УДК 378.147:519.72

***КОСТЮЧЕНКО Роман Юрьевич**, кандидат педагогических наук, доцент кафедры теории и методики обучения математике Омского государственного педагогического университета. Автор 37 научных публикаций, в т. ч. двух учебных пособий*

ОБУЧЕНИЕ ОСНОВАМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ: СОДЕРЖАТЕЛЬНЫЙ АСПЕКТ

В статье актуализируется проблема содержания обучения студентов различных специальностей курсу «Основы математической обработки информации». Автором рассматриваются аксиоматический метод и метод математического моделирования как основные математические общенаучные методы познания. По предположению эти два метода предопределяют как применение науки математики в других научных областях, так и содержание обучения студентов по использованию этих методов в решении профессиональных задач. На основе анализа научно-методической литературы с иллюстрацией на конкретных примерах автор показывает, что в обучении студентов основам математической обработки информации следует придерживаться определенных положений. Во-первых, необходимо обучать анализу готовых математических моделей. Во-вторых, формировать умение в построении математической модели, ее исследовании и интерпретации полученного математического решения; при этом усвоение основных идей и методов должно начинаться с простых и интуитивно понятных примеров, а затем продолжаться при решении задач, характерных для соответствующей предметной области. В-третьих, для реализации грамотного внутримодельного решения необходимо изучать методы самой математики. Знакомство студентов с аксиоматическим методом целесообразно осуществлять при рассмотрении и анализе примеров локальных аксиоматических теорий, построенных на конкретном и подходящем материале.

***Ключевые слова:** основы математической обработки информации, аксиоматический метод, метод математического моделирования.*

Математическая обработка информации является неотъемлемым компонентом современных исследований в области не только естественных и технических наук, но и, казалось бы, далеких от математики гуманитарных и социальных. Математика и ее методы позволяют описывать и объяснять различные явления, объекты, процессы, а также прогнозировать их возможное поведение. В связи с этим обучение студентов вузов различных специальностей основам математической обработки информации мы считаем востребованным и необходимым.

Содержание обучения курсу «Основы математической обработки информации», на первый взгляд, очевидно и направлено на формирование навыков применения математического аппарата обработки данных теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач. Так, химикам и биологам важны, например, знания об экспоненциальной функции, физикам – действия с векторами, в более сложных случаях – решение дифференциальных уравнений и т. п. Однако возникает вопрос о необходимости и достаточности включения тех или иных математических знаний в программу обучения специалистов различного профиля.

На наш взгляд, логически обоснованное решение проблемы дает анализ уровней методологического знания. В.П. Кохановский отмечает, что «в современной науке достаточно успешно “работает” многоуровневая концепция методологического знания. В этом плане все методы научного познания могут быть разделены на группы по степени общности и широте применения» [9, с. 183].

Определим следующие четыре уровня методологического знания: философский (его содержание составляют общие принципы познания и категориальный строй науки в целом), общенаучный (рассматриваются концепции, применяемые во многих науках), конкретно-научный (совокупность методов, принципов исследования и процедур, применяемых в той или иной специальной дисциплине), технологический (методика и техника определенного исследования).

Вполне очевидно, что математические методы присутствуют на двух последних уровнях (например, метод координат, векторный метод, метод математической индукции, метод треугольников, интегрирование по частям и др.). Общенаучный уровень, на наш взгляд, представлен с точки зрения математики двумя ее методами: метод математического моделирования и аксиоматический метод. Эти два метода и предопределяют использование математики в других научных областях. Поэтому рассмотрим их более подробно и сделаем соответствующие выводы.

Аксиоматический метод – «способ построения научной теории, при котором в ее основу кладутся некоторые исходные положения, называемые аксиомами, а все остальные утверждения этой теории, называемые теоремами, доказываются на основе этих аксиом путем чисто логических рассуждений» [20, с. 4].

