

Мир науки. Педагогика и психология / World of Science. Pedagogy and psychology <https://mir-nauki.com>

2023, Том 11, № 6 / 2023, Vol. 11, Iss. 6 <https://mir-nauki.com/issue-6-2023.html>

URL статьи: <https://mir-nauki.com/PDF/51PDMN623.pdf>

5.8.7. Методология и технология профессионального образования (педагогические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Окишев, С. В. Научно-исследовательская работа студентов на кафедре высшей математики технического вуза / С. В. Окишев // Мир науки. Педагогика и психология. — 2023. — Т. 11. — № 6. — URL:

<https://mir-nauki.com/PDF/51PDMN623.pdf>

For citation:

Okishev S.V. Research work of students at the department of higher mathematics of a technical university. *World of Science. Pedagogy and psychology*. 2023; 11(6): 51PDMN623. Available at: <https://mir-nauki.com/PDF/51PDMN623.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)

УДК 372.851

ГРНТИ 14.35.07

Окишев Сергей Владимирович

ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения», Омск, Россия

Доцент кафедры «Высшая математика»

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: okishev59@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=687885

Научно-исследовательская работа студентов на кафедре высшей математики технического вуза

Аннотация. Целью данной статьи является показать разнообразные направления научно-исследовательской работы студентов на кафедре высшей математики технического университета путей сообщения и передать эту информацию преподавателям других технических вузов. Попутно автором проанализированы общие представления педагогического сообщества об исследовательской работе студентов в вузе. Основным объектом статьи является научно-исследовательская работа студентов с последующим выходом на студенческую научную конференцию и публикации. Обсуждение студенческих исследований подкреплено большим количеством конкретных примеров и иллюстраций. Предметные олимпиады и студенческие курсовые и дипломные проекты, на взгляд автора, научно-исследовательской работой назвать сложно. Наибольшее внимание в статье уделено созданию студентами программного обеспечения, используемого в рамках учебного процесса. Реализация большого количества компьютерных проектов, демонстрирующих основные численные методы, потребовало создания для этой цели студенческого конструкторского бюро. Конструкторское бюро функционировало в течение ряда лет как инновационная форма проведения лабораторных работ. В статье имеются ссылки на предложенную автором методику организации традиционных учебных занятий с использованием системы оракулов. Под оракулами понимаются в первую очередь специальные матричные и функциональные программы-калькуляторы с графическим интерфейсом. Студенты курируемой группы могут быть привлечены к созданию программ-оракулов и другой исследовательской деятельности. В статье указана роль привязки изучаемых математических понятий к реальным техническим задачам, например, железнодорожным. Продемонстрирована возможность увлечь лучших студентов разбором наиболее красивых математических теорем, доказанных в недавнем прошлом. Хорошо мотивирует студентов к освоению математики знакомство с

замечательными математическими объектами, например, фракталами. Описано также ручное конструирование наглядных пособий и приборов к различным разделам математики.

Ключевые слова: вуз; студент; математика; исследование; преподаватель; учебный процесс; конференция; техническая задача; теорема; конструирование; программное обеспечение; оракул; генератор задач; фрактал; иллюстрация

Введение

Условия работы и намерения автора

Автор статьи работает в провинциальном техническом университете, не участвующем в престижных образовательных программах страны. У нас нет специализированных научных площадок, на которых студенты и школьники включаются в серьезные научные исследования: работу на 3D-принтерах, создание программного обеспечения (ПО) для роботов или числовых станков, анализ новых сплавов и полимеров. Техническое оснащение лекционных аудиторий ограничивается экраном с проектором или компьютером с несколькими небольшими телевизорами. Большинство аудиторий для практик оборудовано лишь доской с мелом. Только некоторые из них имеют преподавательский компьютер и экран над доской. Интерактивных досок нет вовсе. Компьютерные классы есть у специальных кафедр. У кафедры математики нет ни одного такого класса. Понятно, что НИРС носит у нас в вузе традиционный характер элемента образовательного процесса без современных инноваций. Кроме того, преподаватели кафедры «Высшая математика» работают со студентами первого-второго курсов, изредка — третьего курса. Поэтому исследовательские навыки у большинства из этих студентов еще требуется формировать.

