

МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ  
И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Северо-Кавказский филиал  
ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
«Московский технический университет связи и информатики»



Кафедра «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Методические указания  
к выполнению практических занятий по дисциплине  
«Методы и средства измерений в телекоммуникациях»

(для студентов по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии  
и системы связи профиль Мобильная связь и интернет вещей)

Ростов-на-Дону  
2022

УДК 621.317  
ББК 31.221  
Б

Составители: доцент кафедры ИТСС Борисов Б.П.

Данное методическое пособие предназначено для обеспечения проведения практических занятий со студентами направления подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, профиля Мобильная связь и интернет вещей, квалификации «бакалавр».

Пособие обеспечивает получение практических навыков по основополагающим вопросам изучаемой дисциплины.

Объем методического пособия определен программой по дисциплине «Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах» для студентов всех форм обучения.

Рецензент: Зав. кафедрой ИТСС канд. тех. наук Юхнов В.И.

Методическое пособие рассмотрено и утверждено на заседании кафедры ИТСС  
«19» декабря 2022 г. Протокол № 5.

# 1 ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

## **Цели практических занятий:**

- помочь обучающимся систематизировать, закрепить и углубить знания теоретического характера;
- научить студентов приемам решения практических задач, способствовать овладению навыками и умениями выполнения расчетов, графических и других видов заданий;
- научить их работать с книгой, служебной документацией и схемами, пользоваться справочной и научной литературой;
- формировать умение учиться самостоятельно, т.е. овладевать методами, способами и приемами самообучения, саморазвития и самоконтроля.

**Практические занятия** — метод репродуктивного обучения, обеспечивающий связь теории и практики, содействующий выработке у студентов умений и навыков применения знаний, полученных на лекции и в ходе самостоятельной работы.

Практические занятия играют важную роль в выработке у студентов навыков применения полученных знаний для решения практических задач совместно с преподавателем.

## **Структура практических занятий:**

1. Вступление преподавателя – 5 мин.
2. Ответы на вопросы студентов по неясному материалу – до 10 мин. вначале и далее по мере необходимости.
3. Практическая часть – до 160 мин.
4. Заключительное слово преподавателя – до 5 мин.

Практические занятия представляют собой занятия по решению различных прикладных задач, теоретический материал для которых был дан на лекциях. В итоге у каждого обучающегося должен быть выработан определенный профессиональный подход к решению каждой задачи и интуиция. На практические занятия выносятся четыре задачи. Преподаватель стремится к тому, чтобы занятие давало целостное представление о предмете и методах изучаемой дисциплине, причем методическая функция выступает здесь в качестве ведущей.

### Список рекомендованной литературы:

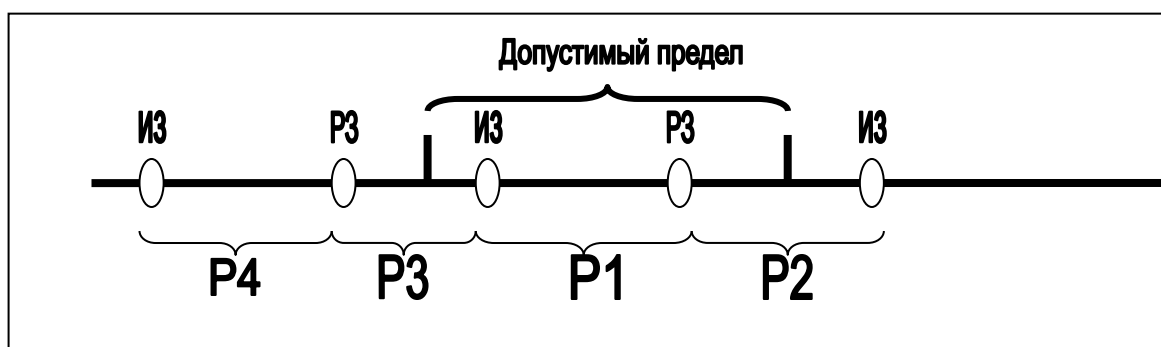
1. Хамадулин Э.Ф. Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах. Учебное пособие - М.: Юрайт, 2014
2. Гордиенко В.Н., Тверецкий М.С. Многоканальные телекоммуникационные системы. Учебник для вузов - М.: Горячая линия - Телеком, 2013
3. Гордиенко В.Н., Тверецкий М.С. Проектирование и техническая эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей. Учебное пособие для вузов - М.: Горячая линия – Телеком, 2012

## Практическое занятие № 1

### Тема: Определение достоверности контроля

#### Постановка задачи:

Определить достоверность контроля длительности импульса первичного цифрового тракта, если измеренное значение и истинное значение могут находиться в одном из четырех состояний по отношению к допустимому пределу (рис.1).



