

Т.Л. Овсянникова  
Орловский государственный университет, Орел, Россия

## ПРОЕКТНЫЕ МЕТОДЫ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ И СМЕШАННОМ ОБУЧЕНИИ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКЕ

Рассмотрены возможности использования проектных форм при обучении математике в высшей школе. Показано, что независимо от формы обучения взаимодействие студентов и преподавателей при выполнении проектов реализуется через сеть. Среди форм проектов, пригодных для изучения математических дисциплин, были выделены: выполнение рефератов, доработка статей в вики-проектах, взаимоконтроль рефератов, проведение сравнительного анализа источников, переводы тематических текстов, составление и взаимопроверка комплектов задач по теме, анализ вариантов решения задачи, написание программных модулей, проведение вычислений при помощи табличных процессоров или систем компьютерной алгебры, метод кейсов. Подробно рассмотрены возможности и особенности использования метода кейсов при изучении математических дисциплин: перечислены особенности задач, которые могут быть использованы для кейсов, представлены примеры заданий для различных типов проблемных кейсов (структурированный, «маленькие наброски», большой неструктурированный, первооткрывательский), описаны технологии проведения кейсов для математических курсов, рассмотрены компетентностные, организационные и психологические проблемы, характерные для этого метода.

**Ключевые слова:** обучение математике, дистанционное и смешанное обучение, проектные методы, взаимоконтроль, метод кейсов.

Одной из наиболее популярных педагогических инноваций является проектный метод, в рамках которого самостоятельная деятельность учащихся организуется для достижения определённого результата [1]. Как правило, проектная деятельность студентов не является научной работой, но в ряде случаев – это первый шаг в этом направлении.

Современные информационные технологии позволяют организовать проектную деятельность студентов через сеть. При этом при очной форме обучения проектная деятельность студентов реализуется так же, как и при дистанционном обучении – этот эффект называется смешанным обучением (blended learning) [2]. Внедрение смешанного обучения происходит естественным образом, поскольку это отвечает интересам и преподавателей, и студентов.

Рассмотрим возможности использования проектных форм при обучении математике в высшей школе при подготовке будущих математиков (в том числе прикладных), инженеров, программистов, экономистов, а также учителей математики.

Классической проектной формой является выполнение рефератов (в том числе и реферативных разделов курсовых работ). Сетевое взаимодействие студента и преподавателя позволяет консультировать студента и принимать готовые

работы после нескольких итераций, на каждой из которых вносятся исправления. Специфической формой реферата может быть написание или доработка статей в вики-проектах: преподаватель фиксирует начальное состояние статьи и проверяет качество изменений. В этом случае присутствует дополнительный элемент мотивации: студент видит реальную пользу от своей работы и возможность контроля со стороны сетевого сообщества.

Связанной с рефератом проектной формой, удобно реализуемой именно в сетевом варианте, является организация взаимоконтроля: поиска ошибок, написания рецензий на рефераты, выставленные по окончании работы над ними в сеть. Этот метод эффективен в случае, когда рефераты выдаются по скользящему графику. В этом случае к контролю реферата могут быть привлечены все студенты группы, тогда как при единовременной сдаче всех рефератов (в конце модуля или курса) привлечь студента к проверке более чем одного – двух рефератов затруднительно. Возможным способом повышения качества работ является выдача одинаковых тем ряду студентов и сравнение выставленных в сеть рефератов.

Ещё один вариант проекта – перевод главы из книги, статьи по теме курса или набора задач, изданных на иностранном языке. Здесь имеет место междисциплинарная связь – студенты,

изучая математику, осваивают и иноязычную терминологию. Возможен также перевод на иностранный язык тематического текста – например, конспекта своего реферата.

Более формализованным видом проекта представляется детальный сравнительный анализ нескольких источников (книг или отдельных глав из них, статей из энциклопедий и справочников, сетевых материалов). Такой вид проекта эффективен при подготовке будущих преподавателей математики. Например, в ходе изучения курса «Методика преподавания математики» целесообразно выполнение проектов (возможно, коллективных) по сравнению учебников для средней школы (например, учебников геометрии для 10–11-х классов). Результатом выполнения проекта должна стать таблица (с последующими комментариями и выводами), в которой сравниваются:

- последовательность изложения тем и отдельных блоков материала;
- наличие или отсутствие каких-либо важных материалов (доказательств теорем, вывода формул, рассмотрения частных случаев);
- обширность и разнообразие примеров;
- различия в терминологии и системе обозначений;
- качество иллюстраций;
- наличие, объём и качество справочного материала;
- наличие, объём и качество дополнительных материалов (исторических сведений, заданий повышенной трудности и т.п.).

