

УДК 378

Е. К. Артищева, Т. В. Сеницына

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО МАТЕМАТИКЕ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ СТУДЕНТА ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

65 □

Анализируется проблема формирования исследовательской компетентности студента технического вуза согласно требованиям федеральных государственных образовательных стандартов по инженерным направлениям подготовки. В центре внимания – готовность будущего инженера к проведению технического эксперимента, важная составляющая вычислительного эксперимента. Данные умения предлагается вырабатывать и реализовывать в ходе лабораторного практикума по математике, рассматриваемого в качестве средства формирования исследовательской компетентности.

The article is devoted to the formation of research competence in technical university students in accordance with the requirements of relevant federal state educational standards. The authors focus on the preparedness of future engineers to conduct technical experiments, whose important component is the mathematical processing of experimental data and performance of simulation experiments. It is proposed to develop such skills during practical classes in mathematics considered as a means to develop research competences.

Ключевые слова: исследовательская компетентность, лабораторный практикум по математике, инженерное образование, технический эксперимент, вычислительный эксперимент.

Key words: research competence, practical class in mathematics, engineering education, technical experiment, simulation experiment.

Согласно Концепции развития образования до 2020 г. одно из главных условий развития системы высшего профессионального образования – вовлеченность студентов и преподавателей в фундаментальные и прикладные исследования. Это может позволить не только сохранить известные в мире российские научные школы, но и вырастить новое поколение исследователей, ориентированных на потребности инновационной экономики знаний.

Фундаментальные научные исследования должны стать важнейшим ресурсом и инструментом формирования у студентов компетентностей поиска, анализа, усвоения и обработки информации. В то же время не все студенты занимаются научной деятельностью, кроме того, переход к фундаментальным исследованиям невозможен на пустом месте. Формирование исследовательской компетентности должно осуществляться уже на младших курсах, а участие в крупных научных



проектах предполагает определенный уровень зрелости исследователя. Необходимо отметить и тот факт, что исследовательская компетентность не только цель, но и средство эффективного развития личности в процессе подготовки специалиста в вузе [4].

Следуя за С. Б. Забелиной [4], под исследовательской компетентностью будущего инженера будем понимать интегративное, целостное, потенциально развивающееся личностное образование, объединяющее общекультурные, общепрофессиональные и специальные компетенции, личностные качества и отражающее осознанную готовность и способность студента к результативному применению имеющихся знаний и опыта в исследовании и преобразовании объектов профессиональной деятельности.

66

Данная позиция хорошо согласуется с требованиями федеральных государственных образовательных стандартов по инженерным направлениям подготовки, предполагающими с точностью до формулировок и номеров соответствующих профессиональных компетенций следующие элементы профессиональной научно-исследовательской компетентности:

- способность изучать специальную литературу и другую научно-техническую информацию о достижениях отечественной и зарубежной науки и техники в соответствующей области знаний;
- способность осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме (заданию);
- способность участвовать в проведении научных исследований или выполнении технических разработок, а также создавать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов;
- способность создавать и применять математические модели объектов и процессов, выбирать методы их исследования и разрабатывать алгоритмы их реализаций;
- способность принимать участие в стендовых и промышленных испытаниях опытных образцов (партий) проектируемых изделий;
- способность составлять обзоры, отчеты (разделы отчета) по теме или разделу (этапу, заданию).

Различные источники предлагают достаточно широкий перечень средств формирования исследовательской компетентности студента.

Так, в рамках аудиторных занятий могут проводиться научные семинары, лабораторные, контрольные и курсовые работы, дипломное проектирование. Имеют место проблемные лекции, тематические семинары, рефлексивные практикумы [8]. Опыт работы авторов статьи подтверждает, что элементы исследования могут быть органично включены и в обычное аудиторное занятие. Наиболее эффективны следующие средства:

- использование творческих заданий для студентов разного уровня подготовки, нестандартных задач на учебных занятиях и в рамках индивидуальных домашних заданий, эвристических задач для контроля усвоения теоретического материала, тестов коррекции знаний;
- применение контрольных и лабораторных работ с элементами исследования и самоконтроля, научных семинаров;



– применение метода работы с книгой для составления конспекта и реферата, компьютерной презентации [2].

