

М.А. Евдокимов, Я.Г. Стельмах

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ ИНЖЕНЕРА-ЭЛЕКТРИКА

Реализация планов непрерывной математической подготовки – необходимое условие повышения качества образования. В статье рассмотрены методические аспекты построения непрерывного математического образования инженеров-электриков на основе единого плана математической подготовки на весь период обучения с использованием статистико-морфологического анализа содержания общетеоретических и теоретических специальных дисциплин. Особое внимание уделено вопросу введения в программы по математике профессионально направленных задач, позволяющих показать студентам, какой огромный потенциал имеют математические методы в инженерной деятельности.

*Математика представляет искуснейшие изобретения,
способные удовлетворить любознательность,
облегчить ремесла и уменьшить труд людей.
Р. Декарт*

Развитие профессионального образования в значительной степени определяется тем, насколько чётко будет осознана всеми участниками образовательного процесса необходимость подготовки конкурентоспособного работника на рынке труда. Поэтому переход к понятию профессионального образования существенно изменился – наряду с овладением знаниями, умениями и навыками оно предполагает разностороннее развитие личности. В реформировании отечественного профессионального образования определились следующие основные идеи.

Первая (образование – личность) – гуманизация профессионального образования как коренной поворот от технократической цели – обеспечения производства кадрами, их приспособления к нуждам производства, к гуманистическим целям профессионального становления и развития личности.

Вторая (образование – общество) – демократизация профессионального образования как переход от жёсткой централизованной и повсеместно единообразной системы организации профессионального обучения к созданию условий и возможностей для каждого учебного заведения, каждого преподавателя и студента максимального раскрытия своих возможностей и способностей.

Третья (образование – производство) – опережающее профессиональное образование: уровень общего и профессионального образования людей, развития их личности должен опережать уровень развития производства, его техники и технологии.

Четвёртая вытекает из рефлексии категории «образование – непрерывное образование – образование через всю жизнь».

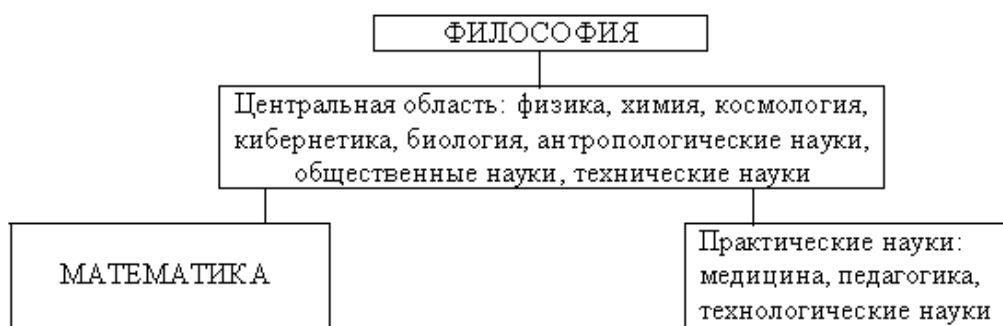
Эти идеи становятся целями профессионального образования и требуют переосмысления многих позиций во всём образовательном процессе – в содержании, формах, методах и средствах профессионального обучения и воспитания студентов, в частности, обучения общеобразовательным дисциплинам. На практике это выразилось в том, что внесены изменения в стандарты высшего профессионального образования. Во-первых, в содержании обучения усилился гуманитарный блок добавлением таких предметов, как культурология, психология и педагогика; вузам также дано право постановки элективных курсов по циклу общих гуманитарных и социально-экономических дисциплин. Во-вторых, идеи реформирования профессионального образования нашли отражение в требованиях к инженерной подготовке по всем циклам дисциплин. Однако эти изменения мало отразились на требованиях по естественнонаучным, в частности математическим дисциплинам, – в них не просматривается глубокий профильный подход и профессиональная направленность, хотя многолетняя практика профессиональной школы показала целесообразность дифференцированного характера подготовки инженеров [1].

