5. Merzlyak, A.G. (2014). Geometry 9: a textbook for students of educational organizations [*Geometriya: 8 klass: uchebnik dlya uchashihsya obsheobrazovatelnyh organizacij*]. Moscow: Ventana-Graf.
6. Potoskuev, E.V., Zvavich, L.I. (2009). Geometry 11: textbook for classes with deep and specialized mathematics education institutions [*Geometriya. 11 kl.: ucheb. dlya klassov s uglub. i profilnym izucheniem matematiki obsheobrazovat. uchrezhdenij*]. Moscow: Drofa.

УДК 378.147

# РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПА ИНТЕГРАЦИИ ПРИ СТРУКТУРИРОВАНИИ СОДЕРЖАНИЯ ОБУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫМ РАЗДЕЛАМ МАТЕМАТИКИ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ

**Лилия Сергеевна Петрова**
к.п.н., доцент
petrov.306@mail.ru
г. Омск

Омский государственный университет путей сообщения

**Аннотация.** В статье обоснована актуализация потребности интегрированного обучения специальным разделам математики (уравнениям математической физики, теории функций комплексного переменного, операционному исчислению) студентов технических направлений. Описано выделение принципа интеграции как дидактического принципа обучения специальным разделам математики студентов технических направлений, обеспечивающего обоснованное структурирование содержания обучения на основе междисциплинарной интеграции с профессиональными и математическими дисциплинами на двух уровнях. Рассматривается реализация преемственности в обучении специальным разделам математики при освоении математических дисциплин на уровнях бакалавриата и магистратуры за счет детализации содержания обучения с определением инвариантных и вариативных составляющих. Обосновывается дополнение содержания обучения учебным профессионально-направленным материалом на основе синтеза содержания математических и профессиональных дисциплин посредством математического моделирования, с включением профессионально-ориентированных задач. Отражена оптимальность использования интегрированных систем автоматизации математических вычислений, на примере пакета MathCAD, при реализации аналитических и численных методов решения задач с применением встроенных функций и с непосредственным программированием алгоритмов.

**Ключевые слова:** принцип интеграции, содержание обучения, междисциплинарные связи, преемственность обучения, уровневый подход.

В условиях уровневой системы высшего образования актуализируется потребность интегрированного обучения, предполагающего существенное развитие межпредметных связей и переход от согласованного преподавания смежных дисциплин к глубокому их взаимодействию. Наиболее эффективно отразить междисциплинарные связи и естественнонаучный метод исследования, который используется на стыке различных наук, позволяет интегрированное обучение.

Обучение уравнениям математической физики, операционному исчислению, теории функций комплексного переменного (специальным разделам математики) студентов технических направлений на уровнях бакалавриата и магистратуры в рамках интегративного подхода означает реализацию принципа интеграции в любой составляющей педагогического процесса при разработке целеполагания, определения содержания обучения, его форм и методов. Это способствует усилению прикладного, практического и межпредметного аспектов в обучении специальным разделам математики, обеспечивая междисциплинарную интеграцию с профессиональными и математическими дисциплинами на уровнях бакалавриата и магистратуры.

Рассматривая междисциплинарность обучения как согласованное изучение общих теорий, законов, понятий, общенаучных принципов и методов познания, современными исследователями Е.Б. Петровой [4], Г.К. Селевко [8], В.А. Попковым, А.В. Коржуевым [6] и др. отмечается условность строгого деления естественнонаучного знания на отдельные образовательные области. При этом в основе принципа интеграции выделяется стремление к созданию интегративных систем знаний [8, с. 65]. В исследовании Е.А. Перминова [3] об обучении дискретной математике будущих инженеров-педагогов и учителей математики, информатики представлены теоретико-методологические положения реализации межпредметных связей математики и информатики.

Необходимо отметить уровневый подход при реализации интегративного обучения в исследовании Е.Б. Петровой [4], посвященном реализации концепции профессионально-направленного обучения физике на уровнях бакалавриата и магистратуры, с рассмотрением принципа межпредметных связей (для бакалавриата) и интеграции (для магистратуры).

