Математические структуры и моделирование
1998. Вып. 1, с.110-122.

УДК 681.14

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

С.Ю. Полякова

The problems of mathematical educations in the aspect of mathematical modeling of social pricesses are considered.

1. Математическое моделирование

Одной из важнейших задач учителя математики является задача формирования научного мировоззрения учащихся. Н.А. Терешин считает, что существуют два пути формирования научного мировоззрения: через логическую организацию учебного предмета и через прикладную направленность курса. Рассмотрим вопросы, связанные с реализацией прикладной направленностью курса.

Теоретическое обоснование необходимости уделения пристального внимания к этой проблеме дано в работах Е.С. Вентциль, А.Н. Колмогорова, В.М. Монахова, Н.Я. Виленкина, А.Я. Блоха, А.Д. Мышкиса.

Так, например, А.Д. Мышкис пишет: «Для подавляющего большинства учащихся цель математического образования состоит в его практических возможностях, в необходимости применения методов математики и ее результатов в любой сфере деятельности, в ее развивающем значении. Поэтому необходимо показывать учащимся, как применяется математика к решению практических задач» [6, с.6].

Определение сущности прикладной направленности обучения школьной математике дает В.В. Фирсов: «осуществление целенаправленной содержательной и методологической связи школьного курса математики с практикой» [14, с.232].

А.Д. Мышкис и М.М. Шамсутдинов конкретизируют термин прикладной направленности так: «Под прикладной направленностью обучения математике мы понимаем формирование у учащихся знаний, умений и навыков, необходимых для применения математики в других учебных дисциплинах, в трудовом процессе, в быту и тому подобное, а в идеале - и в развитии стремления к таким применениям» [15, с.12]. А.О. Будринсчитает, что «... связь обучения с жизнью, прикладная направленность школьной математики может и должна являться не только целью, но и средством, способом обучения математике», предлагает раскрывать приложения математики «в двух направлениях: применение математического аппарата при анализе практических и производственных ситуаций и применение математики как исследовательского инструмента в других науках, в том числе и в самой математике, когда методы и результаты одной теории используются в другой математической теории». Данный принцип требует изменения стиля изложения материала. Математику следует сделать «активной, учить ее не как нечто застывшее, а как нечто конструируемое, создаваемое самими учениками» [16, с. 21, 22, 23].

Н.А. Терешин выделил две взаимосвязанные функции прикладной направленности школьного курса математики: 1) мировоззренческая, которая реализуется, когда «устанавливают связь математики с другими предметами, знакомят с элементами моделирования (внешнего), алгоритмами, рассматривают историю возникновения и эволюцию математических понятий и т.д» [8, с.3]; 2) социально-педагогическая, которая реализуется, «когда проводится профессиональная ориентация школьников средствами самого этого курса, экономическое и экологическое воспитание учащихся, обучение их элементам программирования на ЭВМ, работе с микрокалькулятором, то есть, когда школа выполняет социальный заказ общества на раннем этапе развития».

В реализации прикладной направленности ведущая роль отводится решению прикладных задач. Не вдаваясь в подробное освещение различных трактовок этого термина, будем придерживаться приведенного Н.А. Терешеным [8, с.7] определения прикладной задачи как задачи, поставленной вне математики и решаемой математическими средствами.

А.Р. Мышкис, М.М. Шамсутдинов отмечают, что «неформальное обсуждение условия исходной задачи, уяснение смысла участвующих в ней величин, ...выбор и мотивировка гипотез, обсуждение выводов из ее изучения ... вызывают наибольшие затруднения, а именно владение ими ... определяет умение применять математику за ее пределами» [15, с.12].

Существуют различные классификации прикладных задач: по принадлежности фабулы к специфическим предметным областям (экономические, сельскохозяйственные, машиностроительные и другие); по типам возникающих при их решении математических моделей (на функцию, уравнение и так далее); по форме использования на уроках (подготовительные, задачи на применение отдельной теоремы, формулы; комбинированные). Исследователи Н.Р. Колмакова и Р.А. Майер [17, с.44-46] разработали систему ранжирования прикладных задач по условию и требованиям, предъявляемым в ходе решения, к учащимся.