Ещё одним полезным при подготовке будущих педагогов типом проекта является составление комплекта задач по теме. неповторяемость задач может быть обеспечена за счёт того, что все задачи, отобранные студентами, сразу выкладываются в сеть (при этом доступ к полям с указанием ФИО студента, источника задачи и ответа следует обеспечить только для преподавателя). Кроме прочего, это стимулирует и быстроту выполнения проекта (тот, кто задерживается, имеет шанс получить много совпадений). Критериями качества выполнения проекта являются соответствие тематики задач установленным требованиям, а также сбалансированность задач по сложности (например, 10 задач с градациями сложности от 1 до 10). Соответствие задач заявленной сложности может быть получено методом экспертной оцен-

ки: каждый из участников проекта не только предъявляет свой комплект задач, но и решает 2-3 комплекта введённых задач, вводя ответы и выставляя градации сложности.

Более простым видом проекта является сравнительный анализ нескольких вариантов решения одной и той же задачи, среди которых есть и неправильные (с выставлением и обоснованием оценки). В отличие от ранее рассмотренных этот вид требует не столь больших временных затрат со стороны студента (при его достаточной подготовке) – порядка 1-2 часов – и может производиться неоднократно (например, в каждом модуле курса).

При подготовке программистов и специалистов по прикладной математике эффективной формой проекта представляется написание небольших программных модулей, реализующих изучаемые модели, методы и алгоритмы. При подготовке инженеров и экономистов вместо разработки собственных программ рекомендуется проведение вычислений при помощи табличных процессоров или систем компьютерной алгебры.

В последнее время весьма популярной формой проектного обучения стал метод кейсов – «case study». Идея метода заключается в анализе некоторого пакета материалов (кейса), описывающего реальную или близкую к реальной проблемную ситуацию и выработку (как правило, коллективную – в результате обсуждения) подходов к её решению и алгоритмов действий. Основная функция метода кейсов – учить студентов решать сложные неструктурированные проблемы. Разумно построенный кейс задействует большинство компетенций, формируемых в процессе освоения образовательных программ данного направления подготовки.

Применение метода кейсов в изучении математики пока ещё является относительно редким, но оно представляется перспективным, в особенности для дистанционного и смешанного обучения.

Для кейсов могут быть использованы задачи, предполагающие наличие различных подходов к решению, в частности, задачи, предполагающие:

- доказательства и рассуждения;
- построение математических моделей;
- построение чертежей, графиков и диаграмм;
- использование численных методов и сравнение их эффективности для конкретных задач;

- решение некорректных задач I типа (связанных с существованием и единственностью решения) и II типа (связанных с неустойчивостью решения, например плохой обусловленностью матриц) [3];

- обработку и интерпретацию статистических данных;

- оптимизацию функций и функционалов;

- планирование пассивных и активных экспериментов (как вычислительных, так и натурных);

- выработку критериев классификации, кластеризации или идентификации;

- разработку алгоритмов поиска, сортировки, распознавания образов, управления нелинейными системами и т.п.

Традиция применения метода кейсов, как правило, предполагает при запуске кейса его обсуждение на семинаре (метод «мозгового штурма»). При дистанционном обучении семинар может быть заменён вебинаром, форумом или почтовым листом. При этом есть возможность ввести временной зазор между выдачей кейса и началом его обсуждения, в течение которого студенты могут подготовиться к дискуссии.

В результате дискуссии должна быть произведена декомпозиция проблемы, её разделение на частные задачи, назначение этапов, по окончании которых проводятся промежуточные итоги, а также распределение ролей в группе. Среди ролей могут быть выделены следующие:

- «Координатор» – подбирает состав группы, распределяет роли, координирует обмен информацией (при первом проведении кейса в группе роль координатора должен брать на себя преподаватель; в дальнейшем её можно доверять и студентам).

- «Искатель» – проводит обзор и анализ доступных источников по теме кейса и систематизацию информации по ним.

- «Аналитик» – формулирует и анализирует варианты построения и исследования математической модели, производит аналитические преобразования.

- «Вычислитель» – реализует численные эксперименты.

- «Оформитель» – оформляет результаты работы (формулы, таблицы, графики, пояснения, выводы), в том числе промежуточные.

- «Контролёр» – отвечает за корректность построения моделей, единообразие используемых

терминов и буквенных обозначений, строгость доказательств, полноту выводов, ищет ошибки в результатах работы коллег.