Начало аксиоматическому методу положено в трудах древнегреческих ученых, венцом творения которых можно считать «Начала» Евклида (около 300 года до н. э.), служившие образцом строгости математической мысли на протяжении двух последующих тысячелетий. И лишь в конце XIX века система аксиом Евклида получает логически полную современную трактовку в трудах Д. Гильберта. Наряду с этим появляется и неевклидова геометрия – геометрия Лобачевского, послужившая толчком к развитию альтернативных геометрий. Аксиоматическую основу получают и другие разделы математики, в итоге к концу XIX века почти вся математика строится на аксиоматической основе. В середине XX века в основу всей математики положена теория множеств. Это находит отражение и в программе обучения школьников и студентов, однако изучение математики на теоретико-множественной основе оказывается для учащихся непосильным, школа возвращается к прежней системе изложения материала, но в самой математике аксиоматический метод играет важную роль.

Развитие взглядов на аксиоматический метод характеризуется переходом от «конкретной содержательной аксиоматики к аксиоматике сначала абстрактной, а затем полностью формализованной. Формализованная аксиоматика возникает на основе абстрактной и отличается от нее, во-первых, точным заданием правил вывода, во-вторых, вместо содержательных рассуждений она использует язык символов и формул, в результате чего содержательные рассуждения сводятся к преобразованию одних формул в другие, то есть к особого рода исчислениям» [19, с. 39].

Широкое распространение аксиоматического метода говорит о несомненном его достоинстве. В чем же его сила? Почему «принцип аксиоматического метода в последнее столетие находил и находит реализацию как в естественных, так и социально-гуманитарных науках: физике, биологии, космологии, языкознании, литературоведении, теории управления и т. д.» [19, с. 40–41].

Ответ кроется в самой сути аксиоматического метода и может быть раскрыт в теоретическом и практическом аспектах. Во-первых, аксиоматический метод придает логическую стройность научной теории, ограничивает произвол при принятии научных суждений в качестве истин данной теории. Во-вторых, создав некоторую аксиоматику, мы можем, не проводя повторных рассуждений, утверждать, что ее выводы имеют место в каждом случае, когда справедливы рассматриваемые аксиомы. Другими словами, сила аксиоматического метода в отношении к другим наукам заключается в том, что, развив ту или иную аксиоматическую теорию и найдя прототипы неопределяемым в ней понятиям и отношениям из реальной жизни, а точнее из области соответствующей науки, мы получаем выводы для данной научной области, которые не требуют повторных доказательных рассуждений. Столь привлекательный путь направляет усилия ученых на аксиоматизацию не только математических, но и нематематических наук. Как отмечает В.Н. Садовский, «вопрос о применимости аксиоматического метода в нематематических науках тесно связан с вопросом о возможности использования в этих дисциплинах математических методов вообще. Если в какой-либо дисциплине начинают широко использоваться математические методы, то совершенно неизбежно наступает момент в развитии этой дисциплины, когда актуальной становится проблема ее аксиоматизации» [14, с. 248].

Рассматривая аксиоматический метод в отношении обучения студентов, отметим, что формальная аксиоматика достаточно сложна и порой непосильна для многих обучающихся, а для осознанного применения аксиоматического метода должен быть накоплен определенный багаж знаний и умений. Выход видится в некотором компромиссном варианте: аксиоматический метод так значителен, что нельзя не знакомить с ним, но он так труден, что выстраивать научные знания аксиоматически нельзя, целесообразно для ознакомления с этим методом рассмотреть примеры аксиоматических теорий на конкретном и подходящем материале. Так, В.Г. Болтянский показывает знакомство с аксиоматическим методом на примерах метрического пространства и группы [3, с. 252–261]. А.А. Столяр приводит пример построения начал стереометрии «в аксиоматическом стиле», подчеркивая обусловленность данного понятия тем, что «приведенное изложение начал стереометрии (теория принадлежности и параллельности в евклидовом пространстве) не является аксиоматическим в современном смысле этого слова, так как оно представляет собой построение не абстрактной теории, а лишь ее конкретной модели» [17, с. 192].

