

# Формирование компетенций исследовательской деятельности студентов технических специальностей в математическом междисциплинарном модуле

**В. С. Вакульчик,**

доцент кафедры математики и компьютерной безопасности, кандидат педагогических наук, доцент,

**А. П. Мателенок,**

старший преподаватель кафедры математики и компьютерной безопасности, кандидат педагогических наук;

Полоцкий государственный университет

*Необходимость ориентации современной системы высшего инженерного образования в Республике Беларусь на усиление качества подготовки специалистов обуславливает проблему формирования у студентов компетенций, определяющих их способности к разработке на основе математического моделирования новых и оптимизации уже существующих технологических, экологических, энергосберегающих процессов. Выделенная проблема стимулирует поиск научно обоснованных подходов к совершенствованию модельного проектирования системной организации учебного процесса в университетах.*

При этом от преподавателей учреждений высшего образования требуется реализация дидактических форм, методов, средств, которые уже с первого курса обучения целенаправленно формируют и развивают у будущих специалистов основные параметры компетенций исследовательской деятельности: способности ставить цели и искать пути их решения, создавать модели инженерных задач, проводить их анализ, интерпретировать полученные результаты, представлять свои исследования в виде доклада на конференции, применять сформированные компетенции в выбранной профессии.

Решение названной проблемы напрямую зависит от совершенствования модели учебно-методических комплексов (УМК) по каждой отдельно взятой дисциплине в условиях обновления образовательных стандартов, учебных планов и сопутствующего им научно-методического обеспечения [1–5].

Внедрение в исследовательскую и промышленную химию методов математического моделирования повышает необходимость углубленного изучения математических методов, делая это изучение одним из обязательных элементов подготовки современного инженера-химика и химика-исследователя. Указанный факт учтен кафедрой химии и технологии переработки нефти и газа Полоцкого государственного университета, осуществляющей подготовку инженеров-химиков-технологов для нефтеперерабатывающей отрасли по специальности «Химическая технология переработки природных энергоносителей и углеродных материалов». В качестве важного приоритета выпускающей кафедрой указана «глубокая интеграция учебного материала в рамках отдельных дисциплин, между дисциплинами» [2].

Разработчики стандарта признали целесообразным использовать такие средства интеграции, как внутрдисциплинарные, междисциплинарные и трансдисциплинарные связи. На их основе сформированы интегрированные модули, в частности, математический междисциплинарный интегрированный модуль «Моделирование», состоящий из дисциплин «Высшая математика», «Численные методы», «Информатика», «Информационные технологии в отрасли (моделирование химико-технологических процессов)».

Учебная деятельность студентов в вузе имеет свою специфику: она направлена на освоение системных знаний, требующих овладения обобщенными

способами действий и умений применять их в различных ситуациях. Все эти виды деятельности являются необходимыми компонентами для формирования компетенций, связанных с исследовательской деятельностью студентов.

Основой для выбора средств и методов изложения и изучения учебного материала в интегрированном модуле «Моделирование» является учет следующих критериев:

- способствуют ли они эффективному усвоению учебного материала дисциплины;
- обеспечивают ли условия для развития умений и навыков исследовательской деятельности студентов.

Функционально выполнение указанных критериев должен обеспечивать УМК нового поколения. В исследованиях [3; 4] представлен один из возможных вариантов такого комплекса по математике для студентов технических специальностей. С основными идеями разработки названного УМК можно ознакомиться также в [5].

При этом УМК (учебное пособие), являясь фактически статичной формой модельного описания проектируемого познавательного процесса, его первым приближением, выступает в качестве ведущего компонента УМК нового поколения – динамичной формы его модельного описания, следующего его приближения (рис. 1).

Компоненты УМК призваны обеспечить и помочь студентам в осуществлении организационных этапов овладения компетенциями исследовательской деятельности, помочь им систематически применять эти компетенции при решении конкретных профессионально значимых задач. Процесс формирования умений и навыков исследовательской деятельности в интегрированном модуле «Моделирование» можно условно разделить на несколько этапов: входной, корректирующий, развивающий, результативный.

