

Ключевые слова:

технология дифференцированного обучения математике, индивидуальная образовательная траектория, учебно-исследовательские проекты, тесты

И. В. Дробышева, д. п. н., проф.,
зав. кафедрой «Высшая математика»
Калужского филиала Академии бюджета
и казначейства Минфина России
(e-mail: drobysheva2010@yandex.ru)

Технология дифференцированного обучения математике

В условиях перехода системы образования на компетентностный подход, усиления требований к подготовке выпускника вуза, в т. ч. в плане владения им не только профессиональными, но и общекультурными компетенциями, возрастает роль математики как дисциплины, обладающей большим развивающим потенциалом и обеспечивающей формирование умений по применению математического аппарата для исследования и прогнозирования процессов в различных сферах познания.

Один из путей повышения эффективности математической подготовки студентов вузов связан с технологией дифференцированного обучения. Несмотря на введение единого государственного экзамена, на конкурсный отбор абитуриентов, проблема успешности овладения курсом математики студентами, обучающимися по различным направлениям, остается актуальной. Проведенный нами анализ технологий обучения, реализуемых на уровне высшего профессионального образования, а также содержания вузовских курсов математики позволил выявить ряд причин, объективно обуславливающих данный факт. Остановимся на основных из них.

Во-первых, технологии и методики обучения математике практически не ориентированы на личность обучающихся. Несмотря на значительное число исследований, посвященных проблемам личностно-ориентированного и дифференцированного обучения, их результаты, как правило, не находят применения в практике из-за недостаточной технологичности подходов. В вузах приоритетной остается лекционно-семинарская система обучения, ориентированная на «среднего» студента. Это очевидным образом сказывается на желании и стремлении студентов овладеть курсом математики и в целом на результативности его изучения.

Анализ содержания курсов математики, изучаемых в рамках различных направлений подготовки студентов, показывает существенное повышение уровня их абстрактности и общности по сравнению со школьным курсом. Учитывая то, что в школе приоритетным является индуктивный подход, основанный на эмпирическом сравнении, переход на дедуктивный способ изложения материала, преобладающий при изучении математики в вузе, достаточно сложен для студентов-первокурсников.

Важная особенность обучения в вузе — большая доля самостоятельной работы студентов. Однако эта особенность при системе подготовки, не ориентированной в нужной мере на творческую самостоятельную деятельность, дает скорее отрицательный, нежели положительный эффект. Так, существенный объем самостоятельной работы, в т. ч. связанной с рассмотрением нового материала, — одно из обстоятельств, влияющих на успешность усвоения студентами сложного абстрактного курса математики.

Результаты анкетирования студентов позволили выявить еще одно обстоятельство, негативно влияющее на успешность обучения. Это отсутствие у многих из них познавательного интереса к предмету, непонимание значимости его изучения. Во многих вузовских учебниках математики материал, связанный с будущей профессиональной деятельностью студентов, отсутствует. Следствием этого является, как правило, низкий уровень мотивации студентов к изучению отдельных вопросов, тем и в целом курса математики.

В целях увеличения эффективности обучения студентов математике, а именно: повышения уровня усвоения математических знаний и способов действий, формирования опыта самостоятельной творческой деятельности, усиления познавательного интереса к математике, нами разработана технология дифференцированного обучения математике, в основе которой лежат следующие положения:

1. Технология дифференцированного обучения математике (ТДОМ), построенная на основе двух факторов: учета индивидуальных особенностей обучающихся и формирования свойств познавательных процессов, — должна иметь место на всех этапах учебной математической деятельности студентов, в т. ч. самостоятельной.

2. Включение в обучающую программу по математике профессионально ориентированной составляющей является необходимым условием формирования познавательного интереса студентов к этой дисциплине и профессиональных компетенций в части использования математического аппарата в их будущей деятельности.

