

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Северо-Западный государственный заочный технический университет  
Кафедра метрологии

## **ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Факультет радиоэлектроники

Направление и специальность подготовки дипломированных специалистов

653800 – стандартизация, сертификация и метрология

190800 – метрология и метрологическое обеспечение

Направление подготовки бакалавров

552200 – метрология, стандартизация и сертификация

Санкт-Петербург  
2002

Утверждено редакционно-издательским советом университета  
УДК 621.391(07)

Теория информации. Рабочая программа, методические указания, задания на контрольную работу, методические указания к выполнению контрольной работы. СПб.: СЗТУ, 2002. 34 с.

Дисциплина охватывает фундаментальные сведения об энтропии, информации и измерительной информации, необходимые для изучения последующих дисциплин.

Рабочая программа дисциплины соответствует требованиям Государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования по направлению и специальности подготовки дипломированных специалистов (653800-“Стандартизация, сертификация и метрология”, 190800-“Метрология и метрологическое обеспечение”) и направлению подготовки бакалавров 552200-“Метрология, стандартизация и сертификация”.

Методический сборник содержит рабочую программу, методические указания для ее изучения, тематический план лекций, перечень основной и дополнительной литературы, задания на контрольную работу и методические указания к ее выполнению.

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры метрологии 21 ноября 2000 г.

Одобрено методической комиссией факультета радиоэлектроники 14 декабря 2000 г.

Рецензенты: кафедра метрологии СЗТУ (заведующий кафедрой И.Ф.Шишкин, д-р техн. наук; проф); С.А. Кравченко, д-р техн. наук; с.н.с., ведущий научный сотрудник ГУП “ВНИИМ им.Д.И.Менделеева”.

Составители: В.М. Станякин, канд. техн. наук, доц.  
Б.Я. Литвинов, канд. техн. наук, доц.

# 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В условиях рыночной экономики важнейшим инструментом успешной деятельности предприятий становится качество измерительной информации, Поэтому в учебном плане инженерной специальности 190800 “Метрология и метрологическое обеспечение” включена дисциплина “Теория информации”.

**Цель изучения дисциплины** – подготовка студентов к изучению последующих дисциплин как формирующих научно-теоретические основы специальности, так и остальных.

**Основные задачи дисциплины** – усвоение основных положений информационного подхода к анализу и синтезу объектов, явлений и систем; введение в информационную теорию измерений и измерительных устройств, усвоение ее аксиоматических положений и разработанных на их основе методов обработки результатов измерений.

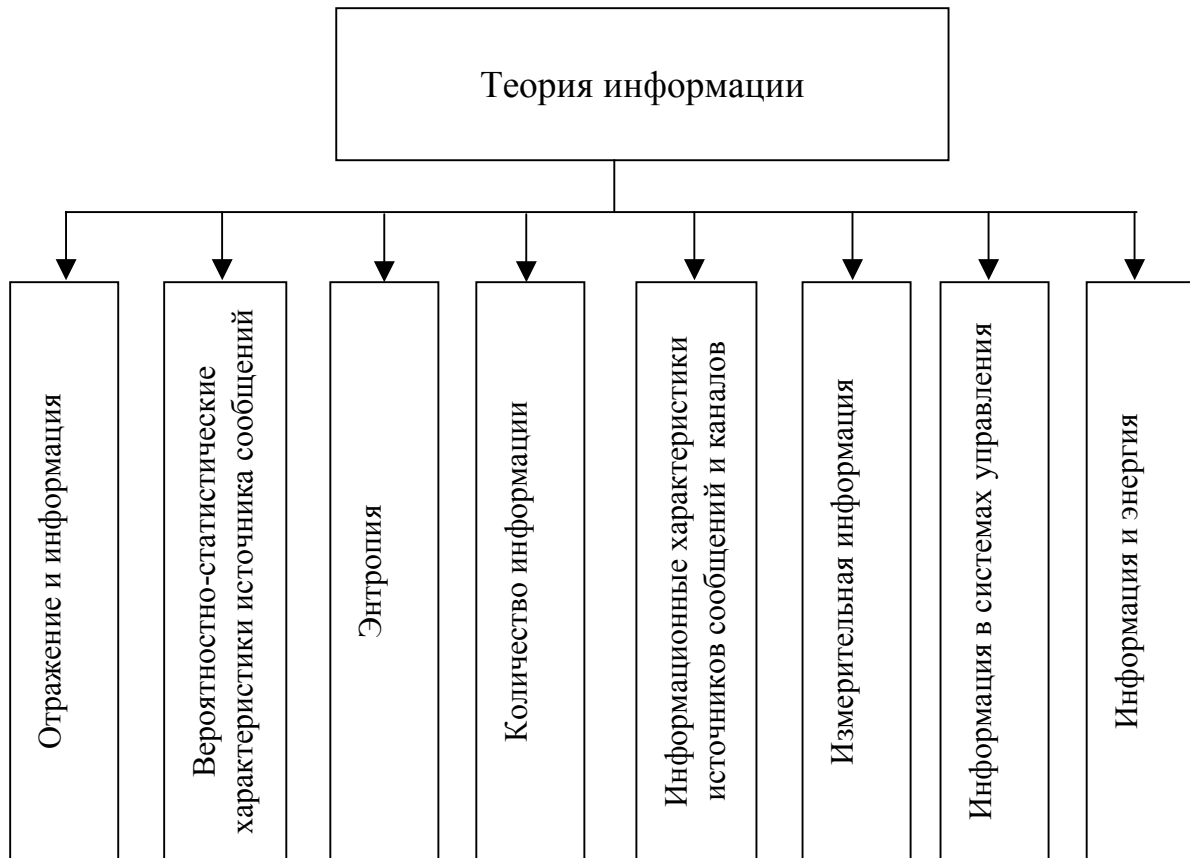
В результате изучения дисциплины студент должен

- **иметь представление** о способах отражения в сознании человека окружающего мира и соответствующих им видах информации; об онтологических и семиотических аспектах информации;
- **знать и уметь использовать** математические модели информационных процессов; различные подходы к оценке количества информации; закономерности информационных процессов в физических и нефизических системах; способы оценки точности и качества измерений с использованием энтропийных значений неопределенности измерений; практические методы определения энтропийного значения; неопределенности измерений на основе как теоретических, так и экспериментальных данных;
- **иметь опыт (навыки)** определения количественных характеристик информационных процессов; правильного использования различных видов информации; определения энтропийного значения; неопределенности измерений; перехода от информационных оценок точности измерений к оценкам на основе использования доверительных интервалов.

Курс “Теория информации ” базируется на дисциплинах “Философия”, “Физика”, “Высшая математика” и служит, в свою очередь, основой для изучения дисциплин “Теоретическая метрология”, “Прикладная метрология”, “Основы квалиметрии”, “Взаимозаменяемость”, “Основы приборостроения”, “Измерительные преобразования и преобразователи”, “Основы радиотехники”, “Информационные измерительные системы”, “Основы научных исследований”.

Итогом изучения дисциплины является сдача студентами зачета.

## 2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ



## 3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА (объем 100 часов)

#### ВВЕДЕНИЕ (2 часа)

Предмет, цели и задачи и объекты курса “Теория информации”. Основные этапы развития теории информации. Вклад отечественных и зарубежных ученых в развитие теории информации. Особенности современного этапа развития теории информации. Теория информации, информатика и информационные технологии. Уровень информационной культуры общества.

Структура курса, его роль и место в формировании мировоззрения и базы знаний инженера – метролога, связь с другими дисциплинами. Организация изучения курса.

### 3.1. ОТРАЖЕНИЕ И ИНФОРМАЦИЯ (4 часа)

Два свойства материи: свойство существовать и свойство отражаться (иметь структуру или информацию). Материя как совокупность всех первичных источников информации. Отражение как совокупность всех способов получения информации. Информация – продукт отражения материи в сознании человека, отраженное многообразие. Диалектика отражения. Онтологический и семиотический аспекты информации.

