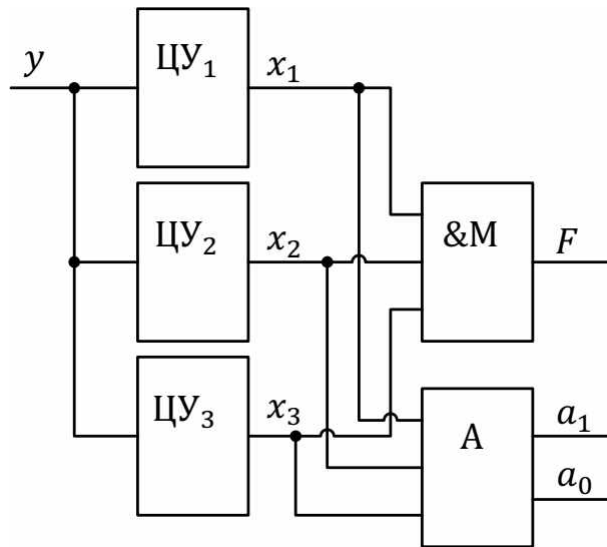


Рисунок 3 - Принцип мажоритарного резервирования

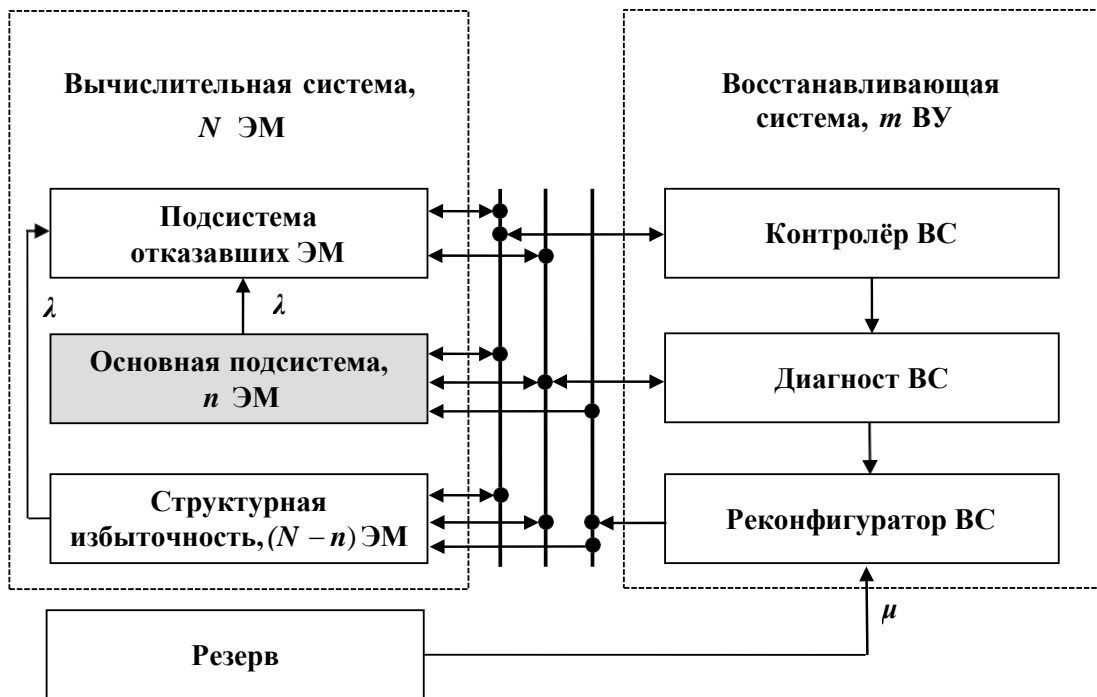


Рисунок 4 - Функционирование большемасштабных вычислительных систем со структурной избыточностью

Структурная избыточность вычислительных систем (ВС) позволяет также повышать их производительность и сокращать время отклика системы (комплекса), причем для многомашинных комплексов (кластеров) с высокой производительностью и высокой избыточностью изначально характерна высокая надежность [23] – см. рисунок 4.

Двойной эффект от избыточности ВС проявляется, например, в серверных фермах, даже при небольшом количестве серверов, а тем более – в кластерах серверов, так как зачастую кластеры высокой доступности (НА) одновременно могут решать задачи балансировки нагрузки (LB).