Необходимость введения *входного этапа* обусловлена тем, что каждый новый поток поступивших абитуриентов, начинающих изучать высшую математику и информатику, имеет свои особенности, свой уровень знаний. Потому в начале обучения математике важно провести статистическую обработку и анализ данных по трем независимым параметрам: результатам выполнения мини-контрольной за курс средней школы; результатам централизованного тестирования по математике; отметкам в аттестате по математике.

Полученные на этом этапе данные создают предпосылки для обоснованного выбора адекватных организационных, методических, управленческих действий педагога, применения УМК в обучении математике и информатике.

На *корректирующем этапе* обучения математике происходит формирование компетенций, определяющих способности к систематизации, структурированию, логической организации информации. На этом этапе студенты изучают две дисциплины из интегрированного модуля «Моделирование»: «Математика» и «Информатика». Согласно результатам эксперимента, исследовательские компетенции будущий инженер-технолог может приобрести лишь при соединении обучения дисциплинам с элементами учебно-исследовательской деятельности.

Существенную роль на корректирующем этапе играет разноплановая деятельность педагога: содержательная и методическая, организационная и управленческая, контрольная и коррекционная. Например, при изучении высшей математики имеет значение последовательность изучения модулей, что обосновано инвариантностью изучения модулей относительно технических специальностей, уровнем трудности овладения, сложностью изложения, уровнем абстракции, степенью преемственности математической информации по отношению к школьному курсу, воз-



Рис. 1. Структура УМК нового поколения

возможностью и целесообразностью применения при этом методических механизмов УМК.

При изучении частного модуля «Элементы линейной алгебры» студентам впервые демонстрируются в готовом виде информационные таблицы, графические схемы, представленные в УМК (пособие), выдаются эвристические предписания по их составлению. На аудиторных занятиях преподаватель вместе со студентами в виде эвристического диалога разрабатывает алгоритмические предписания по нахождению обратной матрицы, решению систем алгебраических уравнений матричным способом.

В названном модуле студентов следует пропедевтически познакомить с возможностями компонента УМК «Приложения, разработанные в системах компьютерной алгебры (СКА)» для решения с их помощью представленных в модуле задач.

На корректирующем этапе необходимо также приобщать студентов к решению профессионально ориентированных задач. Поэтому после завершения изучения модуля всем желающим целесообразно предложить задачи из «Фонда профессионально ориентированных заданий», который является компонентом динамичной формы УМК. Это способствует повышению мотивации студентов к изучению интегрированных модулей и реализации начальных шагов по овладению ими компетенциями исследовательской деятельности.

В каждом модуле следует планировать контрольные мероприятия. Для указанного модуля это самостоятельная аудиторная работа на 45 минут, нулевой вариант которой и ее полное решение приведены в УМК (пособие).

Все необходимые учебные и информационные материалы (ЭУМК, дополнительные информационные таблицы, графические схемы, решение избранных задач из фонда профессионально ориентированных заданий в СКА) размещаются на интерактивных площадках Google Classroom, Moodle и Microsoft Teams. У студентов есть к ним непрерывный доступ, поэтому они могут ознакомиться с ними в удобное для себя время. Применение таких площадок и соответствующих средств обучения усиливает влияние обучения на развитие навыков организации самостоятельной работы студентов.

Особенностью изучения частного модуля «Дифференциальное исчисление функции одной переменной» является непривычное еще для студентов-первокурсников контрольное мероприятие – внеаудиторная контрольная работа. В ее содержание включены две профессионально ориентированные задачи различного уровня сложности. Выполнение всех заданий работы обязательно. Если у студента возникают сложности с ее выполнением, он может получить консультацию преподавателя online или offline.

В соответствии с учебными программами дисциплин изучение данного модуля совпадает с изучением

систем компьютерной алгебры по информатике. При этом одна из лабораторных работ по этой дисциплине требует выполнения всех заданий внеаудиторной контрольной работы по математике в СКА. Результат такого пересечения предполагает сопоставление и критический анализ имеющихся учебных знаний, теоретическое обобщение полученных сведений, формирование умений применять междисциплинарный подход при изучении различных предметов.