Качественно различные способы отражения и соответствующие им виды информации: чувственная (синтаксическая), логическая (семантическая), прагматическая.

Средства измерений как устройства, расширяющие возможности отражения органов чувств человека. Средства измерений как источники информации, сообщений.

### 3.2. ВЕРОЯТНОСТНО - СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОЧНИКА СООБЩЕНИЙ (12 часов)

Дискретный источник сообщений. Ряд распределений, функция распределения и числовые характеристики дискретной случайной величины.

Непрерывный источник сообщений. Плотность распределения, функция распределения и числовые характеристики непрерывной случайной величины.

Системы случайных величин. Числовые характеристики многомерных распределений.

### 3.3. ЭНТРОПИЯ (16 часов)

Энтропия – мера неопределенности состояний источника сообщений в среднем. Мера неопределенности Р. Хартли и К. Шеннона. Свойства энтропии дискретного источника. Априорная (безусловная) энтропия. Апостериорная (условная) энтропия дискретного источника и ее свойства. Диаграммы Венна.

Энтропия непрерывного источника сообщений. Дифференциальная энтропия. Свойства дифференциальной энтропии. Эпсилон – энтропия случайной величины.

Энтропия системы случайных величин. Взаимная энтропия.

### 3.4. КОЛИЧЕСТВО ИНФОРМАЦИИ (8 часов)

Три подхода к определению понятия “Количество информации”: комбинаторный, вероятностный, алгоритмический. Количество информации как мера снятой неопределенности. Количество синтаксической информации. Количество семантической информации.

### 3.5. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОЧНИКОВ СООБЩЕНИЙ И КАНАЛОВ (16 часов)

Классификация источников сообщений и каналов.

Информационные характеристики источников сообщений: энтропия (безусловная, условная), количество информации, избыточность сообщения, производительность источника.

Информационные характеристики каналов: скорость передачи информации, максимальная скорость передачи информации (пропускная способность канала), коэффициент использования канала.

Информационные характеристики источников дискретных сообщений. Модели источников дискретных сообщений. Свойства эргодических источников. Избыточность и производительность дискретного источника. Двоичный источник сообщений.

Информационные характеристики дискретных каналов. Идеальные (без помех) и реальные (с помехами) каналы. Скорость передачи и пропускная способность канала. Двоичный и "m – ичный" канал.

Эффективное оптимальное кодирование как способ согласования информационных характеристик источника и канала. Кодирование источников без памяти (символы сообщений независимы) и с памятью (символы коррелированы между собой).

Информационные характеристики источников непрерывных сообщений. Дифференциальная энтропия. Энтропия равномерного распределения. Энтропия гауссовского белого шума. Эпсилон – энтропия и эпсилон – производительность источника. Избыточность.

Информационные характеристики непрерывных каналов. Модели непрерывных каналов. Скорость передачи информации и пропускная способность.

Сравнение пропускных способностей дискретных и непрерывных каналов.

### 3.6. ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ (16 часов)

Измерение – этап получения (восприятия) информации. Модель процесса измерения в классической (ортодоксальной) метрологии. Реальные условия измерения и соответствующая им вероятностно-статистическая модель. Информационная модель измерения.

Источники измерительной информации. Цифровой прибор как дискретный источник измерительной информации. Аналоговый прибор как непрерывный источник измерительной информации. Энтропийный интервал неопределенности результата измерений, энтропийный коэффициент. Измерение по шкалам порядка, шкалам интервалов и шкалам отношений. Информационно-измерительные системы.

Объем измерительной информации. Натуральное изменение объема сигнала. Влияние параметров сигнала на его объем. Закономерное изменение объема сигнала. Оптимальное оценивание измеряемой величины. Использование широкополосных сигналов в измерениях. Собственный объем измерительной информации объекта.

### 3.7. ИНФОРМАЦИЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ (16 часов)

Цепные структуры систем. Информационная цепь. Источники и потребители информации. Разновидности соединений источников и приемников информации.

Переходные режимы в информационных цепях. Информационные цепи с памятью. Ригидные информационные цепи. Информационные цепи с памятью и ригидностью. Иерархические и нелинейные цепи. Автоматические системы. Нелинейные цепи.

### 3.8. ИНФОРМАЦИЯ И ЭНЕРГИЯ (8 часов)

Информация о физической системе, находящейся в состоянии термодинамического равновесия. Обобщенный второй закон термодинамики.

Приток шенноновской информации и превращение тепла в работу.

Энергетические затраты на создание, запись и передачу информации.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ (2 часа)

Краткое обобщение основных вопросов курса. Тенденции и перспективы развития теории информации. Направление дальнейшего расширения и углубления полученных знаний в рамках специальных дисциплин, использование их в практической деятельности.

### 3.9. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ЛЕКЦИЙ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ОЧНО-ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ (20 часов)

Темы лекций	Объем, ч
1. Введение	2
2. Отражение и информация	2
3. Вероятностно-статистические характеристики источников сообщений	2
4. Энтропия	2
5. Количество информации	2
6. Информационные характеристики источников сообщений и каналов	2
7. Измерительная информация	2
8. Информация в системах управления	2
9. Информация и энергия	2
10. Заключение	2

### 3.10. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ (8 часов)

Темы практических занятий	Объем, ч	Описание деятельности студента
1. Расчет энтропии и количества информации источников сообщений	2	Студенты получают практические навыки расчета энтропии и количества информации дискретных и непрерывных источников сообщений.
2. Определение информационных характеристик источников сообщений и каналов	2	Студенты осваивают методику определения информационных характеристик источников сообщений и каналов
3. Расчет количества измерительной информации	2	Студенты получают опыт расчета количества измерительной информации
4. Определение энтропийного значения неопределенности измерения.	2	Студенты определяют энтропийное значение неопределенности измерения.

## 4. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная:

1. Игнатов В.А. Теория информации и передачи сигналов.: Учебник. М.: Радио и связь, 1991. 278 с.
2. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации.: Учебник. М.: Высшая школа, 1989. 234 с.
3. Денисов А.А. Введение в информационный анализ систем.: Текст лекций. Л.: Издательство ЛПИ, 1988. 54 с.
4. Шишкин И.Ф. Основы метрологии стандартизации и контроля качества.: Учеб. пособие. М.: Изд-во стандартов, 1987. 320 с.

### Дополнительная:

5. Новицкий П. В. Основы информационной теории измерительных устройств. Л.: Энергия, 1968. 248 с.
6. П.В. Новицкий, И.А. Зограф. Оценка погрешностей результатов измерений. – 2-е изд. Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1991. 304 с.
7. Денисов А.А. Информационные основы управления. Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1983. – 78 с.
8. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетики. М.: Изд-во иностр. лит., 1963. 832 с.



9. Колмогоров А.Н. Теория информации и теория алгоритмов. М.: Наука, 1987. 567 с.
10. Темников Ф.Е., Афонин В.А., Дмитриев В.И. Теоретические основы информационной техники. М.: Энергия, 1979. 264 с.
11. Стратонович Р.Л. Теория информации. М.: Сов. радио, 1975. 346 с.
12. Теория передачи информации: Терминология. Вып. 101. М.: Наука, 1984. 46 с.
13. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1968. 532 с.
14. Системная метрология: метрологические системы и метрология систем / В.А. Грановский. СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ Электроприбор, 1999. 360 с.