3. Ведущим методом дифференцированного обучения, обеспечивающим приобретение студентами опыта самостоятельной творческой деятельности и ее рефлексии, является метод проектов.

4. Овладение студентами курсом математики проводится в рамках индивидуальных образовательных траекторий (ИОТ), создание и коррекция которых осуществляются на основе разветвленной системы диагностики.

5. Средством, оперативно реализующим контролирующие, диагностическую и обучающую функции при дифференцированном обучении математике, является тестирование.

Реализация ТДОМ включает диагностический, коррекционный и формирующий этапы.

1. Диагностический этап. В него входит проведение четырех видов диагностики.

Первый вид — «Школьная математика». Его цель — выявить уровень усвоения элементов школьной математики, являющихся опорными и необходимыми при изучении вузовского курса. Данный вид реализуется в три этапа: начальный, тематический и завершающий. На начальном этапе выявляется уровень усвоения школьного курса математики. Сюда в первую очередь относятся знания и умения, связанные с проведением тождественных преобразований, решением различных классов уравнений на основе общих и специальных методов, построением и чтением графиков функций. Результаты данного этапа — основа построения ИОТ и, в частности, ее коррекционной составляющей. Тематический этап предшествует изучению каждой новой темы курса математики с целью установления соответствия между имеющимся и требуемым уровнем опорных знаний и способов действий, достаточным для успешного изучения темы. Так, владение понятиями вектора, координат вектора, коллинеарных векторов, параллельных прямых, перпендикулярных прямых, а также действиями над векторами, действиями по выделению квадрата двучлена, по нахождению координат точек пересечения линий

является необходимым условием успешного восприятия темы «Элементы аналитической геометрии». Завершающий этап диагностики проводится в рамках текущего контроля за усвоением элементов содержания курса высшей математики.

Второй вид — «Высшая математика». Он направлен на определение уровня усвоения студентами как отдельных вопросов и тем курса, так и их совокупности. Исходя из того, что изучение различных разделов высшей математики должно обеспечивать формирование такой профессиональной компетенции, как способность к построению математических моделей на основе описания процессов и явлений из сферы будущей профессиональной деятельности, целесообразно говорить о последовательности уровней усвоения этого курса. Это уровни: воспроизведения, распознавания, конструирования объектов; применения знаний и способов действий в типовой ситуации; применения знаний и способов действий в измененной ситуации, не требующей построения математической модели; составления и решения математической модели процесса из сферы будущей профессиональной деятельности; конструирования, описания и исследования процесса из сферы будущей профессиональной деятельности, математическая модель которого задана. Достижение студентами каждого уровня осуществляется в рамках текущей диагностики.

Третий вид — «Познавательный стиль». Он направлен на получение информации о преобладающих у студентов познавательных стилях, о свойствах отдельных познавательных процессов, оказывающих существенное влияние на процесс и результат учебной математической деятельности. Успешность ее осуществления связана с индивидуальными особенностями студентов. Среди них можно выделить те, которые наиболее значимы в плане восприятия, переработки, хранения и применения математической информации, принятия и обоснования решений. Исходя из этого, в рамках рассматриваемого вида диагностики осуществляется выявление у студентов таких познавательных стилей, как «кодирование информации», «полезависимость/полenezависимость», «рефлексивность/импульсивность», «сглаживание/заострение», «постановка и решение проблем», «толерантность/нетолерантность к вербальному опыту». Кроме того, существенными являются такие свойства мышления и памяти, как преобладающий тип и вид мышления, вид памяти, скорость запоминания.

В результате проведения данного вида диагностики появляется возможность разбить студентов на группы по одному или нескольким основаниям для организации их дифференцированной работы. Так, при выполнении заданий, требующих умения воспринимать информацию в различных формах и преобразовывать ее, ведущим является стиль кодирования информации. Для анализа и сравнения свойств объектов с целью открытия нового математического факта целесообразно группировать студентов на основе стиля «полезависимость/полenezависимость», преобладающих типа и вида мышления; при выполнении действий, связанных с усвоением некоторого правила, — по стилю кодирования информации и скорости запоминания.