В то же время направления НИРС на нашей кафедре разнообразны и интересны. Эти направления являются общезначимыми для работы преподавателей математики технических вузов, находящихся в сходных условиях. Основным объектом данной статьи является исследовательская работа студентов с последующим выходом на студенческую научную конференцию и публикации. Предметные олимпиады и студенческие курсовые и дипломные проекты, на взгляд автора, научно-исследовательской работой назвать сложно. Наибольшее внимание в статье уделено созданию студентами ПО, используемого в рамках учебного процесса. Подобной исследовательской проектной деятельностью автор занимался со студентами в 2000–2010-х годах, когда были достигнуты серьезные практические результаты. Важную роль в техническом вузе играет «привязка» изучаемых математических понятий к реальным техническим задачам, например, железнодорожным. Лучших студентов можно увлечь разбором наиболее красивых теорем, доказанных в недавнем прошлом. Хорошо мотивирует студентов к освоению математики знакомство с замечательными математическими объектами, например, фракталами или расчет и конструирование наглядных пособий и приборов к различным разделам математики. Вот обо всем этом и пойдет речь далее.

Анализ публикаций по НИРС

Научно-исследовательская работа студентов является важным фактором, формирующим как квалифицированного специалиста, так и творческую личность студента. В статье [1] утверждается, что «научно-исследовательская работа студентов в вузе призвана стимулировать учебную деятельность, обобщать приобретенные знания и умения, формировать навыки научного исследования. Она является мощным стимулом к интеграции изучаемых дисциплин. Тщательно выполненная и зафиксированная исследовательская работа позволяет добиться успеха в обучении и профессии». На взгляд автора, важнее всего приобретение навыков

самостоятельной исследовательской или конструкторской (включая сюда и программирование) деятельности. Как указывается в работе [2], «исследования, по сути, являются сегодня самой большой индустрией в мире. Те, кто не умеют выполнить добросовестных исследований или оценить чужие исследования, окажутся на обочине мира». Каково же представление педагогического сообщества о НИРС?

Статья Т.Ю. Лотаревой [3] посвящена научно-исследовательской деятельности студентов в учебном процессе, но такой деятельностью считаются лишь курсовые работы и выпускные квалификационные работы (ВКР). Это типичная точка зрения преподавателя технической выпускающей кафедры. К сожалению, очень многие курсовые и дипломные работы студентов-технарей в настоящее время не имеют отношения к науке. Это, как правило, «трафаретные работы по образцу». Например, выпускники железнодорожного вуза представляют в качестве дипломной работы проекты устройства локомотивного (вагонного) депо. От предыдущих лет проекты отличаются перестановкой отдельных рабочих мест и формой самого здания: прямоугольной, Г-образной, Т-образной. Выпускники политехнического вуза могут представить расчет новой зубчатой передачи. Новизна заключается в изменении диаметра шестеренок, количества их зубьев, материала (марки стали). Конечно, подобные работы показывают, что их авторы-выпускники освоили азы проектирования и конструирования, но наукой или творческим исследованием эти дипломы назвать невозможно.

Работа Р.А. Радченко [4] по тематике полностью совпадает с настоящей статьей автора: это описание НИРС на кафедре «Высшая математика». В статье [4] к НИРС отнесены студенческие научные конференции и предметные олимпиады. Это стандартный взгляд на студенческую науку работника общеобразовательной кафедры. По нашему мнению, олимпиады — это особый род деятельности, позволяющий выявить нестандартно, творчески мыслящих людей и развить их способности. К сожалению, сами олимпиадные задачи носят характер головоломок или (в лучшем случае) абстрактных теоретических проблем, не имеющих практического выхода. С помощью олимпиад по математике можно «отловить» вундеркинда-теоретика и сделать его специалистом по абстрактной алгебре и теории чисел. В техническом вузе нужны специалисты другого профиля.

Что касается студенческих конференций, то в XXI веке они задыхаются от плагиата (копирования из Интернета). На фоне красивых, но чужих исследований честно выполненные студенческие проекты выглядят блекло, и не занимают призовых мест. А за эти места идет очень нешуточная борьба между отдельными преподавателями-руководителями! Кроме того, многие исследовательские проекты могут реализовываться не в рамках студенческих конференций и без выхода на научные публикации. Мы попытаемся продемонстрировать ряд направлений НИРС по математической тематике, являющихся самостоятельными «честными» исследованиями и соответствующих уровню и целям технического вуза. Эти направления часто выходят в итоге на студенческую научную конференцию и на публикации в материалах таких конференций.

