

# Сети связи



Тема № 1:

Анализ и синтез современных сетей связи по показателям структурной устойчивости

Занятие № 1:  
*Устойчивость сетей связи*

*Вид занятия: лекция*

# Цели занятия

2

---

1. Ознакомление с предметом, объектом, задачами дисциплины "Сети связи" и ее структурой (ПСК-3.2).

---

2. Изучение общих понятий об устойчивости сетей связи (ПК-8).

---

3. Формирование систематизированных, научных представлений и знаний по инженерным решениям различных технологий в телекоммуникации (ОК-4).

---

4. Способствование формированию у обучающихся потребности действовать в соответствии с Конституцией Российской Федерации, исполнять свой гражданский и профессиональный долг, руководствуясь принципами законности и патриотизма (ОК-4).



## Основа

Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей

Теория телетрафика

Средства и комплексы сетей связи

Сети связи и системы коммутации

Сигнализация в сетях связи

Сети  
связи

## Применение

○ **Дипломное проектирование**

○ **Учебно-производственная практика**

- 
1. Филин Б. П. Методы анализа структурной надежности сетей связи. – М. : Радио и связь, 1988. – 208 с.

---

  2. Назаров А. Н. Модели и методы расчёта показателей качества функционирования узлового оборудования и структурно-сетевых параметров сетей связи следующего поколения. / А. Н. Назаров, К. И. Сычев. – М. : Физматлит, 2010. – 401 с. С. 24–62, 112–113

---

  3. Надежность и живучесть систем связи / Б. Я. Дудник, В. Ф. Овчаренко, В. К. Орлов и др. ; Под ред. Б. Я. Дудинка. – М. : Радио и связь, 1984. – 216 с.

---

  4. ГОСТ Р 53111–2008. Устойчивость функционирования сети связи общего пользования. Требования и методы проверки. – Введ. 2008–12–18. – М. : Стандартинформ, 2009. 16 с.



Предмет, объект, задачи и структура дисциплины

---



Общие понятия об устойчивости сетей связи

---

# Предмет, объект, задачи и структура дисциплины

## Цель

- ознакомление с основными положениями теории анализа и синтеза сетей связи, принципами оптимизации сетей как сложных систем, постановкой и методами решения задач проектирования телекоммуникационных сетей

## Объект

- Сети связи

## Предмет

- технологии, протоколы, алгоритмы, процедуры, реализующие процесс передачи сообщений между пользователями сетей связи



# Предмет, объект, задачи и структура дисциплины

Распределение учебного времени по видам занятий

Семестр	Кол-во часов аудитор. занятий	Распределение времени по видам занятий							Количество и виды контроля			
		Лекции	ПРЗ	ГРЗ	Контр. работа	ЛР	Курс. работа	Зачет	ЛР	Контр. работа	Курс. работа	Зачет
9	88	4	6	38	4	28	2	6	14	2	1	1
<b>Итого</b>	<b>88</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>38</b>	<b>4</b>	<b>28</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Таблица расчета временных параметров трудоемкости дисциплины

Виды учебной работы	Количество	Аудиторных часов	Часы самостоятельной работы
Общая трудоемкость дисциплины по ГОС			88+20 часов
По учебному плану	44	88	
Лекции	2	4	0,6
Практические (1 преподаватель)	3	6	0,9
Групповые (1 преподаватель)	19	38	5,7
Контрольная работа	2	4	0,6
Лабораторная работа (2 преподавателя)	14	28	4,2
Курсовая работа	1	2	5
Зачет (2 преподавателя)	1	6	3

# Предмет, объект, задачи и структура дисциплины

## Содержание дисциплины по темам

Наименование разделов и тем	Кол-во часов аудит. занят.	Кол-во часов СР	Распределение времени по видам занятий							Количество и виды текущего, промежуточного и итогового контроля			
			Лек.	КР	Гр. зан.	Пр. зан.	Л/р	КР	Экз Зач	КР	ЛР	КР	Зач.
9 семестр													
Тема 1. Анализ и синтез современных сетей связи по показателям структурной устойчивости	20		2	4	10	4				2			
Тема 2. Анализ и синтез пакетных сетей по показателям качества	62	20	2		28	2	28	2			14	1	
<b>Зачет</b>	6								6				1
Всего за семестр	88	20	4	4	38	6	28	2	6	<b>2</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	1
Всего за дисциплину	88	20	4	4	38	6	28	2	6	2	14	1	1

1. Дисциплина специализации "Сети связи" имеет целью ознакомить с основными положениями теории анализа и синтеза сетей связи, принципами оптимизации сетей как сложных систем, постановкой и методами решения задач проектирования телекоммуникационных сетей.