В работе Л.С. Капкаевой [1] представлены условия, обеспечивающие преемственность в организации самостоятельной работы студентов, обучающихся в системе бакалавриата и магистратуры, с выделением основных видов и форм самостоятельной работы, информационных образовательных технологий, с сочетанием разных уровней и типов самостоятельной работы студентов.

В исследовании Т.П. Пушкаревой [7], посвященном реализации обновленных дидактических принципов обучения математике студентов педагогического вуза, рассматривается обеспечение реализации принципа преемственности и иерархической непрерывности за счет вертикальной интеграции школы с педвузом и концентричности отбора содержания, реализация принципа профильной интегрированности и прикладной направленности обеспечивается междисциплинарностью содержания и интегрированными математико-профильными курсами.

Рассматривая теоретическую интеграцию математики и физики при обучении математическому анализу студентов технических вузов, И.В. Кирюшин [2] представляет научно-методические аспекты дидактического синтеза данных предметов, превосходящего по степени интеграции межпредметные связи. При этом синтез содержания математики и физики реализуется с помощью моделирования физических процессов и решения физических проблем на основе математической теории.

Наличие фундаментальной математической составляющей специальных разделов математики в содержании профессиональных дисциплин («Тепломассообмен», «Теоретическая механика», «Электротехника и электроника», «Инженерный эксперимент» и др.) обусловливает необходимость отражения междисциплинарных связей при обучении данным разделам студентов технических направлений на уровнях бакалавриата и магистратуры.

Возможность реализации принципа интеграции при структурировании содержания обучения специальным разделам математики рассматривалась на двух уровнях:

1. установление в содержании обучения межнаучных связей, применение изучаемых математических понятий и методов к решению прикладных задач;

2. установление универсальной теории и принципов математического моделирования, основываясь на обобщении известного теоретического и практического материала, решение комплексных проблем на стыке различных областей.

Учитывая, что решение прикладных задач сопряжено с достаточно сложными математическими выкладками, оптимально использование математических пакетов (например, MathCAD), обладающих определенными достоинствами (легкость и наглядность) при решении задач с применением встроенных функций и программированием алгоритмов.

Детализация содержания обучения специальным разделам математики на уровне бакалавриата в рамках дисциплин «Спецглавы математики» и магистратуры при освоении дисциплины «Дополнительные главы математического моделирования» с выделением инвариантной и вариативной частей обеспечивает преемственность специальной математической подготовки студентов технических направлений.

Например, при обучении уравнениям математической физики в содержательной составляющей выделяются следующие основные направления:

1. На уровне бакалавриата инвариантная составляющая ориентирована на основную теорию и методы решения задач для линейных дифференциальных уравнений с частными производными с граничными условиями первого, второго и третьего рода с помощью встроенных функций MathCAD;
2. Вариативная составляющая на уровне бакалавриата является инвариантной составляющей на уровне магистратуры и отражает теорию и методы решения задач для нелинейных дифференциальных уравнений с частными производными и линейных задач для сложных составных структур с программированием явных и неявных разностных схем в системе MathCAD;
3. Вариативная составляющая на уровне магистратуры ориентирована на теорию и методы решения задач для нелинейных дифференциальных уравнений с частными производными и многомерных задач с программированием неявных разностных схем в системе MathCAD или с использованием языков программирования (например, C++).

Современными исследователями (Л.В. Васяк, А.Б. Дмитриевой, Р.М. Зайкиным, А.А. Шершневой и др.) в качестве одного из путей формирования содержания профессионально-направленного обучения математике предлагается разработка комплексов профессионально-ориентированных задач на основе синтеза содержания математики и профессиональных дисциплин, эффективно реализуемого посредством математического моделирования.

Определение основных содержательных направлений позволяет выделить конкретные математические модели процессов (явлений) при решении профессионально-ориентированных задач. Обратим внимание на целесообразность использования при обучении специальным разделам математики задач, которые можно рассматривать на разных уровнях сложности в зависимости от выбора метода решения предложенной задачи. В качестве примера представляем задачу о симметричном нестационарном охлаждении пластины за счет конвекции и излучения, решаемую на разных уровнях сложности.