Первый этап диагностики «Познавательный стиль» предшествует началу изучения курса высшей математики, последний проводится по окончании курса. Кроме того, в процессе диагностики при выполнении критериально ориентированных тестов целесообразно осуществлять контроль за формированием отдельных свойств восприятия и мышления.

Четвертый вид — «Общекультурные компетенции». Он ориентирован на получение информации о степени сформированности у студентов способов действий, относящихся к общекультурным компетенциям, овладение которыми необходимо для самостоятельной познавательной деятельности. Это способность к анализу и обобщению информации, классификации объектов, постановке цели и выбору путей ее достижения, способность логически верно и аргументированно строить устную и письменную речь и др.

2. Коррекционный этап. Его назначение:

— коррекция знаний и способов действий, усвоенных при изучении школьного курса математики, и приведение их к уровню, необходимому для восприятия и овладения вузовским курсом. Данная работа (базовый этап коррекции) предваряет изучение курса высшей математики, проводится в индивидуально-групповой форме по результатам начального этапа диагностики «Школьная математика»;

— повторение и актуализация теоретического материала и способов действий, сформированных при изучении как школьного, так и вузовского курса математики и являющихся опорными при изучении новой темы (вопроса). Этот оперативный этап коррекции осуществляется, как правило, при выполнении домашних заданий, предшествующих занятию, на котором будет рассмотрен новый материал. Для его реализации содержание соответствующих разделов (материалы для лекций, семинарских занятий) учебно-методического комплекса должно включать перечень опорных вопросов, справочный материал, список учебной литературы, а также систему заданий, которая обеспечивает актуализацию и коррекцию знаний и способов действий;

— совершенствование усвоения материала вузовского курса математики. Эта работа (текущий этап коррекции) осуществляется на основе результатов текущего контроля знаний параллельно с дальнейшим изучением программного материала. Она проводится, как правило, индивидуально и предполагает выполнение студентами дифференцированных домашних заданий, проведение индивидуальных и групповых консультаций.

3. Формирующий этап. Он разработан нами в контексте изучения темы (раздела) и осуществляется по следующему алгоритму:

1. Вводная лекция, цель которой — мотивация изучения нового материала; введение основного понятийного аппарата и выявление тем учебно-исследовательских проектов, направленных на открытие и применение знаний и способов действий, которые входят в содержание темы.

2. Выполнение микрогруппами учебно-исследовательских проектов в рамках самостоятельной работы с консультацией преподавателя. Формирование микрогрупп осуществляется на основе учета познавательных стилей «полезависимость», «импульсивность», а также стиля «постановка и решение проблем».

3. Защита выполненных учебно-исследовательских проектов в рамках семинарских занятий и представление результатов рефлексии по деятельности группы над проектом.

4. Дифференцированная по содержанию, формам организации и мере оказываемой помощи работа, направленная на усвоение студентами «открытых» при выполнении учебно-исследовательских проектов способов действий. Дифференциация осуществляется на основе учета стилей «полезависимость/полнезависимость», «сглаживание/заострение» и «кодирование информации».

5. Творческая индивидуальная самостоятельная работа по поиску, отбору, конструированию и решению задач, в т. ч. прикладной направленности, по теме.

6. Дифференцированное осуществление контроля и коррекции знаний и умений обучающихся.

Таким образом, удельный вес лекций уменьшается, а самостоятельной работы и консультаций, которые в зависимости от этапа технологии проводятся либо в индивидуальной, либо в групповой форме, — существенно возрастает. Данный вывод применительно к системе обучения в вузе означает целесообразность отказа от традиционной лекционно-семинарской системы и перехода к системе, в которой ведущими формами являются самостоятельная работа студентов и консультации преподавателей. Это означает неизбежность изменения роли и функций преподавателя, а именно: переход от статуса лектора к статусу консультанта, организатора творческой самостоятельной деятельности студента.