Т.А. Ширшова [18] не рассматривает в исследовании прикладную задачу явно, но приводит классификацию математических моделей, возникающих в исследованиях гуманитарных ситуаций. Эта классификация строится на анализе содержания фабулы задачи и математическом содержании соответствующей математической модели. Приведем конспективно ее здесь.

Первый тип задач – внематематическое содержание доступно учащимся; математическая модель изучается в основном курсе математики.

Второй тип задач – внематематическое содержание не требует длительного по времени изложения и доступно и поучительно для старшеклассников; математическая модель не изучается в основном курсе математики, но существует методика, позволяющая сделать ее доступной.

Третий тип задач – внематематическое содержание требует достаточно длительного по времени изложения; математическая модель доступна (такие задачи исключаются из учебных курсов).

Четвертый тип задач – математическая модель опирается на вузовские разделы математики, не позволяющие адаптировать ее для преподавания старшеклассникам.

Таким образом, в школьный курс математики необходимо включать прикладные задачи только первых двух типов.

Рядом исследователей отмечается, что любая прикладная задача ценна тогда и только тогда, когда выявлены и реализованы ее учебные (воспитательные, дидактические, познавательные) функции.

Р.М. Асланов отмечает: «Использование прикладных математических задач помогает формировать научное мировоззрение обучаемых:

– наблюдениями (непосредственно или опосредованно) предметов и явлений реального мира, а также получением сведений о происхождении математики на основе показа математических закономерностей;

– показом роли и места математики в системе других наук;

– показом взаимосвязи и взаимообусловленности с научно-техническим прогрессом;

– использованием научно-познавательных методов (анализа, синтеза, индукции, дедукции и других) для познания реальной действительности;

– показом диалектики в развитии математики (внутренние противоречия как основная движущая сила любого развития, от вчерашней неразрешимой проблемы – к сегодняшней разрешенной; от специфичного и отдельного метода к общему и созданию теории и наоборот);

– показом возможностей математики в формировании человеческого мышления и личности; и др» [10, с.20].

Н.А. Терешин [8] понимает прикладную направленность школьного курса математики как методическую систему, составляющими компонентами которой являются элементы (внешнего) моделирования (решение прикладных задач), межпредметные связи, экономическое и экологическое воспитание учащихся.

В связи с этим рассмотрим вопросы, связанные с обучением школьников элементам математического моделирования.

Одним из дидактических принципов обучения является принцип научности. В [1, с.26] указаны взаимосвязанные условия реализации этого принципа на практике:

1) соответствие содержания образования уровню современной науки;

2) создание у учащихся верных представлений об общих методах научного познания;

3) показ важнейших закономерностей процесса познания.

Для нас важно то, что второе условие «естественным образом выдвигает на первый план обучение школьников доступным для них способам математического моделирования» [2, с.26], так как метод математического моделирования является одним из самых эффективных методов научного познания действительности с помощью математики.

Анализ методической литературы о математическом моделировании в образовании, написанной за последние 20 лет, показывает, что в начале этого периода дидактам и методистам свойственно скорее декларировать необходимость ознакомления школьников с методом математического моделирования [3, с.240]. Так, Ю.М. Колягин [4, с.167], говоря о том, что в школьном курсе математики должны быть представлены упражнения по формированию математических навыков, приводит краткий перечень целей обучения через задачи:

1) заинтересовать или мотивировать;

2) приводить к открытию процессов или пониманию соотношений;

3) развивать и практиковать «технику решения задач»;

4) формировать понятие математической модели.

Но, каким образом достичь эти цели, автор не указывает.

А.Я. Блох, И.А. Павленкова впредполагают, что «в силу своей сложности «понятие математической модели» по-видимому, не может являться предметом изучения в школе. Но крайне важно, чтобы оно было проиллюстрировано на развернутом примере» [2, с.310] .

А.А. Пинский в связи с рассмотрением роли математической модели на уроках физики и математики пишет: «... обучение математическому моделированию должно осуществляется не только (и даже не столько!) на уроках математики, но и в процессе обучения всем естественнонаучным дисциплинам, преподающимся в средне-общеобразовательных школах» [5, с.118].