Выделяют следующие типы НА-кластеров:

- с холодным резервом или активный/пассивный. Активный узел выполняет запросы, а пассивный ждет его отказа и включается в работу, когда таковой произойдет;

- с горячим резервом или активный/активный. Все узлы выполняют запросы, в случае отказа одного нагрузка перераспределяется между оставшимися. То есть кластер распределения нагрузки с поддержкой перераспределения запросов при отказе;

- с модульной избыточностью. Применяется только в случае, когда простой системы совершенно недопустим. Все узлы одновременно выполняют один и тот же запрос (либо части его, но так, что результат достижим и при отказе любого узла), из результатов берется любой. Необходимо гарантировать, что результаты разных узлов всегда будут одинаковы (либо различия гарантированно не повлияют на дальнейшую работу). Пример — RAID.

Принцип действия LB - кластера строится на распределении запросов через один или несколько входных узлов, которые перенаправляют их на обработку в остальные, вычислительные узлы. Первоначальная цель такого кластера — производительность, однако, в них часто используются также и методы, повышающие надёжность. Подобные конструкции называются серверными фермами. Используется

как коммерческое ПО (Open- VMS, MOSIX, Microsoft и др.), так и бесплатное (OpenMosix, Linux Virtual Server и др.)

Для повышения доступности системы LB часто применяют избыточность (хотя бы дублирование) системы балансировки, как самого критичного узла.

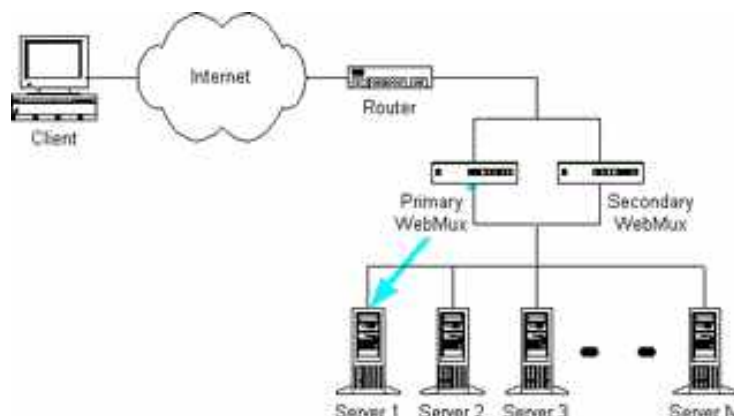


Рисунок 5 – дублирование системы балансировки LB – кластера

Использование виртуализации и контейнеризации серверов в составе облачных вычислительных систем, внедрение программно-определяемых сетей (SDN) также влияет на повышение показателей надежности и снижает накладные расходы на ее обеспечение [7, 10, 12, 19]

#### **1.4. Использование теории марковских процессов для расчета резервируемых систем**

В рамках занятия рассматриваются следующие вопросы: формирование графа состояний, решение уравнений Колмогорова, оценка надежности восстанавливаемых систем. Имитационные модели оценки показателей надежности сложных восстанавливаемых систем. Стратегии восстановления [1, 4, 13-15, 23].

## **1.5. Проектирование инфокоммуникационной сети с избыточной топологией**

В рамках занятия рассматриваются следующие вопросы: агрегирование каналов связи, стекирование и обеспечение отказоустойчивости стека. Протоколы резервирования шлюза. Оценка качественных характеристик сети с помощью механизма соглашений об уровне обслуживания.

В настоящее время отечественная телекоммуникационная отрасль стоит на пороге внедрения пятого поколения связи, который даст толчок развитию не только телекоммуникационной, но и другим отраслям экономики, развитию инновационных цифровых услуг. Этот этап развития телекоммуникационных сетей характеризуется значительным ростом сложности инфраструктуры с поддержкой до 1 млн. абонентских устройств на 1 кв. км, повышением требований к качеству предоставляемых услуг, в том числе, снижением задержки передачи до 1мс, и менее. При этом сетевая инфраструктура удовлетворять требованиям к показателям экономической эффективности, как следствие, предъявляются все более высокие требования к надежности систем связи. Низкая отказоустойчивость гарантированно приводит к потере клиентов и убыткам. Повышение отказоустойчивости сети связи сопряжено с дополнительными затратами, которые могут превысить прибыль, получаемую от предоставления услуг связи. Помимо телекоммуникационного и связного оборудования, каждая базовая станция сотовой связи содержит источник бесперебойного питания, предназначенный для обеспечения работоспособного состояния базовой станции в случае отключения электроэнергии, а также климатическую технику, задача которой заключается в обеспечении температурного режима, в первую очередь, для функционирования аккумуляторных батарей.



