

С. Н. Дворяткина, С. А. Розанова

### Разработка интегративных курсов а основе синергетического подхода при решении профессиональных и прикладных задач

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 16–18–10304

В статье рассматривается вопрос о целесообразности применения в учебном процессе высшей школы интегративных курсов, которые способствуют взаимно обогащающему синтезу знаний при решении комплексных междисциплинарных проблем. Методологическим базисом разработки интегративных курсов служит синергетический подход, основанный на механизмах междисциплинарного взаимодействия различных областей научного знания с целью обеспечения условий эффективного перехода от воспитания к самовоспитанию, от образования к самообразованию, от обучения к самообучению, от развития к саморазвитию личности обучающегося. Проводится анализ понятия междисциплинарности различными авторами, как отечественными, так и зарубежными.

Приложение синергетического подхода к содержанию математического образования позволяет создать новый дидактический конструкт, учитывающий равновесие процессов дифференциации и интеграции путем введения интегративных курсов и программ, что сокращает суммарное содержание учебного материала, формируя навыки и умения деятельности в поле конкретной дисциплины, перешагивая на метанаучный уровень. В работе предложена возможная структура интегративных курсов, в которой ведущее место отводится методу математического моделирования. Обосновывается важность изучения данного метода на примере решения профессиональных научно-технических задач с привлечением знаний из смежных областей.

Ключевые слова: междисциплинарность, интегративные курсы, метод математического моделирования, профессиональные и прикладные задачи.

S. N. Dvoryatkina, S. A. Rozanova

### Integrative Courses Development Based on the Synergistic Approach in Solving Professional and Applied Problems

The article discusses the question on expediency to use integrative courses in the higher school educational process that promote mutually enriching synthesis of knowledge in solving complex interdisciplinary problems. The methodological basis for the integrative courses development is a synergistic approach based on mechanisms of interdisciplinary interaction between different areas of scientific knowledge. The analysis of the interdisciplinarity concept by various authors is held, both Russian and foreign.

The application of the synergetic approach to the content of mathematics education makes it possible to create a new didactic construct which takes into account the balance of the processes of differentiation and integration by the introduction of integrative courses and programmes. We propose a possible structure of integrative courses where the leading role is given to the method of mathematical modeling. The importance of learning this method on the example of the solution of professional scientific and technical problems involving knowledge from related fields is justified.

Keywords: interdisciplinarity, integrative courses, method of mathematical model operation, professional and applied problems.

Нравственный, интеллектуальный, духовно-культурный, научно-технический и экономический потенциал общества непосредственно зависит от уровня развития образовательной сферы. Для современной системы образования все более актуальна идея генерации знания в целях личного и профессионального развития, овладения широкопрофильной квалификацией и соответствия предложению и спросу на высококвалифицированные кадры. Такая образовательная стратегия отражает природу интегративного знания, способствует конструктивному междисциплинарному диалогу. Ведущую роль в интеграционном образовательном процессе играет синергетический

подход. Синергетический подход – это подход, основанный на механизмах междисциплинарного взаимодействия, максимально разнородных по предмету и методологии по доминирующим методам познания областей научного знания с целью создания новых, более сложных, когнитивных структур, обладающих новым качеством [1, с. 113]. «Именно методология синергетики позволяет рассматривать фундаментальное образование будущего специалиста-профессионала как дающее целостное видение природы, человека и общества в контексте междисциплинарного подхода, как нелинейную ситуацию открытого диалога, прямой и обратной связи, пробуждение собствен-

ных сил обучающегося, инициирование его на один из собственных путей развития» [2, с. 31]. Указанный подход предполагает разработку содержания и организацию интегративных курсов и междисциплинарных программ, которые способствуют взаимно обогащающему синтезу результатов разных научных дисциплин при решении комплексных профессиональных проблем, установлению диалога представителей разных научных областей.