## **5. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ**

1. Охарактеризуйте содержание и задачи теории информации.
2. Перечислите и охарактеризуйте основные этапы развития теории информации.
3. Дайте характеристику вклада отечественных ученых в развитие теории информации.
4. Раскройте смысл понятий (терминов): материя, отражение, информация.
5. Дайте сравнительный анализ понятий: синтаксическая (чувственная), семантическая (логическая) и прагматическая информация как с позиций семиотики, так и с точки зрения способов отражения.
6. Охарактеризуйте средства измерений как устройства, расширяющие возможности отражения органов чувств, как источники информации (сообщений).
7. Охарактеризуйте вероятностно-статистические характеристики дискретного источника сообщений (ряд распределений, функцию распределений и их числовые характеристики).
8. Дайте характеристику вероятностно-статистических характеристик непрерывного источника сообщений (плотность распределения, функцию распределения и их числовые характеристики).
9. Поясните необходимость рассмотрения вероятностно-статистических характеристик системы случайных величин при анализе информационных процессов.
10. Охарактеризуйте различия мер неопределенности Р. Хартли и К. Шеннона.
11. Поясните необходимость требований аддитивности к мере неопределенности выбора.
12. Охарактеризуйте свойства энтропии дискретного источника сообщений.
13. Рассмотрите особенности определения энтропии непрерывного источника сообщений.

14. Дайте определение дифференциальной энтропии и сформулируйте ее основные свойства.
15. Рассмотрите, какие виды распределений обладают максимальной дифференциальной энтропией.
16. перечислите свойства энтальпии случайной величины.
17. Охарактеризуйте существующие подходы к определению понятия “Количество информации”.
18. Рассмотрите связь понятий энтропии и количества информации.
19. Сформулируйте основные свойства количества информации:
  - a) для дискретного источника.
  - b) для непрерывного источника.
20. Охарактеризуйте количество и свойства семантической информации.
21. Перечислите основные информационные характеристики источников сообщений и каналов; дайте определение производительности источников, скорости передачи информации и пропускной способности канала.
22. Дайте характеристику эргодического источника сообщений.
23. Что такое избыточность алфавита источника сообщений, каковы ее причины?
24. Определите производительность дискретного источника сообщений и укажите пути ее повышения.
25. Назовите основные информационные характеристики:
  - a) дискретного канала.
  - b) двоичного симметричного канала без памяти.
26. Поясните различие между технической и информационной скоростями передачи.
27. Напишите и поясните выражение для пропускной способности:
  - a) дискретного канала без помех.
  - b) дискретного канала с помехами.
  - c) непрерывного канала.
  - d) гауссова канала.
28. Охарактеризуйте понятия “объем сигнала” и “объем канала”.
29. Сформулируйте условия неискаженной передачи сигнала по каналу.
30. Рассмотрите предпосылки, на которых основана модель измерения в классической метрологии.
31. Охарактеризуйте особенности реальных условий измерений.
32. Как связано понятие измерения с понятием сужения интервала неопределенности.
33. Охарактеризуйте в понятиях теории информации смысл измерения.
34. Что такое энтропийное значение неопределенности измерения.
35. От чего зависит значение энтропийного коэффициента.
36. Как определить число различимых градаций измеряемой величины.

37. Поясните сущность метода определения энтропийного коэффициента на основе использования гистограммы распределения, построенной по результатам измерений.
38. Что понимают под емкостью канала средства измерения.
39. В чем различие структурного и функционального аспектов развития измерительных информационных систем.
40. Что такое один неос? Какая связь между битами и неосами?
41. Как зависит объем измерительной информации от физических характеристик сигналов? Как повысить объем получаемой при измерениях информации?
42. В чем заключается способ оптимального оценивания измеряемой величины?
43. Возможно ли обеспечить точность измерения более высокую, чем точность применяемых средств измерений?
44. Каково влияние базы сигнала на объем измерительной информации?
45. Охарактеризуйте понятие собственного объема измерительной информации объекта реального мира.
46. Охарактеризуйте понятие информационная цепь.
47. Дайте классификацию информационных цепей.
48. Рассмотрите разновидности соединений источников и приемников в информационных цепях.
49. Охарактеризуйте переходные режимы в информационных цепях:
- a) с памятью
  - b) ригидных
  - c) с памятью и ригидных
50. Рассмотрите характеристики иерархических и нелинейных информационных цепей.
51. Сформулируйте обобщенный второй закон термодинамики.
52. Охарактеризуйте энергетические затраты на создание, запись и передачу информации.
53. Перечислите основные разделы теории информации, охарактеризуйте их взаимосвязи.
54. Рассмотрите области применения теории информации.

## **6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Основным методом изучения материала является самостоятельная работа с рекомендованной литературой, которая включает аудиторские занятия под руководством преподавателя и работу вне стен университета. При самостоятельном изучении дисциплины необходимо составить конспект изучаемого материала. На проработку вне стен университета выносятся вопросы, развивающие самостоятельное мышление и инициативу. Формами

контроля и самоконтроля уровня знаний служат контрольная работа, вопросы для самопроверки и проводимые преподавателем консультации.

Последовательность изучения дисциплины задана порядком расположения тем в рабочей программе. В методических указаниях к темам обращено внимание студентов на ключевые понятия и основные логические связи.

После выполнения контрольной работы студенты сдают теоретический зачет по дисциплине в объеме приведенной программы.

## ВВЕДЕНИЕ

[1], с. 3 ... 13; [10], с. 4 ... 6.

Приступая к изучению дисциплины, студент должен получить представление о содержании курса, его структуре и связи с другими дисциплинами. Знакомясь с историей развития теории информации, следует усвоить характерные признаки ее основных этапов, обратить внимание на вклад отечественных ученых в ее развитие. Важно понять особенности современного этапа развития человеческого общества, который иногда называют периодом информатики, а также рассмотреть основные области применения теории информации.

Последовательность изучения дисциплины – от рассмотрения понятия информации как продукта отражения материи в нашем сознании к рассмотрению количественной характеристики информации “Количества информации”, применения количественной характеристики в различных сферах человеческой деятельности.

### 6.1. ОТРАЖЕНИЕ И ИНФОРМАЦИЯ

[2], с. 5 ... 14; [3], с. 3 ... 29; [10], с. 6 ... 18.

Объекты и явления окружающего мира существуют независимо от человека и его сознания. Эту независимую от человека объективную реальность характеризует понятие *материя*. В процессе познания человек обнаруживает различные *свойства* объектов и явлений, каждое из которых в качественном отношении присуще многим объектам, а в количественном индивидуально для каждого. К числу таких универсальных свойств (атрибутов) материи относится *свойство отражения (рефлексия)*. При отражении структура (строение) одного объекта соотносится со структурой другого объекта. Отражение есть процесс, продуктом (результатом) которого является *информация* (от лат. *informare* – изображать, составлять понятие о чем-то).

Информация есть *отраженное многообразие*. Информация выступает как *мера разнообразия\**, как инвариант процесса отражения. Структуры состояний отражаемых и отраженных объектов должны быть инвариантны.

Изучая эту тему, прежде всего надо разобраться в философских и семиотических аспектах понятий: отражение, информация. Далее надо рассмотреть способы отражения и соответствующие им виды информации: чувственную (*синтаксическую*), логическую (*семантическую*) и *прагматическую*.

Средства измерений надо рассматривать как устройства, расширяющие возможности отражения органов чувств, как источники информации (сообщений).

## 6.2. ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОЧНИКА СООБЩЕНИЙ

[13], с. 82 ... 129, 177 ... 190.

В этом и следующих двух разделах рассматриваются основополагающие термины и определения, знать которые совершенно необходимо, так как они лежат в основе всего курса и формируют профессиональный язык и мышление. Особое внимание надо обратить на смысловые связи между понятиями и последовательность их введения.

Информация как продукт отражения, как мера разнообразия, имеет качественные и количественные характеристики. Количественные характеристики позволяют количественно описать разнообразие состояний отражаемого и отражающих объектов. Разработаны и используются различные подходы. Один из них это вероятностный подход, при котором ряд (закон) распределения вероятности нахождения объекта в заданном состоянии является исчерпывающим описанием разнообразия состояний.