Основной тип инженера, которого готовит и должна готовить высшая техническая школа для обслуживания нужд нашей промышленности, – это инженер-специалист в какой-либо определенной отрасли техники и промышленности, основательно изучивший как теорию, практику и экономику производства в своей специальности, так и основные общепромышленные и теоретические науки, на которые данная отрасль опирается, или, формулируя кратко, это должен быть полноценный инженер-специалист определенной отрасли промышленности с широкой

научно-технической (теоретической) подготовкой. Такое положение вытекает из требований, которые предъявляет жизнь (промышленность) к инженеру: он должен знать определенное производство, уметь разрешать возникающие в нем вопросы, управлять производственным процессом, уметь его анализировать и, по мере накопления практического опыта, – совершенствоваться. А так как каждое современное производство уже вышло из рамок рецептуры мастерства и покоится на научно-теоретических основах (механика, физика, химия, математика) и тесно связанных с ними прикладных дисциплинах (электротехника, многочисленные технологии и т.д.), то отсюда и вытекают требования к научно-техническому фундаменту знаний инженера как руководителя производства и определенные принципы построения учебного плана и педагогической работы в техническом вузе, а именно: инженер должен иметь определенный комплекс специальных знаний и навыков на широкой научно-технической основе [7].

Известно, что в основе обучения лежит задача приобретения научных знаний. Как отмечает известный специалист по педагогическому науковедению А.М. Новиков, научные знания структурируются следующим образом (см. рисунок):

- особое место занимает философия, которая представляет собой одновременно и отрасль науки, и систему взглядов на мир;
- центральными областями научного знания являются физика, химия, космология, кибернетика, биология, антропологические науки, общественные науки, технические науки;
- важное место занимает математика – отдельная область научного знания. Предметом ее рассмотрения является построение формальных моделей явлений и процессов, изучаемых всеми остальными науками;
- практические науки, в которые входит медицина, педагогика, технологические науки, называют еще «деятельными» науками [2].



Необходимо отметить, что математика в техническом вузе является методологической основой всего естественнонаучного знания, и система математического образования в вузе должна быть направлена на использование математических знаний при изучении циклов общепрофессиональных и специальных дисциплин.

Говоря о развитии общей культуры человека средствами математики, необходимо отметить, что прежде всего имеется в виду формирование математического мышления и математический язык. Современный человек, плохо знающий математику, не владеющий ее языком и методами, не может считаться культурным. Математический стиль мышления оказывает влияние и на поведение человека, позволяя ему приступить к решению проблем, не ожидая помощи извне, аргументировать свое мнение, критически оценивать себя и окружающих.

Современная математика играет важную роль в естественнонаучных, инженерно-технических и гуманитарных исследованиях. Она стала для многих отраслей знаний не только орудием количественного расчета, но и методом точного исследования, и средством предельно четкой формулировки понятий и проблем. Без современной математики с ее развитым логическим и вычислительным аппаратом был бы невозможен прогресс в различных областях человеческой деятельности. Математика является мощным средством решения прикладных задач, универсальным языком науки, элементом общечеловеческой культуры. Поэтому математическое образование мы рассматриваем как важнейшую составляющую в системе фундаментальной подготовки современного инженера-электрика.

В начале XX в. академик А.Н. Крылов, знаменитый кораблестроитель, математик и педагог, говорил: «В преподавании математики начинает выступать на первый план чисто логическое умозрение в ущерб наглядности и прикладной стороне дела... такой характер преподавания... в

технических школах... противоестественен, ибо он не соответствует ни склонностям и направлению ума слушателей, ни цели учебного заведения» [5].

Усиление математической подготовки должно заключаться не в вытеснении специальных дисциплин фундаментальными или «мировоззренческими», а в более тесной увязке указанных дисциплин со специальной подготовкой.

Г.М. Фихтенгольц (1888-1952) – крупный математик, основатель Ленинградской школы математического анализа, всю жизнь посвятил преподаванию. Его учебник «Математика для инженеров» (1-е издание в 1931 г.) – больше чем учебник, это энциклопедия, состоящая из трех томов прикладных математических знаний того времени. Автор решил грандиозную педагогическую задачу – создал цельный курс для студента и инженера с органической прикладной направленностью и массой инженерных задач. В предисловии определены педагогические принципы: «Для того чтобы сделать из математики действительно полезное орудие в руках инженера, автору казалось необходимым и самое изложение ее основ увязать с приложениями и, так сказать, сразу показать математику в действии... Все эти приложения группируются вокруг отчетливого математического костяка, без чего усвоение математических понятий было бы затруднено».[6]

Одна из основных целей научно-методической работы по проблемам высшей школы заключается в разработке научно обоснованных структуры и методов совершенствования подготовки инженеров.