2. Данный учебный курс содействует фундаментализации образования, формированию научного мировоззрения и развитию системного мышления у обучающихся, а также решению ряда прикладных задач, характерных для деятельности офицера-связиста.

3. Знания, умения и навыки, полученные в ходе изучения дисциплины "Сети связи" необходимы в дальнейшем для успешного освоения учебных дисциплин кафедры и академии, а также в дальнейшей службе в ходе решения задач по предназначению.



# Общие понятия об устойчивости сетей связи

*Сеть связи*

*Узел связи*

*Канал связи*

*Линия связи*

*Структура*

Устойчивость сетей связи

# Общие понятия об устойчивости сетей СВЯЗИ

## Устойчивость

- способность сети связи сохранять работоспособность при влиянии внутренних и внешних дестабилизирующих факторов

## Устойчивость

### Надежность

Элементная

Структурная

### Живучесть

Объектовая

Структурная

## Надежность

## Живучесть

ает  
 времени,  
 живучесть  
 характер  
 изучет  
 устойчив  
 ость  
 системы  
 связи  
 против  
 ям  
 действия  
 оораз  
 при  
 ни,  
 ом  
 л  
 яндр  
 вне  
 сист  
 сист  
 смной  
 и  
 о  
 и  
 факто  
 ш  
 ра  
 не  
 з  
 казо  
 я  
 р  
 по  
 техн  
 ки  
 некто  
 и  
 части  
 асм  
 физик  
 в  
 ХИМИ  
 ПУНКТО  
 ст  
 ст



# Общие понятия об устойчивости сетей СВЯЗИ

*Элементная  
надежность*

*Структурная  
надежность*

*Объектовая  
живучесть*

*Структурная  
живучесть*

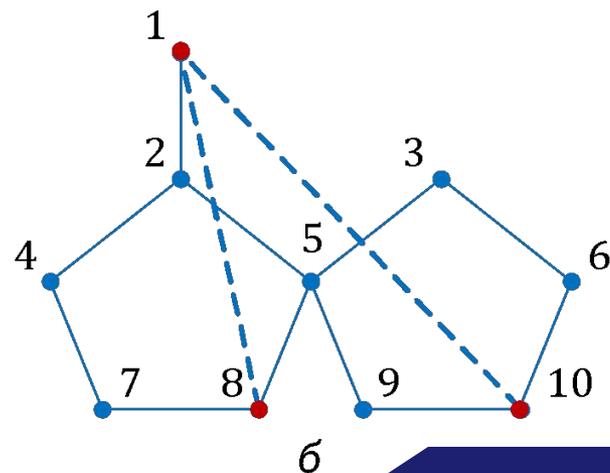
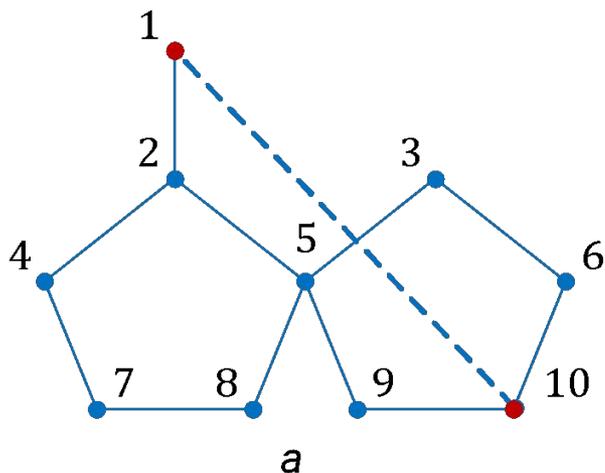
С  
В  
Я  
З  
И  
У  
С  
Т  
О  
Й  
Ч  
И  
В  
О  
С  
Т  
Ь  
С  
Е  
Т  
Е  
Й  
С  
В  
Я  
З  
И

## двухполюсная сеть связи (а)

- часть сети связи, обеспечивающую передачу информации между парой абонентов сети

## многополюсная сеть связи (б)

- часть сети связи, обеспечивающей одновременную передачу информации в нескольких двухполюсных сетях



# Общие понятия об устойчивости сетей СВЯЗИ

## отказ

• состояние, когда объект (сеть связи) не может продолжать выполнение своих функций

$$K_{\Gamma} = \frac{T_o}{T_o + T_{\text{в}}}$$

$K_{\Gamma}$

- коэффициент готовности

$T_o$

- наработка системы (сети) на отказ

$T_{\text{в}}$

- среднее время ее восстановления

Таблица – Надёжность каналов передачи магистральной, внутрizonовой и местной сети связи