В работе [5] сделаны два важных замечания, относящихся напрямую к организации НИРС. Во-первых, целью совершенствования деятельности вуза является «создание академической среды, направленной на творческую самореализацию личности». Во-вторых, это мотивация «активного вовлечения преподавателей и студентов в общевузовскую деятельность по улучшению качества образования». К сожалению, далее статья [5] посвящена в основном анализу опросов студентов и обработке этой эмпирической информации. Предложенные в конце статьи меры представляют собой стандартный набор административных мероприятий вуза.

Под научной работой студентов в работе [5] понимаются курсовые работы, выступления на конференциях, предметные олимпиады, что является глубоко традиционным. На наш взгляд, «творческая самореализация личности» и «деятельность по улучшению качества образования» как раз и предполагают научно-методические исследования по совершенствованию учебного процесса. Эти исследования должны осуществляться студентами под руководством преподавателей. План исследований должен корректироваться по ходу продвижения работ, в том числе по инициативе студентов. Такая корректировка подхода статьи [5] выводит на настоящие творческие проекты вместо набора формальных мер, осуществляемых руководством вуза.

В статье М.А. Скоробогатько [6] предложена схема научно-исследовательской работы студентов экономического вуза. Публикация [6] предполагает два основных направления НИРС: на основе научно-методических исследований и разработок преподавателей вуза и на основе заказов и предложений из сферы предпринимательства. При этом первое направление включает преимущественно работы, направленные на совершенствование учебного процесса: разработку новых технологий обучения, подготовку курсов лекций и лабораторных практикумов. Бизнес же должен объявлять конкурсы на прикладные (экономические) изыскания и содействовать корректировке целей обучения и учебных планов. Проведенные студентами исследовательские работы далее ранжируются по достигнутым результатам и оформляются как научно-исследовательские работы, ВКР, курсовые работы или рефераты.

Конечно же, на разумный подход работы [6] наложила свой отпечаток специализация вуза и время опубликования (2000-е годы). Преподаватель-математик не стал бы сегодня придавать такое большое научно-исследовательское значение бизнес-сообществу. Поэтому предложу свою схему направлений исследовательской деятельности в техническом вузе, разработанную на основе идей М.А. Скоробогатько (рис. 1).

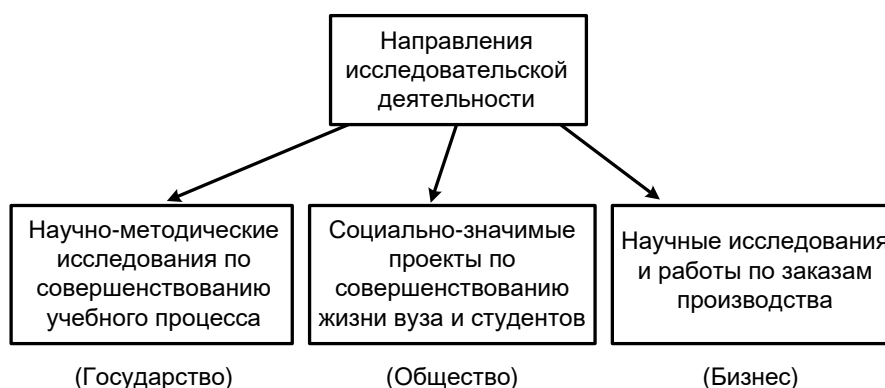


Рисунок 1. Исследования в техническом вузе
(разработано автором на основе идей М.А. Скоробогатько)

Методические исследования первого направления подразумевают инновационное совершенствование методик преподавания с созданием разнообразных программных продуктов для проведения всех видов занятий и облегчения рутинной работы преподавателей дома. Автор данной статьи работает именно в рамках этой (левой) ветви рисунка 1. Это же направление предполагает педагогические эксперименты по проведению занятий в нетрадиционных формах пресс-конференций, мастер-классов, бригадной интерактивной работы и так далее. Социально-значимые проекты второго направления могут включать в себя статистические исследования в среде студентов и преподавателей, анализ и совершенствование спортивной и творческой художественной деятельности, активизацию патриотического движения молодежи и многое другое. Научные исследования и практические работы по заказам производства предполагают участие студентов в хозяйственных договорах специальных кафедр и

реализуются обычно на старших курсах. За тремя ветвями предложенной автором схемы незримо стоят три основных субъекта страны: государство, общество и бизнес, что и указано на рисунке 1.