В исследуемом аспекте взаимосвязи процессов дифференциации и интеграции междисциплинарность имеет биполярный характер. С одной стороны, она углубляет дифференциацию, ведет к образованию новых областей исследования, новых дисциплин «на стыке» наук, например, биофизики, биоэнергетики, квантовой обработки информации и др. С другой стороны, это ключевой фактор интеграции современной науки, гид в модернизации ее методов.

Различные ученые дают собственные формулировки понятия междисциплинарности. Согласно Г. Бергерау, данный термин означает взаимодействие между двумя или несколькими различными дисциплинами, которое может варьироваться от простого обмена идеями до взаимной интеграции целых концепций, процедур, терминологии, организации исследовательской и образовательной деятельности в некоторой широкой области [3]. Аналогичное понимание междисциплинарности мы находим и у авторов Д. Дэвидсона, К. Миллера и др., согласно которому она предполагает объединение двух и более академических дисциплин, *разрабатываемых предметных областей или объединение двух или более направлений подготовки, технологий и др.* [4]. Х. Якобс под междисциплинарным обучением понимает вид знания или курс обучения, который преднамеренно использует методологию и язык более одной дисциплины для проверки центральной темы, события, тематики или опыта [5].

Реализация междисциплинарности в образовательном процессе позволяет расширить познавательные горизонты отдельно взятой дисциплины и при этом не потерять ее качественные особенности. Таким образом, мы рассматриваем междисциплинарность как дидактический принцип, который, обладая свойством дуализма, и является средством интеграции предметных знаний в единую результативную систему, и одновременно выполняет дифференцирующую функцию для каждой отдельной дисциплины.

Под **интегративными курсами** мы понимаем учебные дисциплины, содержание которых определяется взаимосвязью нескольких базовых научных дисциплин и предметных областей, гибкой логикой изложения, высокой степенью свободы в выборе форм и методов обучения, реализацией междисциплинарных структурных и содержательных связей. Интегративные курсы чаще всего входят в вариативную часть учебного плана бакалавриата старших курсов или магистерской программы. Следует отметить, что *интегративные курсы создаются в ситуации, когда существуют сложные или широкомасштабные проблемы, которые невозможно решить в рамках одной дисциплины. Рассматриваемые курсы ориентированы на изучение некоторого явления с разных сторон несколькими научными дисциплинами и разными методами.*

Структура интегративных курсов включает следующие компоненты: целевой, содержательный и оценочный. *Целевыми установками интегративных курсов являются* закрепление сформированных в рамках изучения предшествующих дисциплин знаний, умений и навыков в процессе учебной и исследовательской деятельности студентов по решению профессионально значимых проблем; упорядочивание и систематизация содержания изученных дисциплин, создание широкого профессионального кругозора. Интегративные курсы основаны на изученных ранее базовых дисциплинах учебного плана, учебной практики, а также использовании обобщения отечественной практики и зарубежного опыта изучаемой области знаний. Следовательно, интегративные курсы способствуют взаимно обогащающему синтезу научных дисциплин, интеграции мыслительной и практической деятельности будущих специалистов и более эффективному их вхождению в профессиональную деятельность.

*Примерное содержание интегративного курса* должно включать учебный материал из разных областей знания (в том числе вопросы истории математических, естественно-научных и профессиональных дисциплин), который необходим для формирования профессиональных компетенций. При содержательной интеграции учебного материала из разных учебных дисциплин необходимо учитывать комплексность подхода к профессиональным проблемам в рамках курса; системность структуры содержательных единиц, исключение дублирования, обеспечение дополнительности и внутренней структурно-функциональной связанности материала.

*Оценочная часть структуры интегративных курсов* содержит итоговые междисциплинарные проекты, описание порядка их выполнения, критерии и рекомендации по коррекции полученного результата.

Значительный потенциал для реализации междисциплинарности имеется у дисциплин математического цикла. Обучение математике способствует пониманию математики как важнейшей части культуры человеческого общества, устанавливающей интеграцию естественно-научного и гуманитарного знания. Однако опыт математического образования в любой предметной области, кроме собственно математики, свидетельствует, что в таком «дуализме» скрывается определенная опасность, которая состоит в том, что затруднительно научиться применять математику в конкретных профессиональных исследованиях после изучения ее общепринятого стандартного теоретического фундамента. Необходим определенный «интерфейс» между общетеоретическими математическими знаниями и конкретными профессиональными инструментальными навыками.