Особенностью изучения частных модулей «Элементы векторной алгебры», «Элементы аналитической геометрии» на плоскости и в пространстве» является то, что в их содержание включено формирование навыков по составлению «Частных алгоритмов решения задач», представленных в статье [6]. Создание студентами собственных частных алгоритмов рассматривается нами в качестве индивидуального продукта, в котором фиксируются усвоенные способы деятельности. В дальнейшем студенты будут применять частные алгоритмы при решении задач из других модулей, а также в процессе изучения общепрофессиональных и специальных дисциплин.

При разработке частных алгоритмов заданий каждый обучаемый сам осознает и оценивает степень достижения цели задачи, уровень своих внутренних изменений, усвоенные способы решения и освоенные им области [6]. В дальнейшей учебной деятельности студентов разработка частных алгоритмов решения задач будет давать возможность охватить решение «единым взглядом», что значительно развивает системное мышление, облегчает «обработку, анализ и интерпретацию полученных результатов научных исследований для публикаций, презентаций, докладов, отчетов» [7].

Для усиления формирования указанного навыка и с целью развития умений, связанных с использованием технических устройств, управлением и работой с информацией и представлением докладов в модуле «Изучение PowerPoint», после выполнения лабораторных работ студенты готовят доклад на 15 минут, который оценивается по трем параметрам:

- техническое выполнение доклада (количество задействованных возможностей PowerPoint);
- раскрытие темы доклада, подача материала, заполнение слайда (оценивает преподаватель);
- общее представление материала, качество представленного материала (оценивает студенческая аудитория).

Выступления студентов удобно заслушивать на интерактивных площадках Google Classroom и Microsoft Teams. Если у преподавателя нет возможности присутствовать, он может поручить свои функции старосте и в удобное для него время просмотреть выступления студентов в записи, выполненной в Microsoft Teams.

На протяжении всего этапа преподаватель изучает возможности студентов, фиксирует рост математических знаний студентов, их умения и навыки

организации и управления самостоятельной познавательной деятельности (выполнение в срок работ, их полнота и аккуратность, качество знаний по темам, выделенным для самостоятельного изучения), формирование компетенций, связанных со способностями к систематизации, структурированию, логической организации информации студентов (составление информационных таблиц, графических схем, алгоритмов решения задач, выполнение профессионально ориентированных заданий).

На *развивающем этапе* происходит формирование способности к обобщению, постановке цели и выбору путей ее достижения. Этот этап в реализации интегрированного модуля «Моделирование» с применением УМК для формирования у студентов компетенций исследовательской деятельности охватывает второй семестр изучения высшей математики и дисциплины «Численные методы». В этот период полученные математические знания, опыт организации учебного труда, сформированные на достаточном уровне познавательная самостоятельность, активность студентов получают свое дальнейшее развитие не только за счет сформированного на предыдущем этапе потенциала, но и за счет разноплановой деятельности педагога, в полной мере применяющего дидактические возможности созданного УМК по указанным дисциплинам. При этом особое внимание следует уделить методическим механизмам организации самостоятельной работы студентов.

На развивающем этапе обучения студентов в частных модулях «Неопределенный интеграл», «Определенный интеграл», «Кратные интегралы», «Дифференциальные уравнения», «Ряды» и других увеличивается доля использования алгоритмических и эвристических предписаний. Чаще всего студенты проектируют их либо самостоятельно, либо под руководством преподавателя. Основания к их использованию заложены на корректирующем этапе обучения. Выявленная нами положительная динамика их применения подтверждена экспериментальными исследованиями [8], позволяющими утверждать, что увеличение доли использования алгоритмических и эвристических предписаний, частных алгоритмов решения задач эффективно в контексте обучения в информационном поле указанных модулей. Включение их в обучение математике потенциально содержит в себе возможность формирования вариативности мышления, силы абстрагирования, навыков самоконтроля, позволяет еще раз повторить различные методы решения задачи без дополнительных подсчетов (выделять основные идеи или этапы решения), так как все вычисления можно провести в СКА.