Представляя аксиоматический метод в качестве метода обучения, А.А. Столяр говорит о методике построения «маленьких» теорий [18, с. 120–126], представляющих локальную логическую организацию внутри какой-нибудь небольшой темы. «Глобальная аксиоматизация должна завершать, а не начинать длительный процесс развития теории; локальная дедукция позволяет сделать главным в обучении не развитие теории из готовой аксиоматики, а процесс создания аксиоматики» [6, с. 63].

Таким образом, в рамках рассматриваемого нами курса можно выделить два подхода к локальной аксиоматизации.

Первый подход предполагает построение локальной теории на основе заданного множества предложений (системы аксиом). Здесь основная роль отводится дедукции новых предложений из уже известных. Целесообразно в данном контексте также рассматривать со студентами требования к системе аксиом, иллюстрируя их примерами. Так, студенты нематематических специальностей с большим интересом изучали свойство непротиворечивости на примере составления схемы шахматного турнира [1].

Студенты, профессионально изучающие математику, проявили интерес при рассмотрении «геометрии тетраэдра» – модели, в которой участвуют 14 объектов: 4 точки, 6 прямых и 4 плоскости, объединенных по форме в треугольную пирамиду [20, с. 20–31].

Другой подход заключается не в изучении готовой аксиоматики, а в ее создании, при этом система аксиом является не исходным пунктом, а завершающим этапом исследования. Так, в диссертационном исследовании А.С. Рвановой [13] построена структурно-функциональная модель процесса локальной аксиоматизации, выделены этапы локальной аксиоматизации, которые положены в основу разработанных автором элективных курсов «Локально дедуктивные теории трапеции», «Локально дедуктивные теории параллелепипеда». Данная методика может быть реализована на практических занятиях по курсу «Основы математической обработки информации».

В сравнении с аксиоматическим методом более используемым и менее трудным для обучающихся представляется метод математического моделирования, с которым на содержательном уровне происходит знакомство уже в начальной школе. Например, учащиеся составляют уравнения по условию сюжетных задач, рассматривают имеющие реальный жизненный смысл выражения с переменной; все это – математические модели, пусть даже и простейшие. Формальный и прикладной уровни (дается термин и определение изучаемому понятию; рассматривается применение изученного понятия для изучения других разделов науки) изучения метода математического моделирования относятся к старшей ступени обучения в школе и обучению в вузе.

Метод математического моделирования состоит в замещении оригинала его математической моделью и дальнейшем исследовании построенной модели. Математическое моделирование – «это идеальное научное знаковое формальное моделирование, при котором описание объекта осуществляется на языке математики, а исследование модели проводится с использованием тех или иных математических методов» [4, с. 32].

Метод математического моделирования применяется в три этапа [8, с. 158–159]:

а) построение математической модели объекта (явления, процесса);

б) исследование полученной модели, т. е. решение полученной математической задачи средствами математики;

в) интерпретация полученного решения с точки зрения исходной ситуации.

«Чаще всего математическая модель представляет собой несколько упрощенную схему (описание) оригинала, а значит, обладает определенным уровнем погрешности» [10, с. 119]. Поэтому при построении и исследовании модели особое внимание обращается на решение вопроса об ее адекватности, «иначе говоря, достаточно ли хорошо для целей рассматриваемой задачи результаты, полученные на основе этой модели, отражают положение дел» [11, с. 12]. При интерпретации (истолковании) полученного решения необходимо его проанализировать, разобраться в его реальном смысле, «установить, что точность полученных результатов соответствует точности оговоренной в техническом задании» [4, с. 82], обозначить практическое использование построенной модели, сделать выводы.

Этап исследования полученной математической модели предполагает решение математической задачи. Это решение проводится в рамках математики, «но имеется и одна важная особенность. Все элементы математической модели (в частности, все участвующие величины) являются как бы метками соответствующих реальных элементов. Это дает возможность в процессе решения математической задачи привлекать дополнительные сведения, которые могут упростить этот процесс, либо выделят из нескольких решений то, которое нужно, и т. д.» [12, с. 9]. Отметим также, что стремительное и плодотворное развитие информационных технологий не может здесь остаться в стороне, рутина вычислительных процедур перекладывается на компьютер, что позволяет концентрировать усилия математиков на методах и идеях решения, их обосновании и возможности «выбора (или разработки) алгоритма для реализации модели на компьютере» [15, с. 8].