На современном этапе вопросы, связанные с различными аспектами методики обучения математическому моделированию, рассмотрены рядом исследователей: Н.А. Терешиным, И.М. Шапиро, А.Г. Мордковичем, В.М. Монаховым и другими.

В методике сложилось достаточно устойчивое определение термина «математическая модель реального процесса» – это приближенное описание этого процесса на языке математики. Математическое моделирование – построение модели и последующее ее исследование.

Самое общее описание процесса математического моделирования заключается в перечислении 3-х этапов:

1. Формализация условия.

2. Внутримодельное решение.

3. Интерпретация результата.

В научно-методической литературе существуют и более подробные описания структуры этого процесса.

Например, в [6, с.6] приводится следующая схема:

1. Математическая формулировка задачи, опирающаяся на неформальное обсуждение ее постановки.

2. Выбор метода исследования сформулированной математической задачи.

3. Проведение математического исследования.

4. Анализ и реальная интерпретация полученного математического результата.

Ряд авторов (А.Д. Мышкис, М.М. Шамсутдинов [15], Н.Р. Колмакова, Р.А. Майер [17]) тоже выделяет четыре этапа, но при этом первые два пункта выглядят так:

1. Предварительное рассмотрение объекта.

2. Создание (выбор) математической модели.

Гораздо более развернутые схемы приведены у Г.В. Малковой, В.М. Монахова [7, с.47]:

1. Изучение объекта.

2. Описание объекта.

3. Математическое моделирование (составление математической модели).

4. Выбор (или разборка) метода исследования математической модели.

5. Выбор или составление программы решения задачи на ЭВМ.

6. Решение задачи на ЭВМ.

7. Анализ полученного решения.

Такое расхождение в описании процесса математического моделирования, по-видимому, происходит из-за того, что авторы уже в схеме хотели выделить и зафиксировать некоторые группы действий, результатом овладения которых являются соответствующие умения школьников.

Так, В.А. Стукалов, М.В. ‘Крутихина, Н.А. Терешин выявляют следующие элементы этапов формализации и интерпретации:

– замена исходных терминов выбранным математическим эквивалентом;

– оценка полноты исходной информации и введение при необходимости недостающих числовых данных;

– выбор точности числовых значений, соответствующей смыслу задачи;

– выявление возможности получения данных для решения задачи на практике.

Г.М. Морозов [8, с.7] выделяет три основных элемента этапа формализации и на их основе формулирует основные умения, которые необходимы при построении математической модели:

1) выделение системы основных характеристик задачи;

2) нахождение системы существенных связей между характеристиками;

3) нахождение системы необходимых ограничений, накладываемых на характеристики

И.М. Шапиро [9, с.38] выделяет следующие умения:

1) на этапе формализации: умение выделять существенные факторы, определяющие исследуемые явления (процесс), умение указать те факторы, которые вызывают погрешность при составлении модели, умение выбрать математический аппарат для составления модели.

2) на этапе внутримодельного решения: умение планировать ход решения; умение дать качественную оценку количественных результатов, выявить и оценить источники погрешности.

3) на этапе интерпретации решения: умение грамотно перевести результат решения на язык исходной задачи, умение проверять решение; умение распространять найденные решение на решение других практических задач, оценить итоговую степень точности получения результатов и выяснить ее влияние на корректность решения.

Р.М. Асланов приводит приблизительно тот же список умений, включая в их число и «специфические элементы математической культуры», например, на первом этапе знания о способах получения информации; на втором – соотнесение уровня погрешности вычислений с уровнем погрешности математической модели [10, с.35-37].

Все авторы подчеркивают, что только настойчивая работа по формированию этих навыков у учащихся, то есть работа по усилению внимания (конкретизация) ко всем трем этапам математического моделирования, может обеспечить верное представление о процессе математического моделирования у школьников.