Как показывает практика, выделенные специальные средства содействуют реализации образовательной, развивающей и воспитательной функций математики, особенно в условиях сокращения аудиторных

часов и уменьшения процесса непосредственного общения преподавателя и студента.

Наиболее существенно эффективность применения УМК и его влияния на результативность в обучении математике проявляется в процессе изучения частного модуля «Основные элементы векторного анализа». Темы этого модуля традиционно являются сложными для изучения в курсе «Высшая математика», но, тем не менее, времени на его овладение выделяется недостаточно даже для обзорного рассмотрения. Включение модуля в рабочую программу целесообразно проектировать на третьем этапе обучения, когда когнитивные возможности и навыки познавательной самостоятельности студентов значительно возросли.

Разработка аудиторных занятий и внеаудиторной самостоятельной работы в выделенном модуле осуществляется с максимальным применением приложений, разработанных в СКА, работать с которыми студенты научились при изучении дисциплины «Информатика». Графические схемы и информационные таблицы, алгоритмические и эвристические предписания, частные алгоритмы решения задач проектируются студентами самостоятельно. Как и на предыдущем этапе, студентам предлагаются задачи из фонда профессионально ориентированных заданий химико-технологического, экологического, энергосберегающего характера. С целью повышения мотивации студентов можно предложить добавить некоторое количество баллов (например, 1–2) к отметке, полученной на экзамене, за решение любых двух задач из «Фонда профессионально ориентированных заданий».

Рассмотрим подробнее, как происходит формирование компетенций исследовательской деятельности студентов при изучении дисциплины «Численные методы».

В учебной программе запланировано выполнение восьми лабораторных работ междисциплинарного содержания. Полное описание и рекомендации по их выполнению даются только для первых четырех лабораторных работ. Для остальных работ студенты самостоятельно разрабатывают алгоритм выполнения на основе лекционного материала и самостоятельно изученной информации. Защита лабораторной работы проходит следующим образом:

1) студент высылает работу, выполненную в заданных в условии программах, в Google Classroom или Teams для проверки;

2) после подтверждения правильности выполнения студент подготавливает отчет для лабораторной работы, где указывает необходимые теоретические сведения, алгоритм выполнения, само решение задания, выводы по лабораторной работе;

3) в процессе защиты лабораторной работы оцениваются умение точно отвечать на поставленные вопросы по выполненному заданию, ясность изложения

теоретического материала, умение интегрировать теоретические знания с практическими заданиями.

При изучении дисциплины «Численные методы» преподаватель может наблюдать эффект от изученных ранее дисциплин «Информатика», «Высшая математика», сделать выводы о стабильности полученных знаний, сформированных компетенций. Если студент не овладел способностями применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач, он будет просить консультации для разработки алгоритма выполнения задания лабораторной работы и непосредственного его решения. Владение компетенциями, связанными с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером, на недостаточном уровне обязательно создаст трудности при выполнении лабораторных работ в Excel и СКА. При успешном выполнении и защите лабораторных работ делается вывод, что формирование необходимых компетенций происходит на достаточном уровне.

На развивающем этапе студентам также предлагается поучаствовать с научными докладами на студенческих конференциях. Такое участие рассматривается нами как важный параметр, характеризующий результативность применения УМК и формирования компетенций исследовательской деятельности студентов. В результате реализации поисковой самостоятельной работы над докладами студенты овладевают элементами творчества, учатся ориентироваться в сложных междисциплинарных ситуациях, овладевают эвристическими приемами, способствующими переходу от воспроизводящей познавательной деятельности к частично-поисковой и творческой.

Для работы над научными докладами чаще всего применяется форма «работа в парах» [9]. Это одна из самых комфортных форм организации студенческой самостоятельной деятельности. Пары студентов могут образоваться в процессе «работы в командах» при изучении модулей «Основы векторной алгебры», «Дифференциальные уравнения» или в процессе «работы в парах» при организации выполнения студентами индивидуального практикума в модулях «Дифференциальное исчисление функции одной переменной», «Неопределенный интеграл».

