

# Актуальні питання навчання

УДК 519.6 + 519.8

И.В. Лысенко

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

## О МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ «КОМПЬЮТЕРНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ»

*Сформулированы предложения и рекомендации относительно содержания и преподавания математических и математически ориентированных дисциплин студентам, обучающимся по специальности «Компьютерная инженерия». Рассмотрены разделы математики, необходимые для изучения дисциплин, формирующих выпускника-бакалавра или магистра в области компьютерной инженерии. Обоснована целесообразность использования систем компьютерной математики в процессе изучения математически ориентированных дисциплин*

**Ключевые слова:** компьютерная инженерия, системы компьютерной математики.

### Введение

Вопрос важности и актуальности математической подготовки современного специалиста в области информационных технологий (ИТ) не требует обоснований, а поскольку компьютерная инженерия представляет собой одну из важных компонент ИТ, то это касается и собственно компьютерной инженерии.

Вполне очевидно, что подготовка бакалавров и магистров по всем специальностям, входящим в направление «Информационные технологии», предполагает существование некоего общего для них ядра математических и математически ориентированных дисциплин (например, такие разделы дискретной математики, как теория множеств, теория графов, комбинаторика; теория вероятностей и математическая статистика; теория информации и кодирования и др.). В то же время, специфика каждой специальности обуславливает необходимость, как делать акценты на некоторых из тех разделов математики, которые входят в упомянутое «ядро», так и изучать те её разделы, знание которых не является необходимым для других специальностей.

В этой связи **цель статьи** состоит в том, чтобы сформулировать предложения и рекомендации относительно содержания и преподавания математических и математически ориентированных дисциплин студентам, обучающимся по специальности «Компьютерная инженерия».

### О преподавании математических и математически ориентированных дисциплин

Очевидно, что содержание математических дисциплин должно определяться целями изучения и содержанием профильных дисциплин, т.е. дисциплин,

формирующих облик специалиста по компьютерной инженерии. Кроме того, при формировании содержания математических дисциплин необходимо учитывать цели преподавания математики в техническом ВУЗе. По мнению авторов книги «Прикладная математика: предмет, логика, особенности подходов», к числу таких целей следует отнести: сообщить студентам теоретические сведения, необходимые для изучения общенаучных, общеинженерных и специальных дисциплин и последующего приложения математики, и обучить их соответствующему математическому аппарату; развить логическое и алгоритмическое мышление; выработать умение самостоятельно разбираться в математическом аппарате, содержащемся в литературе, связанной со специальностью студента и др. [1, с. 222-223]. Также авторы отмечают, что «содержание курса математики должно быть достаточно широким и глубоким для эффективного решения задач по специальности». Нам импонирует точка зрения выдающегося физика лауреата Нобелевской премии Л.Д. Ландау, который в ответ на просьбу программы по математике, составленной для одного из физических факультетов, писал: "Мне кажется, что давно пора обучать физиков тому, что они сами считают нужным для себя, а не спасать их души вопреки их собственному желанию" [1, с. 224]. Акцентируя внимание на том, что "физики, как известно, нуждаются в считающей аналитической математике", он полагал, "что из математики, изучаемой физиками, должны быть полностью изгнаны всякие теоремы существования, слишком строгие доказательства и т.д.". А аргумент, что с помощью такой (ненужной) математики студенты учатся логически мыслить, он считал схоластической увёрткой. Разделяя в целом подход Л.Д. Ландау, можно утверждать, что математика, нужная специалисту по компьютерной инженерии,

рии, это преимущественно *дискретная математика* и её приложения.

Показательно в этом отношении название книги [2] – «Компьютерная математика». В неё включены такие разделы: «Множества», «Отношения», «Функции», «Основные понятия арифметики», «Алгебраические структуры», «Матрицы», «Теория графов», «Языки и грамматики», «Конечные автоматы», «Компьютерная геометрия». А вот разделы книги «Дискретная математика для инженера» [3]: «Множества, функции, отношения», «Элементы общей алгебры», «Введение в логику», «Графы», «Теория алгоритмов», «Формальные системы», «Языки и грамматики», «Автоматы», «Комбинаторные задачи и трудоёмкость вычислений», «Линейное программирование».