Показатель	Аналоговая и плезиохронная цифровая иерархия			Синхронная цифровая иерархия		
	Магистральная	Внутрizonовая	Местная	Магистральная	Внутрizonовая	Местная
	12,5	1,4	0,2	12,5	1,4	0,2
	0,92	0,99	0,997	0,982	0,998	0,9994
	12,5	111	400	230	2050	7000
	1,1			4,2		

При протяжённости трассы  $l$  отличной от типовой  $L$  (12,5/1,400/0,2 тыс. км):

$$T_o(l) = T_o(L) \frac{L}{l}, l \leq L$$

$$K_{\Gamma}(l) = \frac{T_o(l)}{T_o(l) + T_{\text{в}}(L)}$$

## Задача 1.

- Внутрizonовая линия связи имеет протяженность 900 км. Определить коэффициенты готовности данной линии в случае организации на ней канала тональной частоты и синхронного транспортного модуля.

Дано: •  $l = 900$  км.

Найти: •  $K_{Г,1}(l), K_{Г,2}(l)$ .

Время между отказами

$$\begin{aligned} & \bullet T_{o,i}(l) = T_{o,i}(L) \frac{l}{L}: \\ & \bullet T_{o,1}(0,9) = T_{o,1}(1,4) \frac{1,4}{0,9} = 111 \frac{1,4}{0,9} = 172,7 \text{ час}, \\ & \bullet T_{o,2}(0,9) = T_{o,2}(1,4) \frac{1,4}{0,9} = 2050 \frac{1,4}{0,9} = 3189 \text{ час}. \end{aligned}$$

Коэффициенты готовности

$$\begin{aligned} & \bullet K_{Г,i}(l) = \frac{T_{o,i}(l)}{T_{o,i}(l) + T_{B,i}(L)}: \\ & \bullet K_{Г,1}(0,9) = \frac{T_{o,1}(0,9)}{T_{o,1}(0,9) + T_{B,1}(1,4)} = \frac{172,7}{172,7 + 1,1} = 0,99367, \\ & \bullet K_{Г,2}(0,9) = \frac{T_{o,2}(0,9)}{T_{o,2}(0,9) + T_{B,2}(1,4)} = \frac{3189}{3189 + 4,2} = 0,99868. \end{aligned}$$



# Общие понятия об устойчивости сетей СВЯЗИ

Таблица – Технические нормы коэффициента готовности сети электросвязи

Тип сети электросвязи	Норма, не менее
Сеть междугородной и международной телефонной связи	0,999
Сеть зонавой телефонной связи	0,9995
Сеть местной телефонной связи	0,9999
Телеграфная сеть электросвязи и сеть телекс	0,9999
Сеть передачи данных	0,99

## Задача 2.

- Два абонента обмениваются сообщениями друг с другом посредством прямой местной линии связи сети передачи данных, организованной на основе синхронной цифровой иерархии. Определить максимальную протяженность этой линии связи, удовлетворяющей требованиям по надежности.

Дано:

- $K_r$ .

Найти:

- $l$ .

Поскольку рассматривается сеть передачи данных, то коэффициент готовности

$$\bullet K_r = 0,99.$$

Увеличение длины линии приводит к снижению коэффициента готовности. Следовательно, максимальная протяженность линии связи

$$\bullet l = L \frac{T_0(L)}{T_B(L)} \left( \frac{1}{K_r} - 1 \right).$$

Нормированные значения для показателей надежности местных каналов передачи

$$\bullet L = 0,2 \text{ тыс. км}, T_0(L) = 7000 \text{ ч}, T_B(L) = 4,2 \text{ ч}.$$

Максимально допустимая протяженность

$$\bullet l = L \frac{T_0(L)}{T_B(L)} \left( \frac{1}{K_r} - 1 \right) = 0,2 \cdot \frac{7000}{4,2} \cdot \left( \frac{1}{0,99} - 1 \right) = 3,367 \text{ тыс. км}.$$



## Показатель живучести

- коэффициент оперативной готовности  $K_{ог}$

$$K_{ог} = p_f K_r.$$

- $K_r$  – коэффициент готовности;
- $p_f$  – вероятность сохранения работоспособности канала электросвязи при воздействии внешних дестабилизирующих факторов.