Например, типичной является ситуация, когда на базовой станции кондиционеры работают в конфликтующих режимах: один на обогрев, а другой – на охлаждение. При отказе кондиционера температура внутри климатического телекоммуникационного шкафа значительно превышает максимально допустимые предельные значения и, как следствие, оборудование выгорает, или разрушается со скоростью взрыва из-за деформации и отсоединения газоотводных трубок, что приводит к накоплению водорода в термошкафе, который детонирует. Инфокоммуникационные системы относятся к сложным вероятностным системам, имеющим, как правило, внутреннюю избыточность, при которой выходы из строя отдельных узлов могут не приводить к прекращению обмена сообщениями между другими узлами сети. Рассмотрим вариант оценки показателей надежности между двумя фиксированными узлами сети. Отказом системы считается такое сочетание вышедших узлов в сети, при котором все соединительные тракты передачи между рассматриваемыми узлами прерываются. Известны аналитические методы оценок показателей надежности сетевых структур – полный перебор всех состояний, нахождение возможных путей, определение возможных сечений, метод особой точки, логико-вероятностные методы.

Получили развитие методы решений на основе теории графов. В силу того, что аналитические методы сопряжены с решением систем дифференциальных уравнений, для сетей большой размерности наиболее приемлемым методом будет имитационное моделирование. В случае моделирования по событиям процесс моделирования продолжается до достижения заданного числа отказов в сети связи  $k$ . В зависимости от целей моделирования, структурная модель надежности инфокоммуникационной системы может иметь связь с логической или физической топологией.

Обобщенный алгоритм работы единичной итерации моделирования

отказа инфокоммуникационной системы показан на рисунке 6 [1].



Рисунок 6 - Обобщенный алгоритм работы единичной итерации моделирования отказа инфокоммуникационной системы

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ**

### **2.1 Лабораторная работа № 1. Аналитический и имитационный методы оценки параметров надежности инфокоммуникационных сетей с избыточностью и восстановлением**

#### **2.1.1 Цели и задачи**

Целью работы является оценка параметров надежности заданной инфокоммуникационной системы с избыточностью и восстановлением аналитически, а также с помощью имитационного моделирования.

Задачи работы:

1. Оценить заданные параметры надежности заданной инфокоммуникационной системы по формулам.
2. Провести имитационное моделирование параметров надежности с помощью предоставленного программного средства.
3. Разработать собственное программное решение для построения конкретной имитационной модели.

#### **2.1.2 Постановка задачи**

Необходимые сведения содержатся в литературе по данной дисциплине, в частности, в источниках [1, 4, 14 - 16].

#### **2.1.3 Требования и состав отчёта**

1. Отчёт должен быть выполнен на листах размера А4.
2. Отчёт должен начинаться с титульного листа с названием вуза и факультета, номером и названием лабораторной работы, вариантом, ФИО студента, № группы, ФИО преподавателя, городом и годом.
3. В отчёте нужно кратко описать задание, показать основные этапы решения задачи, сформулировать выводы.

4. Отчёт предоставить в бумажном или электронном виде (записать на флэш-накопитель и продублировать на электронную почту).

#### **2.1.4 Вопросы к отчету лабораторной работы**

1. Перечислите основные принципы проектирования инфокоммуникационных сетей с избыточными топологиями.

2. Приведите примеры расчета коэффициента готовности киберфизических систем и сетей.

3. Приведите примеры расчета коэффициента использования киберфизических систем и сетей.

4. Приведите примеры расчета аналитических зависимостей между основными показателями надежности невосстанавливаемых киберфизических систем и сетей.

5. Приведите примеры расчета аналитических зависимостей между основными показателями надежности восстанавливаемых киберфизических систем и сетей.

6. Поясните, каким образом системы высокой доступности и отказоустойчивые системы противодействуют повреждению и потере данных в результате кибератак.

7. Поясните, каким образом использование туманных и облачных сервисов позволяет обеспечить масштабируемость и отказоустойчивость сети систем искусственного интеллекта?