На наш взгляд, изучение основ математического моделирования следует начинать на достаточно простых примерах, интуитивно понятных обучающемуся с точки зрения получаемого результата и не предполагающих сложных математических выкладок. Таковыми могут быть, например, текстовые задачи на оптимизацию из школьных учебников математики, задачи с практическим содержанием ЕГЭ, математическое описание ситуаций, представленных в художественной литературе.

Рассмотрим на конкретном примере реализацию этапов метода математического моделирования.

Содержательная модель (описание объекта, процесса, явления на естественном языке). Каждый из троих студентов выбирает магазин для покупок канцелярии. Первокурснику Юрию необходимо 5 тетрадей, две ручки и блокнот, второкурснику Ивану – две тетради, две ручки и блокнот, пятикурснику Олегу нужны только тетради и ручки по 5 штук. Известно, что стоимость тетрадей, ручек и блокнотов в магазинах отличается и составляет в рублях, соответственно, для «Ленты» – 30, 18 и 126, для «Ашана» – 20, 20 и 85, для «Метро» – 15, 20 и 100. В какой из магазинов выгоднее ехать каждому студенту?

Построение математической модели (*а*). В данной задаче объектом моделирования выступает стоимость покупки. Причем по условию задачи предполагается, что студент для приобретения канцелярии выбирает только один магазин, и этот выбор определяется лишь наименьшей стоимостью покупки. Поэтому вычислив, сколько каждый студент затратил бы на покупку в каждом из трех магазинов, и найдя наименьшие значения, получим решение задачи.

Представим данные в виде двух таблиц (матриц). Первая матрица A имеет размерность 3×3, в ней отражена стоимость товара: строки матрицы будут соответствовать трем магазинам («Лента», «Ашан», «Метро»), столбцы – стоимости покупаемой канцелярии (тетрадь, ручка, блокнот). Вторая матрица B также имеет размерность 3×3, в ней отражены запросы студентов: строки матрицы будут соответствовать видам канцелярии (тетрадь, ручка, блокнот), столбцы – трем студентам (Юра, Иван, Олег).

$$A_{3\times 3} = \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} \textit{тетр.} & \textit{руч.} & \textit{блок.} \end{array} \\ \begin{pmatrix} 30 & 18 & 126 \\ 20 & 20 & 85 \\ 15 & 20 & 100 \end{pmatrix} \end{array} \begin{array}{l} \\ \text{"}\textit{Лента}\text{"} \\ \text{"}\textit{Ашан}\text{"} \\ \text{"}\textit{Метро}\text{"} \end{array}$$

$$B_{3\times 3} = \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} \textit{Юра} & \textit{Иван} & \textit{Олег} \end{array} \\ \begin{pmatrix} 5 & 2 & 5 \\ 2 & 2 & 5 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \end{array} \begin{array}{l} \\ \textit{тетрадь} \\ \textit{ручка} \\ \textit{блокнот} \end{array}$$

Нас будет интересовать третья матрица C размерностью 3×3, каждый элемент которой c_{ij} есть сумма произведений элементов i-й строки матрицы A на соответствующие элементы j-го столбца матрицы B. Нетрудно заметить, что матрица C есть не что иное, как произведение матриц A и B.