При малом количестве студентов в группе роли могут совмещаться, при большем – распараллеливаться: несколько студентов могут работать над отдельными непересекающимися задачами либо решать одну проблему с использованием различных моделей, методов или программных средств. Наконец, возможна полностью параллельная работа: несколько человек работают на каждом этапе независимо, а затем выносят свои результаты на общее обсуждение. Если в течение курса предполагается выполнение нескольких кейсов, целесообразна ротация в пределах группы, чтобы каждый студент прошёл через разные роли. Возможно также перераспределение ролей на границах этапов выполнения кейса.

Как правило, группа более 10 человек, работающая над одной проблемой, становится плохо управляемой. Здесь возможны варианты:

- не все студенты группы привлекаются к работе над кейсом как участники (но могут принимать участие в дискуссиях в качестве наблюдателей);

- внутри группы формируются подгруппы по задачам (если проблема может быть разделена на несколько отдельных задач), и в дискуссии в рамках большой группы принимают участие только координаторы малых групп;

- внутри группы формируются подгруппы по ролям, и в дискуссии в рамках большой группы принимают участие только координаторы ролевых групп;

- организуется конкурентная работа над кейсом – группа разделяется на несколько бригад, работающих параллельно и независимо (при этом преподаватель наблюдает за деятельностью каждой из групп); каждая из бригад представляет по окончании работы свой вариант решения, а затем производится их перекрёстный анализ.

Временные рамки выполнения кейса могут быть различными: от одного часа (вебинар и параллельное ему решение задачи в режиме реального времени) до месяца и более. Для большинства учебных кейсов наиболее удобным представляется период в одну – две недели с представлением промежуточных результатов после каждого этапа. По окончании работы над кейсом целесообразно проведение семинара (вебинара) с детальным разбором результатов выполнения кейса.

Различают три типа кейсов [4]: иллюстрирующие, аналитические и проблемные.

Иллюстрирующие кейсы предназначены для демонстрации подходов к решению определённого класса задач. В них степень участия преподавателя максимальна, он полностью ведёт ход работы и значительную её часть выполняет сам. Однако результаты не выдаются сразу, а требуют участия студентов. Например, преподаватель останавливает изложение рассматриваемого метода, задавая студентам контрольные вопросы на понимание только что изложенного материала, либо предлагает студентам предложить варианты дальнейших действий, либо поручает студентам самостоятельно выполнить некоторые преобразования или расчёты. Так, например, в курсе «Аналитическая геометрия» иллюстрирующий кейс может быть реализован при изучении кривых или поверхностей. В процессе работы над этим кейсом производится: выбор оптимальной системы координат, перевод условий на геометрический язык, составление уравнения, приведение уравнения к удобному для работы виду, исследование полученного уравнения.

Аналитические кейсы предназначены для обучения анализу и оценке. При изучении математики (например, в курсе «Решение задач повышенной трудности») примером аналитического кейса может быть комплект материалов, представляющий собой несколько вариантов решения одной и той же задачи. В отличие от аналогичного по содержанию некейсового проекта (см. выше) при работе над кейсом предполагается дискуссия о целесообразности различных подходов к решению.

Проблемные кейсы, обучающие решению проблем и принятию решений, могут быть эффективно реализованы при изучении дисциплин, связанных с математическим моделированием или обработкой статистических и экспериментальных данных. Выделяют следующие основные типы проблемных кейсов [5]:

- структурированный (highly structured);
- большой неструктурированный (long unstructured);
- кейс типа «маленькие наброски» (short vignettes);
- первооткрывательский (ground breaking).

Структурированные кейсы содержат относительно небольшой объём информации и обычно

не требуют привлечения дополнительных данных. В них чётко определены цели и задачи, но пути решения неочевидны или многовариантны. Пример такого кейса – «Исследование тела вращения, образующая которого задана графиком». Преподаватель выдаёт студентам сложный график функции  $y=f(x)$ , представляющий собой образующую тела вращения (вокруг оси  $X$ ), при этом координатная сетка может быть не введена, но задан масштаб по осям  $X$  и  $Y$  (не обязательно одинаковый). Задача студентов – найти (с заданной точностью) объём и площадь поверхности тела. В процессе подготовки к выполнению кейса студенты повторяют материал по аппроксимации и интегрированию, подбирают программное обеспечение для решения задачи. Кто-то из студентов ещё на этом этапе может взять на себя задачу восстановления координатной сетки. В ходе обсуждения кейса студенты принимают решение о том, как будут исследовать данную кривую (здесь возможны различные подходы: пытаться подобрать аппроксимирующие функции для возможно более длинных участков либо разбивать на большее количество сравнительно коротких участков с простыми аппроксимирующими функциями). По результатам обсуждения выбираются границы участков и производится распределение работ между подгруппами или отдельными студентами. Затем каждая из подгрупп проводит измерения, анализирует варианты аппроксимации, получает и оформляет результаты для своего участка, вывешивает результат в сеть. Возможно запараллеливание работ по каждому участку (если две подгруппы получили существенно различные результаты для одного участка, это означает, что как минимум одна из них допустила ошибку). На завершающем кейс семинаре или вебинаре сравниваются методы и средства, использованные подгруппами, проводится оценка сложности полученных моделей и точности полученных результатов.