Характерные черты прикладного проектирования в рамках НИРС автор обнаружил в статье Н.А. Зинченко [7]. К ним относятся:

- Проектные работы с общественно-значимым подтекстом.
- Слитность профессиональных знаний с конкретным практическим смыслом работы.
- Компьютерное моделирование (в том числе с использованием 3D-графики).
- Создание на выходе сложного, многогранного творческого продукта.

Хотя указанные черты были сформулированы Н.А. Зинченко для деятельности студентов в области художественного проектирования, они полностью соответствуют разработанным под руководством автора данной статьи компьютерным студенческим проектам по математике. Автор опишет проектирование и создание программного обеспечения студентами 2–3 курсов в соответствующем разделе статьи.

В работе [3] сделана попытка описать НИРС также и вне рамок учебных образовательных программ. В качестве возможных направлений такой работы перечислены:

- Студенческие научные общества (СНО).
- Научные клубы и кружки, руководимые преподавателями.
- Советы молодых ученых.
- Межвузовские научные сообщества.
- Грантовые научные проекты.

Однако далее в статье [3] утверждается, что все указанные выше направления в реальности неработоспособны. Вузовские преподаватели в большинстве своем учеными не являются, и поэтому не способны руководить серьезным научным кружком, а тем более — выиграть грант. Часто СНО в вузе просто отсутствует, а совет молодых ученых бездействует. Межвузовское сотрудничество в научной сфере зачастую просто парадное шоу, а до сотрудничества студентов разных вузов в научных исследованиях дело не доходит. На основе этого делается вывод о практической невозможности внеучебной НИРС. Автор разделяет мнение Т.Ю. Лотаревой о проблемах с организацией внеучебной НИРС в техническом вузе. В то же время он не считает, что внеучебная НИРС невозможна. Базой проведения исследований со студентами могут служить не только учебные занятия, но также деятельность куратора и индивидуальная работа преподавателя с одаренными студентами.

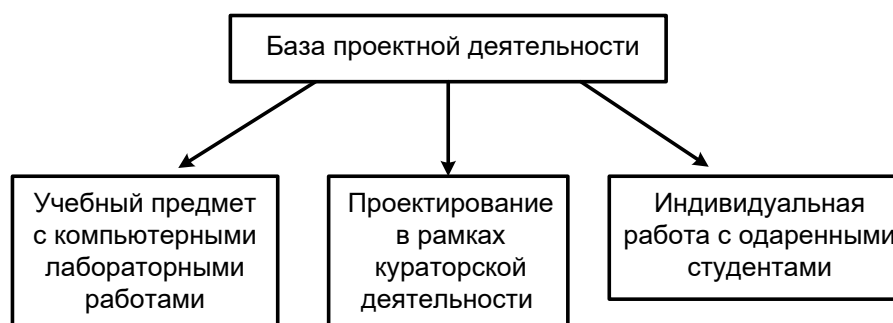


Рисунок 2. База проектной деятельности в техническом вузе (разработано автором)

На рисунке 2 изображена схема проектной деятельности студентов. Автор сумел реализовать все три предложенных на схеме направления при создании компьютерных проектов со студентами. При этом понятно, что направление работы через кураторскую деятельность связана с учебой студентов лишь частично, а работа с отдельными студентами является в полном смысле внеучебной НИРС.

Целью данной статьи является показать разнообразные направления научно-исследовательской работы студентов (НИРС) на кафедре «Высшая математика» Омского государственного университета путей сообщения и передать эту информацию преподавателям других технических вузов. Попутно автор анализирует общие представления педагогического сообщества о НИРС в вузе.

НИРС на кафедре «Высшая математика»

Продемонстрируем на наглядных примерах четыре основных подхода к организации научно-исследовательской работы студентов на кафедре высшей математики Омского государственного университета путей сообщения.

