

УДК 378. 141

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНО-ПРИКЛАДНОГО СОДЕРЖАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ В КЛАССИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

**Клещёва Н.А., Тарасова И.М.**

*ФГАОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток,  
e-mail: klenel@mail.ru, tarasova@imcs.dvfu.ru*

В статье представлены результаты педагогического исследования, направленного на совершенствование системы математической подготовки для студентов большого класса гуманитарных и экономических специальностей, обозначенных, как нематематические. Необходимость такого совершенствования очевидна, поскольку учебное содержание существующих учебных планов и программ курса «Математика» не всегда отражает, как единство и логику самой образовательной области «Математика», так и прикладной характер математического знания, необходимого для будущей деятельности в соответствующей профессиональной сфере. В статье описывается процедурная схема универсального фундаментально-прикладного подхода к формированию содержания и построению рабочих программ курса «Математика» для нематематических специальностей, по которым ведется обучение в классическом университете. Разработана технология формирования модели предметной области «Математика», обеспечивающей структурную и логическую целостность изучения дисциплины. Данная модель представлена в виде размеченного графа и позволяет структурировать не только само учебное содержание дисциплины, но и наглядно выявить те необходимые математические положения и практические задачи, которыми должны овладеть студенты. Предложена методика проведения профессиографических экспертиз специалистов с целью определения концептуального ядра математического знания, необходимого для успешного осуществления профессиональной деятельности по соответствующей специальности. На основании этих экспертиз формируются профессионально-ориентированные модели математики, которые определяют содержание рабочих учебных программ по дисциплине для соответствующих специальностей. Описана схема исследовательских процедур по формированию рабочих программ курса «Математика».

**Ключевые слова:** нематематические специальности, модель предметной области «Математика», компетентность экспертов, коэффициенты важности элементов модели, профессионально-ориентированные рабочие программы по математике

## THE DESIGN OF FUNDAMENTAL–APPLIED CONTENT OF STUDENTS’ MATHEMATICAL PREPARATION AT THE CLASSICAL UNIVERSITY

**Klescheva N.A., Tarasova I.M.**

*Far-Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: klenel@mail.ru, tarasova@imcs.dvfu.ru*

The article presents the results of the pedagogical research intended for the perfection of a mathematical preparation system for students of a large class of humanitarian and economic specialties denoted as non-mathematical ones. The necessity of such perfection is obvious, as the educational content of existing curricula and programs of a course «Mathematics» not always reflect both unity and logic of the educational area of «Mathematics», and applied character of the mathematical knowledge which is necessary for the future activity in corresponding professional sphere. The article gives the description of the procedural scheme of the universal fundamental-applied approach to the formation of the content of educational programs and construction of a training course of «Mathematics» for non-mathematical specialties which is used for teaching at classical university. The developed technology of formation of a model of the subject area of «Mathematics» provides structural and logical integrity of the discipline studying. The given model is presented in the form of the marked count and allows structuring not only the educational content of a discipline, but also revealing visually those necessary mathematical positions and practical problems which students should master. To define a conceptual kernel of the mathematical knowledge which is necessary for successful realization of professional work on corresponding specialty the article offers a methodology of profессиography examinations of experts. The professional-focused models of mathematics are formed on the basis of these examinations and they define the content of educational programs of the discipline for corresponding specialties. The scheme of research procedures on formation of educational programs of a course «Mathematics» is described.

**Keywords:** non-mathematical speciality, the model of the subject area of «Mathematics», the competence of experts, the coefficients of the importance of the elements of the model, the professional-oriented training programs on mathematics

Включение образовательной области «Математика» в структуру профессиональной подготовки для всей существующей номенклатуры специальностей высшего профессионального образования с необходимостью поставило задачу определения целей математической подготовки для студентов соответствующих специальностей. Анализ характера математизации различных областей профессиональной деятель-

ности позволяет условно разделить все специальности на три группы. К первой группе можно отнести специальности, для которых математические знания и умения составляют существо будущей профессиональной деятельности – «математикоориентированные» специальности. Ко второй группе отнесем «математико-профильные» специальности, в которых уже разработаны и используются математические модели,

а одной из целей преподавания математики является подготовка студентов к изучению таких моделей и выработка навыков их использования. Третью группу составляют специальности «латентно-профильные» по отношению к математике, для которых основной целью преподавания дисциплины, является интеллектуальное развитие личности средствами математики.