Пластина толщиной 0,3 м с начальной температурой 950 °С охлаждается жидкостью, имеющей постоянную температуру $t_{ж} = 22$ °С и участвует в радиационном взаимодействии с окружающими ее телами, имеющими температуру, равную $t_{ж}$. Коэффициент теплопроводности $\lambda = 19$ Вт/(м · К), удельная теплоемкость $с = 537$ Дж/(кг · К), коэффициент теплоотдачи $\alpha = 98$ Вт/(м$^2$ · К), плотность $\rho = 7300$ кг/м$^3$. Плотность теплового потока результирующего излучения $q_{рез} = \varepsilon_{eq}\sigma(t(L,\tau)^4 - t_{ж}^4)$, где приведенная степень черноты обменивающейся излучением системы $\varepsilon_{eq} = 0{,}7$, постоянная Стефана – Больцмана $\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м$^2$ · К$^4$). Необходимо вычислить значения температуры поверхности и температуры центра через время $\tau = 1$ ч после начала охлаждения.

Математическая модель, описывающая процесс охлаждения пластины за счет конвекции и излучения, содержит нелинейные граничные условия для поверхности пластины. При этом численное решение данной смешанной задачи для уравнения теплопроводности можно получить, так же как и для задач с граничными условиями первого, второго и третьего рода с помощью встроенных функций MathCAD, реализуя явную разностную схему, на первичном этапе обучения (базовый уровень бакалавриата). На повышенном уровне бакалавриата или базовом уровне магистратуры рассматривается применение явно-неявной разностной схемы с использованием неявной разностной схемы для левой границы (центр пластины) и внутренних узлов сетки с реализацией метода прогонки, вместе с тем на правой границе (поверхность пластины) используется более простая в реализации явная разностная схема. Численное решение представленной задачи с применением неявной разностной схемы с итерационным уточнением значений температуры на правой границе реализуется на повышенном уровне магистратуры.

Задание 1 (базовый уровень бакалавриата).

Написать программу для численного решения поставленной задачи в системе MathCAD с использованием встроенной функции.

Задание 2 (повышенный уровень бакалавриата или базовый уровень магистратуры).

Написать программу для численного решения поставленной задачи в системе MathCAD, применяя метод прогонки с реализацией явно-неявной разностной схемы.

Задание 3 (повышенный уровень магистратуры).

Написать программу для численного решения поставленной задачи в системе MathCAD, применяя метод прогонки с реализацией неявной разностной схемы и итерационным уточнением значений температуры на правой границе.

Структурирование содержания обучения на основе междисциплинарной интеграции с профессиональными и математическими дисциплинами на уровнях бакалавриата и магистратуры позволяет развивать творческую активность студентов и исследовательские умения. За счет возможности рассмотрения универсальной теории и принципов математического моделирования осуществляется процессуальная интеграция специальных разделов математики и профессиональных дисциплин на уровне видов учебной деятельности. При этом актуализируется реализация проектной деятельности при обучении студентов на уровнях бакалавриата и магистратуры с использованием метода учебного проектирования, направленного на расширение знаний применения математического аппарата при моделировании процессов (явлений) и совершенствование навыков исследовательской работы студентов.

Реализация метода учебного проектирования при обучении специальным разделам математики студентов технических направлений, представленная нами в работе [5], способствует развитию творческой активности студентов с участием в учебно-исследовательских и проектных работах. Результаты проведенных студентами исследований обсуждались в рамках студенческих научных конференций, опубликованы в виде статей в сборниках материалов международных научно-практических конференций «Наука XXI века: опыт прошлого – взгляд в будущее» (Омск, 2016), «Актуальные проблемы математики и информатики: теория, методика, практика» (Елец, 2019), в научных журналах «Paradigmata poznání» (Прага, 2016), Вестник Евразийской науки (Москва, 2019), «Continuum. Математика. Информатика. Образование» (Елец, 2019), в журналах «Известия Транссиба» (Омск, 2017, 2018), «Вестник СибГУТИ» (Новосибирск, 2019), входящих в перечень рецензируемых научных изданий ВАК России.