Общепризнанное средство формирования исследовательской компетентности во внеаудиторное время – участие студентов в научно-исследовательской работе, проведение научных конференций, подготовка научных публикаций по результатам исследований. В качестве дополнительных средств могут выступать предметные олимпиады, дни научного творчества и т.д.

Приоритетным должно быть формирование исследовательской компетенции в рамках аудиторных занятий, так как в этом случае в процесс вовлечены все студенты, а не только те, что представляются преподавателю наиболее одаренными либо инициативными.

Следует заметить, что понятие «средство» рассматривается в опоре на наиболее обобщенное, широкое представление о дидактических средствах как всех элементов учебной среды, которые педагог сознательно использует для целенаправленного учебно-воспитательного процесса, для более плодотворного взаимодействия со студентами [8].

Очевидна ведущая роль математического знания в эффективной подготовке будущего инженера. В то же время хотелось бы выделить в системе математической подготовки одно из наиболее слабо описанных в педагогической литературе средств формирования исследовательской компетентности – лабораторную работу. До сих пор в педагогической теории и практике не сложилось единого определения лабораторного занятия, его сущности, структуры, целевой направленности, методики проведения и особенностей подготовки к этому занятию. Часто термину «лабораторные занятия», или «лабораторные работы», придают очень широкое толкование, понимая под ним все занятия, проводимые под руководством преподавателя и направленные на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами работы по той или иной дисциплине учебного плана. Определения лабораторных занятий (лабораторных работ), встречающиеся в различных источниках, настолько несходны, что порой противоречат друг другу. К лабораторным занятиям относят не только упражнения в решении задач по общенаучным дисциплинам, но и занятия по общеинженерным и специальным дисциплинам, лабораторные работы и даже занятия по изучению иностранных языков. Мы полагаем, что столь широкое толкование лабораторной работы не вполне правомерно.

Мы придерживаемся позиции М. В. Булановой -Топорковой [6, с. 98] о том, что лабораторное занятие должно интегрировать теоретико-методологические знания и практические умения и навыки обучающихся высшей школы в едином процессе деятельности учебно-исследовательского характера. Что же тогда представляет собой в техническом вузе лабораторная работа по математике?

Некоторые авторы понимают под лабораторной работой по математике систему задач по теме, обеспечивающую полный охват отдельных элементов знаний по ней. Такой подход реализован, в частности, в учебном пособии Е. И. Деза и Д. Л. Моделя по дискретной математике [3], где лабораторная работа по комбинаторике представляет собой развернутый типовой расчет. При этом можно реализовать некоторый потен-



циал формирования исследовательской компетенции, но, в сущности, выполнение такой работы ничем не отличается от решения индивидуального домашнего задания (которое также можно анализировать как средство формирования исследовательской компетентности).

Другие авторы, рассматривая формирование исследовательской компетентности, предполагают построение на лабораторной работе аналитических логико-содержательных карт изученной темы или раздела [4, с. 130]. При этом над математическим материалом производятся такие действия, как выявление причинно-следственных связей изученных понятий и теорем, сравнение, классификация, группировка, соотнесение, обобщение, составление схем, таблиц, рисунков. Такая форма работы действительно способствует формированию исследовательской компетентности, но едва ли опирается на характерный для лабораторной работы метод обучения и диагностики — лабораторный метод. По-видимому, данный вид занятий не следует называть лабораторной работой.

Классическое инженерное образование трактует лабораторную работу по математике как учебное занятие, являющееся основной единицей лабораторного (вычислительного) практикума, на котором реализуются численные методы решения профессионально значимой задачи. При этом относительно редко решаются типовые задачи, соответствующие будущей специализации, чаще — «псевдопрофессиональные» задачи технического содержания (называемые часто задачами прикладной направленности). Достаточно часто отрабатываются математические модели «в чистом виде», исключительно в математической постановке вопроса, но с учетом возможности дальнейшей востребованности (что честнее как по отношению к студенту, так и по отношению к преподавателю-математику).