Однако, учитывая тот факт, что стремительное развитие прикладной математики и информатики приводит к постепенному переходу все новых специальностей из третьей группы во вторую, целесообразно их объединить в одну группу, условно названную *нематематическими* специальностями (НМС). Таким образом, *нематематическими* будем называть специальности, характер деятельности по которым требует определенных математических знаний и умений, но они не определяют сущность будущей профессиональной работы. Именно для этого класса специальностей особенно актуально стоит задача построения и совершенствования системы математического образования, требующая разработки таких подходов к проектированию содержания курса «Математика», которые обеспечивали бы единство и взаимосвязь фундаментальной и прикладной компонент математического знания.

В статье описывается технология проектирования содержания и учебно-методического обеспечения курса «Математика» для нематематических специальностей в системе высшего профессионального образования. Логика исследовательской деятельности представлена последовательностью четырех этапов проектирования, содержание которых раскрыто в статье.

При определении концептуальных основ совершенствования системы математической подготовки была сформулирована система принципов, условно названных «проектировочными»:

- принцип *информационной целостности учебного содержания*, обеспечивающий сохранение логической структуры предметной области «Математика»;
- принцип *социальной эффективности*, предполагающий научную обоснованность отбора профессионально-значимого содержания предметной области «Математика»;
- принцип *единства фундаментальной и профессионально-ориентированной компонент учебного содержания* при построении рабочих программ курса «Математика»;
- принцип *взаимосвязи содержательной и процессуальной сторон образовательного процесса* при организации системы предметной подготовки по дисциплине.

Последовательное соблюдение этих принципов позволило предложить и реализовать процедурную схему универсального фундаментально-прикладного подхода к формированию содержания и построению рабочих программ курса «Математика» для нематематических специальностей, по которым ведется обучение в классическом университете. Предлагаемая схема включает в себя следующие этапы (виды проективной деятельности):

1. Построение модели предметной области «Математика».

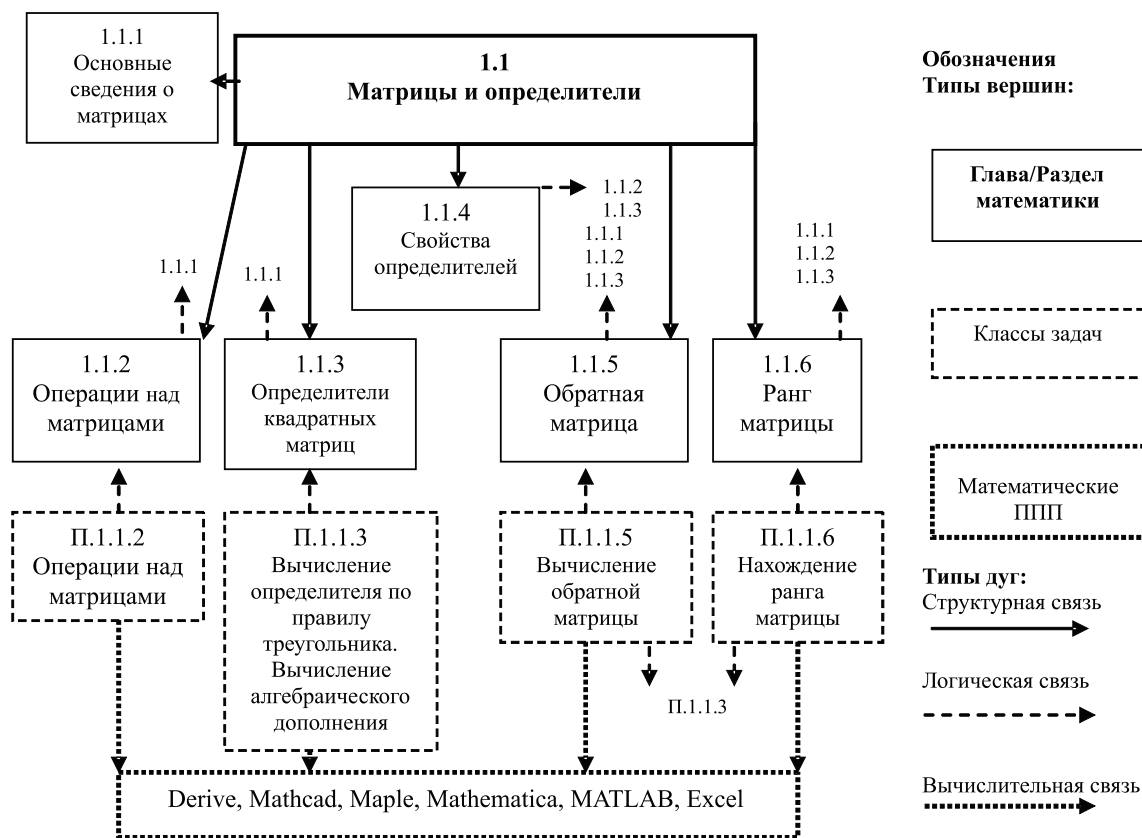
2. Проведение профессиографической экспертизы специалистов с целью определения концептуального ядра математики, необходимого для успешного освоения соответствующей профессиональной деятельностью.