1. Математика в инженерных исследованиях

Этот подход реализуется на кафедре в деятельности доцента О.В. Гателюка. Будучи специалистом по алгебре, Олег Владимирович посвятил большинство своих статей исследованию конкретных технических проблем железнодорожного транспорта. Работая в содружестве с группой технических специалистов, он отвечал за математическое моделирование процессов и устройств. Часть предложенных моделей была вполне посильна для понимания студентами первого-второго курсов и выполнения ими расчетов. В результате появилось несколько студенческих докладов на конференциях, вызвавших большой интерес у однокурсников и у преподавателей. Рассмотрим в качестве наглядного примера *уравнение движения поезда*.

Уравнение движения поезда является простейшей математической моделью. Поезд рассматривается как материальная точка большой массы, а все действующие на него (и внутри него) силы объединяются в равнодействующую $f_g(v)$, зависящую от скорости движения поезда v . Имеются различные способы решения дифференциального уравнения движения поезда. Математики предпочитают интегрировать уравнение, используя определенный интеграл для получения необходимых числовых значений, например, времени движения поезда или пройденного им пути.

При разгоне поезда, то есть если последующее значение скорости больше предыдущего ($v_{n+1} > v_n$), пройденный поездом путь ΔS вычисляется по формуле (1).

$$\Delta S = \frac{1}{\zeta} \int_{v_n}^{v_{n+1}} \frac{v dv}{f_g(v)}. \quad (1)$$

Величина ζ является коэффициентом пересчета размерностей физических величин в единую систему единиц.

В случае торможения поезда, когда $v_{n+1} < v_n$, пройденный путь (тормозной путь поезда) вычисляется по формуле (2).

$$\Delta S = -\frac{1}{\zeta} \int_{v_n}^{v_{n+1}} \frac{v dv}{f_g(v)}. \quad (2)$$

Минус перед интегралом в формуле (2) появляется за счет того, что сила $f_g(v)$ противодействует движению поезда.

О.В. Гателюк предложил своим студентам задачу *торможения поезда до остановки на станции*. При этом $v_{n+1} = 0$, а v_n — это скорость движения поезда на перегоне перед торможением. Студенты должны были просчитать тормозные пути при разных формулах тормозного усилия $f_g(v)$. Вот тут и начинались интересные открытия. Во-первых, многие интегралы вида (2) оказались несобственными, что потребовало умения их исследовать и вычислять. Во-вторых, некоторые формулы мощных с виду тормозных усилий приводили к бесконечно долгому торможению ($\Delta S = \infty$), а слабые с виду тормозные силы давали конечный тормозной путь. На рисунке 3 изображены три вида тормозных усилий, предложенных для исследования студентам.

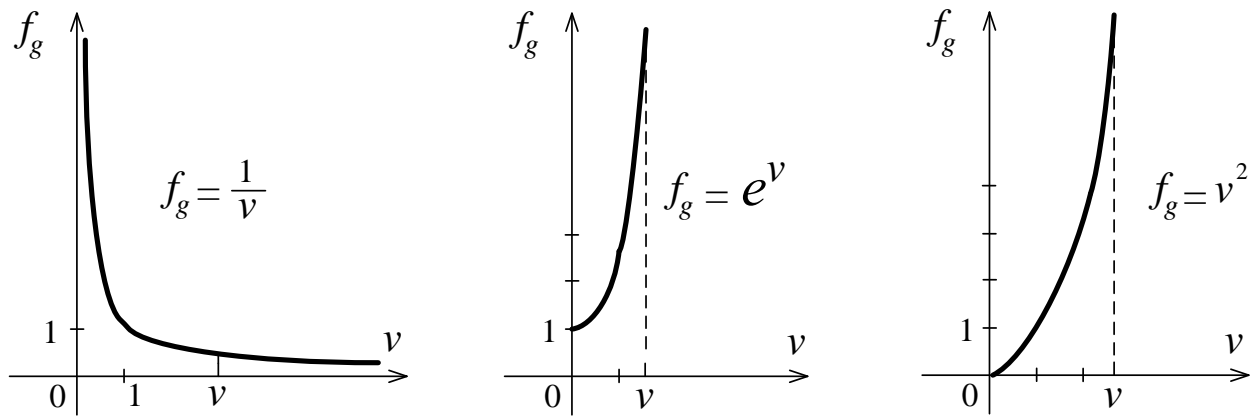


Рисунок 3. Варианты тормозных усилий, действующих на поезд (разработано автором на основе идей О.В. Гателюка)

Первое тормозное усилие $f_g(v) = \frac{1}{v}$ воспринимается студентами как очень слабое.