### **2.2 Лабораторная работа № 2. Протоколы резервирования шлюза.**

#### **2.2.1 Цели и задачи**

Цель работы: познакомиться с подходом к повышению показателей надежности за счет резервирования на примере применения протоколов резервирования шлюза.

Задачи работы:

1. Изучить основные варианты резервирования
2. Познакомиться с протоколами резервирования шлюза.
3. Оценить для заданных условий повышение показателей надежности при применении протокола резервирования шлюза.

### **2.2.2 Постановка задачи**

Необходимые сведения содержатся в литературе по данной дисциплине, в частности, в источниках [1, 4, 14 - 16].

### **2.2.3 Требования и состав отчёта**

1. Отчёт должен быть выполнен на листах размера А4.
2. Отчёт должен начинаться с титульного листа с названием вуза и факультета, номером и названием лабораторной работы, вариантом, ФИО студента, № группы, ФИО преподавателя, городом и годом.
3. В отчёте нужно кратко описать задание, показать основные этапы решения задачи, сформулировать выводы.
4. Отчёт предоставить в бумажном или электронном виде (записать на флэш-накопитель и продублировать на электронную почту).

### **2.2.4 Вопросы к отчету лабораторной работы**

1. Охарактеризуйте основные варианты резервирования.
2. Охарактеризуйте системы с мажоритарным резервированием.
3. Как системы высокой готовности могут повысить производительность и обеспечить масштабирование ?
4. Перечислите методы агрегирования каналов связи.
5. Охарактеризуйте основные принципы стекирования и обеспечения отказоустойчивости стека.
6. Охарактеризуйте протоколы резервирования шлюза.

7. Перечислите основные положения спецификаций протоколов резервирования шлюза.

## **2.3 Лабораторная работа № 3. Оценка качественных характеристик сети с помощью механизма соглашений об уровне обслуживания.**

### **2.3.1 Цели и задачи**

Цель работы – знакомство с механизмом соглашений об уровне обслуживания и его влиянии на показатели надежности инфокоммуникационных систем.

Задачи :

1. Знакомство с механизмом соглашений об уровне обслуживания.
2. Оценка влияния механизма соглашений об уровне обслуживания на показатели надежности и другие показатели инфокоммуникационной системы.

### **2.3.2 Постановка задачи**

Необходимые сведения содержатся в литературе по данной дисциплине, в частности, в источниках [1, 4, 14 - 16].

### **2.3.3 Требования и состав отчёта**

1. Отчёт должен быть выполнен на листах размера А4.
2. Отчёт должен начинаться с титульного листа с названием вуза и факультета, номером и названием лабораторной работы, вариантом, ФИО студента, № группы, ФИО преподавателя, городом и годом.
3. В отчёте нужно кратко описать задание, показать основные этапы решения задачи, сформулировать выводы.
4. Отчёт предоставить в бумажном или электронном виде (записать на флэш-накопитель и продублировать на электронную почту).

### **2.3.4 Вопросы к отчету лабораторной работы**

1. Поясните методику оценки качественных характеристик сети систем искусственного интеллекта с помощью механизма соглашений об уровне обслуживания.

2. Перечислите ключевые показатели эффективности в стандарте ETSI ES 205 200.

3. Перечислите основные положения группы стандартов CENELEC EN 50600.

4. Перечислите основные положения стандарта МСЭ ITU-TL.1300.

5. Перечислите уровни классификации центров обработки данных Uptime Institute Tier Classification

### **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

#### **3.1. Задание на контрольную работу и требования к ее выполнению**

На контрольную работу студенту выдается индивидуальное задание (по вариантам), заключающееся в разработке приложения оценки показателей надежности сети связи, сетевой инфраструктуры центра обработки данных, сети хранения данных, из не менее чем 10 узлов методами имитационного моделирования и сопутствующую разработку документацию на основе следующих входных данных:

1. Топология сети связи или сети хранения данных, в общем виде представляющая собой связный мультиграф, и заданная любым способом, например, в виде матрицы смежности или матрицы инцидентности.
2. Значения длин линий связи между узлами сети.
3. Значения интенсивностей отказов узлов сети связи или сети хранения данных.
4. Значения интенсивностей отказов линий связи между узлами сети.
5. Характеристики ремонтных бригад.
6. Закон распределения времен отказов элементов сети связи.
7. Закон распределения времен восстановлений элементов сети связи.
8. Номер начального и конечного узлов для поиска возможных трактов передачи между ними.
9. Дисциплина ремонтных работ.