3. Построение модели соответствующей НМС в виде подмодели предметной области «Математика».

4. Определение макета рабочей программы для всего множества НМС и формирование рабочей программы конкретной НМС.

**Первый этап.** Для построения модели предметной области «Математика» использовался аппарат теории графов [1]. Для наглядного отображения взаимосвязей между отдельными элементами предметной области структура ее модели была представлена в виде размеченного графа с тремя типами вершин и тремя типами дуг. К *первому* типу относятся вершины, представляющие разделы и подразделы математики, определяющие логику построения дисциплины; ко *второму* – классы задач, определяющие умения, которые необходимо получить студентам на практических занятиях; к *третьему* – математические пакеты прикладных программ (МППП), с помощью которых студенты могут решать более сложные задачи. Связи между этими вершинами изображаются с помощью следующих типов дуг: *структурная связь, логическая связь, вычислительная связь*.

На основании анализа Государственных образовательных стандартов было выделено 7 разделов математики, обязательных для изучения в том или ином объеме на всех специальностях. Структурирование учебного материала каждого раздела и установление взаимосвязей между их учебными элементами позволило представить схемы каждого подраздела в виде соответствующих подграфов, в которых представлено содержание всех типов вершин и установлены соответствующие типы связей между ними. На рисунке в качестве примера представлена часть общего графа модели – раздел 1.1. «Матрицы и определители».



Модель математики. Схема раздела 1.1

Как видно из рисунка, в предлагаемом графе типы вершин выбраны таким образом, чтобы структурировать не только само учебное содержание дисциплины, но и наглядно выявить те необходимые математические положения и практические задачи, которыми должны овладеть студенты НМС. Процесс структурирования в каждом разделе заканчивался нахождением учебного элемента, который представляет собой наименьшую, самостоятельную дидактическую единицу, т.е. дальше не структурируется.

**Второй этап.** При формировании программы курса «Математика» необходима информация о том, какие математические знания и умения требуются выпускникам для работы по конкретной специальности. С целью определения концептуального ядра математического знания, необходимого для успешного осуществления профессиональной деятельности по соответствующей специальности, были разработаны процедура анкетирования экспертов и методика обработки экспертных оценок [2]. Отвечая на вопросы специально разработанной «Анкеты специалиста», эксперты оценивали важность, по их мнению, того или иного учебного элемента модели предметной области «Математика» для овладения профессиональной деятельностью. В качестве

экспертов выступали преподаватели вузов и специалисты соответствующих профессиональных областей, условно разделенные на две группы – преподаватели и работодатели. Обработка экспертных оценок состояла из двух этапов.

**1. Фиксирование уровня компетентности экспертов.** Степень компетентности экспертов в области математики определялась на основе их ответов на вопросы о частоте использования математических знаний и МППП в их работе. Было принято, что эксперты, постоянно использующие математические знания в своей работе, имеют степень компетентности, равную 1, использующие их иногда – степень компетентности, равную 0,6, не использующие их – 0,3. Суммарная компетентность экспертов (СК) рассчитывается по формуле:

$$СК = 1 \cdot n_1 + 0,6 \cdot n_2 + 0,3 \cdot n_3, \quad (1)$$

где  $n_1$ ,  $n_2$  и  $n_3$  – количество экспертов с соответствующими степенями компетентности.

**2. Определение коэффициента важности (КВ) элементов модели НМС.** Степень компетентности эксперта использовалась далее в качестве величины вклада этого эксперта в значение важности тех вариантов ответов, которые выбрал этот эксперт. Использовалась следующая процедура со-

гласования мнений разных экспертов, выбравших один и тот же ответ на некоторый вопрос: степень важности этого ответа принималась равной частному от деления суммы степеней компетентности тех экспертов данной подгруппы, которые выбрали этот ответ, на сумму степеней компетентности всех экспертов данной подгруппы:

$$KB = (1 \cdot m_1 + 0,6 \cdot m_2 + 0,3 \cdot m_3) / SK, \quad (2)$$

где  $m_1$ ,  $m_2$  и  $m_3$  – количество экспертов, которые положительно ответили на данный вопрос анкеты с соответствующей степенью компетентности.

Полученные экспертные оценки важности элементов модели предметной области для каждой специальности были представлены в виде матриц, имеющих три столбца, соответствующих трем типам вершин в графе модели предметной области. Элементами матриц являются числа от нуля до единицы, представляющие собой соответствующие коэффициенты важности, полученные по результатам экспертизы. Чем ближе элемент матрицы к единице, тем важнее информация, соответствующая этому элементу матрицы.

**Третий этап.** Проведенное анкетирование специалистов позволило определить коэффициенты важности каждой вершины соответствующего типа в общей модели предметной области «Математика» и построить, тем самым, профессионально-ориентированные модели математики, которые и должны определять содержание рабочих учебных программ по дисциплине для соответствующих специальностей. Каждой вершине графа приписывается ее «вес», соответствующий вычисленным по результатам анкетирования, коэффициентам важности данных элементов модели. Отдельно проставляются коэффициенты важности теоретической части раздела – математических понятий и практической части – соответствующих классов задач.

**Четвертый этап.** Информация, полученная от экспертов-профессионалов, интерпретируется экспертами-математиками на основе модели предметной области, из которой выявляются соответствующие логические связи между учебными элементами, определяющие порядок изучения учебного материала дисциплины. При такой постановке задачи моделью программы курса «Математика» для конкретной нематематической специальности будет являться такой подграф графа модели математики, который состоит из тех вершин типа «раздел математики», из которых есть путь хотя бы в одну отмеченную вершину, а также дуг, соединяющих вершины, вошедшие в модель программы курса.

Вершины типа «раздел математики» в модели программы курса «Математика» для конкретной НМС определяют структуру программы этого курса, и содержание его теоретической части, вершины типа «класс задач» – содержание практической части курса. Вершины типа «математические ППП» определяют рекомендации по использованию математических пакетов прикладных программ для поддержки этого курса. Рассчитанные коэффициенты важности этих вершин определяют рекомендации по степени детализации изучения соответствующих разделов курса. Для возможности однозначной интерпретации получаемых значений при отображении учебной информации соответствующих разделов в рабочих программах по математике была разработана шкала соответствия коэффициентов важности уровням представления и усвоения учебной информации [3].

Важным этапом построения любой рабочей программы является тематическое планирование курса, предполагающее распределение учебного времени на различные формы аудиторных занятий. Введение коэффициентов важности каждого учебного элемента потребовало перераспределения часов, отводимых на изучение каждого раздела дисциплины. Предложена следующая формула для расчета числа часов, отводимых на лекции и практические занятия:

$$t_{i_n} = \frac{KB_{im} \cdot t_{\text{рад}}}{\sum_{i=1}^N KB_i}, \quad (3)$$

где  $KB_i$  – коэффициент важности  $i$ -го раздела/подраздела;  $t_{\text{рад}}$  – общее время проведения занятий;  $t_{i_n}$  – время, отведенное на изучение разделов/подразделов;  $N$  – количество разделов/подразделов.

В результате всех проведенных мероприятий была предложена новая форма рабочей программы курса «Математика», универсальная для всех нематематических специальностей, по которым ведется обучение в классическом университете. В программах, помимо учебного содержания, приводятся подробные рекомендации по уровню изучения каждого учебного элемента, возможным классам задач, которые можно использовать для закрепления теоретического материала, предлагаются пакеты прикладных программ, использование которых способствует закреплению основных математических знаний и умений [4, 5].

Предлагаемый в данной статье подход к проектированию содержания и учебно-методического обеспечения курса «Математика» ориентирован на представление



содержания математического образования, как в логике предметной области математики, так и в логике будущей профессиональной деятельности. Эффективность данного подхода проверялась в ходе педагогического эксперимента, проведенного на трех нематематических специальностях Дальневосточного государственного университета (с 2011 года Дальневосточный федеральный университет) – «География», «Управление персоналом» и «Социально-культурный сервис и туризм».

Для всех групп, участвующих в эксперименте, была разработана единая схема предметной подготовки по дисциплине «Математика», включающая в себя унифицированные виды учебно-познавательной деятельности и единую шкалу оценивания. Содержание всех видов контролируемых заданий было построено на профессиональной тематике, что способствовало формированию положительной мотивационной направленности обучения. Выполнение лабораторных работ требовало владения математическими пакетами прикладных программ, имеющими хождение в соответствующей профессиональной сфере. Кроме того, в систему предметной подготовки были введены зачетные задания, предполагающие большой элемент самостоятельной работы, связанной с методами научного поиска, среди которых эвристические приемы и методы научного познания. Все текущие результаты суммировались в *интегральный показатель успеваемости*, который характеризовал как успешность учебной деятельности, так и эффективность учебной активности студентов. В ходе эксперимента также проверялись уровень «остаточных знаний» по математике и способность применять математические знания в процессе изучения общепрофессиональных и специальных дисциплин. Осознанное использование математического аппарата в профессиональных задачах опосредованно отражает и уровень сформированности математической культуры.

Все полученные результаты, их качественная и количественная (с применением методов математической статистики) интерпретации в целом подтвердили правильность выбранной образовательной стратегии по отбору профессионально-ориентированного содержания и последовательности его включения в рабочие программы по математике. Взаимодействие экспертов-математиков и экспертов-профессионалов привело к формированию рабочих программ по математике, в которых отражен фундаментальный характер обра-

зовательной области «Математика» и представлено профессионально-обоснованное прикладное содержание дисциплины.

Универсальный характер предложенной процедуры проектирования позволяет использовать ее при определении содержания и структуры математического образования для большого класса нематематических специальностей в различных подсистемах высшего профессионального образования.

#### Список литературы

1. Берж К. Теория графов. – М.: Наука, 1969. – 234 с.
2. Клещёва Н.А., Тарасова И.М. Технология проектирования содержания математического образования на нематематических специальностях классического университета: методическое пособие. – Владивосток: ИАПУ ДВО РАН, 2005. – 88 с.
3. Тарасова И.М. Графовый подход к построению моделей предметных областей: методическое пособие. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2009. – 64 с.
4. Тарасова И.М., Черныш Е.В. Элементы математической логики и теории алгоритмов: учеб. пособие. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2009. – 56 с.
5. Пугач П.А., Тарасова И.М. Информатика и математика: учеб. пособие. – Российская таможенная академия, Владивостокский филиал, 2010. – 160 с.

#### References

1. Berge K. *Teoriya grafov* [Graph Theory], Moscow. Nauka, 1960. 234 p.
2. Kleshcheva N.A., Tarasova I.M. *Tekhnologiya proektirovaniya soderzhaniya matematicheskogo obrazovaniya na nematematicheskikh spetsialnostyakh klassicheskogo universiteta: metodicheskoe posobie* [The technology of designing the content of mathematical education on the non-mathematical specialties of the classical university: Methodical manual]. Vladivostok: FEB RAS, 2005. 88 p.
3. Tarasova I.M. *Grafovyj podkhod k postroeniyu modelej predmetnykh oblastey: metodicheskoe posobie* [Graph approach to the construction of models of subject areas: Methodical manual]. Vladivostok, Publishing house of FESU 2009. 64 p.
4. Tarasova I.M., Chernysh E.V. *Elementy matematicheskoy logiki i teorii algoritmov: uchebnoe posobie* [Elements of mathematical logic and the theory of algorithms: Educational manual]. Vladivostok, Publishing house of FESU 2009. 56 p.
5. Pugach P.A., Tarasova I.M. *Matematika i informatika: uchebnoe posobie* [Computer science and mathematics: Educational manual]. Vladivostok Branch, Russian Custom Academy 2010. 160 p.

#### Рецензенты:

Потапова М.В., д.п.н., зав. кафедрой общей и теоретической физики ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный педагогический университет» Министерства образования и науки РФ, г. Челябинск.

Грибова В.В., д.т.н., зав. лабораторией интеллектуальных систем Института автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук (ДВО РАН), г. Владивосток.

Работа поступила в редакцию 08.02.2012.