Исследование полученной модели средствами математики (*б*). Из курса высшей математики известно, что данное произведение существует и единственно, его нахождение представляет собой вычислительную процедуру.

$$C_{3\times 3} = A_{3\times 3} \times B_{3\times 3} = \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} \textit{Юра} & \textit{Иван} & \textit{Олег} \end{array} \\ \begin{pmatrix} 312 & 222 & 240 \\ 225 & 165 & 200 \\ 215 & 170 & 175 \end{pmatrix} \end{array} \begin{array}{l} \\ \text{"}\textit{Лента}\text{"} \\ \text{"}\textit{Ашан}\text{"} \\ \text{"}\textit{Метро}\text{"} \end{array}$$

Интерпретация полученного решения (*в*). С точки зрения исходной ситуации элементы матрицы – это стоимость покупок необходимой канцелярии тремя студентами в трех разных магазинах. Строки этой матрицы будут соответствовать трем магазинам («Лента», «Ашан», «Метро»), столбцы – трем студентам (Юра, Иван, Олег).

Поскольку наименьший элемент в первом столбце равен 215 и стоит на третьей строке, можно сделать вывод, что Юрию выгоднее всего совершить покупку в «Метро», на которую он затратит 215 р. Рассуждая по аналогии, получим, что Ивану выгоднее совершить покупку в «Ашане» на 165 р., Олегу – в «Метро» на 175 р.

Заметим, что мы нашли ответ на вопрос «где выгоднее совершить покупку», а не «куда выгоднее ехать», что в контексте данной задачи равнозначно. Вполне очевидно, что в реальной ситуации факторов, влияющих на выбор того или иного магазина, значительно больше. Например, стоимость проезда до магазина туда и обратно. Так, учет данного фактора приведет к расширению матрицы A – добавится еще один столбец, соответственно, в матрице B будет необходима еще одна строка. В итоге получим $C_{3\times3} = A_{3\times4} \times B_{4\times3}$. За счет различных факторов возможны и дальнейшие расширения матриц A и B, что в познавательном плане, на наш взгляд, весьма привлекательно.

Итак, мы рассмотрели решение достаточно простого примера из жизни, при этом сначала переходили к математическому описанию реальной действительности, затем преобразовывали построенную математическую модель, после чего полученный математический результат интерпретировали на том языке, на котором изначально была поставлена задача. На первом и третьем этапах решения важным является умение переводить с языка, на котором описывается задачная ситуация, на язык математики, а также выполнение обратного действия – умения найти прообраз математического объекта в реальной действительности. На втором этапе, очевидно, необходимы умения в решении как стандартных, так и нестандартных математических задач, причем здесь важны знания из разных разделов математики ввиду большого разнообразия математических моделей, соответствующих различным объектам, процессам и явлениям реальной действительности. Конечно, на практике приходится иметь дело со случаями, когда неизвестны законы, позволяющие сразу составить математическую модель, однако «в очень большом числе случаев законы природы, управляющие теми или иными процессами, выражаются в форме дифференциальных уравнений, а расчет течения этих процессов сводится к решению дифференциальных уравнений» [7, с. 4].

Рассмотрим в качестве примера решение следующей задачи: «Скорость охлаждения тела в воздухе прямо пропорциональна разности между температурой тела и температурой воздуха. Температура воздуха равна 20 °С. Известно, что в течение 20 мин тело охлаждается от 100 °С до 60 °С. Определить закон изменения температуры T тела в зависимости от времени t» [2, с. 202].

И.И. Баврин [2] приводит следующее решение: согласно условию задачи, имеем: $T' = -k(T-20)$ или $x' = -kx$ (где $k > 0$ – коэффициент пропорциональности и $x = T - 20$).

Решая это дифференциальное уравнение, будем получать:

$$x' = -kx,$$

$$\frac{x'}{x} = -k,$$

$$(\ln x)' = -k,$$

$$\ln x = -k\int dt = -kt = C_1,$$

$$x = e^{-kt+C_1} = e^{-kt} \times e^{C_1} = Ce^{-kt}.$$

Используя начальное условие $x = 100 - 20 = 80$ (°С) при $t = 0$ (мин), находим $C = 80$, тогда $x = 80^{-kt}$.

Используя дополнительное условие $x = 60 - 20 = 40$ (°С) при $t = 0$ (мин), находим $k = \frac{\ln 2}{20}$, тогда $x = 80\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{20}}$ или $T(t) = 20 + 80\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{20}}$.