Обращает на себя внимание отсутствие в этих книгах раздела «Комбинаторика», наличие которого, по нашему мнению, было бы более уместно, чем разделов «Компьютерная геометрия» в [2] и «Линейное программирование» в [3] (что касается последнего, то его логично было бы рассмотреть в дисциплине, связанной с изучением методов оптимизации (математического программирования)). Таким образом, по нашему мнению, ядро дисциплины "Дискретная математика" должны составлять разделы: «Множества, отношения и функции», «Комбинаторика», «Графы», «Алгебраические структуры», «Основы теории алгоритмов». В то же время, представляется целесообразным наличие отдельного курса "Формальные системы, грамматики и автоматы". Взаимосвязь между разделами показана на рис. 1.

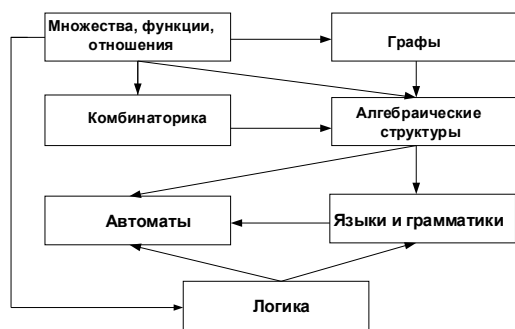


Рис. 1. Взаимосвязь между разделами

Деление дисциплин на математические и математически ориентированные вполне естественно, если под первыми понимать дисциплины из категории «чистой» математики, а под вторыми – те из них, которые имеют прикладное значение и в их основе лежат те или иные понятия, разделы, направления математики «чистой». Примерами первой могут быть «Высшая математика» и «Дискретная математика», а второй – «Теория информации и кодирования» и «Теория принятия решений» (или «Исследование операций»).

Что касается «чистых» математических дисциплин, входящих в план подготовки бакалавра по компьютерной инженерии, то, на наш взгляд, их содержание должно быть таким:

1. «Высшая математика». В основу должны быть положены разделы: линейная алгебра и её приложения, включая основы теории матриц и решение систем линейных алгебраических уравнений (для изучения этих разделов (тем), как нам представляется, должно быть отведена большая часть времени, отводимого на изучение дисциплины); интегральное и дифференциальное исчисление; решение дифференциальных уравнений и их систем; числовые и функциональные ряды (главным образом – ряды Фурье и преобразование Фурье).

2. «Дискретная математика». Как было отмечено выше, основу курса должны составлять такие классические разделы, как множества, отношения и функции; комбинаторика; графы; основы теории алгоритмов. Представляется целесообразным в рамках основ теории множеств рассмотреть базовые положения теории нечётких множеств. В то же время, такой «классический» раздел дискретной математики, как математическая логика, было бы целесообразным, по нашему мнению, включить в качестве компонента дисциплины «Логика», другими составляющими которой могли бы быть: Аристотелева силлогистика; классическая (дедуктивная) логика (логика высказываний и логика предикатов); основы теории доказательств; некоторые неклассические логики (индуктивная (вероятностная) логика и правдоподобные рассуждения, нечёткая логика, модальная логика).

В частности, о важности способности к доказательному рассуждению хорошо заметил академик В.И. Арнольд: «Роль доказательств в математике подобна роли орфографии и даже каллиграфии в поэзии. Тот, кто не научился искусству доказательства, не способен отличить правильное рассуждение от неправильного. Такими людьми легко манипулировать безответственным политикам. Результатом могут стать массовый психоз и социальные потрясения» [4]. Очевидно, что сказанное в высшей степени справедливо для специалиста в сфере информационной безопасности, особенно расширенном толковании этого понятия, когда сама информация выступает не только объектом воздействия со стороны злоумышленника, но и как средство воздействия на субъектов, что может иметь место, например, при использовании злоумышленниками методов социальной инженерии.

3. «Теория вероятностей и математическая статистика». Содержательное наполнение данной дисциплины может быть тем же, что и для тех, кто обучается по другим специальностям направления «Информационные технологии», может быть лишь с большим акцентом на изучение вопросов, связанных с методами обработки и анализа результатов эксперимента (корреляционный, регрессионный и дисперсионный анализ, проверка статистических гипотез), что будет востребовано при изучении магистерского курса «Методы исследования и моделирования компьютерных систем и сетей». Кроме того, было бы

логичным в рамках данного курса рассмотреть базовые понятия теории случайных процессов в связи с последующим использованием их при изучении методов аналитического и имитационного моделирования в рамках магистерского курса «Методы исследования и моделирования компьютерных систем и сетей», а также для оценки характеристик надёжности компьютерных систем и сетей при изучении курса «Надёжность и отказоустойчивость компьютерных систем». В этой связи, представляется вполне уместным назвать этот курс как «Основы теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов».