Следует отметить, что термины «лабораторная работа» и «лабораторный практикум» часто встречаются в литературе в качестве синонимичных. Мы разделяем эти понятия. Главное отличие лабораторного практикума от отдельной лабораторной работы заключается в системном характере первого. Практикум состоит из нескольких лабораторных работ, различающихся по тематике и, возможно, достаточно дистанцированных по времени проведения, но объединенных общей целью, соответствующей направлению профессиональной подготовки специалиста.

С нашей точки зрения, лабораторный практикум как форма и средство обучения вычислительному эксперименту наиболее адекватен в целях формирования исследовательской компетентности будущего инженера. Каждая отдельная лабораторная работа служит средством формирования исследовательских умений на примере конкретного профессионально значимого математического содержания. На наш взгляд, именно во время лабораторной работы закладывается переход предметных компетенций в компетентность специалиста, а осуществляется — при помощи лабораторного метода. Технический эксперимент содержит в себе две важных составляющих: получение опытных данных, которое может осуществляться в производственных экспериментальных условиях или на специально разработанных моделях, и



математическая обработка опытных данных, часто вычислительный эксперимент. Первому учат на дисциплинах специализированного цикла и физике, второе — задача математических дисциплин. А реализовываться умения постановки вычислительного эксперимента и математической обработки опытных данных должны, прежде всего, в ходе лабораторной работы. Таким образом, лабораторная работа по математике становится основой формирования исследовательской компетентности будущего инженера. Лабораторный практикум по физике и лабораторный практикум по математике при грамотной разработке их содержания в комплексе делают возможным выход будущего специалиста на постановку и самостоятельное проведение технического эксперимента.

69 □

К сожалению, лабораторные работы по математике часто превращаются в расчет математической модели по шаблону, игнорируя исследовательскую составляющую. Компьютеризация вычислительных методов не только не сняла эту проблему, но скорее даже усугубила, смещая акцент с анализа результата на возможности той или иной программной среды [5]. Отсюда главная задача разработчика лабораторного практикума по математике — максимально реализовать исследовательский потенциал каждой лабораторной работы, используя возможности современных компьютерных сред для снижения трудоемкости вычисления расчета и построения моделей, подлежащих исследованию.

В течение нескольких лет нами разрабатывался лабораторный практикум по дисциплине «Математика», включающий в себя восемь лабораторных работ исследовательского характера для студентов радиотехнических направлений [2].

1. Численное решение алгебраических уравнений.
2. Численное решение систем линейных алгебраических уравнений.
3. Метод наименьших квадратов.
4. Численное интегрирование.
5. Численное решение дифференциальных уравнений.
6. Практический гармонический анализ.
7. Статистическая проверка гипотезы о виде неизвестного распределения.
8. Моделирование случайной величины методом Монте-Карло.

Для студентов направления АСУ дополнительно разработаны еще шесть лабораторных работ.

1. Системы счисления.
2. Решение систем алгебраических и трансцендентных уравнений.
3. Интерполяция и численное дифференцирование функций.
4. Численное решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений.
5. Численное решение дифференциальных уравнений в частных производных.
6. Моделирование реального процесса обслуживания системы массового обслуживания с неограниченной очередью.



Все работы предполагают выполнение вычислительного эксперимента в средах MathCad или Excel и обеспечены соответствующими методическими рекомендациями.

Например, в лабораторной работе «Практический гармонический анализ» требуется провести гармонический анализ функций, заданных графически и таблично, сравнивая результаты компьютерного и аналитического методов решения поставленной задачи. При этом комплексно решается несколько взаимосвязанных исследовательских задач. Во-первых, вопрос о переходе от графического и табличного к аналитическому заданию функции. Во-вторых, формируются представления о периодическом продолжении функции, заданной на отрезке. В-третьих, выбирается алгоритм решения задачи и соответствующий типовой расчет в зависимости от свойств исследуемой функции. В-четвертых, сходимость ряда Фурье к функции $f(x)$ исследуется графически в MathCad (изменяя значения параметра p , студенты отслеживают приближение графика p -й частичной суммы к графику исходной функции $f(x)$ на периоде в точках непрерывности, на концах интервала, задающего период, в точках разрыва), а результат интерпретируется согласно теореме Дирихле, которая традиционно является одним из сложно усваиваемых вопросов математической теории, несмотря на огромное прикладное значение. В-пятых, решается задача спектрального анализа функции.