ИЗ – измеренное значение

РЗ – реальное значение

Рисунок 1. Измеренные и реальные значения на оси событий

#### Исходные данные

Вариант №	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P <sub>1</sub>	0,9	0,8	*	0,7	0,85	0,95	0,75	*	0,6	0,65
P <sub>2</sub>	0,085	0,01	0,02	*	0,05	0,05	0,01	0,01	*	0,25
P <sub>3</sub>	*	0,02	0,03	0,1	0,05	*	*	0,02	0,2	0,1
P <sub>4</sub>	0,05	*	0,05	0,2	*	*	0,15	0,03	0,15	*

\* - требуется определить

По результатам вычислений сделать выводы о состоянии объекта контроля.

Краткие теоретические сведения:

Контроль дает возможность определять техническое состояние ЦСП, верность передачи и обработки информации, место неисправности, предсказывать работоспособность ЦСП в будущем. Информация, полученная при контроле, позволяет допускать к работе только исправные ЦСП и выполнять необходимые ремонтные работы с отказавшими объектами.

Составной частью процесса контроля являются измерения контролируемых параметров.

Измерение — это процесс установления соответствия между состоянием объекта контроля и заранее заданной нормой на его параметры и характеристики.

Контроль состоит из измерения параметров и принятия решения по результатам измерений. Объект контроля (ОК) — это технические средства (каналы, групповые и линейные тракты, аппаратура ЦСП, устройства, отдельные элементы), информацию о техническом состоянии которых или процессах, в них происходящих, необходимо получить в процессе изготовления, хранения или эксплуатации. Для оценки технического состояния перечисленных - объектов посредством измерений определяются их качественные и количественные характеристики, которые называются контролируемыми параметрами.

Для осуществления контроля используются специальные технические средства — технические устройства и приборы, имеющие нормированные метрологические свойства и обеспечивающие определение численного значения контролируемого параметра.

С целью количественной оценки качества процесса контроля используются следующие показатели: полнота контроля (П), показывающая, какая часть объекта (оборудование ЦСП, каналов и трактов) охвачена контролем; глубина контроля (Q), время контроля — показатель, зависящий от контролепригодности объекта, методов контроля, степени автоматизации процессов контроля и квалификации технического персонала; пропускная способность и быстродействие системы контроля — показатели, определяемые как временем контроля, так и информационной емкостью системы контроля; достоверность контроля — свойство системы контроля обеспечивать

соответствие результатов контроля истинным состояниям параметров объекта контроля.

Достоверность контроля — показатель, определяющий степень доверия к результатам контроля, которые зависят от точности измерения параметров объекта, полноты и глубины контроля, влияния помех на работу устройств контроля, способов накопления и отображения измерительной информации, технического состояния самих устройств контроля, уровня квалификации технического персонала и других факторов. Следовательно, достоверность результатов контроля является обобщенным интегральным критерием, позволяющим оценивать качество процесса контроля в целом. Для получения формулы расчета достоверности результатов контроля положим, что техническое состояние объекта оценивается параметром  $X$ . В результате влияния различных факторов значение этого параметра с течением времени изменяется случайным образом. Поэтому параметр  $X$  рассматривается как случайная величина.

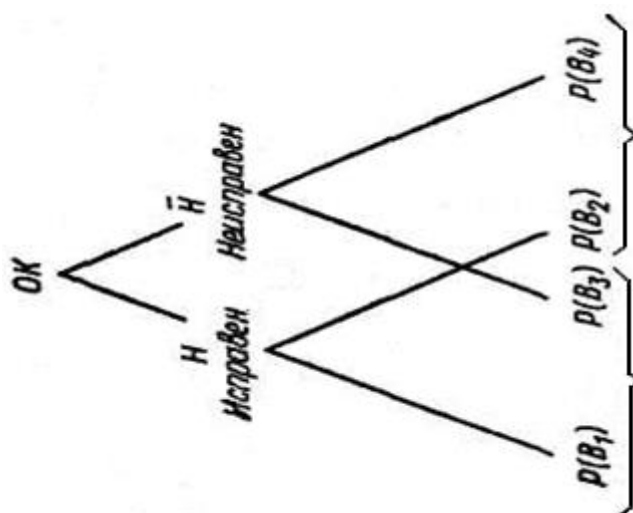


Рисунок 1 - Схема гипотез

Объект считается работоспособным, если  $X_1 < X < X_2$ . Согласно этому условию о техническом состоянии объекта могут быть высказаны две гипотезы (рис.1):  $H$  — объект исправен (работоспособен) и  $\bar{H}$  — объект неисправен. В результате контроля состояния объекта могут быть сделаны следующие выводы:

$B_1$  — измеренное и истинное (фактическое) значения параметра  $X$  находятся в допустимых пределах (принимается гипотеза  $H$ );

$B_2$  — измеренное значение  $X$  не находится в допустимых пределах, а истинное — находится, т. е. принимается гипотеза  $\bar{H}$  — (ошибка первого рода);

$B_3$  — измеренное значение  $X$  находится в допустимых пределах, а истинное — за его пределами, т. е. принимается гипотеза  $H$  (ошибка второго рода);

$B_4$  — измеренное и истинное значения  $X$  находятся вне допустимых пределов, т. е. принимается гипотеза  $\bar{H}$ .