Подобным «интерфейсом» и в то же время универсальным инструментом является метод математического моделирования для решения профессиональных и прикладных проблем. При абстракции реальных процессов и явлений на основе математического аппарата задействуются достаточно неоднородные данные, получаемые из смежных областей знаний. Это приводит к активному формированию у обучающихся исследовательских навыков, системного мышления и расширению границ познания.

Требования относительно точности построения математических моделей определяют уровень заданий в общей градационной шкале развития обучающегося. Чем точнее математическая модель имитирует поведение реальной системы или процесса, тем более приближен уровень к профессиональному. В самом начале шкалы находятся задания, основной целью которых является освоение начальных методов математического моделирования с минимальными требованиями к идентичности конструируемых моделей реальным процессам. Однако уже даже этот начальный уровень требует активного освоения смежных областей знания и, полностью раскрывая потенциал стандартного математического фундамента, не позволяет допустить отрыва математики от реальности. Метод математического моделирования является интеллектуальным яд-

ром современных технологий и выполняет интегративную функцию. Это в полной мере позволяет активизировать междисциплинарные связи с достижением у обучаемых требуемого современным обществом уровня профессионализма.

В связи со сказанным выше важное место в структуре интегративных курсов отводится решению профессиональных и прикладных задач методом математического моделирования. Включение профессиональных и прикладных задач в структуру интегративного курса обеспечивает его логическую завершенность. Для успешного освоения математического моделирования студентам не требуются новые математические знания, при этом данный метод является наиболее эффективным.

Решение профессиональных задач методом математического моделирования ведется по трехэтапной схеме. Реализация первого этапа (этап формализации) требует от студентов умения выделять существенные факторы, определяющие исследуемое явление, вызывающие погрешность при составлении модели, умения оптимально и корректно выбрать математический аппарат для составления модели. Существенным на втором этапе (этапе внутримодельного решения) является деятельность внутри этой модели: умелое планирование процесса решения сформулированной математической задачи, выделение в нем составляющих задачи, умение анализировать и уточнять составленную модель, умение переходить от одной модели к другой и выбирать в каждом конкретном случае наиболее целесообразное и вместе с тем оптимальное решение задачи. На заключительном этапе (этап интерпретации математического решения) главное – возвращение к действительности (толкование результатов дедукции и расчетов), то есть умение грамотно перевести результат решения математической задачи на язык исходной задачи. Важную роль на этом этапе играет владение методами анализа и проверки решения профессиональной задачи, умение распространить найденное решение на решение других подобных задач, оценить степень точности полученных в итоге результатов и выяснить ее влияние на корректность решения задачи.

Введя классификацию профессиональных и прикладных задач по четырем уровням сложности [6], проиллюстрируем глубину применения математического моделирования на примере обработки сигналов на основе концепции фундирования [7]. Рассматриваемые прикладные и про-

фессиональные задачи включены в интегративный курс «Математические методы в исследовании систем передачи информации и некоторых других приложениях» для студентов, обучающихся по направлениям подготовки «Электроника и нанoeлектроника», «Радиотехника».

**1. Первый уровень** – профессиональные аналоги классических задач и формул. Цель – сформировать умения воспроизводить по образцу построение математической модели типовой профессиональной задачи. К данному уровню можно отнести следующие примеры: рассмотрение непрерывных и разрывных сигналов в началах анализа; сигналов на выходе дифференцирующей и интегрирующих цепей в курсе дифференциального и интегрального исчисления; определение вероятности зашумления полезного сигнала в приемнике (при встрече двух сигналов); расчет спектральной плотности и дискретного спектра различных сигналов в разделе рядов Фурье и др.