Однако при отсутствии единого методически обоснованного плана математической подготовки специалиста на весь период его обучения, с одной стороны, нет связи курса «Высшая математика» с последующими теоретическими и прикладными дисциплинами, с другой – имеют место неоправданные пробелы в математическом образовании инженера или дублирование материала в различных курсах.

Разработка плана непрерывной математической подготовки студентов имеет своей целью, прежде всего, создание научно обоснованной фундаментальной базы методически правильной организации учебного процесса, лишённого отмеченных выше недостатков. Кроме того, анализ развития науки и техники, фундаментальных теоретических и прикладных дисциплин специальности при создании этого плана обеспечивает логическую взаимосвязь всех дисциплин специальности, целесообразное содержание основополагающего курса высшей математики для студента, обучающегося по рассматриваемой специализации, и, наконец, правильное использование и дальнейшее развитие математического образования в последующих теоретических и специальных курсах.

Методическая подготовка единого плана математического курса на весь период обучения начинается анализом содержания общетеоретических, теоретических специальных и специальных дисциплин с целью выявления математического аппарата, необходимого для их изучения.

Содержание учебной дисциплины – это документально оформленная дидактическая инвариантная совокупность учебных элементов, соответствующих требуемому уровню знаний и умений и целенаправленно формирующих определённую составляющую компетентности будущего инженера.

В целях обоснования этого определения рассмотрим семантическую нагрузку входящих в него терминов.

В слове «дидактическая» отражён принцип автономности, что предполагает набор конкретных информационных ресурсов. Выражение «инвариантная совокупность» обуславливает топологический характер системы, что означает возможность изменения системы в процессе развития или применения ее для различных уровней образования, но при этом сохранения своих основных структурных составляющих.

«Совокупность учебных элементов» – совокупность дидактических единиц в виде понятий, правил, теорем, задач, методик и так далее, необходимых для формирования основ профессиональной деятельности и профессиональной компетентности.

«Соответствующих требуемому уровню» – качество учебной информации (уровень усвоения, ступень фундаментальности) должна соответствовать деятельному уровню.

Содержание обучения учебной дисциплины дает ответ на вопрос «чему учить?».

Содержание учебного процесса по учебной дисциплине любой специальности определено государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования (ГОС ВПО). В ГОС ВПО приведены минимальные требования к содержанию и уровню подготовки выпускника по специальности. Требования содержат базу знаний по учебным дисциплинам, культурно-ценностную ориентацию обучаемых, уровень усвоения учебного материала.

Весь теоретический курс обучения в СамГТУ по специальности «100100 – Электрические станции» составляет 7404 ч. (без факультативов и физвоспитания). Учебные дисциплины сгруппированы в блоки. Их объем в часах приведен ниже:

- общие гуманитарные и социально-экономические дисциплины, 1800 ч.;
- общие математические и естественнонаучные дисциплины, 1818 ч.;
- общепрофессиональные дисциплины, 2480 ч.;
- специальные дисциплины, включая дисциплины специализации, 1714 ч.

Таким образом, при формировании специалиста электроэнергетического профиля отводится достаточный объем часов теоретического обучения на фундаментальное и гуманитарное образование, на формирование мировоззрения и развитие мышления.

В ГОС ВПО сформулированы также требования к уровню подготовки выпускников, которые задают качественный уровень усвоения содержания образования по учебным дисциплинам. В ГОСах эти требования изложены в понятиях «иметь представление», «знать», «уметь использовать», «иметь навыки».

Содержание указанных понятий следует понимать следующим образом:

- «иметь представление» (первый уровень усвоения) означает способность идентифицировать объект изучения, дать его качественное описание, сформулировать характерные свойства;
- «знать» (второй уровень усвоения) означает способность воспроизвести изучаемый материал с требуемой степенью научности;
- «уметь использовать» (третий уровень усвоения) характеризует способность применять полученные знания в сфере профессиональной деятельности с возможностью использования справочной литературы;
- «иметь навыки» (четвертый уровень усвоения) понимается как способность самостоятельно выполнять действия в изученной последовательности, в том числе в новых условиях на новом содержании.