Используя последнее равенство (закон), можно определять температуру тела в различные временные промежутки и, наоборот, зная температуру тела, вычислять соответствующее ей время. Однако здесь следует помнить, что модель дает лишь приближенную оценку реальной ситуации; математическая модель, основанная на некотором упрощении, никогда не бывает тождественна рассматриваемому объекту, не передает всех его существенных свойств и особенностей, а является его приближенным отражением. Так, в рассмотренном примере правая часть полученного нами равенства при любых значениях t всегда строго больше 20. Следует ли из этого, что один раз нагретое тело никогда не достигнет температуры окружающего воздуха? Очевидно, нет. Несложно прикинуть, что через 12 часов температура тела будет отличаться от 20 °С менее чем на 10^{-8} °С. Вполне очевидно, что такая математическая точность не имеет реального смысла. Поэтому при использовании аппарата математического анализа для решения практических задач следует помнить о допущениях, связанных с физической и теоретической бесконечностью, с непрерывностью математических функций и дискретностью значений изучаемых величин и др.

Учет подобных допущений возможен на осознанном уровне для обучающихся с развитым критическим мышлением, владеющих соответствующими предметными знаниями. Таким образом, использование в обучении тех или иных примеров и задач должно опираться на соответствующий возраст и знания. Здесь представляется уместным отметить отличия представления метода математического моделирования в вузовском курсе от школьного курса математики. Отличия обнаруживаются при анализе его этапов. Во-первых, объекты, явления, процессы, для которых строятся их математические модели, приближены к предметной области профессиональных интересов студентов, здесь находит свое отражение профильная дифференциация. Во-вторых, в вузе возможно построение достаточно сложных математических моделей, предполагающих использование аппарата высшей математики, дифференциального и интегрального исчислений, что дает возможность изучения не статических, а развивающихся, динамичных процессов, переменных величин и их взаимосвязей. В-третьих, если интерпретация полученного решения в школьном курсе ограничивается выбором правильного ответа, то в высшей школе зачастую требуется оценка его практической значимости, оценка точности результатов.

Отметим еще один аспект, связанный с обучением студентов методу математического моделирования. Что стоит понимать под обучением этому методу? Изучение и анализ уже готовых математических моделей или самостоятельный их поиск и исследование? На наш взгляд, как и при обучении математическим доказательствам [16], здесь присутствуют две стороны одного и того же процесса – логическая и эвристическая. Это связано с тем, что реальный процесс математического моделирования опирается на единство логического и эвристического, в нем логика и эвристика взаимосвязаны и взаимообусловлены. Поэтому в обучении математическому моделированию следует уделять внимание как поиску студентами моделей для описания реальности, так и анализу и интерпретации готовых моделей. Необходимость последнего подтверждается и тем, что некоторые математические модели достаточно сложны и исследовались учеными на протяжении длительного времени. Например, задача о свободных колебаниях струны, закрепленной на концах, вряд ли может быть самостоятельно решена студентами. Однако анализ и интерпретация ее решения с точки зрения «музыкального содержания» [5] дает объяснение некоторым эмпирическим фактам, таким, как различие тембров музыкальных инструментов, игра на скрипке флажолетами, возбуждение струны на гитаре ближе к месту крепления и др.

Вывод из сказанного представляется следующим. При обучении студентов основам математической обработки информации следует: знакомить с аксиоматическим методом, особенно – изучающих науки, получившие аксиоматическое обоснование; обучать анализу готовых математических моделей; формировать умение в построении математической модели, ее исследовании и интерпретации полученного математического решения; изучать математические методы для грамотного внутримодельного решения. В обучении следует идти от простого к сложному: усвоение основных идей и методов на простых и интуитивно понятных примерах с постепенным нарастанием уровня сложности, затем – решение профессиональных задач, характерных для соответствующей предметной области.