*Задача 1.* Определите среднюю мощность периодических сигналов, описываемых функциями:

$$а) x(t) = \begin{cases} 3, \text{ при } 0 \leq t \leq T/2 \\ -2, \text{ при } T/2 \leq t < T \end{cases};$$

$$б) x(t) = 3 \cdot |t|, \quad -T/2 \leq t \leq T/2.$$

*Задача 2.* Дан периодический сигнал, описываемый функцией  $x(t) = 5 \cos(20\pi t + \pi/3) + 3 \cos(30\pi t - \pi)$ . Определите период сигнала. Постройте амплитудный и фазовый спектры.

**2. Второй уровень** – учебные и профессиональные задачи с элементами математического моделирования. Цель – формирование умения в построении математической модели профессиональной задачи средней сложности, ее решение аналитическими и численными методами. Например, приближение периодических сигналов различной формы частичными суммами тригонометрического ряда Фурье.

*Задача 3.* В бесконечном виртуальном пространстве, в котором отсутствуют затухания радиоволн на некотором удалении друг от друга (больше, чем длина волны), располагаются точечный излучатель и точечный приемник радиосигнала. Посредством приемника фиксируется

периодический негармонический радиосигнал (Рис. 1). Оцените, какими двумя сигналами был сформирован излучаемый радиосигнал. С помощью любого стандартного математического пакета на ПК убедитесь в верности полученных данных.

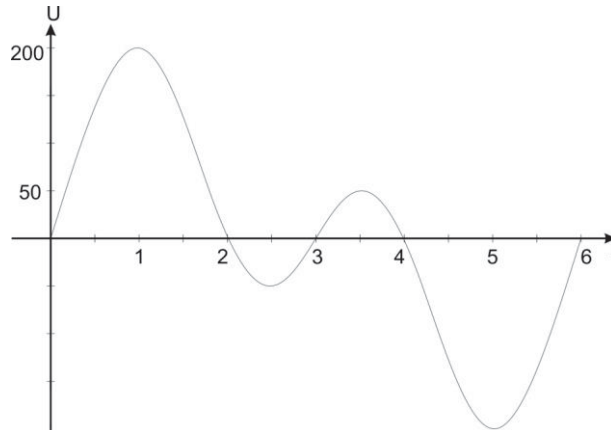


Рис. 1. Периодический негармонический радиосигнал

**3. Третий уровень** – учебно-исследовательские профессиональные задачи в виде лабораторной или курсовой работы. Цель – формирование умения в построении математической модели профессиональной задачи повышенной сложности, ее решении, анализе и профессиональной интерпретации результатов. Например, сравнение аппроксимаций заданного сигнала разложением его в обобщенный ряд Фурье по различным системам ортогональных функций.

*Задача 4.* Приведите определение обобщенного ряда Фурье. Докажите ортогональность указанных ниже функций на соответствующих отрезках. Используя априорную информацию об исходном синусоидальном сигнале

$$S(t) = \begin{cases} \sin(\pi t), & 0 \leq t \leq 1 \\ 0, & -1 \leq t < 0 \end{cases},$$

разложите его по ортогональной системе базисных функций: а) с применением тригонометрических функций; б) по системам ортогональных полиномов Лежандра и Чебышева; в) по системе функций Уолша. Сравните точность полученных аппроксимаций.

**4. Четвертый уровень** – научно-исследовательские профессиональные задачи. Цель – привлечение способных студентов к участию под руководством преподавателя в научно-исследовательской работе. Еще одна задача такого уровня. Например, исследование помехо-



устойчивости разнесенного приема сигнала методами ТФКП и случайных процессов.

**Задача 5.** Определите методом математического моделирования оптимальное место установления телевизионной приемной антенны (Дельта H1381AF или ASP8WA) с целью получения максимальной амплитуды входного аналогового сигнала и наиболее качественного изображения (без двоений) в метровом диапазоне при выполнении следующих условий:

- принять к рассмотрению местный РТПЦ с его параметрами;
- невозможность обеспечения «прямой видимости»;
- наличие 2-разового переотражения телевизионного сигнала от соседних домов;
- установка приемной антенны исключительно на стене здания, а не на его кровле;
- учет «городской застройки» и погодных условий. Расположение здания и его этажность уточняются у преподавателя.