Сумма значений вероятностей перечисленных выводов  $P(B_1) + P(B_2) + P(B_3) + P(B_4) = 1$ . Выводы  $B_2$  и  $B_3$  являются ошибочными. Вероятность ошибочной оценки состояния объекта  $\bar{B} = P(B_2) + P(B_3)$ , тогда вероятность правильной оценки

$$B = P(B_1) + P(B_4) = 1 - \bar{B} \quad (1)$$

и называется достоверностью результатов контроля.

Если ошибочные решения  $B_2$  и  $B_3$  неравноценны по своим последствиям, критерий достоверности (5) обычно не используется. В этих случаях достоверность решения признания объекта исправным или неисправным оценивается отдельно следующими отношениями:

$$B_{\text{и}} = [P(B_1)] / [P(B_1) + P(B_3)] \quad B_{\text{ни}} = [P(B_4)] / [P(B_2) + P(B_4)] \quad (2)$$

Для определения достоверности результатов контроля по формулам (1) и (2) необходимо располагать вероятностями принятия выводов  $B_1$ — $B_4$ . Они вычисляются по известным статистическим данным о работе объекта контроля.

Так как система контроля осуществляет первичную оценку состояния каналов и трактов, то, естественно, алгоритм ее работы определяет последствия принятия ложной гипотезы. Так, если система контроля дает решаемую оценку состояния каналов и трактов, то, очевидно, более опасна ошибка первого рода, когда по сигналам контрольных приборов бракуются исправные каналы или тракты и прекращается связь. Если в общей системе контроля оценка носит вспомогательный характер, то ошибка второго рода не вызывает прекращение



действия связи, и в этом случае более опасной становится ошибка второго рода, т. есть признание канала или тракта исправными при их неработоспособности.

#### Содержание и оформление отчета

Отчет должен содержать:

1. Тему, постановку задачи.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Расчеты.
4. Выводы.

## Практическое занятие № 2

Тема: Нормирование ошибок в каналах и трактах

Постановка задачи:

Определить качество связи при передачи цифрового сигнала между двумя абонентами. Распределение абонентов на сети согласно табл. 1

Таблица 1 - Распределение абонентов на сети

Вариант №	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Распределение абонентов в пределах										
Одной АТС	*									
Районированной ГТС на разных АТС		*						*		
СТС на разных оконечных АТС			*						*	
Зоны в разных ГТС				*						*
Зоны в разных СТС					*					
Смежных зон						*				
Не смежных зон							*			

Таблица 2 - Длина участков

Вариант №	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Длина местного участка, км	10	30	40	20	50	60	70	80	90	100
Длина зонового участка, км										
Длина магистрального участка, км										

Нарисовать структурную схему сети связи абонентов.

### Краткие теоретические сведения:

Номинальные цепи цифровой сети. Нормирование параметров ЦСП осуществляется посредством создания номинальных цепей цифровой первичной сети ЕСЭ. Основным параметром, определяющим качество связи по цифровым каналам - вероятность ошибки  $P_{\text{ош}}$ . Допустимую вероятность ошибки для различных участков цифровой первичной сети ЕСЭ можно определить, исходя из следующих требований:

- цифровые каналы ВСС должны обеспечить возможность организации международной связи;
- вероятность ошибки при передаче цифрового сигнала между двумя абонентами не должна превышать  $P_{\text{ош}} < 10^{-6}$ . При этом обеспечивается высокое качество телефонной связи (прослушивание не более одного щелчка в минуту) в системах с ИКМ при восьмиразрядном нелинейном кодировании.

Кроме того, необходимо иметь в виду, что в линейных трактах ЦСП имеет место накопление (суммирование) ошибок регенерации.

Схема организации международного соединения ОЦК показана на рис. 1. На этом же рисунке показано как распределяется по участкам соединения допустимая вероятность ошибки, равная  $10^{-6}$ .