Большой неструктурированный кейс, как правило, содержит достаточно большой объём данных (чаще табличных, реже графических), но цели и задачи исследования явно не заданы. Предполагается, что они будут сформулированы в процессе исследования. Может потребоваться выявление и исключение излишних данных, выявление противоречий между данными, появление дополнительных проблем и задач в ходе работы.

При этом решаемые задачи являются типовыми, но достаточно объёмными и требующими широкого кругозора и применения разнообразных методов и приёмов. Пример такого кейса – «Исследование таблиц статистических данных». Преподаватель выдаёт студентам большую таблицу (несколько десятков столбцов, соответствующих переменным, несколько десятков тысяч строк). По результатам анализа этих данных предполагается компактное описание модели и исследование её свойств. В ходе начального обсуждения кейса студенты распределяют между собой исследование различных переменных. В ходе первого этапа проводятся проверка наличия зависимостей значений от номера испытания, выявление промахов, подбор законов распределения и их параметров, поиск функциональных или корреляционных связей между парами переменных. В ходе второго этапа предполагаются кластеризация и построение регрессионных зависимостей. На третьем этапе выполняется описание свойств построенной модели, приводятся аналитические и графические зависимости.

Кейс типа «Маленькие наброски» предполагает очень краткую постановку задачи и требует поиска данных за пределами материалов кейса и даже за пределами изучаемого курса. Часто требуется поиск подходящих методов и данных о результатах исследования и решения сходных задач, справочных данных о физических принципах работы и характеристиках исследуемых объектов. В некоторых случаях целесообразен натурный эксперимент. Пример такого кейса – «Разработка методики оценки суммарной площади поверхностей листьев дерева». В процессе подготовки к выполнению кейса студенты самостоятельно формулируют подходы к построению математической модели (например: метод экспериментального определения площади листа, план эксперимента для получения данных о средней площади листа, метод получения данных о количестве листьев на дереве, метод получения функциональной зависимости суммарной площади поверхностей листьев от размеров тени дерева и т.п.). В ходе обсуждения кейса студенты сравнивают эти подходы и методы, выбирают наиболее удачные идеи и намечают план экспериментов. Затем они индивидуально проводят эксперименты, оформляют их результаты и коллективно формулируют общую методику.

Первооткрывательские кейсы предполагают рассмотрение проблем и моделей, не являющихся типовыми; при запуске таких кейсов сам преподаватель выступает в роли одного из исследователей. Возможно привлечение к таким кейсам и других преподавателей, студентов старших курсов, аспирантов и специалистов. Фактически такие кейсы уже выходят за рамки проектного метода в обучении и являются частью научной работы студентов.

Среди проблем метода кейсов можно выделить компетентностные, организационные и психологические проблемы.

Компетентностные проблемы – пробелы в знаниях студентов, идущие от предыдущих курсов и школьного образования, неумение искать, систематизировать и интерпретировать информацию, слабое владение специализированным программным обеспечением. Студенты с такими проблемами могут участвовать в работе над кейсом в большинстве случаев лишь в качестве наблюдателей либо могут быть привлечены для вспомогательных работ. Фактически таких студентов приходится исключать из рассмотрения при распределении по группам в случае конкурентной работы. Тем не менее даже функция наблюдателей может быть полезна для повышения мотивации и конкретизации пробелов в знаниях. Для студентов с компетентностными проблемами целесообразно проведение опросов по результатам работы над кейсом. Хуже всего, когда существенные компетентностные проблемы имеют место у большинства студентов группы. В этом случае преподавателю приходится брать на себя слишком большую часть работы, упрощать задачу либо существенно увеличивать время на работу с кейсом.

Организационные проблемы – неумение студентов организовать совместную работу:

- потери времени на непродуктивные дискуссии;
- неверные решения, принятые в ходе обсуждения;
- неудачное распределение по ролям;
- диспропорция сложности и трудоёмкости индивидуальных заданий;
- срыв сроков сдачи индивидуальных заданий;
- желание отдельных студентов «спрятаться за спины» коллег и т.п.

Критические организационные проблемы желательно корректировать, вмешиваясь в работу группы в процессе принятия заведомо неоптимальных решений.