Понятие модели тесно связано с наглядностью, так как становится легко обозримой структура связей рассматриваемого явления, доступной для формального исследования [1, с.29]. Именно это дает основание некоторым исследователям (В.В. Давыдов; Л.М. Фридман) полагать, что для школьного курса математики особую роль должен играть не принцип наглядности, а принцип моделирования, который является «высшей ступенью принципа наглядности», «его развитием и обобщением, связанным с принципиальными изменениями в целях обучения и типах учебного процесса» [11, с.51]. Л.М. Фридман определяет реализацию этого принципа в обучении математике следующим образом: «во-первых, изучение самого содержания школьного курса математики с модельной точки зрения, во-вторых, формирование у учащихся умений и навыков математического моделирования различных явлений и ситуаций, наконец, в-третьих, широкое использование моделей как внешних опор для внутренней мыслительной деятельности, для развития научно-теоретического стиля мышления» [11, с.58].

В соответствии с этими требованиями А.Г. Мордкович [12] выдвинул новую концепцию школьного курса алгебры, идейным стержнем которой являются понятия «математический язык», «математическая модель», при этом «математика предстает перед учащимися не как набор разрозненных фактов, который учитель излагает только потому, что они есть в программе, а как цельная, развивающаяся и в то же время развивающая дисциплина общекультурного характера» [12, с.28]. «Методология новой концепции заключается в следующем: каждый год обучения ориентирован на конкретную модель реальной действительности». Понятие математического моделирования предусмотрено ввести в самом начале 7 класса, в дальнейшем раскрывая тезис «математика изучает математические модели» с помощью изучения четырех основных типов моделей: равномерных, равноускоренных, периодических процессов и процессов органического роста.

Как видим, современная методика преподавания математики прошла путь от высказываний в пользу полезности формирования представлений о математическом моделировании у школьников до конкретных разработок школьного курса алгебры, основанного на использовании идей математического моделирования.

Н.А. Терешин [8, с.19] выделил основные дидактические функции математического моделирования:

1) познавательная – реализуется в ознакомлении учащихся с наиболее кратчайшим и доступным способом осмысления изучаемого материала;

2) управления деятельностью учащихся;

3) интерпретационная;

4) эстетические.

С проблемой обучения методу математического моделирования школьников тесно связана проблема реализации межпредметных связей математики, которые вытекают из самого существа моделирования; «Решение прикладных задач – высший уровень использования межредметных связей в практике преподавания математики» [19, с.7].

Известно, что реализация межпередметных связей способствует осуществлению всех функций обучения: образовательной, развивающей и воспитывающей.

В.А. Далингер замечает: «Для того, чтобы межпредметные связи стали достоянием ученика, следует включить их в его учебно-познавательную деятельность в качестве ее необходимых условий и компонентов... Реализация межпредметных связей в обучающей деятельности учителя заключается прежде всего в отборе материала, который представляет эти связи, в выборе организационных форм, методов и приемов обучения, направленных на наиболее успешное усвоение этого материала» [20, с.11].

На пути реализации в школе межпредметных связей математики с другими науками существует много трудностей, причины которых Г. Терлиньски [21] видит в «пренебрежении к использованию имеющихся у учащихся математических знаний учителями других дисциплин; почти полное отсутствие ориентировки в программе по математике у учителей других предметов, и наоборот, непонимание большинством учителей сущности процесса применения математики за ее пределами».

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что привлечение элементов математического моделирования в школьную практику стало актуальным, особенно сейчас, когда многие методисты всерьез задумываются над проблемой гуманитаризации школьного образования. Мы считаем, что, показывая школьникам те аспекты математики, которые используются для решения прикладных задач (причем возникших не только в области естественных наук, а и при исследованиях в гуманитарных областях), мы тем самым способствуем гуманитаризации общего образования, расширяем мировоззрение школьников.

Закономерен вопрос: насколько возможно вводить элементы математического моделирования в процесс обучения, ведь у школьников даже десятыходиннадцатых классов нет достаточной математической подготовки (значительная часть необходимого для моделирования математического аппарата – дифференциальные уравнения, теория вероятностей и т.д. – либо вообще не изучается (в базовом школьном курсе математики), либо (в углубленном курсе математики) дается не в полном объеме)? Мы думаем, что эти трудности преодолимы с помощью содержательного проникновения в предмет, овладения эмпирическими правилами, а также численных методов, реализуемых на компьютерах, что заметно снижает барьер необходимой математической подготовки учащихся.

