

ДИСКРЕТНАЯ МАТЕМАТИКА И ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СВЯЗИ – ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ БАЗА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ЦИФРОВОЙ СВЯЗИ**DISKRETE MATHEMATICS AND TELECOMMUNICATIONS THEORY – THE THEORETICAL BASE FOR PROFESSIONAL TRAINING OF DIGITAL TELECOMMUNICATIONS SPECIALISTS**

Аннотация. В статье обсуждаются проблемы необходимости использования дискретной математики при изучении теории электрической связи и других дисциплин программы подготовки специалистов цифровой связи.

Summary. The article deals with the problems necessity of using the diskrete mathematics during study of telecommunications theory and other disciplines from educational program of digital telecom specialists.

Введение

В современных телекоммуникационных системах информация, как правило, передается в цифровом виде [1...5] и обрабатывается цифровыми методами [6...8]. Структура современных телекоммуникационных систем имеет вид сетей различных конфигураций [1]. Переход в последнее десятилетие к цифровым методам передачи и обработки сигналов в сетях связи существенно отразился на требованиях к содержанию и уровню математической подготовки инженеров. Если популярное в 60-е годы прошлого столетия справочное пособие А. Анго [9] из рубрики "Физико-математической библиотеки инженера" содержало разделы, необходимые инженеру для работы с аналоговой схемотехникой (Функции комплексной переменной, анализ и ряды, векторное и матричное исчисление, приближенные вычисления и методы аппроксимации функций), то в последнее время появились пособия, в название которых введено понятие "Дискретная математика" [10...12]. Опыт преподавания дает возможность заключить, что наиболее остро недостаток математической подготовки студентов ощущается при изучении теоретических вопросов специальных дисциплин (и, в первую очередь, теории электрической связи). В связи с создавшейся ситуацией и возникла идея написания этой статьи, **ц е л ь ю** которой является вынести на общую научно-методическую дискуссию проблемы преподавания разделов "Дискретной математики" в рамках специальных дисциплин.

Эти проблемы были высказаны первоначально, обсуждались и вызвали значительный интерес на состоявшемся межкафедральном семинаре, в работе которого приняли участие представители специальных кафедр Одесской национальной академии связи им. А. С. Попова.

1. Теория электрической связи и дискретная математика

Задача курса "*Теория электрической связи*" (ТЭС) – вооружить будущих специалистов знаниями о методах передачи информации в цифровых телекоммуникационных системах, сформировать теоретическую базу для усвоения последующих специальных дисциплин. В курсе ТЭС центральное место занимает *теория помехоустойчивости* [13] (сравнительная оценка искажений передаваемой информации при действии помех и оптимизация информационных сигналов (*в теории сигналов*) по критериям помехоустойчивости. *Теория помехоустойчивого кодирования* [14] посвящена синтезу структуры корректирующих кодов, позволяющих обнаруживать и исправлять ошибки передачи информации. Завершающим разделом дисциплины ТЭС является *теория эффективности систем передачи информации* (анализ эффективности различных методов передачи, как степени использования ресурсов канала связи, расходуемых на единицу передаваемой информации. Теория эффективности базируется на положениях теории помехоустойчивости и теории информации и определяет *методы повышения эффективности* [15] телекоммуникационных систем.

Дискретная математика (ДМ) [16] – собирательный термин ряда разделов математики, которые изучают свойства дискретных структур, возникающих как внутри математики, так и в ее приложениях. К числу таких структур могут быть отнесены: *конечные группы, конечные графы, конечные геометрии, конечные автоматы*. Часть ДМ, изучающая их, называется *конечной математикой* [17]. В отличие от ДМ классическая математика в основном занимается изучением свойств объектов непрерывного характера. Использование классической математики или ДМ как аппаратов исследования связано с тем, какая модель исследуемого явления рассматривается:

дискретная или непрерывная. Само *деление* математики на классическую и дискретную в значительной мере *условно*, поскольку, с одной стороны, происходит активная циркуляция идей и методов между ними, а с другой, – часто возникает необходимость исследования моделей, обладающих как дискретными, так и непрерывными свойствами одновременно.

Знания как дискретной, так и классической математики необходимы именно специалистам цифровой связи, в которой информация представлена дискретными моделями и обрабатывается дискретными методами, и, в то же время, дискретные сигналы передаются по аналоговым линиям связи, которые описываются непрерывными моделями.

В теории электрической связи широко используются результаты *теории кодирования*.