Математически ёмкими (в нашей терминологии – математически ориентированными) являются дисциплины: «Алгоритмы и методы вычислений», «Теория информации и кодирования», «Надёжность и отказоустойчивость компьютерных систем».

На наш взгляд, в курс «Алгоритмы и методы вычислений» целесообразно включить следующие темы: интерполяция (локальная и глобальная) и аппроксимация (на основе метода наименьших квадратов) функциональных зависимостей; системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) (типы СЛАУ и условия их совместности, точные и приближённые методы решения); базовые понятия элементарной теории чисел и теоретико-числовые алгоритмы (необходимость данной темы обусловлена потребностью изучения несимметричных криптографических алгоритмов защиты данных, изучаемых в курсе «Защита информации в компьютерных системах и сетях»); непрерывная (линейная и нелинейная) и дискретная (комбинаторная и целочисленная) оптимизация (постановка наиболее распространённых задач оптимизации и точные и приближённые методы их решения. При этом изучение задач дискретной оптимизации и методов (алгоритмов) их решения, как наиболее актуальных для специалистов в области компьютерной инженерии, следует вести, как по принципу «от задачи к методу (алгоритму)», так и – «от метода (алгоритма) к задаче». Например, рассматривая, наверное, самую хорошо изученную задачу комбинаторной оптимизации – задачу коммивояжёра – можно изучить в сопоставительном контексте как точные методы её решения (такие, как метод ветвей и границ и метод динамического программирования), так и приближённые (такие, как «жадный» и генетический алгоритм). В то же время, было бы целесообразно проиллюстрировать, как, например метод динамического программирования может быть применён для решения разных задач, таких как, задача о рюкзаке, коммивояжёра, поиска экстремального пути графа и т.д.

Также при изучении задач и методов комбинаторной оптимизации следует делать акцент на взаимосвязь между изучаемыми задачами (например, двойственность некоторых из них) и подчёркивать, что одна и та же задача может быть сформулирована в разных терминах (на разных языках). Например, задача о назначении и задача коммивояжёра могут быть сформулиро-

ваны как на языке теории графов, так и на языке линейного программирования (в первом случае – булевого, а во втором – смешанного (частично-целочисленного)). Иными словами, можно говорить, о сведениях, например, задачи коммивояжёра, сформулированной на языке теории графов, к задаче смешанного линейного программирования, а задачи о назначении – к задаче булевого линейного программирования.

В отношении дисциплины «Теория информации и кодирования» следует отметить, что для её эффективного изучения требуется знание таких разделов математики, как основы теории вероятностей и теории колец и конечных полей (преимущественно полиномиальных колец и полей, т.к. именно они представляют собой удобный математический аппарат для описания одного из подклассов линейных кодов – полиномиальных циклических кодов, а также – для описания линейных сдвиговых регистров с обратными связями, находящих применение в скремблирующих устройствах).

Что касается дисциплины «Надёжность и отказоустойчивость компьютерных систем», то для её изучения необходимо знание основ теории вероятностей и случайных процессов (прежде всего – Марковских случайных процессов при изучении резервированных восстанавливаемых систем) для вычисления значений показателей надёжности и отказоустойчивости аппаратных средств, программного обеспечения и системы в целом. Что же касается *магистерской* подготовки, то математически ёмкими в этом случае являются дисциплины «Методы исследования и моделирования компьютерных систем и сетей» и «Методы искусственного интеллекта».

В рамках курса «Методы исследования и моделирования компьютерных систем и сетей» представляется целесообразным изучение вопросов, связанных с аналитическим и (преимущественно) имитационным моделированием на основе математического аппарата: теории случайных процессов (Марковских и полумарковских); систем массового обслуживания; сетей Петри; случайных графов.

Что же касается дисциплины «Методы искусственного интеллекта», то основное её содержание, по нашему мнению, должно составлять изучение искусственных нейронных сетей и их приложений в компьютерной инженерии.

Полагаем также, что для студентов, обучающихся в магистратуре, необходимо знание основ теории принятия решений в силу того, что специалистам по компьютерной инженерии и сетевым технологиям приходится решать вопросы, связанные с проектированием, администрированием и, отчасти, защищённостью компьютерных сетей. Этот курс, который мог бы быть так и назван – «Основы теории принятия решений», мог бы включать в себя такие разделы, как: основы теории игр, основы принятия решений в условиях неопределённости, основы по-

строения систем поддержки принятия решений, неформальные процедуры принятия решений.