Работа выполняется в письменной форме в течение 10 недель с момента выдачи задания. Контрольный срок сдачи – последний месяц семестра.



### 3.2 Методические указания по выполнению контрольной работы

Работа выполняется параллельно и в контексте индивидуальных заданий к лабораторному практикуму по дисциплине. Оформляется в письменной форме в течение 10 недель с момента выдачи задания. Контрольный срок сдачи – последний месяц семестра.

Содержание пояснительной записки работы представляет собой авторский текст, поясняющий все пункты и этапы работы. Все основные рисунки, таблицы, схемы должны быть прокомментированы в тексте. Возможно использование ссылок на авторские тексты третьих лиц с обязательным указанием источников. Не допускается использование чужого авторского текста в оформлении работы без ссылок на первоисточник (плагиат). Работы, уличенные в плагиате, не допускаются до защиты.

Рекомендуемый объем пояснительной записки – 20 страниц.

Правила оформления контрольной работы:

- контрольная работа оформляется в редакторе MS Word / OpenOffice (\*.doc, \*.docx, \*.odt);
- листы формата А4, ориентация книжная;
- поля: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее – 15 мм, нижнее – 20 мм. Абзацы в тексте начинают с отступом, равным 15 (или 12,5) мм.
- шрифт – Times New Roman;
- размер шрифта 14 pt;
- междустрочный интервал – 1,5;
- абзацный отступ – 1,25 см;
- нумерация страниц сквозная, номер на первой странице не ставится;
- в конце работы необходим список использованной литературы в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 – 2008.

### 3.3. Примерное содержание контрольной работы

В пояснительной записке должны быть представлены следующие разделы:

1. Титульный лист.
2. Формулировка варианта задания.
3. Основная часть, включающая:
  - 1) описание требований к приложению (состав функций);
  - 2) описание используемых средств разработки, технологий, библиотечных функций и классов;
  - 3) описание используемого математического аппарата;
  - 4) описание методики проведения эксперимента;
  - 5) результаты проведенных рабочих расчетов;
  - 6) результаты моделирования (график зависимости вероятности безотказной работы сети от времени, гистограмма времен отказов сети, диаграмма восстановления, и т.п.);
  - 7) интерпретация результатов моделирования;
  - 8) подведение итогов моделирования;
  - 9) архитектура приложения и используемые архитектурные шаблоны;
  - 10) диаграммы классов программы, диаграммы взаимодействия (если есть);
  - 11) экранные формы работы приложения;
  - 12) коды программы (в приложении);
4. Список использованных источников (включая источники Интернет).

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В рамках курса на практических примерах и в лабораторном практикуме рассматриваются общие вопросы надежности и масштабируемости вычислительных систем. Рассматриваются варианты резервирования, избыточности, их возможное применение для масштабирования ВС, способы оценки надежности. Приводятся примеры из области инфокоммуникационных систем.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА ПО КУРСУ

1. Земцов, А.Н. Законы распределения случайных величин в моделировании инфокоммуникационных систем: учеб. пособие / А.Н. Земцов; ВолгГТУ. - Волгоград, 2019. - 60 с.

2. Журавлев А. Е., Инфокоммуникационные системы. Программное обеспечение : учебник для вузов / А. Е. Журавлев, А. В. Макшанов, А. В. Иванищев – Санкт-Петербург : Лань, 2021 — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/176658> (дата обращения: 09.09.2021).

3. Журавлев А. Е., Инфокоммуникационные системы. Аппаратное обеспечение : учебник для вузов / А. Е. Журавлев, А. В. Макшанов, А. В. Иванищев – Санкт-Петербург : Лань, 2021 — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/176657> (дата обращения: 09.09.2021).

4. Сапожников В. В. Основы теории надежности и технической диагностики : учебник / В. В. Сапожников, Д. В. Ефанов — Санкт-Петербург : Лань, 2019— Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116390> (дата обращения: 09.09.2021).

5. Остроух, А. В. Теория проектирования распределенных информационных систем : монография – Санкт-Петербург : Лань, 2019 — Текст :электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116390> (дата обращения: 09.09.2021).

6. Блюмин, А. М. Проектирование систем интеллектуального обслуживания : учебник / А. М. Блюмин. — Москва : Дашков и К, 2018. — 346 с. — ISBN 978-5-394-02936-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/110759> (дата обращения: 18.09.2021). — Режим

доступа: для авториз. пользователей.