Список литературы

1. Аксиоматика и аксиоматический метод // Энциклопедический словарь юного математика / сост. А.П. Савин. М., 1989. С. 10–13.

2. *Баврин И.И.* Краткий курс высшей математики для химико-биологических и медицинских специальностей. М., 2003. 328 с.

3. *Болтянский В.Г., Савин А.П.* Беседы о математике. Кн. 1. Дискретные объекты. М., 2002. 368 с.

4. Введение в математическое моделирование / под. ред. В.П. Трусова. М., 2005. 440 с.

5. *Волошинов А.В.* Математика и искусство. М., 2000. 339 с.

6. *Далингер В.А., Костюченко Р.Ю.* Аналогия в геометрии. Омск, 2001. 149 с.

7. *Далингер В.А., Симонженков С.Д.* Моделирование с помощью дифференциальных уравнений. Омск, 2008. 43 с.

8. *Епишева О.Б.* Общая методика обучения математике в средней школе. Тобольск, 2008. 203 с.

9. *Кохановский В.П.* Философия и методология науки. Ростов н/Д., 1999. 576 с.

10. Лабораторные и практические работы по методике преподавания математики / под ред. Е.И. Лященко. М., 1988. 223 с.

11. Математическое моделирование / под ред. Дж. Эндрюса, Р. Мак-Лоуна. М., 1979. 277 с.

12. *Мышкис А.Д.* Элементы теории математических моделей. М., 2007. 192 с.

13. *Рванова А.С.* Проектирование и реализация целевого и содержательного компонентов элективных курсов для классов математического профиля на основе локальной аксиоматизации: дис. … канд. пед. наук. Омск, 2006. 183 с.

14. *Садовский В.Н.* Аксиоматический метод построения математического знания // Философские вопросы современной формальной логики. М., 1962. С. 215–262.

15. *Самарский А.А., Михайлов А.П.* Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. М., 2005. 320 с.

16. *Саранцев Г.И.* Обучение математическим доказательствам в школе. М., 2000. 173 с.

17. *Столяр А.А.* Логические проблемы преподавания математики. Минск, 1965. 254 с.

18. *Столяр А.А.* Педагогика математики. Минск, 1986. 414 с.

19. Теория и технология обучения математике в средней школе / под ред. Т.А. Ивановой. Н. Новгород, 2009. 355 с.

20. *Успенский В.А.* Что такое аксиоматический метод? Ижевск, 2001. 96 с.

References

1. Aksiomatika i aksiomaticheskiy metod [Axiomatics and the Axiomatic Method]. *Entsiklopedicheskiy slovar' yunogo matematika* [Young Mathematician's Thesaurus]. Comp. by Savin A.P. Moscow, 1989, pp. 10–13.

2. Bavrin I.I. *Kratkiy kurs vysshey matematiki dlya khimiko-biologicheskikh i meditsinskikh spetsial'nostey* [A Concise Course in Higher Mathematics for Chemical-Biological and Medical Specialities]. Moscow, 2003. 328 p.

3. Boltyanskiy V.G., Savin A.P. *Besedy o matematike. Kn. 1. Diskretnye ob"ekty* [Discussing Mathematics. Book 1. Discrete Objects]. Moscow, 2002. 368 p.

4. *Vvedenie v matematicheskoe modelirovanie* [Introduction to Mathematical Modelling]. Ed. by Trusov V.P. Moscow, 2005. 440 p.

5. Voloshinov A.V. *Matematika i iskusstvo* [Mathematics and Art]. Moscow, 2000. 339 p.

6. Dalinger V.A., Kostyuchenko R.Yu. *Analogiya v geometrii* [Analogy in Geometry]. Omsk, 2001. 149 p.

7. Dalinger V.A., Simonzhenkov S.D. *Modelirovanie s pomoshch'yu differentsial'nykh uravneniy* [Modelling by Means of Differential Equations]. Omsk, 2008. 43 p.

8. Episheva O.B. *Obshchaya metodika obucheniya matematike v sredney shkole* [General Methods of Teaching Mathematics at a Secondary School]. Tobolsk, 2008. 203 p.