Далее надо рассмотреть материал, ранее изучавшийся в теории вероятности и математической статистике, но интерпретируя математические закономерности с позиции источника информации (сообщений). Надо твердо усвоить различие числовых характеристик дискретного и непрерывного источника сообщений.

## 6.3. ЭНТРОПИЯ

[1], с. 120 ... 123, 135 ... 139; [2], с. 97 ... 119; [8], с. 259 ... 268.

Дальнейшее развитие вероятностный подход к количественному описанию информации находит в энтропии. Энтропия является *мерой неопределенности*

---

\* Переход от слова многообразие к слову разнообразие вызван тем, чтобы избежать путаницы с математическим термином “многообразие”, который имеет несколько иной смысл.

состояний источника сообщений в среднем. Далее следует рассмотреть свойства энтропии для различных видов источников сообщений. Большую помощь для понимания свойств энтропии и наглядного представления этих свойств дают диаграммы Венна.

Необходимо обратить внимание на  $\epsilon$ -энтропию случайной величины, которая учитывает конечную разрешающую способность средств измерений.

#### 6.4. КОЛИЧЕСТВО ИНФОРМАЦИИ

[9], с. 213 ... 223; [2], с. 119 ... 125; [8], с. 275 ... 332.

В этом разделе, прежде всего, необходимо рассмотреть существующие подходы к определению понятия “*количество информации*”. Далее надо понять, что если энтропия есть мера неопределенности, то количество информации есть *мера снятой неопределенности* в результате полученного сообщения о состоянии объекта. Свойства “количества информации” необходимо рассмотреть применительно к дискретному и непрерывному источнику сообщений. Все, выше изложенное, характеризует количество синтаксической информации.

В современных информационных технологиях все больший интерес представляет *количество семантической информации*. Необходимо внимательно разобраться, как определяется количество семантической информации.

#### 6.5. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОЧНИКОВ СООБЩЕНИЙ И КАНАЛОВ

[1], с. 23 ... 27, 120 ... 146; [2], с. 129 ... 154.

В практической деятельности наибольший интерес представляют *информационные характеристики* конкретных источников сообщений и связанных с ними каналов передачи информации. Рассмотрев классификацию источников сообщений и каналов, необходимо изучить информационные характеристики источников и каналов. После этого надо перейти к детальному изучению информационных характеристик для конкретных источников и каналов.

#### 6.6. ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

[1], с. 145 ... 152; [4], с. 67 ... 72; [6], с. 54 ... 62; [10], с. 217 ... 229.

В этом разделе на основе ранее сформулированных положений и понятий анализируется *измерительная информация*. Измерение – начальный этап обращения информации, этап получения (восприятия) информации.

Далее необходимо обратить особое внимание на то, какая модель процесса измерения используется в классической метрологии. За основу в этой модели были положены следующие предпосылки: измеряемая физическая величина неизменна; время измерений неограниченно; внешние условия известны и могут контролироваться; неопределенность результата измерений характеризуется стандартным отклонением и доверительным интервалом. Классическая метрология рассматривает возможность проведения измерений только при использовании измерительных шкал отношений и интервалов.

Реальные условия измерения не всегда соответствуют этим предпосылкам. Измерение всегда выполняется на фоне помех, измеряемая величина есть случайный процесс, который содержит информацию о состояниях (свойствах) исследуемого объекта; измерение также является случайным процессом, время выполнения которого ограничено; истинное (действительное) значение измеряемой величины остается неизвестным; характеристики средств измерений меняются во времени, что, накладываясь на помехи, делает *результат измерения всегда случайным*.

Далее следует рассмотреть информационную модель, применение основных положений теории информации для характеристики процесса измерений, который рассматривается как уточнение значения измеряемой величины. В информационной теории результат измерения трактуется как выбор данного интервала из целого ряда возможных интервалов.

Необходимо рассмотреть особенности получения измерительной информации при использовании шкал порядка, шкал интервалов и шкал отношений. Особое внимание следует обратить на такие понятия, как энтропийный интервал неопределенности результата измерений, энтропийный коэффициент. На основе этих понятий необходимо изучить зависимости между энтропийным интервалом неопределенности измерений и стандартным отклонением (средним квадратическим отклонением); практические методы определения энтропийного интервала неопределенности измерений, числа различимых ступеней (градаций) измеряемой величины, которое позволяет получить данный прибор или метод измерения. В информационной теории измерительное устройство рассматривается как канал преобразования информации о значении измеряемой величины в результат измерения.

Заканчивается изучение раздела рассмотрением элементов измерительно-информационных систем (ИИС). В теории ИИС ранее рассмотренные информационные характеристики анализируются с точки зрения обеспечения точности, достоверности и быстродействия измерений. Необходимо рассмотреть развитие ИИС в двух аспектах: структурном и функциональном.

## 6.7. ИНФОРМАЦИЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

[7], с. 24 ... 50; [14], с. 238 ... 249.

В связи с широким внедрением гибких производственных систем (ГПС) ликвидируется существовавший ранее разрыв во времени между процессом изготовления и процессами измерения и контроля. Происходит слияние технологии и метрологии в единый технолого-метрологический (или метролого-технологический) процесс, происходящий в одних пространственно-временных границах. В этом случае измерительная информация непосредственно используется в системе управления. По этой причине представляет большой интерес рассмотрение информации в системах управления. Важным моментом является изучение вопросов, связанных с расширением функций ИИС, слиянием процедур измерительного эксперимента, обработки данных, логической обработки и анализа результатов измерений; роль ИИС в управляющих системах.

Далее необходимо внимательно, в соответствии с содержанием раздела программы, рассмотреть понятие информационной цепи, классификацию информационных цепей, переходные режимы в информационных цепях.

## 6.8. ИНФОРМАЦИЯ И ЭНЕРГИЯ

[5], с. 156 ... 189; [11], с. 398 ... 413.

В этом разделе рассматривается связь количества информации и энергии. Эта связь обнаруживается при сравнении шенноновской и больцмановской (физической) энтропии. В результате можно сформулировать обобщенный второй закон термодинамики, который учитывал бы не только приток тепла, но и приток информации в систему. В свою очередь, приток информации создает возможность превращения тепла в работу. Из этого следует важный вывод о том, что всякий физический измерительный прибор, имеющий определенную температуру, для создания некоторого количества информации должен превращать часть механической энергии в теплоту. Этот анализ позволяет сделать оценку энергетических затрат на создание, запись и передачу информации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе изучения курса необходимо сформулировать целостное представление о дисциплине, ее современном состоянии, тенденциях развития, определить возможности использования полученных знаний в практической деятельности.



## **7. ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЮ**

В контрольной работе студент должен показать умение применять на практике знания, полученные при изучении курса. В затруднительных случаях рекомендуется обращаться за консультацией на кафедру.

Целью контрольной работы является выработка практических навыков расчета энтропии и количества информации дискретных и непрерывных источников, информационных характеристик каналов и источников сообщений, количества измерительной информации.

Контрольная работа содержит четыре задачи. Выполнение всех задач обязательно.

К оформлению контрольной работы предъявляются следующие требования.

Контрольную работу следует выполнять в отдельной ученической тетради или на стандартных сброшюрованных листах размером 290x205 мм. На каждом листе оставляются справа поля шириной 3 см, текстовый материал следует оформлять в соответствии с требованиями ЕСКД. Таблицы можно располагать на листах большего формата. Титульный лист должен быть оформлен по установленным в СЗТУ правилам.

Работа должна быть датирована и подписана исполнителем.

Исправлять работу по замечаниям рецензента следует так, чтобы преподаватель мог сопоставить первоначальный и новый текст. При большом объеме переработок дополнения надо делать в конце текста или на отдельных вклеиваемых листах. На все вопросы и замечания рецензента должны быть даны полные и развернутые ответы. Окончательно оформленные работы представляются на собеседование с преподавателем.