7. Эделман, Д. Автоматизация программируемых сетей : руководство / Д. Эделман, С. С. Лоу, М. Осуолт ; перевод с английского А. В. Сна- стина. — Москва : ДМК Пресс, 2019. — 616 с. — ISBN 978-5-97060-699-5.

— Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/123708> (дата обращения: 18.09.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Кутузов, О. И. Инфокоммуникационные системы и сети : учебник для вузов / О. И. Кутузов, Т. М. Татарникова, В. В. Цехановский. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 244 с. — ISBN 978-5-8114-8051-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171410> (дата обращения: 18.09.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9. Абросимов, Л. И. Базисные методы проектирования и анализа сетей ЭВМ : учебное пособие / Л. И. Абросимов. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 212 с. — ISBN 978-5-8114-3538-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/169320> (дата обращения: 18.09.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

10. Сейерс, Э. Х. Docker на практике / Э. Х. Сейерс, А. Милл ; перевод с английского Д. А. Беликов. — Москва : ДМК Пресс, 2020. — 516 с. — ISBN 978-5-97060-772-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/131719> (дата обращения: 18.09.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

11. Модели и способы взаимодействия пользователя с киберфизическим интеллектуальным пространством : монография / И. В. Ватаманюк, Д. К. Левоневский, Д. А. Малов [и др.]. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 176 с. — ISBN 978-5-8114-3877-8. — Текст : электронный // Лань : элек-

тронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/119635> (дата обращения: 19.09.2021). — Режим доступа: для авториз. Пользователей

12. Анализ и проектирование программно-конфигурируемых сетей : учебное пособие / А. Л. Коннов, Ю. А. Ушаков, П. Н. Полежаев, В. В. Тугов. — Оренбург : ОГУ, 2016. — 114 с. — ISBN 978-5-7410-1522-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/98014> (дата обращения: 19.09.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей

13. Голиков, А. М. Тестирование и диагностика в инфокоммуникационных системах и сетях : учебное пособие / А. М. Голиков. — Москва : ТУСУР, 2016. — 436 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/110274> (дата обращения: 19.09.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

14. Березкин, Е. Ф. Надежность и техническая диагностика систем : учебное пособие / Е. Ф. Березкин. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 260 с. — ISBN 978-5-8114-3375-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/115514> (дата обращения: 19.09.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей

15. Лисунов, Е. А. Практикум по надежности технических систем : учебное пособие / Е. А. Лисунов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 240 с. — ISBN 978-5-8114-1756-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168748> (дата обращения: 19.09.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

16. Проектирование и моделирование сетей связи. Лабораторный практикум : учебное пособие / В. Н. Тарасов, Н. Ф. Бахарева, С. В. Малахов, Ю. А. Ушаков. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 240 с. — ISBN 978-5-8114-3298-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-

библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/111917> (дата обращения: 19.09.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей

17. Варданян, В. А. DWDM-SCM-PON-сети : монография / В. А. Варданян. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-4615-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/136176> (дата обращения: 19.09.2021).

18. Щурин, К. В. Надежность машин : учебное пособие / К. В. Щурин. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 592 с. — ISBN 978-5-8114-3748-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121468> (дата обращения: 11.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

19. Лукша, М. Kubernetes в действии / М. Лукша ; перевод с английского А. В. Логунов. — Москва : ДМК Пресс, 2019. — 672 с. — ISBN 978-5-97060-657-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/131688> (дата обращения: 18.09.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

20. Земцов, А.Н. Законы распределения случайных величин в моделировании инфокоммуникационных систем: учеб. пособие / А.Н. Земцов; ВолгГТУ. - Волгоград, 2019. - 60 с.

21. Земцов, А.Н. Имитационное моделирование вычислительных систем с использованием языка GPSS: учеб. пособие / А.Н. Земцов; ВолгГТУ. - Волгоград, 2014. - 47 с.

22. Труханов, В.М. Надежность и диагностика сложных систем : Учебник / В.М. Труханов, А.Г. Тарнаев. – М.: ООО ИД «Спектр», 2016. – 174 с

23. Архитектура вычислительных систем : учеб. пос. для студентов вузов по напр. "Информатика и вычислительная техника" / В. Г. Хорошевский. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. - 519 с. : ил., табл.; 24 см.