Номинальная цепь основного цифрового канала (тракта), национального участка определяется видом сети связи страны, входящей в соединение. На рисунке 2 показано распределение параметров качества на международном соединении и для первичной цифровой сети РФ. Очевидно, что принятое распределение в гипотетическом эталонном соединении цифрового тракта (ГЭЦТ) позволяет

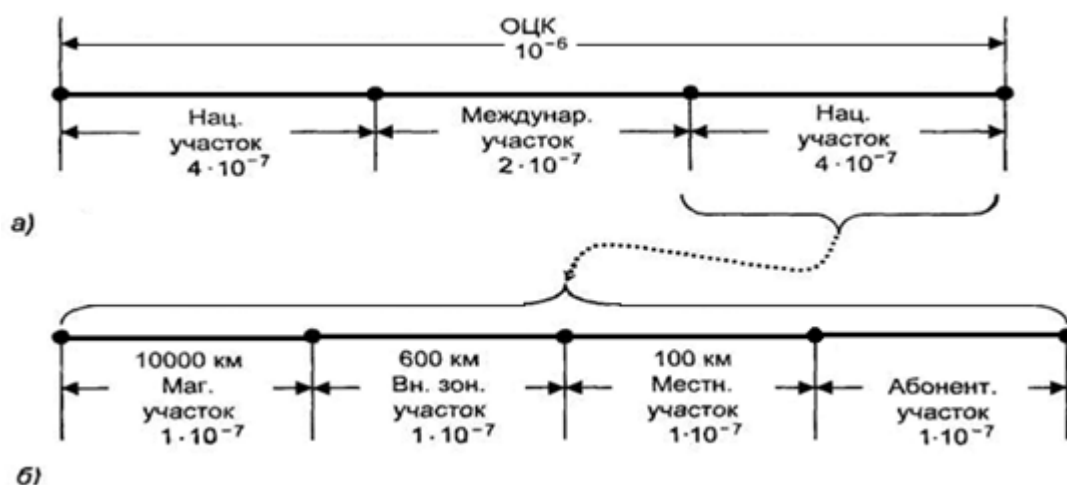


Рисунок 1 - Распределение коэффициента ошибок в ОЦК максимальной протяженности: а - на международном участке сети; б - на национальном участке сети

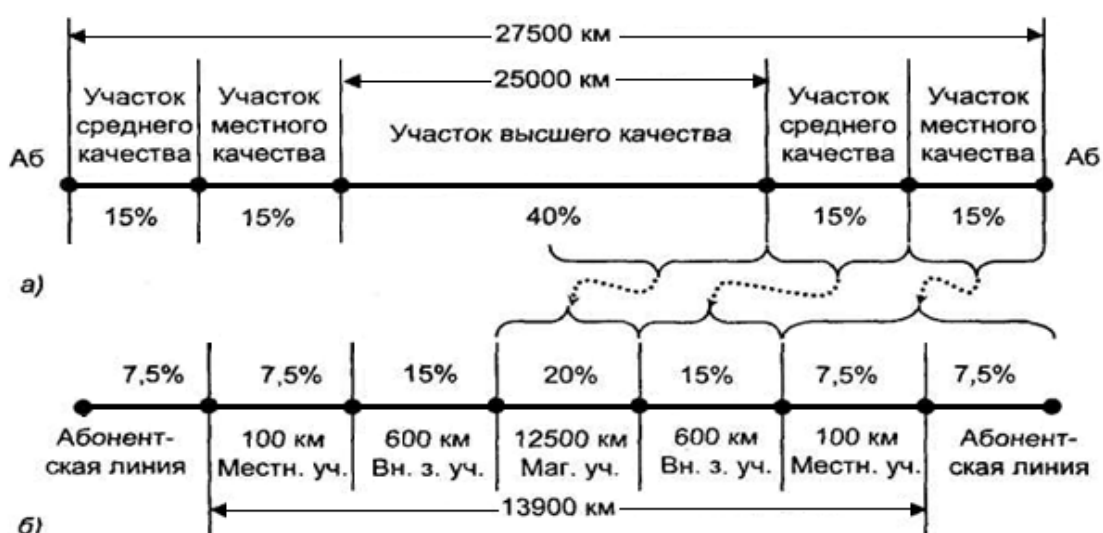


Рисунок 2 - Распределение параметров качества в канале (тракте) максимальной протяженности: а - на международном участке сети; б - на национальном участке сети

использовать любой канал или тракт первичной сети связи РФ в составе международного соединения. Нормы качества и готовности каналов и трактов на сети связи РФ должны соответствовать международным стандартам, приведенным в рекомендации G.821 МСЭ-Т. Поскольку структура национального участка первичной сети связи РФ существенно отличается от международной эталонной цепи, произведен соответствующий пересчет нормативных значений.

Нормы качества и готовности по рекомендации G.821 введены для ОЦК со скоростью передачи 64 кбит/с для каждого направления соединения, которые могут быть использованы для телефонной связи или для передачи данных. При этом общая протяженность условного эталонного соединения (УЭС) составляет 27500 км (2 национальных участка по 1250 км и 1 международный участок 25000 км, рисунок 1).

#### Содержание и оформление отчета

Отчет должен содержать:

1. Тему, постановку задачи.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Расчеты и схему участка связи.
4. Выводы.