Наличие глубоких связей теории кодирования с соответствующими разделами дискретной математики подтверждается тем, что в фундаментальных руководствах по теории кодирования непременно включены разделы, содержащие необходимые сведения по дискретной математике:

- раздел “Введение в алгебру” в монографии [14];
- глава “Конечные поля” в монографии [18];
- раздел “Элементы теории групп” в монографии [19];
- понятия группы и поля даны в разделе “Регулярные поточные шифры” в пособии по защите информации [20].

Вместе с тем, в соответствующих главах учебников по дисциплине ТЭС, посвященных изложению основ теории кодирования, необходимые сведения по дискретной математике приводятся в **сокращенном, упрощенном виде, что снижает строгость изложения** материала:

- в учебниках [21,22] правило сложения по модулю 2, вытекающее из свойств алгебраической группы порядка 2, приводится без разъяснения его сущности;
- в учебнике [23] проводится аналогия между линейными и групповыми кодами, для пояснения которой дана аксиоматика алгебраической группы и линейного пространства.

2. Структура и взаимосвязь разделов ДМ и ТЭС

На рис. 1 показана структура и взаимосвязь разделов ДМ и Теории электрической связи. Из рисунка следует, что сведения из дискретной математики составляют теоретический фундамент дисциплины к ТЭС и специальных дисциплин «Передача дискретных сообщений», «Цифровая обработка сигналов», «Сети связи», «Защита информации» и т.д., входящих в программы подготовки специалистов по современной цифровой связи.

Ниже даны пояснения терминов, используемых на рисунке.

Понятие *Множества* принадлежит к числу фундаментальных понятий дискретной математики.

Группа и *Кольцо* – основные алгебраические структуры дискретной математики. Анализ и синтез всех важных классов блочных и сверточных помехоустойчивых кодов базируются на использовании положений теории групп. Групповые операции входят составной частью в процедуры цифровой обработки сигналов. Свойства симметрии групповых объектов активно используются в методах криптографической защиты информации. Популярными в технике цифровой связи циклические коды [19] построены с использованием алгебры кольца многочленов.

Геометрическая теория сигналов – раздел ТЭС, в котором решены задачи оптимизации сигналов на базе результатов многомерной геометрии о плотнейших упаковках сфер в векторном пространстве с метрикой Евклида [13].

Геометрическая теория кодирования – раздел теории кодирования, в котором решены задачи отыскания оптимальных кодов на базе результатов многомерной геометрии о плотнейших упаковках в многомерных дискретных пространствах с метриками Хемминга и Ли [18].

Сигнально – кодовые конструкции (СКК) [13] – форма сочетания оптимальных и сигналов, обеспечивающая оптимальное использование ресурсов канала связи, и продвижение к предельным характеристикам канала (предел Шеннона для пропускной способности канала связи). Методы оптимизации сигнально – кодовых конструкций реализованы на основе единого группового описания сигналов и кодов.

Заключение

1. Каждая эпоха в развитии теории и техники связи предъявляет специфические требования к содержанию и уровню теоретической и, соответственно, математической подготовки специалистов. Так, включение в 50-е годы прошлого столетия информационных и вероятностных концепций в арсенал научных методов описания процессов передачи информации по каналам породило

дисциплину "Статистическая теория связи", изучению элементов которой в курсе ТЭС предшествует адекватная математическая подготовка по теории вероятностей и теории случайных процессов. Ныне настала эпоха цифровой связи, и, по-нашему мнению, следует принять вызов времени, существенно улучшить содержание и повысив уровень современной математической подготовки студентов Национальной Академии связи.