Таблица – Градации уровней ущерба сети электросвязи

Уровень воздействия внешних дестабилизирующих факторов на сеть электросвязи	Источник внешних дестабилизирующих факторов	Ущерб, причиняемый элементам сети электросвязи воздействием внешних дестабилизирующих факторов %
высокий	все виды современного оружия массового поражения	до 50
средний	локальные военные конфликты с применением обычных видов оружия, техногенные катастрофы, стихийные бедствия	до 30
низкий	локальные источники внешних дестабилизирующих факторов, террористические акты	до 10

## Основные направления связи в сетях электросвязи

- подразделяют по значимости выделяемых каналов в интересах спецпотребителей на три категории:

### *категория 1*

- – направления, в которых арендуются каналы и тракты для организации информационного обмена центральных органов государственного управления с государственными органами управления регионов;

### *категория 2*

- - направления, в которых арендуются (выделяются) каналы и тракты для обеспечения информационного обмена региональных органов государственного управления с крупными промышленными и хозяйственными центрами государственного значения, находящимися на территории региона, и между региональными органами государственного управления;

### *категория 3*

- – направления, в которых арендуются (выделяются) каналы и тракты между региональными органами государственного управления и органами управления субъектов Российской Федерации и между органами управления субъектов Российской Федерации.

Таблица – Требования к коэффициенту оперативной готовности

Уровень ущерба	Ущерб сети связи, наносимый воздействием внешних дестабилизирующих факторов, %				
		1	2	3	
высокий	до 50	0,80	0,75	0,7	–
средний	до 30	0,85	0,80	0,75	–
низкий	до 10	0,9	0,85	0,8	0,8

Таблица – Зависимость вероятности сохранения работоспособности элементов сети электросвязи от ущерба, причиняемого им воздействием внешних дестабилизирующих факторов

Ущерб, причиняемый элементам сетей электросвязи воздействием внешних дестабилизирующих факторов, %	
до 50	0,5
до 30	0,7
до 10	0,9



# Общие понятия об устойчивости сетей СВЯЗИ

## Задача 3.

- Два спецпотребителя первой категории обмениваются сообщениями друг с другом посредством прямой местной линии связи сети передачи данных, организованной на основе синхронной цифровой иерархии. Определить максимальную протяженность этой линии связи, удовлетворяющей требованиям по живучести при техногенных катастрофах.

Дано:

- $K_{ог}$ .

Найти:

- $l$ .

Техногенные катастрофы относятся к среднему уровню воздействия внешних дестабилизирующих факторов на сеть электросвязи

Вероятность сохранения работоспособности элементов сети электросвязи

Взаимодействующие абоненты являются спецпотребителями первой категории, следовательно минимальное значение коэффициента оперативной готовности

Требуемое значение коэффициента готовности линии

- $p_f = 0,7$ .

- $K_{ог} = 0,85$ .

- $K_{г} = \frac{K_{ог}}{p_f} = \frac{0,85}{0,7} = 1,214$ .

Получение значение  $K_{г} > 1$ , что свидетельствует о **невозможности** организации данного типа связи спецпотребителей первой категории, удовлетворяющей требования по живучести.

1. Надежность и живучесть – существенно различные понятия и самостоятельные проблемы, требующие своих решений при разработке и совершенствовании систем и сетей связи.

2. В зависимости от специфики сетей, их типа (вида), оценивать структурную надежность сетей следует с помощью различных показателей.

3. При оценке живучести используются показатели, аналогичные применяемым при оценке надежности, а, следовательно, методы анализа надежности и живучести сетей близки по своему содержанию.

- 
1. Филин Б. П. Методы анализа структурной надежности сетей связи. – М. : Радио и связь, 1988. – 208 с.

---

  2. Назаров А. Н. Модели и методы расчёта показателей качества функционирования узлового оборудования и структурно-сетевых параметров сетей связи следующего поколения. / А. Н. Назаров, К. И. Сычев. – М. : Физматлит, 2010. – 401 с. С. 24–62, 112–113

---

  3. Надежность и живучесть систем связи / Б. Я. Дудник, В. Ф. Овчаренко, В. К. Орлов и др. ; Под ред. Б. Я. Дудинка. – М. : Радио и связь, 1984. – 216 с.

---

  4. ГОСТ Р 53111–2008. Устойчивость функционирования сети связи общего пользования. Требования и методы проверки. – Введ. 2008–12–18. – М. : Стандартинформ, 2009. 16 с.

# Сети связи



Тема № 1:

Анализ и синтез современных  
сетей связи по показателям  
структурной устойчивости

Занятие № 1:  
*Устойчивость сетей связи*

*Вид занятия: лекция*

---

1. Ознакомление с предметом, объектом, задачами дисциплины "Сети связи" и ее структурой (ПСК-3.2).

---

2. Изучение общих понятий об устойчивости сетей связи (ПК-8).

---

3. Формирование систематизированных, научных представлений и знаний по инженерным решениям различных технологий в телекоммуникации (ОК-4).

---

4. Способствование формированию у обучающихся потребности действовать в соответствии с Конституцией Российской Федерации, исполнять свой гражданский и профессиональный долг, руководствуясь принципами законности и патриотизма (ОК-4).