В серьезных научных исследованиях на современном этапе обязательным становится применение компьютеров при решении реальных задач средствами математики . Это происходит из-за необходимости учета в разумные сроки большого числа переменных и зависимостей между ними. «Особое значение имеет возможность варьировать и уточнять исходные описания, облегчающие выявление существенных свойств исследуемого процесса» [23, с.81]. Поэтому компьютеры и компьютерные методы обучения вычислениям можно «рассматривать как новые эффективные средства реализации трудных операций математической операционной системы» [22, с.84].

Как указывают Н.Н. Моисеев и А.А. Петров, «построение больших математических моделей открывает возможность превращения ЭВМ в экспериментальную установку...», в связи с этим термин «имитационная машина» означает объединение системы «... исходных моделей, имитирующих изучаемую реальность, и всего необходимого сервиса, позволяющего многократно использовать модели для проведения серии математических экспериментов» [24, с.3]. Обычно при имитационном эксперименте физических процессов известна большая часть уравнений и параметров, задающих процесс. Необходимо, «...используя данные физических и вычислительных экспериментов, уточнять некоторые описания, а в известных описаниях уточнить параметры». В области социальных приложений математики дело обстоит гораздо сложнее. «Обычно неизвестны еще даже основные уравнения, описывающие общественные процессы. Нельзя поставить чистый целеноправленный социально-экономический эксперимент. Математическое имитационное экспериментирование с моделями на ЭВМ остается единственным средством проверки фундаментальных (или, иначе, исходных, элементарных) гипотез относительно структуры общественных отношений и взаимодействий общественных процессов. Опыт показывает, что такие гипотезы можно формулировать как некоторые вариационные принципы. Сравнительно редко удается из исходного вариационного принципа аналитически вывести следствие качественного характера о свойствах изучаемых отношений или взаимодействий. Возникает задача – научиться выводить качественные следствия из имитационных экспериментов на ЭВМ» [24, с.4-6].

Наряду с этими «внутренними» проблемами приложения ЭВМ существует более общая проблема – проблема не очень эффективного использования вычислительной техники в разных ситуациях. «Одна из причин этого – непонимание пользователями объективных закономерностей, относящихся к включению в ту или иную область деятельности какого-либо нового фактора, позволяющего резко усилить физические или интеллектуальные возможности исполнителей.... Пытаясь сделать с помощью ЭВМ то же самое, что делалось без них, к тому же практически теми же старыми методами, мы, образно говоря, использовали ЭВМ как микроскоп для забивания гвоздей» [25, с.10].

Для того, чтобы избежать повторения этой ситуации, необходимо формировать у подрастающего поколения привычку обращаться к компьютеру всякий раз, когда это может оказаться полезным для решения стоящих перед ними задач.

«Для этого необходимо, чтобы учащиеся не только освоили азы формальных операций с компьютерами, не смотрели на него, как на забавную игрушку, но и (прежде всего!) поняли те особенности, которые связаны как с новыми возможностями, открывающимися при применении ЭВМ, так и с новыми требованиями к специалистам, прямо или косвенно эту технику использующими» [25, с.10].

Огромное разнообразие ролей компьютера в учебном процессе в своей основе является сочетанием трех главных функций компьютера в учебном процессе: компьютер как орудие, компьютер как партнер, компьютер как источник формирования обстановки.

Реализовать эти функции в полном объеме в школе призван курс информатики и вычислительной техники. В настоящее время происходит обсуждение и утверждение тем, включаемых в образовательные стандарты. Для нас важно то, что практически все авторы программ обучения в обязательном порядке уделяют время для рассмотрения роли компьютера в процессе моделирования реальных процессов. В разном объеме затрагивается эта тематика, но ключевым для нее становится термин «информационная модель». Под «информационной моделью» чаще всего понимается такая модель, в которой не воспроизводятся сами свойства и характеристики объектов моделирования, а дается их описание на каком-либо языке.

Итак, в числе основных требований к уровню подготовки учащихся относят:

– учащиеся должны иметь представление о сущности формализации и методе моделирования;

– уметь построить простейшие модели и исследовать их с использованием компьютера.