Однако, по мере уменьшения скорости, величина $f_g(v)$ увеличивается и стремится к бесконечности. При расчете тормозного пути получается собственный интеграл вида (3):

$$\Delta S = -\frac{1}{\zeta} \int_v^0 \frac{v dv}{\frac{1}{v}} = -\frac{1}{\zeta} \int_v^0 v^2 dv. \quad (3)$$

Этот интеграл дает хотя и большую, но конечную величину тормозного пути ΔS .

Третье тормозное усилие $f_g(v) = v^2$ воспринимается студентами как сильное. Однако, по мере уменьшения скорости, величина тормозного усилия $f_g(v)$ уменьшается и стремится к нулю. При расчете тормозного пути получается несобственный интеграл (4):

$$\Delta S = -\frac{1}{\zeta} \int_v^0 \frac{dv}{v} = -\frac{1}{\zeta} \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} (\ln \varepsilon - \ln v) = +\infty. \quad (4)$$

Таким образом, тормозной путь неожиданно оказывается бесконечно большим.

Второе тормозное усилие $f_g(v) = e^v$ является очень сильным при больших скоростях и ненулевым при скорости, стремящейся к нулю. Это обеспечивает конечный тормозной путь поезда, причем ΔS сравнительно невелико. В этом случае при расчете ΔS студенты используют формулу интегрирования по частям, популярную в курсе математики.

Особенно ценным в данном проекте О.В. Гателюка является его соответствие как возможностям студентов, так и железнодорожному профилю вуза. Уравнение движения поезда изучается студентами в рамках вводной дисциплины «Общий курс железных дорог», относящейся к первому семестру обучения. Интегрирование, в том числе несобственные интегралы, рассматривается на «Математике» во втором семестре. Поэтому толковые студенты могут выступить с научным докладом уже на первом курсе, во время весенней студенческой научной конференции. Это замечательно, так как большинство исследователей — это все-таки второкурсники и третьекурсники. Междисциплинарные связи, задействованные в описанном исследовании, мотивируют студентов как к изучению математики, так и к освоению технических дисциплин. Замечу напоследок, что уравнение движения поезда — лишь один из многочисленных примеров простейших технических задач, достойных исследований студентами младших курсов.

2. Компьютерные проекты

Компьютерным проектированием с целью создания ПО, необходимого в учебном процессе, занимался автор этой статьи. Базовое образование автора — прикладная математика и программирование — соответствовало поставленной задаче. Работа по проектированию относилась к научно-методическим исследованиям по совершенствованию учебного процесса (рис. 1). Базой НИРС служили все три направления, изображенные ранее на рисунке 2. Само создаваемое для учебного процесса ПО делилось на несколько типов, согласно рисунку 4.

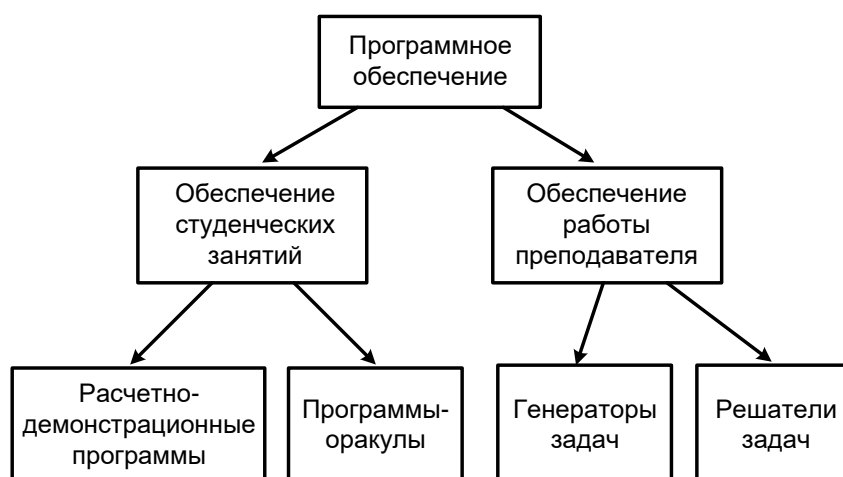


Рисунок 4. Типы программного обеспечения для учебного процесса (разработано автором)