9. Kokhanovskiy V.P. *Filosofiya i metodologiya nauki* [Philosophy and Methodology of Science]. Rostov-on-Don, 1999. 576 p.

10. *Laboratornye i prakticheskie raboty po metodike prepodavaniya matematiki* [Laboratory and Practical Work on Methodology of Teaching Mathematics]. Ed. by Lyashchenko E.I. Moscow, 1988. 223 p.

11. *Matematicheskoe modelirovanie* [Mathematical Modelling]. Ed. by Endryus Dzh., Mak-Loun R. Moscow, 1979. 277 p.

12. Myshkis A.D. *Elementy teorii matematicheskikh modeley* [Elements of the Theory of Mathematical Models]. Moscow, 2007. 192 p.

13. Rvanova A.S. *Proektirovanie i realizatsiya tselevogo i soderzhatel'nogo komponentov elektivnykh kursov dlya klassov matematicheskogo profilya na osnove lokal'noy aksiomatizatsii*: dis. … kand. ped. nauk [Design and Implementation of Target and Content Components of Elective Courses for Mathematical Classes Based on Local Axiomatization: Cand. Pedag. Sci. Diss.]. Omsk, 2006. 183 p.

14. Sadovskiy V.N. Aksiomaticheskiy metod postroeniya matematicheskogo znaniya [Axiomatic Method for Forming Mathematical Knowledge]. *Filosofskie voprosy sovremennoy formal'noy logiki* [Philosophical Issues of Modern Formal Logic]. Moscow, 1962, pp. 215–262.

15. Samarskiy A.A., Mikhaylov A.P. *Matematicheskoe modelirovanie: Idei. Metody. Primery* [Mathematical Modelling: Ideas. Methods. Examples]. Moscow, 2005. 320 p.

16. Sarantsev G.I. *Obuchenie matematicheskim dokazatel'stvam v shkole* [Teaching Mathematical Proofs at School]. Moscow, 2000. 173 p.

17. Stolyar A.A. *Logicheskie problemy prepodavaniya matematiki* [Logical Problems of Teaching Mathematics]. Minsk, 1965. 254 p.

18. Stolyar A.A. *Pedagogika matematiki* [Mathematical Pedagogy]. Minsk, 1986. 414 p.

19. *Teoriya i tekhnologiya obucheniya matematike v sredney shkole* [Theory and Technology of Teaching Mathematics at a Secondary School]. Ed. by Ivanova T.A. Nizhny Novgorod, 2009. 355 p.

20. Uspenskiy V.A. *Chto takoe aksiomaticheskiy metod?* [What Is the Axiomatic Method?]. Izhevsk, 2001. 96 p.

Kostyuchenko Roman Yuryevich
Omsk State Pedagogical University (Omsk, Russia)

TEACHING THE FUNDAMENTALS OF MATHEMATICAL INFORMATION PROCESSING: CONTENT

The paper dwells on the content of teaching the course "Fundamentals of mathematical information processing" to students of various specialities. The author examines both the axiomatic and mathematical modelling methods as the main mathematical and general scientific ways of knowing. The author supposes that these two methods predetermine both the application of mathematics in other sciences and the content of teaching students to use these methods in their work. Therefore, having analyzed scientific and methodical literature and using examples, the author shows that students should be taught to: 1) analyze existing mathematical models; 2) create and analyze new mathematical models and interpret the obtained solutions; 3) study the methods of mathematics itself to make right decisions when working with created models. The main ideas and methods should be taught starting from simple and clear examples, gradually coming to solving specific professional tasks.

Keywords: *fundamentals of mathematical information processing, axiomatic method, mathematical modelling.*

Контактная информация:
адрес: 644099, г. Омск, Наб. Тухачевского, д. 14;
e-mail: kryu@bk.ru

Рецензент – *Шабанова М.В.,* доктор педагогических наук, профессор кафедры методики преподавания математики института математики, информационных и космических технологий Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова