

Л. П. Вершинина¹

доктор технических наук, профессор

М. И. Вершинин²

кандидат педагогических наук, доцент

¹Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕГРАТИВНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Аннотация. Определена роль интегративных дисциплин как средства унификации связей между математикой и специальными дисциплинами. Определена концепция интегративных дисциплин: связь изложения математических методов с описанием области их применимости; демонстрация универсальности математических методов для решения прикладных задач. Описана структура и содержание интегративной дисциплины «Математические основы систем управления», реализующая данную концепцию. Показано, что изучение дисциплины усиливает ориентацию математики на профессиональную подготовку студентов, формирует способность студентов использовать фундаментальные знания в профессиональной деятельности.

Ключевые слова: математика и междисциплинарные связи; интегративные дисциплины; формирование профессиональных компетенций.

DOI: 10.25206/2307-5430-2019-7-69-74

Реализуя системный подход к изучению значимых объектов познания, интегративные дисциплины решают задачу гармонизации профессиональных и образовательных стандартов [1].

Интегративные дисциплины призваны унифицировать связь между математикой и специальными дисциплинами и позволяют не только продемонстрировать, как это делается в базовом курсе математики, но и обучить студентов умению находить и использовать междисциплинарные связи [2].

Примером такой дисциплины может служить дисциплина «Математические основы систем управления». Дисциплина читается бакалаврам по направлению 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» на выпускающей кафедре высшей математики и механики ГУАП.

Профессиональные компетенции студентов формируются на основе Профстандарта 40.057 «Специалист по автоматизированным системам управления производством». В соответствии с требованием стандарта [3] в дисциплине

«Математические основы систем управления» для изучения студентами выделяются специальные разделы математики (так называемые профессионально значимые темы); математические методы излагаются наряду с описанием области их применимости; демонстрируется универсальность математических методов для решения различных прикладных задач.

В процессе освоения данной дисциплины студенты изучают математические методы, которые не освещаются в базовом курсе математики, но в то же время широко используются при разработке и анализе систем управления различного назначения.

Дисциплина «Математические основы систем управления» изучается студентами после освоения основных разделов математики (математического анализа, линейной алгебры, дифференциальных уравнений, теории вероятностей) и выполняет функцию интегративного курса между базовыми и специальными дисциплинами [4].

Управление в курсе рассматривается как функция сложной системы. Излагаются основные принципы системного подхода к анализу и синтезу систем управления, формулируются основные понятия теории управления, аксиомы и фундаментальные принципы управления. Показано, что степень формализации задачи управления во многом определяет методику и соответствующий математический аппарат ее решения.

Отражена специфика формирования моделей управления в иерархии «элемент – подсистема – система». Показано, что чем выше уровень иерархии, тем более общими для систем управления различной природы становятся математические методы анализа и синтеза.

При математическом описании технических систем управления (СУ) исходят из иерархической структуры СУ: «элемент – устройство – система». Вследствие этого на разных уровнях рассмотрения и проектирования СУ различаются и методы формирования моделей.

Для описания моделей элементов СУ используются, как правило, дифференциальные уравнения или системы дифференциальных уравнений в частных производных, интегральные уравнения. Также широко используются модели, разработанные с использованием методов дискретизации пространства: метода конечных элементов, метода граничных элементов и др. Студентам демонстрируется, как с помощью методов дискретизации непрерывная математическая модель (ММ) может быть преобразована в дискретную модель.

При моделировании устройств СУ увеличивается степень абстрагирования: процессы рассматриваются не в дискретной, как на уровне элементов, а в сплошной среде. ММ устройств СУ являются моделями объектов с сосредоточенными параметрами, и в большинстве случаев для описания устройств используют системы обыкновенных дифференциальных уравнений.

Показывается, что по сравнению с подходами к моделированию элементов и устройств СУ, процесс построения ММ на верхнем уровне описания СУ является менее формализуемым и характеризуется дальнейшим абстрагированием от физических особенностей функционирования элементов и устройств СУ.

Для формирования умения студентов адаптировать существующие математические методы для решения прикладных задач в ходе изучения дисциплины различают хорошо структурированные, слабо структурированные и неструктурированные задачи управления.

Хорошо структурированные или количественно выраженные задачи управления – это задачи, которые поддаются математической формализации и решаются с использованием формальных методов.

К слабо структурированным задачам относят задачи, содержащие количественные и качественные факторы, причем качественные и неопределенные аспекты задач доминируют. Показано, что для решения слабо структурированных задач управления целесообразно использовать формальные методы в совокупности с неформальными методами.

Неструктурированные задачи управления отличаются неопределенностью и неформализуемостью целей управления, характеристик ОУ и возмущающих воздействий, что особенно характерно для социально-экономических, социальных систем, где решающую роль играют люди. Рассматриваются методы и подходы к решению неструктурированных задач управления.

Особое внимание в процессе изучения дисциплины уделяется вопросам математического моделирования, ведь научное познание, исследование любого объекта, процесса, явления сводится, по существу, к созданию его модели. Умение разрабатывать математические модели повышает творческий потенциал специалиста, делает его профессионально подвижным.

Рассматриваются вопросы структурного и функционального моделирования, построения моделей управления на основе физических законов функционирования объекта.

Дается общая характеристика математических методов, используемых в задачах анализа и синтеза систем управления. Особое внимание уделяется наиболее используемым в реальных задачах методам и моделям.

1) Теория вероятностей и математическая статистика.

Описание стохастических систем базируется на вероятностно-статистических методах. Показывается, что на вероятностных методах основан расчет надежности СУ при внезапных и постепенных отказах, оценка эксплуатационной надежности СУ. Излагаются основы теории массового обслуживания, которая применяется для проектирования структурных схем и процессов управления в СУ.

2) Методы вычислительной математики.

Интегрирование и дифференцирование являются базовыми операциями теории автоматического управления. Операции численного дифференцирования и интегрирования в алгоритмах управления широко применяются в связи с активным внедрением цифровой техники в системах управления.

Демонстрируется, как операции численного дифференцирования и интегрирования применяются в традиционных ПД и ПИД-регуляторах, а также при реализации сложных законов управления в системах с переменной структурой, при реализации оптимальных и адаптивных законов управления и т.д.

В курсе рассматривается описание непрерывных систем обыкновенными дифференциальными уравнениями, а также численные методы решения дифференциальных уравнений.

Методы численной интерполяции и аппроксимации рассматриваются в курсе применительно к решению задачи идентификации объекта управления – для получения аналитического выражения его характеристик по экспериментальным данным.

Приводятся также примеры других задач, в которых используется интерполяция и аппроксимация: линеаризация сигналов датчиков; характеристика объекта управления – для перехода от одной формы математического описания к другой; интерполяция таблиц, номограмм, диаграмм для определения каких-либо параметров, например, параметров ПИД-регулятора по номограммам.

3) Методы оптимизации стратегии управления.

При изучении методов оптимизации стратегии управления рассматриваются методы математического программирования (линейное программирование и динамическое программирование), являющиеся наиболее распространенными и эффективными подходами к решению задач оптимального управления. Описываются задачи применения математического программирования в управлении производством: планирование ассортимента изделий; маршрутизация производства изделия; управление технологическим процессом; регулирование запасов и т. д. Методы изучаются в процессе решения указанных задач.

4) Операционное исчисление.

Операционное исчисление - один из методов математического анализа, позволяющий сводить решение уравнений, содержащих дифференциальные и некоторые типы интегральных операторов, к рассмотрению более простых алгебраических задач. С помощью операционного исчисления в теории автоматического регулирования производится анализ переходных и установившихся процессов в автоматических системах.

На практических занятиях студенты отрабатывают навыки упрощения решения линейных дифференциальных уравнений заменой решения на операции с полиномами и рациональными функциями с использованием преобразование Лапласа.

5) Матричная алгебра.

В САУ, прежде чем синтезировать алгоритм управления, необходимо рассмотреть принципиальные возможности управления объектом, которые выявляются при изучении наблюдаемости и управляемости объекта. Студенты оценивают управляемость и наблюдаемость систем с использованием методов матричной алгебры.

б) Методы теории нечетких множеств и нечеткой логики.

Изучаются основы теории нечетких множеств и нечеткой логики применительно к решению задач управления. Показано, что использование традиционных методов при разработке алгоритмов и моделей управления является затруднительным в условиях априорной недостаточности данных, погрешностей и неполноты измерительной информации. Кроме того, трудно формализуемой является информация качественного характера в виде знаний специалистов.

Рассматриваются нечеткие классификационные модели управления, метод выбора управляющих воздействий на основе оперативной идентификации объекта управления, модель фазово-траекторного управления процессом, нечеткие модели управления на основе композиционных схем вывода.

В процессе обучения дисциплине «Математические основы систем управления» предусмотрено чтение лекций (51 час.), проведение практических занятий (34 час.) и лабораторных работ (17 час.). Лабораторные работы выполняются в компьютерном классе с использованием пакета компьютерной математики Wolfram Mathematica. Для работы с математически ориентированными пакетами требуется знание математических методов и техники математического моделирования. Усвоение знаний и владение техникой отрабатываются на практических занятиях. При проведении практических и лабораторных занятий приоритет отдается математическим задачам, которые часто встречаются в приложениях.

Таким образом, дисциплина «Математические основы систем управления» усиливает ориентацию математики на профессиональную подготовку студентов, формирует способность студентов использовать фундаментальные знания в профессиональной деятельности и умение адаптировать существующие математические методы для решения прикладных задач, учит выявлять сущность задач в профессиональной деятельности, видеть соответствие между реальными процессами и математическими моделями.

Библиографический список

1. Вершинина Л.П., Вершинин М.И. Интегративные дисциплины как средство гармонизации профессиональных и образовательных стандартов // Современное образование: содержание, технологии, качество: матер. XXV Международ. научн.-метод. конф. (23 апреля 2019 г.). СПб: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2019. С. 556–558.

2. Вершинина Л.П., Вершинин М.И. Интегративные дисциплины в профессиональной подготовке студентов //Актуальные проблемы преподавания математики в техническом вузе. 2018. Т. 6. С. 56–60.

3. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика: приказ Минобрнауки России 10.01.2018 №9. URL: <http://fgosvo.ru/fgosvo/151/150/24/28> (дата обращения 22.09.2019).

4. Вершинина Л.П. Математические основы систем управления: учеб. пособие. СПб.: ГУАП, 2018. 127 с.

Сведения об авторах:

Лилия Павловна Вершинина

Служебный адрес: 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А, кафедра высшей математики и механики.

E-mail: zk-inf@yandex.ru.

Михаил Иосифович Вершинин

Служебный адрес: 199106, Санкт-Петербург, 21-я линия Васильевского острова, д. 2, кафедра механики.

E-mail: vershinin_mi@spmi.ru.

УДК 378.1: 37.026

А. М. Волк

кандидат технических наук, доцент

И. Ф. Соловьева

кандидат физико-математических наук, доцент

Белорусский государственный технологический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

К ВОПРОСУ ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ В БЕЛОРУССКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Аннотация. В качестве формы организации самостоятельной работы студентов предлагается внедрение в учебный процесс рабочих тетрадей, составленных по различным, но очень важным для будущих инженеров разделам рабочей программы по высшей математике. К таким разделам относятся: произ-