Повышение уровня качественного усвоения студентами материала специальных разделов математики на основе отражения междисциплинарной связи с профессиональными дисциплинами, используя конкретные прикладные примеры, позволяет изменить достаточно распространенное отношение к данным курсам у обучающихся, как к разделам математики, насыщенным абстрактными понятиями, и применять полученные знания в практической деятельности.

Выделение инвариантных и вариативных составляющих в содержании обучения специальным разделам математики на уровнях бакалавриата и магистратуры с дополнением учебным профессионально-направленным материалом обеспечивает преемственность и междисциплинарную интеграцию с профессиональными и математическими дисциплинами.

Интегративный подход позволяет решать задачи обучения на качественно новом уровне, формируя комплексное видение и подходы к решению сложных проблем реальной действительности. В связи с этим реализация принципа интеграции является важным условием при обучении студентов технических направлений специальным разделам математики, позволяющим представить в виде целостной системы математические методы и их применение при освоении профессиональных дисциплин

## Список литературы


1. Капкаева Л.С. Преемственность в организации самостоятельной работы студентов в условиях бакалавриата и магистратуры // Интеграция образования. 2012. № 2. С.42-47.
2. Кирюшин И.В. Теоретическая интеграция математики и физики в курсе математического анализа // Пути повышения качества профессиональной подготовки студентов: материалы Международной научно-практической конференции. Минск: Белорусский государственный университет, 2010. URL: http://elib.bsu.by/handle/123456789/97047 (дата обращения: 19.04.2020).
3. Перминов Е.А. Реализация межпредметных связей математики и информатики в подготовке студентов педагогических направлений на основе дискретной математики: автореф. дис. … докт. пед. наук. Екатеринбург, 2017.
4. Петрова Е.Б. Профессионально направленная методическая система подготовки по физике будущих учителей естественнонаучных дисциплин. М.: Карпов Е.В., 2009.
5. Петрова Л.С. Реализация метода учебного проектирования в процессе обучения специальным разделам математики студентов технических направлений подготовки // Continuum. Математика. Информатика. Образование. 2018. № 3. С. 113-117.
6. Попков В.А., Коржуев А.В. Дидактика высшей школы: учебное пособие. М.: Издательский центр «Академия», 2004.
7. Пушкарева Т.П. О реализации дидактических принципов обучения математике студентов естественнонаучного направления педагогического вуза // Открытое образование. 2013. №3 (98). С. 20-26.
8. Селевко Г.К. Педагогические технологии на основе активации, интенсификации эффективного управления УВП. М.: Научно-исследовательский институт школьных технологий, 2005.

# IMPLEMENTATION OF THE INTEGRATION PRINCIPLE IN STRUCTURING THE CONTENT OF TRAINING IN SPECIAL SECTIONS OF MATHEMATICS OF STUDENTS OF TECHNICAL DIRECTIONS

**L.S. Petrova**
Cand. Sci. (Pedagogy), associate professor
petrov.306@mail.ru
Omsk

Omsk State Transport University

**Abstract.** The article proves the actualization of the need for integrated training in special sections of mathematics (equations of mathematical physics, the theory of functions of a complex variable, operational calculus) for technical students. Describes the highlighting principle of integration as a didactic principle of teaching special sections of mathematics to technical students, which provides a reasonable structuring of the content of training based on interdisciplinary integration with professional and mathematical disciplines at two levels. The implementation of continuity is considered in teaching special sections of mathematics in the development of mathematical disciplines at the undergraduate and graduate levels by detailing the content of training with the definition of invariant and variable components. The article proves that the content of training is supplemented with professionally-oriented educational material based on the synthesis of the content of mathematical and professional disciplines through mathematical modeling, with the inclusion of professionally-oriented tasks. The optimal applying of integrated automation systems for mathematical calculations is reflected, using the MathCAD package as an example, when implementing analytical and numerical methods for solving problems using built-in functions and direct programming of algorithms.

**Keywords:** integration principle, content of training, interdisciplinary communication, continuity of training, level approach.