Психологические проблемы – конфликты внутри группы, осложняющие или делающие невозможной её совместную работу. В ряде случаев проблемы можно устранить, заменив координатора или перераспределив роли.

Резюмируя вышеизложенное, можно заметить, что проектные методы, как и любые другие педагогические инновации, не гарантируют успеха сами по себе. Поскольку они требуют тщательной подготовки преподавателя и дают достаточно большую нагрузку на студентов, их не следует использовать слишком часто. При этом важно подобрать именно тот тип проекта, который наилучшим образом соответствовал бы учебным возможностям и мотивации студентов. И хотя проектные методы могут представлять для студентов (в особенности младших курсов) определённые сложности, однако являются весьма эффективным механизмом, в частности, при обучении высшей математике.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Селевко Г.К. Энциклопедия образовательных технологий: в 2 т. – Т. 1. – М.: Народное образование, 2005.
2. *Blended Learning Infographic*. – URL: <http://www.knewton.com/blended-learning>
3. Ольховой А.Ф. Обратные некорректные задачи. Введение в проблематику – Таганрог: Технологический институт ЮФУ ГСП 17А, 2009.
4. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально-ориентированного обучения. – URL: <http://www.evolkov.net/case/case.study.html>
5. Федянин Н., Давиденко В. Чем «кейс» отличается от чемоданчика? // Обучение за рубежом. – 2000. – № 7. – С. 52–55.

Ovsyannikova T.L.

Orel state university, Orel, Russia

#### PROJECT METHODS FOR DISTANCE AND BLENDED LEARNING IN MATHEMATICS AT HIGHER SCHOOLS

**Keywords:** teaching mathematics; e-learning and blended learning; project methods; reciprocal control; case-study.

The article considers the possibilities of using project methods in teaching mathematics at higher school for training mathematicians, engineers, programmers, economists and teachers of math-

ematics. It is shown that regardless of the form of study the interaction of students and teachers is implemented through the network during the implementation of the projects. Among the forms of projects suitable for mathematical disciplines we selected as follows:

- writing of abstracts or revision of articles in wiki-projects;
- reciprocal control of abstracts: searching for errors, write reviews for abstracts;
- comparative analysis of several sources;
- translation of chapters from books, articles or set of tasks, published in a foreign language;
- working out a set of tasks on the topic;
- reciprocal control of the set of tasks and ranking tasks by complexity;
- comparative analysis of multiple solutions to the same task, some of which are incorrect;
- writing software modules that implement the models, methods and algorithms under study;
- making calculations using a spreadsheet or computer algebra systems;
- case-studies.

The main purpose of the case study method is to learn students to solve complex unstructured problems. The tasks for case-studies can be:

- evidence and reasoning;
- construction of mathematical models on basis of textual description, numerical or graphical data;
- making drawings, graphs and charts;
- simplification of mathematical models;
- use of numerical methods and compare their performance for specific tasks;
- solution of incorrectly posed problems;
- processing and interpretation of statistical data;
- optimization of functions and functionals;
- planning of passive and active experiments;
- developing criteria of classification, clustering or identification;
- developing algorithms for searching, sorting, pattern recognition, control of nonlinear systems, etc.

Types of case-studies are:

- illustrating – aimed at demonstration of approaches for solving a certain sorts of problems, in particular applied;
- analytical – training analysis and evaluation;
- problematic – training problem solving and decision making.

The problematic cases are most common. The article presents examples of tasks for different types of problematic cases (highly structured, long unstructured, short vignettes, ground breaking).

Also it describes the techniques for case-studies carrying out in mathematical courses; it considers competence, institutional and psychological issues that are specific for this method.

It is shown that project methods can be a very effective mechanism in teaching higher mathematics, but they require a careful preparation of the teacher and taking into account the students' training and motivation.

#### REFERENCES

1. *Selevko G.K.* Jenciklopedija obrazovatel'nyh tehnologij: v 2 t. – T. 1. – M.: Narodnoe obrazovanie, 2005.
2. *Blended Learning Infographic*. – URL: <http://www.knewton.com/blended-learning>
3. *Ol'hovoj A.F.* Obratnye nekorrektnye zadachi. Vvedenie v problematiku – Taganrog: Tehnologicheskij institut JuFU GSP 17A, 2009.
4. *Dolgorukov A.* Metod case-study kak sovremennaja tehnologija professional'no-orientirovannogo obuchenija. – URL: <http://www.evolkov.net/case/case.study.html>
5. *Fedjanin N., Davidenko V.* Chem «kejs» otlichaetsja ot chemodanchika? // Obuchenie za ru-bezhom. – 2000. – № 7. – S. 52–55.