На основе требований к уровню математической подготовки студентов СамГТУ по специальности «100100 – Электрические станции» следует начать разработку единого научно обоснованного плана непрерывной математической подготовки студентов на весь период их обучения в вузе. Следует отметить, что такая работа проводилась и раньше на основе экспертного метода [9], который позволяет дать субъективную оценку непрерывной математической подготовки студентов. Учитывая, что при составлении такого плана мы решаем задачу извлечения из текста содержательной информации о применении математики во всех учебных дисциплинах, весьма целесообразно использовать статистико-морфологический метод.

Чтобы провести анализ общетеоретических и специальных дисциплин с целью выявления математического аппарата, необходимого для их изучения, на первом этапе составим тезаурус математических понятий. Тезаурус, согласно «Толковому словарю русского языка», – это словарь или свод данных, полностью охватывающий термины, понятия какой-нибудь специальной сферы [3].

Категориально-понятийная структура математики является ключом к освоению всего арсенала научных достижений в данной области. Анализ законов психологии восприятия и мышления (Дж. Брунер, Л.С. Выготский, А.Н. Леонтьев, С.Л. Рубинштейн, П.В. Симонов и др.) показывает, что именно на основе такой структуры, вырабатываемой в мышлении субъекта в ходе его обучения, воспитания и профессионального общения, конституируется профессиональный мир специалиста. Можно сказать, что математики, химики, биологи и т.д. приобретают в ходе профессионального обучения и развития как бы особые дополнительные органы чувств («подвижные физиологические органы» по А.А. Ухтомскому или «функциональные системы» по П.К. Анохину), обеспечивающие более полное восприятие действительности, чем у обычного человека. Их наличие является одним из главных профессиональных качеств специалиста.

Реализация мыслительной деятельности в рамках категориально-понятийной структуры какой-либо науки требует овладения специфическим вариантом научного языка. Особенное значение это требование имеет в учебном процессе, поскольку всё содержание обучения (учебная и научная литература, лекции, контрольные задания и т.д.) выражено именно на таком языке. Поэтому в учебном процессе научный язык должен выступать как относительно самостоятельный элемент содержания обучения, для чего необходим детальный анализ его состава и структуры. Так, в любом варианте научного языка могут быть выделены следующие компоненты:

- 1) лексика – структурированная совокупность специальных терминов, используемых для обозначения научных категорий и понятий;
- 2) система значений научных понятий;
- 3) специфические модусы и классы эквивалентности терминов и понятий;
- 4) особенности употребления терминов в предложениях;
- 5) специальная (математическая, физическая, химическая и др.) символика;
- 6) буквенные обозначения для основных количественных характеристик и параметров уравнений: различные константы и переменные, единицы измерения и т.д.;
- 7) графические структурные формулы и схемы различных типов;
- 8) системы номенклатуры;
- 9) общеупотребительные аббревиатуры [14].

Владение перечисленными компонентами научного языка открывает доступ к любой информации. Учитывая компоненты математического языка, составим тезаурус, который представим как систему кубиков математических понятий, пронизанных взаимными связями.

На втором этапе предстоит задача по выявлению перечня общенаучных и инженерных дисциплин, в которых используется математический аппарат. Для каждой учебной дисциплины, формирующей модель специалиста по специальности 100100 «Электрические станции», разработана программа, в которой указаны учебно-методические материалы по дисциплине. На основе этой литературы отбирается в электронном виде материал по всему курсу выбранной специальности.

Третий этап – статистико-морфологический анализ, проводимый посредством компьютерной программы (с помощью тезауруса, составленного на первом этапе), которая позволит получить информацию о частоте встречаемости тех или иных математических терминов в учебном материале, отобранном по курсу выбранной специальности. Систематизация результатов позволит оценить использование математики во всех учебных дисциплинах.

На четвертом этапе проводится экспертное исследование содержания дисциплины. Эта технология в СамГТУ применялась и раньше [9].

Пятый этап – интеграция всех подходов, представляющая собой сравнительный анализ различных дисциплин с использованием совокупности стандартных математических методов обработки информации по отбору учебного материала.

Шестой (заключительный) этап – корректировка типовой программы курса «Высшая математика» с позиций обеспечения необходимым математическим аппаратом общенаучных и инженерных дисциплин. Очевидно, что при этом в скорректированную (рабочую) программу могут быть включены новые дополнительные разделы и вопросы за счет соответствующего сокращения объемов времени на изучение менее существенных разделов для специалистов данного профиля.