2.1 Расчетно-демонстрационные программы

Расчетно-демонстрационные программы предназначены для проведения исследовательских лабораторных работ в компьютерных классах. Занятиями в таких классах обеспечивались дисциплины «Численные методы» и «Вычислительная математика», которые автор преподавал на рубеже 2000-х и 2010-х годов. Создание большого количества программ, реализующих и демонстрирующих основные численные методы, потребовало работы большой группы программистов. Так как обучаемые студенты имели компьютерные специальности, то автор создал студенческое конструкторское бюро (СКБ), занимавшееся разработкой необходимого ПО. В рамках обучения было три вида занятий: лекции, на которых студенты знакомились с численными методами; практики для разбора этих методов вручную или на компьютере и лабораторные работы, на которых создавалось ПО с графическим интерфейсом. Студенты работали в бригадах по три человека. Преподаватель выступал в качестве ведущего специалиста и формировал подробные задания на проектирование (программирование). На лабораторных занятиях он консультировал студентов, проверял созданные ими программы и формулировал требования по корректировке созданного ПО. Основную часть работы по программированию студенты осуществляли дома на своих компьютерах, распределяя ее между собой.

Подробнее особенности организации работы СКБ описаны в статье [8]. С общим описанием разработки компьютерных проектов можно ознакомиться в работе [9]. Требования к компьютерному проекту выдавались бригаде студентов в начале работы над ним в виде технического задания (ТЗ) на программирование. Наиболее важным разделом в ТЗ было описание графического интерфейса программы в виде эскизов основных окон-экранов. Образец такого эскиза изображен на рисунке 5.

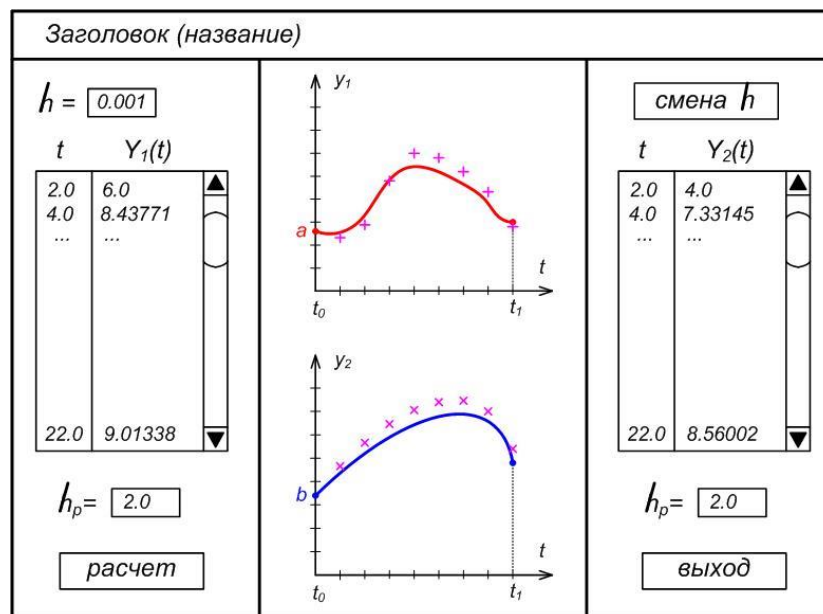


Рисунок 5. Основное расчетное окно численного метода по ТЗ (разработано автором)

На рисунке 5 показан предполагаемый по ТЗ вид основного расчетного окна метода решения задачи Коши для системы двух дифференциальных уравнений с двумя неизвестными функциями $y = y_1(t)$, $y = y_2(t)$. Программа должна строить последовательности точек приближенных решений $\{t_k, y_{1k}\}$ и $\{t_k, y_{2k}\}$ на фоне соответствующих графиков точных решений, изображаемых непрерывными кривыми. Построение идет с шагом печати h_p , многократно превосходящим шаг интегрирования h .

Созданные в рамках работы СКБ компьютерные продукты различались по качеству разработки и соответствовали разным оценкам за учебную дисциплину. Многие из них оказывались выполненными на «отлично» и озвучивались в качестве докладов на студенческих научных конференциях. Таким образом, учебные занятия по инновационной технологии перерастали в НИРС с получением практически важных результатов.

Дело в том, что разработанные программы активно использовались на учебных занятиях последующими потоками студентов, тестировались ими, а при необходимости — дорабатывались в виде новых версий ПО. Так происходило совершенствование учебного процесса.