Разнообразие примеров различных сигналов, применяемых при решении профессиональных проблем (радиосигналы при идентификации объектов наблюдения, отклики геодезического зонда при обнаружении полезных ископаемых, определение характеристик залежей, сигналы электрокардиограммы при диагностике заболевания сердца и др.) и необходимость их моделирования дают богатейший материал для введения профессиональных задач различного уровня в интегративные курсы.

В заключение следует заметить, что синергия математического, инженерно-технического и информационного знания, воплощенного в интегративных курсах, составляет основу гармоничного развития, способствует воспитанию разносторонней, внутренне содержательной и нравственно зрелой личности, сформированной на целостном научном знании, ее готовности к жизнедеятельности в современном обществе, к высокой адаптивности в постоянно меняющейся информационной среде, а также обеспечивает мотивационный, профессиональный и социальный эффект.

#### Библиографический список

1. Дворяткина, С. Н. Развитие вероятностного стиля мышления студентов в обучении математике на основе диалога культур [Текст]: дис. ... д-ра пед.

наук: 13.00.02: защищена 28.12.12: утв. 30.09.13 / Дворяткина Светлана Николаевна. – Елец, 2012. – 215 с.

2. Милованов, В. П. Синергетика и самоорганизация: Экономика. Биофизика [Текст] / В. П. Милованов. – М.: КомКнига, 2005. – 168 с.

3. Berger, G. Opinions and Facts. In.: Interdisciplinary: Problems of Teaching and Research in Universities. – Paris: OECD, 1972. P. 23–75.

4. Davison D. M., Miller K. W., Metheny D. L. What Does Integration of Science and Mathematics Really Mean? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.project2061.org/publications/designs/dod/dsl\\_text/Reprints/8\\_Davisn.pdf](http://www.project2061.org/publications/designs/dod/dsl_text/Reprints/8_Davisn.pdf)

5. Jacobs H. Interdisciplinary Curriculum: Design and Implementation. – Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development, 1989.

6. Розанова, С. А. Математическая культура студентов технических университетов [Текст]: монография / С. А. Розанова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 175 с.

7. Смирнов, Е. И. Фундирование опыта личности в профессиональной подготовке и инновационной деятельности педагога [Текст] / Е. И. Смирнов. – Ярославль: Канцлер, 2012. – 656 с.

#### Bibliograficheskij spisok

1. Dvorjatkina, S. N. Razvitiе verojatnostnogo stilja myshlenija studentov v obuchenii matematike na osnove dialoga kul'tur [Tekst]: dis. ... d-ra ped. nauk: 13.00.02: zashhishhena 28.12.12: utv. 30.09.13 / Dvorjatkina Svetlana Nikolaevna. – Elec, 2012. – 215 s.

2. Milovanov, V. P. Sinergetika i samoorganizacija: Jekonomika. Biofizika [Tekst] / V. P. Milovanov. – M.: KomKniga, 2005. – 168 s.

3. Berger, G. Opinions and Facts. In.: Interdisciplinary: Problems of Teaching and Research in Universities. – Paris: OECD, 1972. R. 23–75.

4. Davison D. M., Miller K. W., Metheny D. L. What Does Integration of Science and Mathematics Really Mean? [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: [http://www.project2061.org/publications/designs/dod/dsl\\_text/Reprints/8\\_Davisn.pdf](http://www.project2061.org/publications/designs/dod/dsl_text/Reprints/8_Davisn.pdf)

5. Jacobs H. Interdisciplinary Curriculum: Design and Implementation. – Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development, 1989.

6. Rozanova, S. A. Matematicheskaja kul'tura studentov tehničkih universitetov [Tekst]: monografija / S. A. Rozanova. – M.: FIZMATLIT, 2003. – 175 s.

7. Smirnov, E. I. Fundirovanie opyta lichnosti v v professional'noj podgotovke i innovacionnoj dejatel'nosti pedagoga [Tekst] / E. I. Smirnov. – Jaroslavl': Kancler, 2012. – 656 s.