При работе в модулях состав команды или пары формирует преподаватель. Он может учитывать уровень и степень подготовленности студентов и возможность обеспечить их самостоятельную работу в удобном для каждого из них режиме. Однако при подготовке к конференции студенты могут самостоятельно образовать пару или же работать индивидуально.

Значительное преимущество преподавателю для курирования таких работ дают интерактивные площадки Google Classroom и Microsoft Teams. Они позволяют запланировать встречу со студентами и про-

вести онлайн-встречу в удобное для всех участников время. Продуктивность таких занятий возрастает при наличии у преподавателя графического планшета. Тогда благодаря возможностям программы Microsoft whiteboard он может не только рассказать, но и записать необходимые формулы и указать на ошибки в решении.

Опыт поисково-исследовательской деятельности накапливается у студентов на протяжении изучения всех дисциплин, входящих в интегрированный модуль «Моделирование». Значительная часть заданий из «Фонда профессионально ориентированных заданий» разработана с учетом принципов пролонгации и развивающего обучения. Они требуют знаний из смежных дисциплин («Информатика», «Физика»), а также специальных знаний («Органическая химия», «Неорганическая химия» и др.).

На наш взгляд, практическая готовность студентов к участию в научных конференциях, к самостоятельному решению профессионально ориентированных заданий обеспечивает формирование у будущих инженеров потребности в самореализации и приумножении профессионального потенциала. При этом им необходимо провести анализ условия и требования задачи, выделить понятия, используемые в ней, увидеть связи, которые помогут правильно определить ориентировочную основу действий по нахождению плана решения, осознать и оценить конечный результат.

Для конференции студенты представляют реферат выполненного задания, в котором отражены необходимые теоретические сведения, алгоритм выполнения задания, непосредственное решение задачи или цикла задач, частный алгоритм задачи, обобщение материала и выводы. Обязательным условием является подготовка презентации и устного выступления. Лучшие студенческие работы, представленные на конференции, на которой присутствуют преподаватели специальных и выпускающей кафедр, могут быть использованы в курсовом проектировании.

Приведем пример задач, представленных в научных докладах.

#### *Задача 1*

В цилиндрическом резервуаре хранится бензин (А95). Паровое пространство над бензином имеет объем  $V_0 = 250 \text{ м}^3$ ; оно сообщается с внешней атмосферой с помощью трубы. Максимальная и минимальная суточные температуры составляют  $37,8^\circ$  и  $10^\circ$ . Барометрическое давление – 760 мм рт. ст. Требуется оценить максимально возможные потери бензина в сутки.

#### *Задача 2*

В помещении цеха по обжигу железного колчедана вместимостью  $10\,800 \text{ м}^3$  воздух содержит  $0,0003 \%$  сернистого газа. Вентиляторы доставляют свежий воздух, содержащий  $0,0001 \%$  сернистого газа в количестве  $1500 \text{ м}^3/\text{мин}$ . Предполагая, что концентрация сернистого газа во всех частях помещения в каждый

момент времени одна и та же, найти содержание сернистой кислоты через 30 минут после начала работы вентиляторов.

В процессе целенаправленного формирования и развития умений и навыков исследовательской деятельности студентов необходимо выделить еще и *результативный этап*, связанный с овладением студентами выбранной специальности дисциплиной «Информационные технологии в отрасли (моделирование химико-технологических процессов)». На этом этапе проверяются качество применения студентами математического аппарата и моделирования, эффективность результатов достижения целей обучения математики, формирования компетенций будущего инженера при скоординированной деятельности педагога и студентов посредством УМК нового поколения на всех предыдущих этапах.

Выводы:

1. Важнейшим опосредующим звеном по формированию исследовательских компетенций в интегрированном модуле «Моделирование» является УМК нового поколения. Он должен быть спроектирован в двух формах: статичной и динамичной. Отличительной особенностью УМК являются его разработка с учетом специфики подготовки студентов выделенной специальности, проектирование на его основе методики функционирования аудиторных занятий и организация самостоятельной работы, что обеспечивает условия для развития и формирования компетенций исследовательской деятельности.