Кроме того, выполнение работы восстанавливает связи между различными разделами математики. Помимо теоретических знаний, требуются практические навыки, полученные на лабораторных работах «Численное интегрирование» и «Метод наименьших квадратов». При этом вычислительный эксперимент приводит в разных вариантах к качественно отличающимся результатам, связанным с особенностями сходимости рядов Фурье в зависимости от свойств функций, что создает для студента ситуацию неопределенности и приводит к постановке проблемных вопросов. Активизируются связи между математикой и специальными дисциплинами, так как проходит обсуждение профессионально значимых технических задач и выделение востребованных этапов практического гармонического анализа.

Контрольные вопросы в лабораторной работе также нацелены на формирование исследовательских умений и навыков. Наряду с теоретическими ставятся вопросы, предполагающие работу с программой в MathCad и считывание информации, полученной при компьютерном расчете (в частности, требуется записать частичную сумму с заданным номером, выделить основные характеристики гармоники с заданным номером и дать им физическую интерпретацию и т. д.). В итоге студенты не только повторяют все основные формулы, связанные с исследованием рядов Фурье, понимают сущность гармонического и спектрального анализа, но и на предметном содержании рядов Фурье учатся анализировать и интерпретировать результаты компьютерной обработки математической модели. Отказ от бланка отчета по лабораторной работе способствует формированию умений оформления отчета.



Таким образом, элементы исследования в лабораторных работах по математике реализуются с помощью сравнения результатов компьютерных и аналитических методов решения поставленной задачи; сравнения результатов, полученных при реализации различных численных алгоритмов решения задачи; визуализации явлений и понятий при помощи ресурсов компьютерных пакетов; анализа хода решения задачи, выявления возможных причин накопления погрешности численного решения; построения и сравнения различных математических моделей рассматриваемого явления; проверки выдвинутых гипотез и ряда других приемов. Отметим, что применение разработанного лабораторного практикума позволило повысить уровень исследовательской компетентности обучающихся.

71 □

Список литературы

1. Артищева Е. К., Сеницына Т. В. Коррекция знаний обучающихся на лабораторной работе с использованием компьютерных технологий // Известия БГАРФ: психолого-педагогические науки. 2013. №2. С. 170–180.
2. Артищева Е. К., Сеницына Т. В. Формирование исследовательской компетентности курсантов младших курсов при изучении дисциплин математического цикла // Известия БГАРФ: психолого-педагогические науки. 2015. №3. С. 170–180.
3. Дега Е. И., Модель Д. Л. Основы дискретной математики : учеб. пособие. М., 2011.
4. Забелина С. Б. Формирование исследовательской компетентности магистрантов математического образования (направление педагогическое образование) : дис. ... канд. пед. наук. М., 2015.
5. Кочегурова Е. А. Вычислительная математика : лабораторный практикум. Томск, 2014.
6. Педагогика и психология высшей школы : учеб. пособие / под ред. С. И. Самыгина. Ростов н/Д, 1998.
7. Пионова Р. С. Педагогика высшей школы : учеб. пособие. Минск, 2002.
8. Рындина Ю. В. Формирование исследовательской компетентности студентов в рамках аудиторных занятий // Молодой ученый. 2011. Т. 2, №4. С. 127–131.

Об авторах

Елена Константиновна Артищева – д-р пед. наук, доц., Калининградский пограничный институт.

E-mail: artlana2010@mail.ru

Татьяна Викторовна Сеницына – ст. преп., Калининградский пограничный институт.

E-mail: tatyana390@gmail.com

About the authors

Prof. Elena Artishcheva, Border Guard Institutee of the Federal Security Service of Russia.

E-mail: artlana2010@mail.ru

Tatiana Sinitsina, Associate Professor, Border Guard Institutee of the Federal Security Service of Russia.

E-mail: tatyana390@gmail.com