Формирующий этап ТДОМ достигнет своей цели, если при его реализации осуществляется профессионально-ориентированный процесс изучения математических фактов и теорий, создаются условия, обеспечивающие формирование ключевых компетенций.

К таким условиям относятся:

- включение в систему заданий, направленных на усвоение изучаемого материала, таких, в которых требуется провести анализ (сравнение, обобщение, классификацию) данных и представить его результаты в заданной форме (описательно, таблично, графически);

- использование при изучении нового материала (введении понятий, формулировке и доказательстве утверждений, формулировке алгоритмов решения задач) исследовательских самостоятельных работ, при выполнении которых будут формироваться отмеченные выше умения;

- включение в систему задач, направленных на овладение изучаемым материалом, при решении которых будут использоваться данные умения.

Важно при изучении математики сосредоточить внимание на овладении студентами такой ключевой компетенцией, как умение воспринимать и перерабатывать информацию, представленную в различных формах. Ее формирование предполагает выполнение двух условий:

- в систему задач включены задачи, в которых условия представлены как в словесной, так и наглядно-образной форме;

- решение части задач требует перехода от одной формы представления информации к другой.

Условием формирования в процессе обучения математике не только познавательного интереса студентов к предмету, но и профессиональных компетенций является профессионально-ориентированный процесс изучения математических фактов и теорий. Это означает, что:

- содержание курса математики включает профессиональную составляющую, раскрывающую возможные приложения математики в будущей профессиональной деятельности;

- усвоение математических фактов осуществляется при решении задач с профессионально-ориентированным содержанием;

- введение нового материала мотивируется необходимостью нахождения способов решения задач с профессионально-ориентированным содержанием или выявления и исследования свойства, специфического для процессов, явлений из будущей профессиональной деятельности.

Выполнение данных условий требует перестройки содержания курса математики, связанной с включением в него:

- практико-ориентированных ситуаций из сферы будущей профессиональной деятельности студентов, результатом рассмотрения которых будет постановка учебных задач по введению нового математического понятия, открытия свойства, правила;

- практико-ориентированных заданий, выполнение которых требует построения и решения математических моделей на основе изученного математического содержания;

- текстов, примеров, раскрывающих возможные приложения изученного математического факта в будущей профессиональной деятельности студентов.

Формирование способностей по постановке цели и выбору путей ее достижения осуществляется в процессе выполнения студентами самостоятельных исследовательских и творческих работ, в т. ч. предметных и профессионально-ориентированных учебных проектов. Особенностью предлагаемого подхода к работе над проектом является проведение его участниками рефлексии, направленной не только на оценку результатов выполнения проекта, но и на оценку деятельности по поиску способа решения, по эффективности организации работы в группе, по межличностным отношениям между

участниками проекта. Проведение такой работы обеспечивает формирование у студентов не только опыта самостоятельной творческой деятельности, но и необходимых им в будущей профессиональной деятельности менеджерских качеств.

Создание для каждого студента индивидуальной образовательной траектории — необходимое средство, обеспечивающее индивидуализацию обучения как на уровне содержания, так и на уровне форм и методов.

ИОТ обучения студента математике составляется преподавателем на основе результатов всех видов диагностики и первого этапа коррекционной работы. Она включает:

- перечень вопросов школьного курса математики, работа по усвоению которых не завершена;

- задания для коррекции усвоения вопросов школьного курса математики;

- последовательность тем (вопросов) вузовского курса математики, работа над усвоением которых осуществляется в заданном промежутке времени (учебном модуле, семестре);

- формы работы и задания для каждой темы (вопроса);

- планируемый уровень усвоения учебного содержания;

- разноуровневые задания для оценивания достигнутого студентом уровня усвоения;

- задания для коррекции изучаемых знаний и способов действий.