## References

1. Kapkaeva, L. S. (2012). Continuity in the organization of independent work of students in the conditions of bachelor's and master's degrees [*Preemstvennost' v organizatsii samostoyatel'noy raboty studentov v usloviyakh bakalavriata i magistratury*]. Integration of education. Vol. 2. Pp. 42-47.
2. Kiryushin, I. V. (2010). Theoretical integration of mathematics and physics in the course of mathematical analysis [*Teoreticheskaya integratsiya matematiki i fiziki v kurse matematicheskogo analiza*]. Materials of the International scientific and practical conference. Minsk, Republic of Belarus. URL: http://elib.bsu.by/handle/123456789/97047 (accessed 19.04.2020).
3. Perminov, E. A. (2017) Implementation of intersubject connections of mathematics and computer science in the preparation of students of pedagogical directions on the basis of discrete mathematics [*Realizatsiya mezhpredmetnykh svyazey matematiki i informatiki v podgotovke studentov pedagogicheskikh napravleniy na osnove diskretnoy matematiki*] [dissertation]. Ekaterinburg.
4. Petrova, E. B. (2009). Professionally directed methodical system of training in physics of future teachers of natural science disciplines [*Professional'no napravlennaya*

*metodicheskaya sistema podgotovki po fizike budushchikh uchiteley estestvennonauchnykh distsiplin*]. Moscow: Karpov E. V.

5. Petrova, L. S. (2018). Implementation of the method of educational design in the process of teaching special sections of mathematics to students of technical training directions [*Realizatsiya metoda uchebnogo proektirovaniya v protsesse obucheniya spetsial'nym razdelam matematiki studentov tekhnicheskikh napravleniy podgotovki*]. Continuum. Mathematics. Computer science. Education. Vol. 3. Pp. 113-117.
6. Popkov, V. A., Korzhuev, A.V. (2004). Didactics of higher school: textbook [*Didaktika vysshey shkoly: uchebnoe posobie*]. Moscow: publishing center “Academy”.
7. Pushkareva, T. P. (2013). On the implementation of didactic principles of teaching mathematics to students of the natural science direction of a pedagogical University [*O realizatsii didakticheskikh printsipov obucheniya matematike studentov estestvennonauchnogo napravleniya pedagogicheskogo vuza*]. Open education. Vol. 3 (98). Pp. 20-26.
8. Selevko, G. K. (2005). Pedagogical technologies on the basis of activation, intensification of effective management of UWP [*Pedagogicheskie tekhnologii na osnove aktivatsii, intensifikatsii effektivnogo upravleniya UWP*]. Moscow: Research Institute of school technologies.

УДК 378.147

# О СОЕДИНЕНИИ УЧЕБНОГО И НАУЧНОГО ПРОЦЕССОВ В МАИ

**Артур Агафонович Пунтус**
к.ф.-м.н., профессор
artpuntus@yandex.ru
г. Москва
Московский авиационный институт

**Алексей Иванович Федюшкин**
к.ф.-м.н.
fail@ipmnet.ru
г. Москва
Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН

**Аннотация.** Опыт реализации процесса активного взаимодействия учебного и научного процессов в институте № 8 «Информационные технологии и прикладная математика» Московского авиационного института во взаимодействии с лабораторией «Механики сложных жидкостей» Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН показал, что кооперации вуза и сотрудников академических институтов играет существенную роль при подготовке специалистов в области прикладной математики, приводятся примеры результата активного привлечения студентов в процессе обучения в высшей школе к научно-исследовательской работе, что способствует подготовке высококвалифицированных специалистов на основе соединения учебного и научного процессов обучения студентов. Основной целью такого соединения данных процессов является привитие будущим инженерам навыков научного подхода к решаемым инженерным задачам. Каждый из таких студентов подключаясь к научно-исследовательской работе, достигает заметных успехов в учёбе и научной деятельности. Он принимает активное участие в различных конкурсах, олимпиадах, выполняет творческую научную работу под руководством преподавателя или научного сотрудника кафедры, часто при активной консультации со стороны сотрудника указанного института, участвует