2. Внедрение в учебный процесс дисциплин интегрированного модуля «Моделирование» посредством УМК нового поколения предполагает формирование компетенций, связанных с исследовательской деятельностью, в рамках входного, корректирующего, развивающего и результативного этапов. Главный акцент в проектировании оценочных средств достижимости поставленных целей обучения делается при создании фонда профессионально ориентированных заданий по математике, междисциплинарных лабораторных работ по информатике и численным методам.

3. Благодаря вариативности возможностей представления компонентов УМК нового поколения, разработанного для дисциплин интегрированного модуля

«Моделирование», их взаимодействию и взаимовлиянию создаются условия для системного внедрения интерактивного взаимодействия студентов и преподавателей, в том числе на интерактивных площадках Google Classroom и Microsoft Teams. Названные площадки активизируют использование информационных технологий, что позволяет студентам усваивать учебный материал в удобное для них время.

#### Список использованных источников

1. Макаров, А. В. Диагностирование компетенций студентов: аналитический обзор / А. В. Макаров // Выш. шк. – 2019. – № 2. – С. 18–22.
2. Бурая, И. В. Опыт реализации компетентностно-модульного подхода в подготовке инженеров-химиков-технологов для нефтеперерабатывающей промышленности / И. В. Бурая // Выш. шк. – 2015. – № 6. – С. 8–12.
3. Вакульчик, В. С. УМК как средство формирования познавательной самостоятельности в контексте компетентностной модели подготовки выпускника вуза / В. С. Вакульчик, А. П. Мателенок // Вестн. СПГУТД. – 2018. – № 2. – С. 90–98.
4. Вакульчик, В. С. Научно-методические основы проектирования учебно-методического комплекса для процесса обучения математике студентов технических специальностей на технологическом уровне / В. С. Вакульчик, А. П. Мателенок // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Е. Пед. науки. – 2018. – № 15. – С. 26–33.
5. Макаров, А. В. Компетентностный подход в высшем образовании: международный и отечественный опыт: учеб. пособие / А. В. Макаров. – Минск: РИВШ, 2019. – 252 с.
6. Мателенок, А. П. Элементы эвристического обучения математике в компонентах УМК нового поколения / А. П. Мателенок // Матэматыка. – 2019. – № 6. – С. 45–52.
7. Образовательный стандарт высшего образования. Высшее образование. Первая ступень. Специальность 1-48 01 03 «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»: ОСВО 1-48 01 03-2013. – Введ. 30.08.2013. – Минск: Мин-во образования Респ. Беларусь: РИВШ, 2013. – 32 с.
8. Мателенок, А. П. Статистическая проверка эффективности учебно-методического комплекса по математике как средства оптимизации самостоятельной деятельности студентов технических специальностей / А. П. Мателенок // Вестн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2019. – № 1(102). – С. 99–106.
9. Мателенок, А. П. Методические аспекты интерактивного взаимодействия студентов и преподавателя на основе УМК нового поколения / А. П. Мателенок // Вестн. МГИРО. – 2019. – № 3(39). – С. 16–20.

#### Аннотация

Статья посвящена опыту реализации посредством УМК нового поколения математического междисциплинарного интегрированного модуля «Моделирование», целевое назначение которого – формирование исследовательских компетенций у студентов специальности 1-48 01 03 «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов». Выделены критерии для выбора средств и методов изложения и изучения учебного материала в интегрированном модуле «Моделирование», этапы формирования компетенций исследовательской деятельности, особенности изучения отдельных учебных модулей.

#### Abstract

The article is devoted to the experience of realization of mathematical interdisciplinary integrated module «Modeling» by means of teaching materials. The module is aimed at developing research competencies of students majoring in 1-48 01 03 «Chemical technology of natural energy carriers and carbon materials». The criteria for choosing means and methods of teaching and learning materials in the integrated module «Modeling», stages of formation of research competencies, and peculiarities of some study modules are outlined.