### Использование систем компьютерной математики в подготовке специалистов по компьютерной инженерии

К числу наиболее популярных систем компьютерной математики СКМ относятся Matlab, Mathematica, Maple, Mathcad. Эти программные системы содержат богатые возможности по решению всевозможных задач из различных областей и направлений, как чистой, так и прикладной математики. При обучении будущих специалистов по компьютерной инженерии они могут быть востребованы, в частности: для интерполяции и аппроксимации функциональных зависимостей; для решения СЛАУ и систем дифференциальных уравнений (например, описывающих представленную графом некоторую Марковскую модель); для проверки статистических гипотез и выполнения корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализа при статистической обработке результатов имитационного эксперимента; при решении задач оптимизации различных типов (анализ возможностей решения задач оптимизации в рамках СКМ Matlab, Mathematica, Maple, Mathcad сделан в работе [5]). Кроме того, некоторые СКМ, в частности Matlab, могут быть использованы для решения задач цифровой обработки сигналов, автоматической генерации кода для ПЛИС и микроконтроллеров при построении высокопроизводительных программно-аппаратных систем, параллельных вычислений и т.д.

### Заключение

Содержание математических дисциплин должно определяться целями изучения математически ориентированных и других дисциплин, формирующих облик специалиста в сфере по компьютерной инженерии.

Математически ёмкими являются дисциплины: "Алгоритмы и методы вычислений", "Теория информации и кодирования" и "Надёжность и отказоустой-

чивость компьютерных систем" для подготовки бакалавров и курсы "Методы исследования и моделирования компьютерных систем и сетей" и "Методы искусственного интеллекта" - для магистров.

Целесообразно ввести дисциплины "Логика" и "Теория принятия решений" для магистров с целью привития будущим специалистам по компьютерной инженерии навыков логически выверенного системного мышления, необходимых при решении практических задач в своей предметной области.

Видится целесообразным увеличить объём дисциплины "Дискретная математика" за счёт сокращения времени, отводимого на изучение курса "Высшая математика".

В ходе изучения «чистых» математических и математически ориентированных дисциплин целесообразно использовать системы компьютерной математики, содержащие широкий набор встроенных функций для решения самых разнообразных задач в рамках упомянутых дисциплин, а также позволяющих решать задачи моделирования и проектирования компонентов программно-аппаратного обеспечения компьютерных систем и сетей.

### Список литературы

1. Блехман И.И., Мышкис А.Д., Пановко Я.Г. *Прикладная математика: предмет, логика, особенности подходов.* – К.: Наукова думка, 1976. – 272 с.
2. Кук Д., Бейз Г. *Компьютерная математика / Пер. с англ.* – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 384 с.
3. Кузнецов О.П., Адельсон-Вельский Г.М. *Дискретная математика для инженера.* – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 480 с.
4. Губарев В. Академик В.И. Арнольд: путешествие в хаосе // *Наука и жизнь.* – 2000. – №12. – с.4-10.
5. Лысенко И.В., Бутенко В.О. *Анализ возможностей решения задач оптимизации средствами систем компьютерной математики [Текст] // Системи обробки інформації.* – Х: ХУПС, 2016. – Вип. 5(142). – С. 133–136.

Надійшла до редколегії 21.09.2017

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.С. Харченко, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків.

### ПРО МАТЕМАТИЧНУ ПІДГОТОВКУ СТУДЕНТІВ, ЯКІ НАВЧАЮТЬСЯ З СПЕЦІАЛЬНОСТІ «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ»

І.В. Лисенко

*Сформульовано пропозиції і рекомендації щодо змісту викладання математичних та математично орієнтованих дисциплін студентам, які навчаються з спеціальності «Комп'ютерна інженерія». Розглянуто розділи математики, необхідні для вивчення дисциплін, що формують випускника-бакалавра або магістра в галузі комп'ютерної інженерії. Обґрунтовано доцільність використання систем комп'ютерної математики в процесі вивчення математично орієнтованих дисциплін.*

**Ключеві слова:** комп'ютерна інженерія, системи комп'ютерної математики.

### ABOUT MATHEMATICAL TRAINING OF THE STUDENTS WHO LEARN ACORDING TO THE SPECIALTY "COMPUTER ENGINEERING"

I.V. Lysenko

*Propositions and recommendations relatively content and teaching of the mathematic and mathematic oriented disciplines for students training on specialty "Computer engineering" are formulated. The mathematics chapters necessary for studying of the disciplines that form of the bachelors and masters in the sphere of computer engineering are considered. Advisability of using of the systems of computer mathematics during studying of the mathematic oriented disciplines are justified.*

**Key words:** computer engineering, systems of computer mathematics.