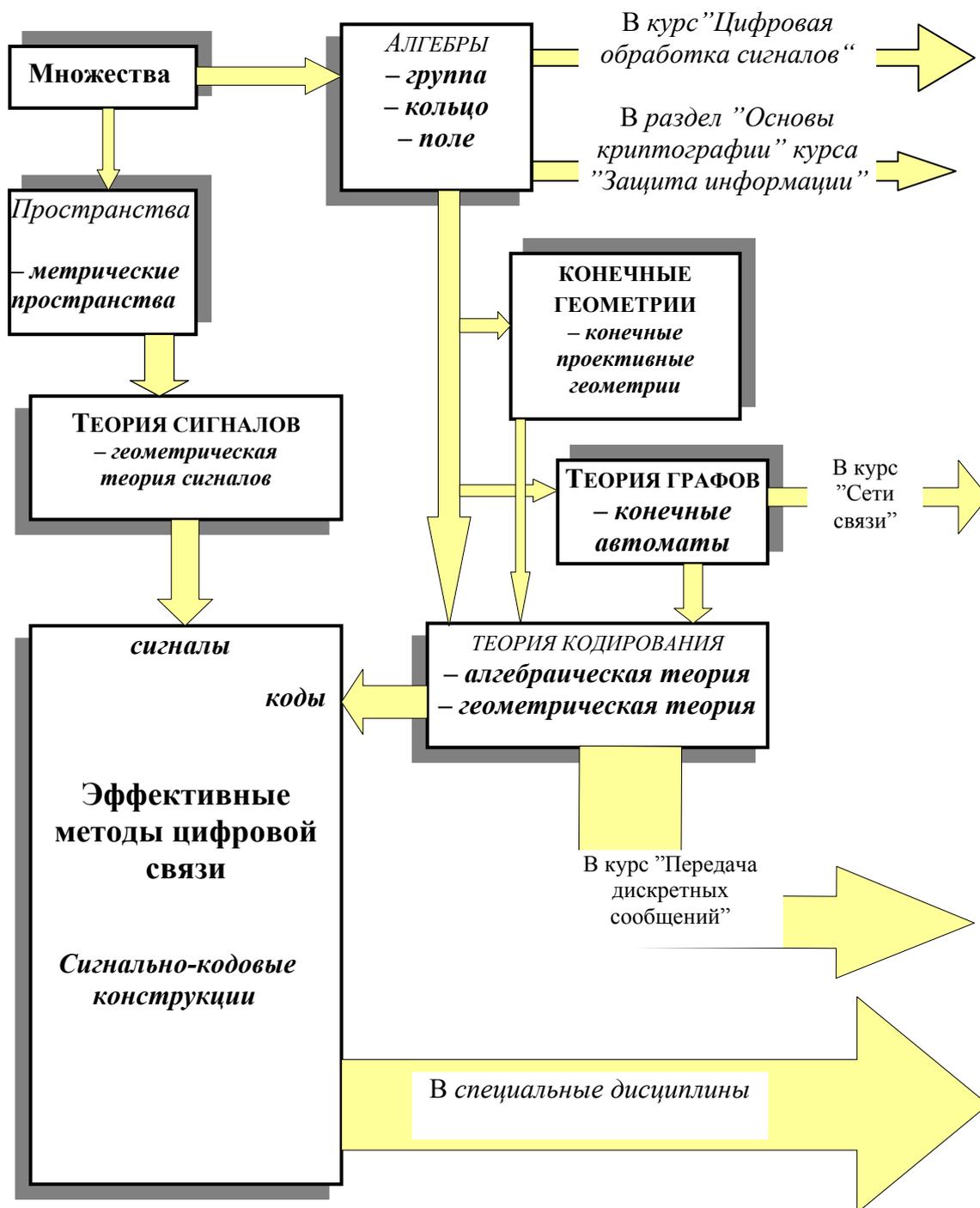


Рисунок 1 – Структура и взаимосвязь разделов ДМ и ТЭС

2. На основании материалов разделов 1 и 2 **предлагается:**

В курсе «Высшая математика» усовершенствовать раздел «Дискретная математика» с изложением следующего материала:

- элементы теории множеств,
- конечные группы, кольца, поля;
- конечные графы,

- *конечные геометрии;*
- *конечные автоматы*

с использованием иллюстративных примеров применения ДМ к проблемам теории цифровой связи (кодирование, цифровая обработка сигналов и т.п.);

– считать целесообразным дальнейшее *согласование программ и курсов ТЭС и высшей математики* (в части раздела ДМ);

– кафедрам ВМ и ТЭС спланировать дальнейшую разработку соответствующей УМД (первый опыт проведения этой работы уже имеется [24]).

3. Авторы статьи признательны профессору Гофайзену О.В., доцентам Баранову Н.И., Ошаровской Е.В., Крысько А.С. и Шишкину А.В., принявшим участие в обсуждении одноименного с предлагаемой статьей доклада на состоявшемся межкафедральном семинаре.

Литература

1. Сучасні телекомунікації: мережі, технології, економіка, управління, регулювання / С.О. Довгий, О.Я. Савченко, П.П. Воробієнко та ін / За ред. С. О. Довгого. – К.: Український Видавничий Центр, 2002. – 520 с.
2. *Радіотехніка*: Енциклопедичний навчальний довідник: Навч. посібник/За ред. Ю.Л. Мазора, Є.А. Мачуського, В.І. Правди. – К.: Вища школа., 1999. – 838 с.
3. *Помехоустойчивость и эффективность* систем передачи информации/А.Г. Зюко, А.И. Фалько, И.П. Панфилов, В.Л. Банкет, П.В. Иващенко / Под ред. А.Г. Зюко. – М.: Радио и связь, 1985. – 272 с.
4. *Банкет В.Л., Дорофеев В.М.* Цифровые методы в спутниковой связи. – М.: Радио и связь, 1988. – 240 с.
5. *Мановцев А.П.* Введение в цифровую радиотелеметрию. – М.: – Энергия. – 1967. – 265 с.
6. *Цифровые фильтры* в электросвязи и радиотехнике / А.В. Брунченко, Ю.Т. Бутыльский, Л.М. Гольденберг и др. / Под ред. Л.М. Гольденберга. – М.: Радио и связь, – 1982. – 224 с.
7. *Голд Б., Рэйдер Ч.* Цифровая обработка сигналов: Пер. с англ. / Под. ред. А.М. Трахтмана. – М.: Советское радио, 1973. – 370 с.
8. *Вариченко Л.В., Лабунец В.Г., Раков М.А.* Абстрактные алгебраические системы и цифровая обработка сигналов. – К.: Наукова думка, 1986. – 248 с.
9. *Анго А.* Математика для электро- и радиоинженеров: Пер. с франц. / Под ред. К.С. Шифрина. – М.: Наука, 1965. – 780 с.
10. *Яблонский С.* Введение в дискретную математику: Учебн. пособие для вузов.-2-е изд. перераб. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. – 384 с.
11. *Дискретная математика* и математические вопросы кибернетики. Т.1 / Под общей ред. С.В. Яблонского и О.Б. Лупанова. – М.: Нака. Гл. ред. физ.-мат. лит. – 1974. – С. 312.
12. *Кузнецов О.П.* Дискретная математика для инженера. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 480 с.
13. *Помехоустойчивость и эффективность* систем передачи информации / А. Г. Зюко, А.И. Фалько, И.П. Панфилов, В.Л. Банкет, П.В. Иващенко / Под ред. А.Г. Зюко. – М.: Радио и связь, 1985. – 272 с.
14. *Питерсон У., Уэлдон Э.* Коды, исправляющие ошибки: Пер. с англ. / Под ред. Р.Л. Добрушина, С.И. Самойленко. – М.: Мир. 1976 – 380 с.
15. *Банкет В.Л.* Развитие теории эффективности систем передачи информации // Наукові праці УДАЗ ім. О. С. Попова. – 2000. – № 2. – С. 20-30.
16. *Математический энциклопедический словарь* / Гл. ред. Ю. Прохоров; Ред. кол.: С.И. Адян, Н.С. Бахвалов, В.И. Батюшков, А.П. Ершов, Л.Д. Кудрявцев, А.Л. Онищик, А.П. Юркевич. – М.: Сов. энциклопедия, 1988. – 847 с.
17. *Кемени Д., Снелл Д., Томпсон Д.* Введение в конечную математику: Пер. с англ. / Под ред. И.М. Яглома. – М.: Изд. иностр. Литературы, 1963. – 485 с.
18. *Касами, Токура Н., Инагаки Я.* Теория кодирования: Пер. с англ. / Под ред. Б.С. Цыбакова и С.И. Гельфанда. – М.: Мир, 1978. – 570 с.
19. *Колесник В.Д., Мирончиков Е.Т.* Декодирование циклических кодов. – М.: Связь, 1968. – 250 с.
20. *Защита информации* в системах телекоммуникации / Учебн. пособие для вузов. В.Л. Банкет, Н.В. Захарченко, А.В. Дырда и др. / Под ред. В.Л. Банкета, 1997. – 500 с.
21. *Панфілов І.П., Дирда В.Ю., Капацін А.В.* Теорія електричного зв'язку: Підруч. для студентів вищ. навч. загл. I та II рівнів акредитації за напрямом "Телекомунікації". – К.: Техніка, 1998. – 328 с.
22. *Теория передачи сигналов*: Учебн. для вузов / А.Г. Зюко, Д.Д. Кловский, М.В. Назаров, Л. Финк. – М.: Связь, 1980. – 288 с.
23. *Кловский Д.Д.* Теория передачи сигналов: Учебн. для вузов. – М.: Связь, 1973. – 370 с.
24. *Плотников В.М.* Курс дискретной математики: Учебн. пособие. – Одеса: ОНАС, 2003. – 218 с.