При этом выделяют два направления:

1. Использование компьютерных моделей (точнее, учебных компьютерных моделей) как средства наглядности.

2. Работа с учебными компьютерными моделями как с объектами исследований.

Примеры реализации этих подходов можно найти в [25, 30] и других.

При анализе существующей методической литературы замечено, что мало разработанной остается тема, знакомящая школьников с современным использованием математического моделирования в исторических исследованиях. Изучая это обстоятельство, мы пришли к выводу, что можно, например, привлекая самые основные понятия из курса «Начала математического анализа», показать старшим школьникам, что к истории – науке о событиях в их связи и последовательности, можно подойти и с точки зрения естественных наук. Для этого необходимо знакомство с основными идеями теории этногенеза известного историка Л.Н. Гумилева.

Отметим, что именно эта теория, описывающая всю историю человечества как совокупность различных этногенезов (процессов возникновения, развития, гибели этносов), очень удобна для показа возможностей метода математического моделирования. Это происходит из-за того, что введенный Л.Н. Гумилевым термин «пассионарность», понимаемый как «мера потенциальных возможностей конкурирующих этнических систем», позволяет множество исторических фактов свести к небольшому числу поддающихся оценке переменных. А это очень удобно для построения математической модели этногенеза.

Для школьников рассказ о роли математического моделирования в некоторых исторических исследованиях можно реализовать в виде блока занятий, посвященных одной идее – построению и изучению обобщенной математической модели этногенеза.

Приведем план этих занятий.

1. Введение в теорию Л.Н. Гумилева. Ознакомление с основными понятиями: этнос, этногенез, пассионарность, пассионарии, субпассионарии, гармоничные люди, фазы этногенеза, схема этногенеза.

Особое внимание уделяется пассионарности – энергетической характеристике, с помощью которой можно не только качественно, но и количественно описать ход этногенеза.

2. Рассказ о математических моделях различных простых физических и биологических процессов. Разбор каждого этапа математического моделирования.

3. Составление на качественном уровне, на основе полученных знаний системы обыкновенных линейных дифференциальных уравнений, которые описывают состояние пассионарной напряженности каждого из элементов этноса (см. [26, 27, 28, 29]).

4. Работа в компьютерном классе с пакетом специально созданных программ, решающих данную систему и графически представляющих полученные результаты.

У школьников появляется возможность, изменяя коэффициенты в уравнениях, прямо манипулировать созданным ими этносом. А это позволяет развивать у учащихся опыт наблюдателя, интуицию, способность к предсказанию. Интерпретируя полученные результаты, школьник использует и «здравый смысл», и запас знаний по истории. При этом им глубже осмысливается реальное значение коэффициентов в дифференциальных уравнениях.

Занятия такого рода проводились автором в ФМШ – лицее 64, с учениками гимназии 75, со школьниками 32 школы, со студентами исторического и математического факультетов ОмГУ. Был отмечен огромный интерес со стороны слушателей к данным занятиям, в частности, и к теме этих занятий в целом. Возможность проведения численного эксперимента с математической моделью позволяет расширить и сделать более глубокими знания и по математике, и по истории, усилить прикладную и практическую направленность обучения. Привлекательной стороной подобного моделирования является и возможность приобщения учащихся к компьютерной технике, и выработка навыков ее систематического использования, чего трудно достичь на одних лишь занятиях базового курса информатики. Считаем, что подобные занятия имеют большое мировоззренческое значение.