На основе соотношения планируемых и достигнутых результатов усвоения темы, отдельных ее вопросов ИОТ корректируется в части изменения индивидуальных консультационных часов, объема индивидуальной самостоятельной работы по усвоению способов действий. Таким образом, осуществление обучения математике на основе ИОТ является еще одним средством дифференциации.

Дифференцированное обучение эффективно, если в его арсенале есть средства, позволяющие оперативно осуществлять контролируемую, диагностическую и обучающую функции. Одним из таких средств является тестирование.

В отличие от традиционно существующего в практике подхода, связанного с использованием тестов для контроля и проверки усвоения знаний и способов действий, мы считаем целесообразным и необходимым применение тестирования на различных этапах процесса обучения для разных целей. Говоря о первом — контролирующем (контрольно-оценочном) — направлении использования тестов, мы исходим из того, что для его реализации должен применяться синтез двух подходов: критериально-ориентированного и нормативного, обеспечивающий контроль не только за достижением студентами минимально необходимого уровня знаний и умений, но и диагностику достижения ими повышенных уровней.

Второе направление применения тестирования в обучении студентов связано с установлением их готовности к учебному занятию, к восприятию нового учебного содержания и, как следствие, к определению и уточнению методики проведения соответствующих занятий. В этом случае реализуется диагностическая функция обучения. В зависимости от уровня усвоения опорных знаний и способов действий для проведения тестирования целесообразно использовать тесты на дополнение, на множественный выбор ответов, а также тесты со свободно конструируемым ответом. Выбор данных типов тестов обусловлен заложенной в них возможностью установления связи между неправильным ответом и соответствующей ему ошибкой.

Так, перед изучением вопроса «Симплекс-метод решения задач линейного программирования» студентам предлагаются тестовые задания, выполнение которых показывает усвоение ими понятия ступенчатой матрицы, элементарных преобразований матриц, критерия совместности систем линейных уравнений, способов вычисления определителей квадратных матриц, метода Гаусса для решения систем линейных уравнений. Так как для понимания симплекс-метода и успешности его применения при

решении задач требуется усвоение опорных знаний и способов действий на уровне применения в типовой ситуации, то тестовые задания имеют следующий вид:

1. Из множества элементарных преобразований матриц:
 - 1) умножить первую строку на -2 и прибавить к третьей строке;
 - 2) умножить вторую строку на 3 и прибавить к третьей строке;
 - 3) первую строку прибавить ко второй строке;
 - 4) умножить вторую строку на 2 и прибавить к третьей строке;
 - 5) поменять первую и вторую строки матриц местами;
 - 6) умножить первую строку на 2 и прибавить к третьей строке;
 - 7) поменять местами первый и второй столбцы,
 составьте последовательность номеров тех из них, которые необходимо выполнить, чтобы матрицу

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & -2 \\ 0 & -1 & -2 \\ -2 & 1 & -4 \end{pmatrix} \text{ привести к ступенчатому виду.}$$

2. В результате преобразования расширенной матрицы некоторой системы линейных уравнений к ступенчатому виду получена матрица

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -3 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & -2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Укажите ранг r расширенной матрицы и количество решений n системы линейных уравнений.

3. В результате преобразования расширенной матрицы некоторой системы линейных уравнений к ступенчатому виду получена матрица

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 & 4 & 5 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 4 \end{pmatrix}.$$

Заполните таблицу, указав количество s базисных переменных, количество p свободных переменных, значение переменной x_4 , выражение для определения переменной x_2 .

Результаты тестирования в контексте допущенных студентами ошибок — основа для проведения с ними коррекционной работы. В зависимости от доли студентов, уровень усвоения которыми опорных знаний и способов действий ниже требуемого, коррекционная работа может осуществляться либо в рамках индивидуальных (групповых) консультаций, либо на учебном занятии, предваряя рассмотрение следующего фрагмента учебного содержания. Необходимым условием проведения такой работы в рамках учебного занятия является его дифференциация как по формам организации учебной деятельности, так и по содержанию обучения.