### **Задача 1**

Получение любой информации, в том числе, и измерительной, теория информации трактует как устранение некоторой части неопределенности. В случае измерения по шкалам порядка весь диапазон возможных значений измеряемой величины разбивается реперными точками на ряд интервалов. Неопределенность до измерения характеризуется тем, что состояние системы не определено, т.е. неизвестно, в каком из интервалов лежит значение измеряемой величины. Результатом измерения является указание того, что измеряемая величина лежит в данном интервале, что означает сужение области неопределенности.

Таким образом, с точки зрения теории информации результат измерения заключается в выборе конкретного интервала из целого ряда возможных интервалов. В шкале Бофорта для определения скорости ветра и минералогической шкале твердости каждому интервалу присвоен балл.

В предположении, что вероятности попадания измеряемой величины в любой из интервалов равны между собой, определить

- число интервалов шкалы  $n_o$  (число состояний системы);
- число интервалов  $n$  (число состояний системы) после измерений;
- априорную (безусловную) энтропию  $H_o$ ;
- апостериорную (условную) энтропию  $H$ ;
- количество измерительной информации  $I$ .

**Указание.** Студент выбирает шкалу по последней цифре шифра из таблицы 1. Нечетной цифре шифра соответствует минералогическая шкала твердости (таблица 2), четной цифре соответствует шкала Бофорта (таблица 3). Вариант интервала неопределенности после проведения измерений указан в баллах соответствующей шкалы, приведен в таблице 1 и определяется по предпоследней цифре шифра студента. При решении задачи используются только первый, второй и третий столбцы таблицы 3.

### **Порядок расчета**

Область неопределенности до измерения простирается на все интервалы шкалы, поэтому  $n_o$  соответствует числу интервалов, на которые разбита шкала. Число интервалов  $n$  определяется согласно таблице 3. При условии, что вероятности попадания измеряемой величины в любой из интервалов равны между собой, неопределенность ситуации до и после измерений характеризуется энтропией, равной логарифму числа интервалов (состояний системы).

$$H_o = \log_2 n_o, \quad H = \log_2 n. \quad (1)$$

Количество измерительной информации  $I$  рассчитывается по формуле

$$I = H_o - H. \quad (2)$$

Для удобства расчетов в приложении 1 приведены логарифмы по основанию 2 для чисел от 1 до 100. В формулах (1,2) энтропия и количество измерительной информации измеряется в битах. Представить полученные результаты в натах и дитах, используя следующие приближенные соотношения между единицами энтропии и количества информации:

$$\begin{aligned} 1 \text{ дит} &= 2,3 \text{ нат} = 3,3 \text{ бит}; \\ 1 \text{ нат} &= 1,45 \text{ бит} = 0,43 \text{ дит}; \\ 1 \text{ бит} &= 0,69 \text{ нат} = 0,3 \text{ бит}. \end{aligned}$$

Таблица 1

Данные	Шкала Бофорта (четная последняя цифра шифра студента)									
	Варианты (предпоследняя цифра шифра студента)									
Результат измерения скорости ветра в баллах	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	от 2 до 3	от 3 до 5	7	10	от 0 до 1	от 1 до 3	от 8 до 9	12	от 6 до 7	от 2 до 4
Данные	Минералогическая шкала твердости (нечетная последняя цифра шифра студента)									
	Варианты (предпоследняя цифра шифра студента)									
Результат измерения твердости в баллах	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	от 1 до 2	от 4 до 5	10	7	от 7 до 8	от 0 до 3	от 3 до 6	9	от 2 до 3	5

Таблица 2

## Минералогическая шкала твердости

Баллы	Определение по твердости
1	2
0	Меньше твердости талька
1	Равна твердости талька или больше ее, но меньше твердости гипса
2	Равна твердости гипса или больше ее, но меньше твердости известкового шпата
3	Равна твердости известкового шпата или больше ее, но меньше твердости плавленого шпата
4	Равна твердости плавленого шпата или больше ее, но меньше твердости апатита
5	Равна твердости апатита или больше ее, но меньше твердости полевого шпата
6	Равна твердости полевого шпата или больше ее, но меньше твердости кварца
7	Равна твердости кварца или больше ее, но меньше твердости топаза
8	Равна твердости топаза или больше ее, но меньше твердости корунда
9	Равна твердости корунда или больше ее, но меньше твердости алмаза
10	Равна твердости алмаза или больше ее

## Задача 2

Измерительная информация по шкале порядка получается путем сравнения друг с другом двух размеров  $Q_i$  и  $Q_j$  одной физической величины (например, массы) с помощью компаратора (например, равноплечих весов). Результатом каждого отдельного сравнения (отсчета) является одно из трех выражений:

$$Q_i > Q_j, \quad Q_i = Q_j, \quad Q_i < Q_j,$$

т.е. решение о том, больше (меньше) или равен один размер другому. Для повышения точности результатов (уточнения силы неравенства) измерения проводят  $n$  раз (многократно). В каждой серии из  $n$  отсчетов каждый из трех возможных результатов измерения ( $Q_i > Q_j$ ,  $Q_i = Q_j$ ,  $Q_i < Q_j$ ) встречается  $m_k$  раз, где  $k = 1, 2, 3$  (возможный результат  $Q_i > Q_j$  встречается  $m_1$  раз, возможный результат  $Q_i = Q_j$  встречается  $m_2$  раз, возможный результат  $Q_i < Q_j$  встречается  $m_3$  раз).

Таблица 3 Шкала Бофорта для измерения скорости ветра

Баллы	Название	Признаки (действие)	Скорость (от – до), м/с	Протяженность балла, м/с
1	2	3	4	5
0	Штиль	Дым идет вертикально	0-0,9	0,9
1	Тихий	Дым идет слегка наклонно	0,9-2,4	1,5
2	Легкий	Ощущается лицом, шелестят листья	2,4-4,4	2,0
3	Слабый	Развеваются флаги	4,4-6,7	2,3
4	Умеренный	Поднимает пыль	6,7-9,3	2,6
5	Свежий	Вызывает волны на воде	9,3-12,3	3,0
6	Сильный	Свистит в вантах, гудят провода	12,3-15,6	3,3
7	Крепкий	На волнах образуется пена	15,6-18,9	3,3
8	Очень крепкий	Трудно идти против ветра	18,9-22,6	3,7
9	Шторм	Срывает черепицу	22,6-26,4	3,8
10	Сильный шторм	Вырывает деревья с корнем	26,4-30,5	4,1
11	Жестокий шторм	Большие разрушения	30,5-34,8	4,3
12	Ураган	Опустошительное действие	34,8-39,2	4,4

**Рассчитать**

- частоту (вероятность) каждого из возможных результатов;
- априорную (безусловную) энтропию  $H_0$ ;
- апостериорную (условную) энтропию  $H_n$ ;
- количество измерительной информации  $I_n$  в каждой серии.

**Построить по расчетным данным графики**

- зависимости апостериорной энтропии  $H_n$  от числа измерений  $n$   $H_n = f(n)$ ;
- зависимости количества информации  $I_n$  от числа измерений  $n$   $I_n = f(n)$ .

**Указание.** Вычисления ведутся для четырех серий измерений. При четной предпоследней цифре шифра студента в первой серии измерений  $n = 10$ ; во второй серии  $n = 20$ , в третьей серии  $n = 40$  и в четвертой серии  $n = 80$ . При нечетной предпоследней цифре шифра студента в первой серии измерений  $n = 15$ ; во второй серии  $n = 25$ , в третьей серии  $n = 50$  и в четвертой серии  $n = 100$ . Студент выбирает значение  $m_k$  из таблицы 4 по последней цифре шифра.

Таблица 4

Число измерений n	Значения m <sub>k</sub>	Варианты (последняя цифра шифра студента)										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
10	m <sub>1</sub>	8	1	1	7	1	1	6	2	2	5	четная предпоследняя цифра шифра студента
	m <sub>2</sub>	1	8	1	1	7	2	2	6	2	3	
	m <sub>3</sub>	1	1	8	2	2	7	2	2	6	2	
20	m <sub>1</sub>	18	1	1	17	1	2	16	2	2	15	
	m <sub>2</sub>	1	18	1	1	17	1	2	16	2	2	
	m <sub>3</sub>	1	1	18	2	2	17	2	2	16	3	
40	m <sub>1</sub>	38	1	1	37	1	1	36	1	2	34	
	m <sub>2</sub>	1	38	1	2	37	2	1	36	2	3	
	m <sub>3</sub>	1	1	38	2	2	37	3	3	36	3	
80	m <sub>1</sub>	78	1	1	77	1	2	76	3	2	75	
	m <sub>2</sub>	1	78	1	2	77	1	2	76	2	2	
	m <sub>3</sub>	1	1	78	1	2	77	2	1	76	3	
15	m <sub>1</sub>	9	3	3	10	2	2	11	2	2	12	нечетная предпоследняя цифра шифра студента
	m <sub>2</sub>	3	9	3	2	10	3	2	11	2	1	
	m <sub>3</sub>	3	3	9	3	3	10	2	2	11	2	
25	m <sub>1</sub>	20	3	3	21	2	2	22	1	1	23	
	m <sub>2</sub>	3	20	2	2	21	2	1	22	2	1	
	m <sub>3</sub>	2	2	20	2	2	21	2	2	22	1	
50	m <sub>1</sub>	46	2	2	47	1	1	48	1	1	45	
	m <sub>2</sub>	2	46	2	1	47	2	1	48	1	2	
	m <sub>3</sub>	2	2	46	2	2	47	1	1	48	3	
100	m <sub>1</sub>	94	3	2	95	2	2	96	2	1	97	
	m <sub>2</sub>	3	94	4	2	95	3	2	96	96	2	
	m <sub>3</sub>	3	3	94	3	3	95	2	2	3	1	

### Порядок расчета

Для расчета априорной энтропии используется формула

$$H_o = -\sum_{k=1}^3 p_k \log_2 p_k ,$$

считая, что все три результата измерения равновероятны, т.е.  $P_1 = P_2 = P_3 = 1/3$ .

Расчет апостериорной энтропии выполняют по формуле

$$H_n = -\sum_{k=1}^3 p_{nk} \log_2 p_{nk} ,$$

где  $P_{n k} = m_k / n =$  частота (вероятность) каждого результата в серии из  $n$  отсчетов.

Количество измерительной информации  $I_n$ , полученной в каждой серии, рассчитывается по формуле

$$I_n = H_0 - H_n.$$

При расчете апостериорной энтропии для первой серии измерений ( $n = 10$  или  $n = 15$ ) воспользоваться таблицей логарифмов по основанию 2, приведенной в приложении 1. При расчете апостериорной энтропии для остальных серий измерений можно пользоваться таблицей приложения 1 или таблицей приложения 2, в которой приведены значения  $p_i \log_2 p_i$  для значений  $p_i$  от 0,01 до 1.

### Задача 3

Измерительная информация по шкале отношений получается с помощью аналогового прибора. Согласно одному из постулатов метрологии при любом измерении обязательно использование априорной информации. Априорной информацией является.

1. Интервал  $[Q_1, Q_2]$  в пределах которого находится значение измеряемой величины.

2. Закон распределения вероятности (ЗРВ) значений измеряемой величины в этом интервале.

3. числовые характеристики неизвестного ЗРВ (например, среднее квадратическое отклонение  $\sigma_0$ ).

Если ЗРВ неизвестен, то его заменяют ситуационной моделью, в качестве которой чаще всего используют равномерный ЗРВ.

После измерения происходит уточнение значения измеряемой величины.

1. Меньше становится апостериорный интервал неопределенности  $[Q_1, Q_2]$ , и уточняются параметры ЗРВ.

2. Становится известным ЗРВ (при многократном измерении).

Рассмотренная информационная модель измерения графически представлена на рис.1 для четырех случаев.

1. Уменьшился интервал неопределенности значений измеряемой величины при известном равномерном ЗРВ.

2. Уменьшился интервал неопределенности значений измеряемой величины при известном треугольном ЗРВ.

3. Ситуационная модель (равномерный ЗРВ) после измерения заменена найденным из опыта нормальным ЗРВ.

4. Ситуационная модель (равномерный ЗРВ) после измерения заменена найденным из опыта экспоненциальным ЗРВ.

Рассчитать: априорную (безусловную) энтропию  $H_0$ , апостериорную (условную) энтропию  $H$  и количество измерительной информации  $I$  для

следующих комбинаций априорного и апостериорного законов распределения информации:

- a) равномерный – равномерный;
- b) треугольный – треугольный;
- c) равномерный (ситуационная модель) – нормальный;
- d) равномерный (ситуационная модель) – экспоненциальный.

Построить в выбранном масштабе априорные  $p_o(Q)$  и апостериорные  $p(Q)$  плотности распределения вероятности для всех четырех случаев аналогично тому, как это показано на рис.1.

Рассчитать энтропийный коэффициент  $K$  для всех четырех ЗРВ, используемых в задании.

**Указание.** Исходные данные для расчета студент выбирает из табл. 5 в соответствии со своим шифром. Значение среднего квадратического отклонения  $\sigma$  дано для нормального и экспоненциального апостериорных законов распределения.

### *Порядок расчета*

В табл. 6 приведены все необходимые справочные данные для расчетов.

Для расчета априорной  $H_o$  и апостериорной  $H$  энтропии воспользоваться формулами, приведенными в третьем столбце табл.6.

Количество измерительной информации рассчитывается по формуле

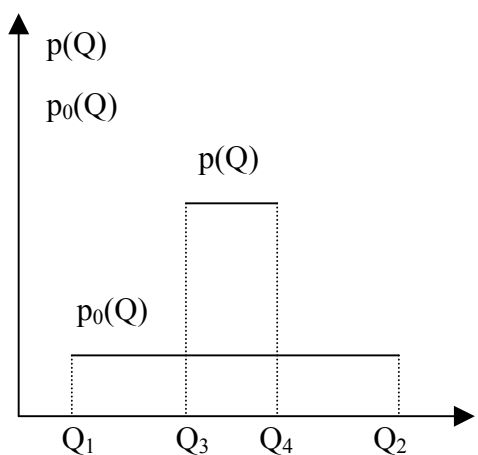
$$I = H_o - H.$$

Таблица 5

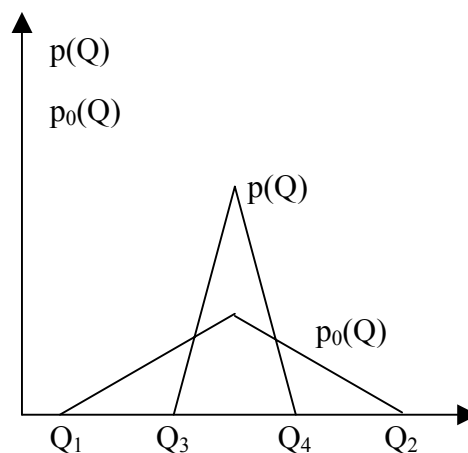
Параметры распределения	Варианты										Цифра шифра студента
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$Q_1$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	последняя
$Q_2$	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	последняя
$Q_3$	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	последняя
$Q_4$	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	последняя
$\sigma$	1	0,5	1,2	1	0,5	1,2	1	0,5	1,2	1,5	предпоследняя



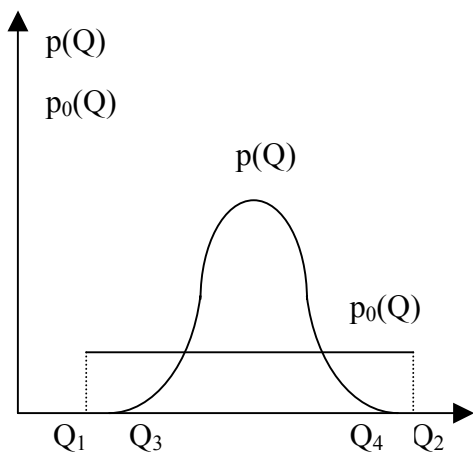
Для построения графиков плотности распределения вероятности  $p_0(Q)$  и  $p(Q)$  использовать формулы, приведенные во втором столбце табл.6. Для нормального и экспоненциального законов распределения графики строятся по точкам  $|Q - \bar{Q}| = 0; \sigma; 2\sigma; 3\sigma$ . Числовые значения  $\sigma$  необходимо выбрать из табл.5 (при использовании формул из табл.6 принять  $Q = x; \bar{Q} = \bar{x}$ ).



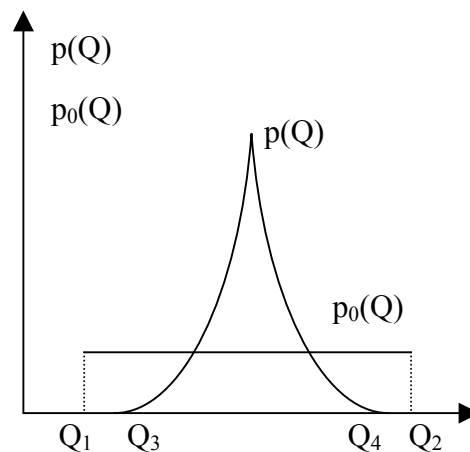
а) априорный ЗРВ – равномерный  
апостериорный ЗРВ - равномерный



б) априорный ЗРВ – треугольный  
апостериорный ЗРВ - треугольный



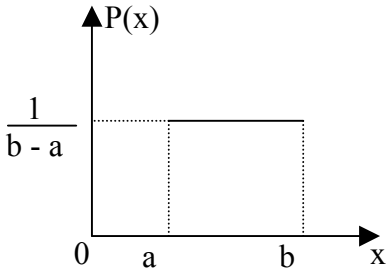
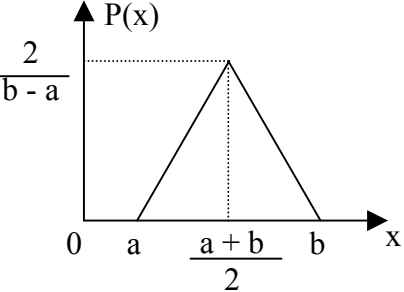
с) априорный ЗРВ – равномерный  
апостериорный ЗРВ - нормальный

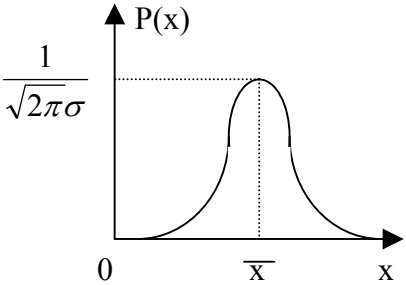
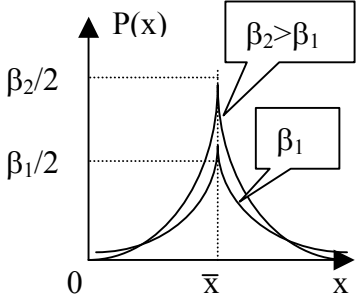


д) априорный ЗРВ – равномерный  
апостериорный ЗРВ –  
экспоненциальный

Рис.1 Априорная  $p_0(Q)$  и апостериорная  $p(Q)$  плотности распределения вероятности значений измеряемой величины.

Таблица 6

№	Вид закона распределения	Числовые характеристики	
		Энтропия	Дисперсия
1	2	3	4
1	<p><b>РАВНОМЕРНЫЙ</b></p>  <p>Плотность вероятности</p> $p(x) = \frac{1}{b-a}$ $a < x < b$	$H(x) = \ln(b-a) =$ $= \ln(\sigma 2\sqrt{3})$	$\sigma^2 = \frac{(b-a)^2}{12}$ <p>Стандартизованная длина половины доверительного интервала – 1,73σ</p>
2	<p><b>ТРЕУГОЛЬНЫЙ (Симпсона)</b></p>  <p>Плотность вероятности</p> $p(x) = \begin{cases} \frac{4(x-a)}{(b-a)^2}, & a < x < \frac{a+b}{2} \\ \frac{4(b-x)}{(b-a)^2}, & \frac{a+b}{2} < x < b \end{cases}$	$H(x) = \ln \frac{(b-a)\sqrt{e}}{2} =$ $= \ln(\sigma \sqrt{6e})$	$\sigma^2 = \frac{(b-a)^2}{24}$ <p>Стандартизованная длина половины доверительного интервала – 2,45σ</p>

1	2	3	4
3	<p style="text-align: center;">НОРМАЛЬНЫЙ (Гаусса)</p>  <p style="text-align: center;">Плотность вероятности</p> $p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}$	$H(x) = \ln(\sigma\sqrt{2\pi} e)$	<p style="text-align: center;">Стандартизированная длина половины доверительного интервала - 3σ</p>
	<p style="text-align: center;">ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫЙ ДВУХСТОРОННИЙ (Лапласа)</p>  <p style="text-align: center;">Плотность вероятности</p> $p(x) = \frac{\beta}{2} e^{-\beta x-\bar{x} }, \quad \beta = \frac{\sqrt{2}}{\sigma}$	$H(x) = \ln \frac{2e}{\beta} =$ $= \ln(\sigma e\sqrt{2})$	$\sigma^2 = \frac{2}{\beta^2}$ <p style="text-align: center;">При доверительной вероятности 0,925 длина половины доверительного интервала - 4σ</p>

Величину, стоящую под знаком логарифма в формуле энтропии (табл.6, столбец 3) называют энтропийным интервалом неопределенности  $d$ . Отношение половины энтропийного интервала неопределенности к среднеквадратическому отклонению (СКО) называют энтропийным коэффициентом ЗРВ.

$$K = \frac{d}{2\sigma}.$$

Для расчета энтропийного коэффициента  $K$  надо приравнять выражения, стоящие под знаком логарифма в формуле для энтропии  $H(x)$  (табл.6, столбец 3), значению  $d$  и подставить в формулу для энтропийного коэффициента.

#### Задача 4

Производится однократное измерение силы электрического тока при помощи амперметра класса точности  $K_A$  с пределом измерения от 0 до  $X_K$  и временем установления показаний  $T_{п.}$ . Для равномерного распределения значений измеряемой величины надо.

1. Определить число различных градаций  $N$  при измерении силы электрического тока.

2. Определить энтропийный интервал неопределенности  $d$  результата измерения.

3. Определить количество измерительной информации, получаемой при измерении.

Для случая, когда согласно априорной информации отсчет подчиняется нормальному закону распределения вероятности, надо.

4. Рассчитать значение среднего квадратического отклонения  $\sigma_Q$ , при котором можно получить число различных градаций  $N$ .

5. Рассчитать энтропийный интервал неопределенности  $d$ . За значения  $N$  и  $d$  принимают значения, вычисленные в п.1 и п.2 задания.

6. Рассчитать максимально возможный поток измерительной информации  $C_I$ , передаваемый с помощью используемого амперметра при равномерном распределении измеряемых значений и времени установления показаний  $T_{п.}$ .

**Указание.** Значения  $K_A$ ,  $X_K$  и  $T_{п.}$  студент выбирает по последней или предпоследней цифре шифра из таблицы 7.

Таблица 7

Данные	Варианты										Цифра шифра студента для выбора варианта
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$K_A$	0,2		2,5		0,5		0,1		1,0		последняя
$X_K, A$	100		150		200		40		50		предпоследняя
$T_{п.}, мс$	1		2		1,5		0,6		0,8		

## Порядок расчета

При наличии априорной информации о классе точности средства измерений число различимых градаций  $N$  вычисляют по формуле:

$$N = \frac{1}{2K_A} 100 .$$

Энтропийный интервал неопределенности  $d$  результата измерения определяется из соотношения:

$$d = X_K / N .$$

Количество измерительной информации, получаемой при однократном измерении, вычисляется по формуле:

$$I = \log_2 N .$$

Если из априорной информации известно, что показания прибора подчиняются нормальному закону, а величина  $d$  задана, то  $\sigma_Q$  определяется из соотношений:

$$H = \log_2 \sigma_Q \sqrt{2\pi e} = \log_2 d$$
$$\sigma_Q = \frac{d}{\sqrt{2\pi e}} .$$

Количество информации, получаемое в единицу времени, определяется как поток информации, или производительность источника. Единица измерения потока информации – *бит/сек*. Если время, именуемое временем установления показаний (или тактом), необходимое для получения (передачи) одного измеренного значения, обозначить через  $T_n$ , то средний поток информации определяется следующим образом:  $M = (I/T_n) I$ .

Максимально возможный поток информации  $C_K$ , передаваемый через канал связи, называют емкостью канала; она измеряется в тех же единицах, что и поток информации – *бит/сек*.

Под емкостью канала средства измерений (по аналогии) понимают максимально возможное количество измерительной информации, получаемое за определенную время. Так как число различимых градаций для средства измерений можно считать определенным и постоянным, то емкость средства измерений обратно пропорциональна времени  $T_n$ .

$$C_I = \frac{1}{T_n} I = \frac{1}{T_n} \log_2 N .$$

Приложение 1

*Таблица двоичных логарифмов целых чисел от 1 до 100*

x	$\log_2 x$	x	$\log_2 x$	x	$\log_2 x$
1	0,00000	35	5,12928	68	6,08746
2	1,00000	36	5,16993	69	6,10852
3	1,58496	37	5,20945	70	6,12928
4	2,00000	38	5,24793	71	6,14975
5	2,32193	39	5,28540	72	6,16992
6	2,58496	40	5,32193	73	6,18982
7	2,80735	41	5,35755	74	6,20945
8	3,00000	42	5,39232	75	6,22882
9	3,16993	43	5,42626	76	6,24793
10	3,32193	44	5,45943	77	6,26679
11	3,45943	45	5,49185	78	6,28540
12	3,58496	46	5,52356	79	6,30378
13	3,70044	47	5,55459	80	6,32193
14	3,80735	48	5,58496	81	6,33985
15	3,90689	49	5,61471	82	6,35755
16	4,00000	50	5,64386	83	6,37504
17	4,08746	51	5,67242	84	6,39232
18	4,16993	52	5,70044	85	6,40939
19	4,24793	53	5,72792	86	6,42626
20	4,32193	54	5,75489	87	6,44294
21	4,39232	55	5,78136	88	6,45943
22	4,45943	56	5,80735	89	6,47573
23	4,52356	57	5,83289	90	6,49185
24	4,58496	58	5,85798	91	6,50779
25	4,64386	59	5,88264	92	6,52356
26	4,70044	60	5,90689	93	6,53916
27	4,75489	61	5,93074	94	6,55459
28	4,80735	62	5,95420	95	6,56986
29	4,85798	63	5,97728	96	6,58496
30	4,90689	64	6,00000	97	6,59991
31	4,95420	65	6,02237	98	6,61471
32	5,00000	66	6,04439	99	6,62936
33	5,04439	67	6,06609	100	6,64386
34	5,08746				

Логарифмы, основные формулы -

$$a^{\log_2 N} = N;$$

$$\log_a a = 1, \quad \log_a 1 = 0;$$

$$\log_a (MN) = \log_a M + \log_a N;$$

$$\log_a \frac{M}{N} = \log_a M - \log_a N;$$

$$\log_a N^m = m \log_a N;$$

$$\log_a \sqrt[m]{N} = \frac{1}{m} \log_a N;$$

обозначения -  $\log_{10} = \lg N$ ,  $\log_e N = \ln N$ ;

$$\log_b a = \frac{1}{\log_a b};$$

соотношения -

$$\log_a N = \frac{\log_b N}{\log_b a}.$$

Число  $\log_b a$  в последней формуле называется модулем перехода от системы логарифмов с основанием  $b$  к системе с основанием  $a$ .

Приложение 2

Таблица значений функции  $-p \log_2 p$

$p$	$-p \log_2 p$	$p$	$-p \log_2 p$	$p$	$-p \log_2 p$	$p$	$-p \log_2 p$
0	0						
0,01	0,0664	0,26	0,5053	0,51	0,4954	0,76	0,3009
0,02	0,1128	0,27	0,5100	0,52	0,4906	0,77	0,2903
0,03	0,1518	0,28	0,5142	0,53	0,4854	0,78	0,2796
0,04	0,1858	0,29	0,5179	0,54	0,4800	0,79	0,2687
0,05	0,2161	0,30	0,5211	0,55	0,4744	0,80	0,2575
0,06	0,2435	0,31	0,5238	0,56	0,4685	0,81	0,2462
0,07	0,2686	0,32	0,5260	0,57	0,4623	0,82	0,2348
0,08	0,2915	0,33	0,5278	0,58	0,4558	0,83	0,2231
0,09	0,3126	0,34	0,5292	0,59	0,4491	0,84	0,2112
0,10	0,3322	0,35	0,5301	0,60	0,4422	0,85	0,1992
0,11	0,3503	0,36	0,5306	0,61	0,4350	0,86	0,1871
0,12	0,3671	0,37	0,5307	0,62	0,4276	0,87	0,1748
0,13	0,3826	0,38	0,5305	0,63	0,4199	0,88	0,1623
0,14	0,3971	0,39	0,5298	0,64	0,4121	0,89	0,1496
0,15	0,4105	0,40	0,5288	0,65	0,4040	0,90	0,1398
0,16	0,4230	0,41	0,5274	0,66	0,3957	0,91	0,1238
0,17	0,4346	0,42	0,5256	0,67	0,3871	0,92	0,1107
0,18	0,4453	0,43	0,5236	0,68	0,3784	0,93	0,0974
0,19	0,4552	0,44	0,5210	0,69	0,3694	0,94	0,0839
0,20	0,4244	0,45	0,5184	0,70	0,3602	0,95	0,0703
0,21	0,4728	0,46	0,5153	0,71	0,3508	0,96	0,0565
0,22	0,4806	0,47	0,5120	0,72	0,3412	0,97	0,0426
0,23	0,4877	0,48	0,5083	0,73	0,3314	0,98	0,0286
0,24	0,4941	0,49	0,5043	0,74	0,3215	0,99	0,0144
0,25	0,5000	0,50	0,5000	0,75	0,3113	1,00	0



## СОДЕРЖАНИЕ

	стр
1. Цели и задачи изучения дисциплины . . . . .	3
2. Структура дисциплины . . . . .	4
3. Содержание дисциплины. Рабочая программа . . . . .	4
4. Перечень учебной и учебно-методической литературы . . . . .	8
5. Тестовые задания . . . . .	9
6. Методические указания к изучению дисциплины . . . . .	11
7. Задания на контрольную работу и методические указания к ее выполнению . . . . .	17

Виктор Матвеевич Станякин  
Борис Яковлевич Литвинов

## ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ  
ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ  
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Редактор И.Н. Хочугина

Сводный темплан 2002 г.  
Лицензия ЛР №020308 от 14.02.97

---

Подписано в печать  
1/16.

Формат 60x84

Б.кн.-журн.

П.л. 2,15

Б.л. 1,075

РТП РИО СЗТУ.

Тираж 100

Заказ

---

Северо-Западный государственный заочный технический  
университет  
РИО СЗТУ, член Издательско-полиграфической ассоциации  
вузов Санкт-Петербурга  
191186, Санкт-Петербург, ул. Миллионная, 5