Всё это позволяет устранить пробелы в математическом образовании инженера рассматриваемого профиля, избежать дублирования чтения отдельных разделов математики в теоретических и специальных курсах и пополнить программы этих курсов изложением того математического материала, который действительно необходим для полноценного изучения курса и подготовки высококвалифицированного специалиста.

При подготовке специалистов большое значение приобретает единство фундаментальности и профнаправленности дисциплины с учетом их взаимодействия. Содержание принципа профнаправленности позволяет сформулировать критерии его реализации в содержании обучения этим предметам:

- введение в содержание обучения профессионально значимого материала на основе анализа содержания общетехнических и специальных дисциплин при условии сохранения логической целостности учебного предмета;
- введение в содержание учебного предмета профессионально значимых умений или видов деятельности.

Процесс разработки плана непрерывной математической подготовки студентов СамГТУ по специальности «100100 – Электрические станции» на кафедре ВМиПИ выявил необходимость введения в содержание обучения профессионально направленных задач.

Математика в техническом вузе занимает двойственное положение. С одной стороны, это – особая общеобразовательная дисциплина: знания, полученные по математике, являются фундаментом для изучения других общеобразовательных, а также общепрофессиональных и специальных дисциплин. С другой стороны, для большинства специальностей технических вузов математика не является профилирующей дисциплиной, и студенты, особенно младших курсов, восприни-

мают ее лишь как некую абстрактную дисциплину, изучение которой не влияет на уровень инженерного образования. Поэтому возникает необходимость определенной интеграции математики с циклом профессиональных дисциплин, обусловленная проникновением математических методов в инженерно-техническую деятельность.

Проблема профессионально направленного обучения математике имеет три главных аспекта. Первый состоит в определении содержания профессионально направленного обучения математике, второй связан с повышением мотивации изучения математики, а третий заключается в разработке средств обучения и методик их использования [10, с. 31-38].

Под профессиональной направленностью обучения математике мы понимаем такое содержание учебного материала и организацию его усвоения в таких формах и видах деятельности, которые соответствуют системной логике построения курса математики и моделируют (имитируют) познавательные и практические задачи профессиональной деятельности будущего специалиста [13]. Принцип профессиональной направленности предполагает включение в содержание обучения профессионально значимых знаний, показывающих связь математических методов и понятий с его будущей инженерной работой.

Специфика математики такова, что важным средством профессионально направленного обучения является решение соответствующим образом ориентированных задач.

Применяя профессионально направленную задачу на лекции или семинаре, преподаватель ставит цель:

- усилить у студентов мотивацию изучения тех математических понятий, которые рассматриваются в данной теме;
- повысить познавательную активность студентов;
- добиться более глубокого понимания темы;
- совершенствовать навыки математического моделирования;
- дать представление о тех аспектах будущей профессиональной деятельности, в которых используются математические методы [11];
- решить пропедевтически некоторые задачи из будущих дисциплин.

Так, при применении на лекциях и семинарах объяснительно-иллюстративного метода следует отдавать предпочтение профессионально ориентированным примерам и задачам, поскольку это способствует поддержанию более высокого уровня мотивации изучения материала.

В качестве примера отметим тему «Теория вероятностей». Теория вероятностей – это математическая наука, изучающая закономерности случайных массовых явлений. В энергетике случайные события имеют место, так же как и во всех других отраслях деятельности человека. Энергетические системы объединяют очень большое число различных технических устройств, как генерирующих, так и передающих энергию. Особенно велико число устройств, преобразующих энергию в другой ее вид. Естественно, что условия работы большой совокупности даже однородных технических устройств резко отличаются друг от друга и носят с точки зрения энергетической системы как целого случайный характер [12]. Так, например, то или иное устройство потребителей (электродвигатель, электровоз, электрическая лампа, электронагревательный прибор) случайно может быть или включенным, или отключенным от электрической сети, работать с той или иной степенью использования. В результате наложения друг на друга таких случайных событий получается та или иная величина спроса электрической мощности в энергосистеме, зависящая от совокупности случайных событий. Аварийные повреждения отдельных элементов энергетической системы (котлов, турбин, генераторов, трансформаторов, линий передачи) или снижения располагаемой мощности (из-за заноса поверхностей нагрева котлов, проточной части турбин и т.п.) также являются случайными событиями, возникающими в результате наложения большого числа неблагоприятных условий. Аварийные повреждения оборудования могут вызвать при отсутствии достаточного резерва мощности генерирующих источников необходимость перерывов в электроснабжении части потребительских установок. Таким образом, основные условия работы энергосистемы, а именно условия, определяющие величины суммарного спроса мощности в энергосистеме и суммарной располагаемой мощности для его покрытия, в свою очередь, определяются большим числом случайных событий. Только зная вероятностные характеристики таких случайных событий, можно правильно определить суммарную величину спроса, величину необходимого резерва мощности и т.д.

На наш взгляд, в единстве с традиционными математическими задачами желательно применение профессионально направленных задач. Приведем для примера следующую задачу.

Пример. Пусть в энергосистеме имеется группа из n однотипных агрегатов (например, котлов или турбин), находящихся в совершенно одинаковых условиях. Вероятность исправного

состояния агрегата равна P , а вероятность противоположного события, т.е. неисправного состояния агрегата (аварийный ремонт), равна q .

Найдем вероятность рабочего состояния m агрегатов из числа n , причем m изменяется от 0 до n . Пусть $n = 8$; $m = 6$; $p = 0,95$, тогда $q = 1 - 0,95 = 0,05$.

При большом числе однотипных агрегатов в электрической системе вероятности повреждения различного числа агрегатов могут быть определены по биномиальной формуле вероятности для схемы независимых испытаний (схема Бернулли).

$$P_n^m = C_n^m p^m q^{n-m} = \frac{n!}{m!(n-m)!} p^m q^{n-m}$$

Из формулы будем иметь:

$$P_n^m = \frac{8!}{6!(8-6)!} \cdot 0,95^6 \cdot 0,05^{(8-6)} = 0,05145643$$

Эта задача дает значительный мотивационный эффект изучения тех математических понятий, которые рассматриваются в данной теме.

По нашему мнению, в процессе построения системы математического образования инженеров-электриков при разработке единого плана математической подготовки на весь период обучения с использованием статистико-морфологического анализа содержания общетеоретических, теоретических специальных и специальных дисциплин необходимо введение в содержание обучения профессионально направленных задач по математике. Однако при принятии решений по содержанию и объемам основных разделов курса «Высшая математика» следует помнить, что математика учит умению абстрагирования и формализации явлений и процессов, является средством их познания, воспитывает диалектику мышления. Она имеет свою внутреннюю логику и структуру, и поэтому нельзя требовать, чтобы все до единого ее вопросы имели инженерное применение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Михайлова И.Г. Математическая подготовка инженера в условиях профессиональной направленности межпредметных связей. Дис. ... канд. пед. наук. Тобольск, 1998. 172 с.
2. Новиков А.М. Научно-экспериментальная работа в образовательном учреждении. М., 1998, 51 с.
3. Ожегов С.И., Шведова Н.Ю. Толковый словарь русского языка. М., 2002. 940 с.
4. Грачёв Н.Н. Психология инженерного труда. М.: Высш. шк., 1998. 333 с.
5. Сб. науч.-метод. ст. по математике. 1971-1978. Вып. 1-8. 1981-1989, 1991; Вып. 9-17; Вып.16, с. 35.
6. Фихтенгольц Г.М. Математика для инженеров. Л.-М., 1934. С. 5.
7. Ходоровский И.И. К постановке вопроса о подготовке инженеров // Вестник высшей школы. 2005. №6. 52 с.
8. Крылов А.Н. О курсе и постановке преподавания математики во вузах. М., 1936. С. 9.
9. Гольдштейн В.Г., Кубарьков Ю.П., Рябинова Е.Н. План математической и вычислительной подготовки на весь период обучения по специальности 0302 «Электрические системы и сети». Куйбышев, 1979.
10. Олешков М.Ю. Содержание образования: проблемы формирования и проектирования // Педагогика. 2004. №6.
11. Применение профессионально направленных задач по математике на аудиторных занятиях: Учеб.-метод. пособ. / В.А. Шершнева; Красноярск, 2003.
12. Математические задачи электроэнергетики: Учеб. пособ. / А.А. Воронин, А.С. Добросотских, П.А. Кулаков; Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2003. 138 с.
13. Носков М.В, Шершнева В.А. Компетентностный подход к обучению математике // Высшее образование в России. 2005. №4. С. 36-39.
14. Паничев С.А. Дедуктивный принцип обучения в высшем естественнонаучном образовании // Педагогика. 2004. №8. С. 18-28.