Третье направление использования тестов в обучении студентов связано с организацией работы по усвоению студентами учебного содержания. Условно это обучающее направление может быть разбито на три составляющие: осмысление теоретического материала; формирование умений по выполнению действий на распознавание;

применение изученного способа деятельности в типовой ситуации. Для осмысления теоретического материала целесообразно использовать в первую очередь тестовые задания на установление соответствия между одним и тем же утверждением, представленным в различных формах; между терминами и определениями, между событиями и датами и т. д. Для формирования умений по выполнению действия распознавания целесообразно использовать тестовые задания множественного выбора. Для развития умений по определению способа действия в типовой ситуации лучше всего применять тестовые задания со свободно конструируемым ответом, в которых требуется представить не только окончательный ответ, но и результаты выполнения промежуточных действий. Содержание и организацию работы студентов с такими тестовыми заданиями можно конструировать, опираясь на теорию поэтапного формирования умственных действий. При этом приоритетной должна быть компьютерная форма тестирования.

В целях формирования у студентов как предметных, так и общекультурных компетенций, связанных со способностями проводить анализ, синтез и обобщение, целесообразно использовать тесты на соответствие, для выполнения которых необходимо на основе результатов анализа каждого объекта, входящего в первое множество, найти соответствующие ему объекты во втором множестве.

Использованию тестов при дифференцированном обучении отводится особая роль. Во-первых, результаты диагностики индивидуальных особенностей студентов, проводимой в форме тестирования, лежат в основе конструирования ИОТ и реализации дифференцированного подхода. Во-вторых, тесты, в т. ч. основанные на содержании конкретного учебного предмета, обеспечивают наблюдение за динамикой уровня сформированности свойств, представляющих индивидуальные особенности студентов.

Исходя из важности осознанного и творческого подхода студентов к будущей профессиональной деятельности, а также учитывая возможность выполнения ими работы, связанной с отбором сотрудников, с оценкой их профессионально-значимых и личностных качеств, в т. ч. на основе тестирования, необходимо формировать у студентов тестологическую компетенцию. Это способность к анализу и интерпретации результатов тестирования, к отбору тестовых заданий, соответствующих поставленным задачам. Формирование данной компетенции осуществляется при проведении со студентами анализа содержания и результатов выполненных тестов, при конструировании по аналогии тестовых заданий определенного вида и типа.

Таким образом, реализация ТДОМ, включающая постоянное осуществление взаимосвязанных этапов диагностики, коррекции и формирования, обеспечивает повышение эффективности обучения математике, если выполняются следующие условия:

- содержание курса математики является профессионально-ориентированным;
- овладение студентами курсом математики осуществляется на основе ИОТ;
- ведущим методом обучения, обеспечивающим приобретение студентами опыта творческой самостоятельной деятельности и ее рефлексии, является метод проектов;
- в обучении активно используется тестирование в качестве средства, оперативно реализующего контролирующую, диагностическую и обучающую функции.

Библиография

1. Зимняя, И. А. Ключевые компетенции – новая парадигма результата современного образования [Электронный ресурс] / Интернет-журнал «Эйдос». — Режим доступа: <http://www.eidos.ru/journal/2006/0505.htm>.
2. Компетенции в образовании: опыт проектирования: Сборник научных трудов / Под ред. А. В. Хуторского. — М.: Научно-внедренческое предприятие «ИНЭК», 2007. — 327 с.
3. Холодная, М. А. Когнитивные стили. О природе индивидуального ума. 2-е изд. — Спб.: Питер, 2004. — 384 с.
4. Хуторской, А. В. Педагогическая инноватика: методология, теория, практика: Научное издание. — М.: Изд-во УНЦ ДО, 2005. — 222 с.