Литература

1. Столяр А.А. *Педагогика математики.* – Минск: Высшая школа, 1986.
2. *Методика преподавания математики. Общая методика* / Сост.: Р.С. Черкасов, А.А. Столяр. – М.: Просвещение, 1985
3. Варданян С.С. *Решение прикладных задач на уроках геометрии* // Современные проблемы методики преподавания математики. – М.: Просвещение, 1985.
4. Колягин Ю.Н. *Методика преподавания математики в средней школе.* – М.: Просвещение, 1975.
5. Пинский А.А. *Математические модели в системе межпредметных связей.* // Межпредметные связи естественно-математических дисциплин. – М.: Просвещение, 1980.
6. Блох А.Я., Виленкин Н.Я., Мышкис А.Д., Роговская Е.Б. *Проблемы прикладной направленности школьного курса математики* // Проблемы преподавания математики в школе. – М.: Просвещение, 1984.
7. Малкова Т.В., Монахов В.М. *Математическое моделирование - необходимый компонент современной подготовки школьника* // Математика в школе. – 1984. – N3. – С.46-49.
8. Терешин Н.А. *Прикладная направленность школьного курса математики.* – М.: Просвещение, – 1990.
9. Шапиро И.М. *Использование задач с практическим содержанием в преподавании математики.* – М.: Просвещение, 1990.
10. Асланов Р.М. *Гуманитарный потенциал курса дифференциальных уравнений.* – М.: Прометей, – 1996.
11. Фридман Л.М. *Психолого-педагогические основы обучения математики в школе.* – М.: Просвещение, 1983.
12. Мордкович А.Г. *Новая концепция школьного курса алгебры* // Математика в школе. – 1996. – N6.– С.28-33.
13. Крутихина М.В.*Обучение элементам моделирования при решении сюжетных задач в курсе алгебры восьмилетней школы как путь реализации прикладной направленности школьного курса математики:* Автореф. ... канд. пед. наук. – Л., 1986.

14. Фирсов В.В. *О прикладной ориентации курса математики* // Углубленное изучение алгебры и анализа. – М.: Просвещение, 1977. С.215-239.

15. Мышкис А.Д., Шамсутдинов М.М. *К методике прикладной направленности обучения математики* // Математика в школе. – 1988. – N2.– С.12-14.

16. Будрин А.О. *Принцип прикладной направленности школьной математики* // Математические методы решения прикладных задач в практике преподавания. – Пермь, 1991.

17. Колмакова Н.Р., Майер Р.А. *Задачи прикладной направленности в практике работы учителей математики школ красноярского края* // Математические методы решения прикладных задач в практике преподавания. – Пермь, 1991.

18. Ширишова Т.А. *Математическое образование старшеклассников с гуманитарными склонностями как методическая проблема:* Дисс. ... канд. пед.наук. – Омск, ОГПИ, 1994.

19. Фоминых Ю.А. *Мировоззренческая роль прикладной направленности в преподавании математики* // Математические методы решения прикладных задач в практике преподавания. – Пермь, 1991.

20. Далингер В.А. *Межпредметные связи математики физики.* – Омск, 1991.

21. Терлиньски Г. *Теоретические основы прикладной ориентации обучения математики и их реализации в школах ПНР:* Дисс. ... доктор. пед.наук. – М., 1989.

22. Неймарк Ю.И. *Математика как операционная система и модели* // Соросовский образовательный журнал. 1996. N1. С.82 -85.

23. Александров В.В., Арсентьев В.Н. *Что может ЭВМ?* – Л.: Машиностроение, 1986.

24. Самарский А.А., Моисеев Н.Н., Петров А.А. *Математическое моделирование. Процессы в сложных экономических и экологических системах.* – М.: Наука, 1986.

25. Матюшкин-Герке А. *Учебно-прикладные задачи в курсе информатики* // ИНФО. 1992. N3-4, N5-6. С.3-11, 15-18.

26. Гуц А.К. *Математическая модель этногенеза.* – Деп.в ВИНИТИ 20.07.94, N 1885-В94. 18 с.; То же: Фундаментальная и прикладная математика. – Омск: ОмГУ, 1994. С.90-106.

27. Гуц А.К. *Математическая модель социогенеза.* – Деп.в ВИНИТИ 21.10.96. N 3101-В96. 15 с.

28. Гуц А.К., Ланин Д.А., Никитин С.В. *Математическое моделирование этногенетических процессов.* – Деп. в ВИНИТИ 21.10.96, N 3100-В96. 17 с.

29. Гуц А.К. *Глобальная этносоциология.* – Омск: ОмГУ, 1997. 212 с.

30. Просвиркин В.Н., Новиков А.И., Данюшевская Т.И. *Экспериментальная программа по дизайн-технологии* // ИНФО. 1997. N1. С.31-38.