Рассмотрим в качестве примера *проект LAGR*, представляющий собой расчетно-демонстрационную программу интерполяционного многочлена Лагранжа. Многочлен Лагранжа — это многочлен степени $n + 1$, график которого проходит через все заданные экспериментальные точки $(x_0, f_0), \dots, (x_n, f_n)$. Требовалось составить программу, изображающую график многочлена Лагранжа и вычисляющую его значение в данной точке x с показом самой точки на графике.

Проект был реализован студентами Анастасией Васюк, Алексеем Горбуновым и Натальей Ивановой в 2007 году. Реализация превзошла ожидания заказчика-преподавателя. Точность вычислений значительно превышает требуемые 7 знаков после запятой. Чрезвычайно удобно расположена таблица ввода исходных данных. Качественно строится и сам график многочлена. На рисунке 6 показано состояние графической формы проекта в момент вычисления многочлена и изображения соответствующей точки на графике. Для построения используются четыре экспериментальные точки.

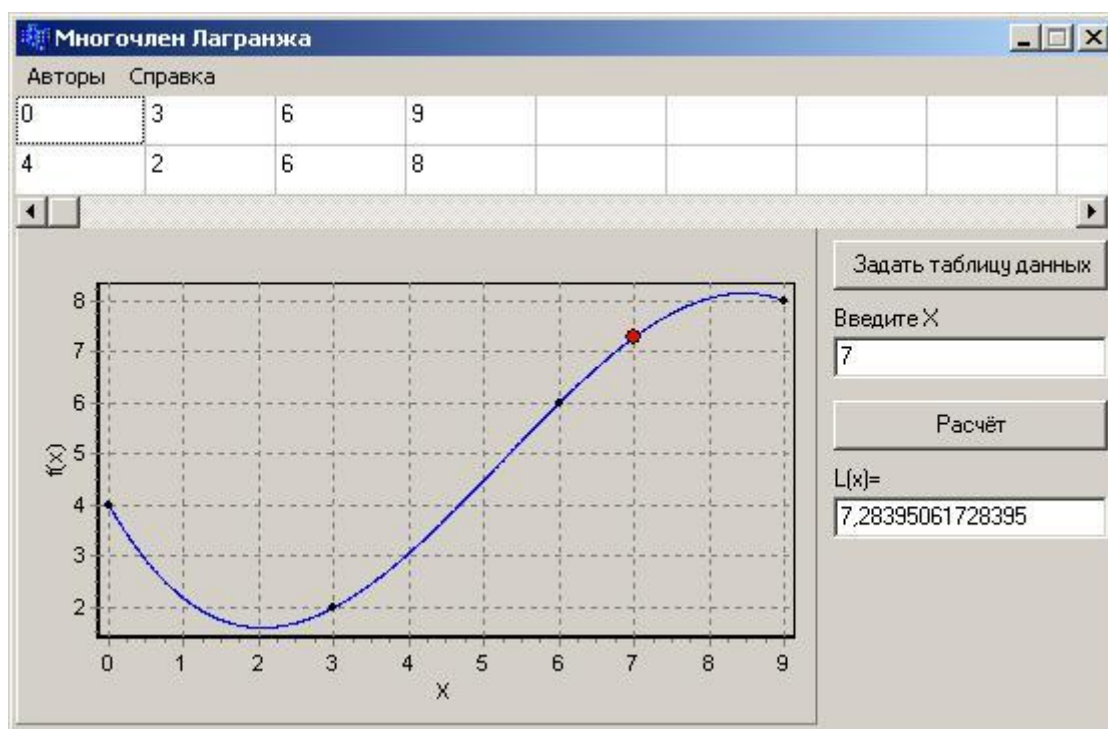


Рисунок 6. Многочлен Лагранжа по четырем точкам (разработано А. Васюк, А. Горбуновым, Н. Ивановой)

Программа LAGR позволяет «увидеть» на лабораторной работе основной недостаток многочлена Лагранжа. С ростом числа экспериментальных точек многочлен начинает осциллировать, и дает большую погрешность вычисления экспериментальной величины, чем

при меньшем числе данных. На рисунке 7 к четырем экспериментальным точкам добавлены еще три «уточняющих». Форма графика многочлена Лагранжа $L(x)$ явно исказилась, и точность вычисления $f(x)$ на некоторых участках ухудшилась.

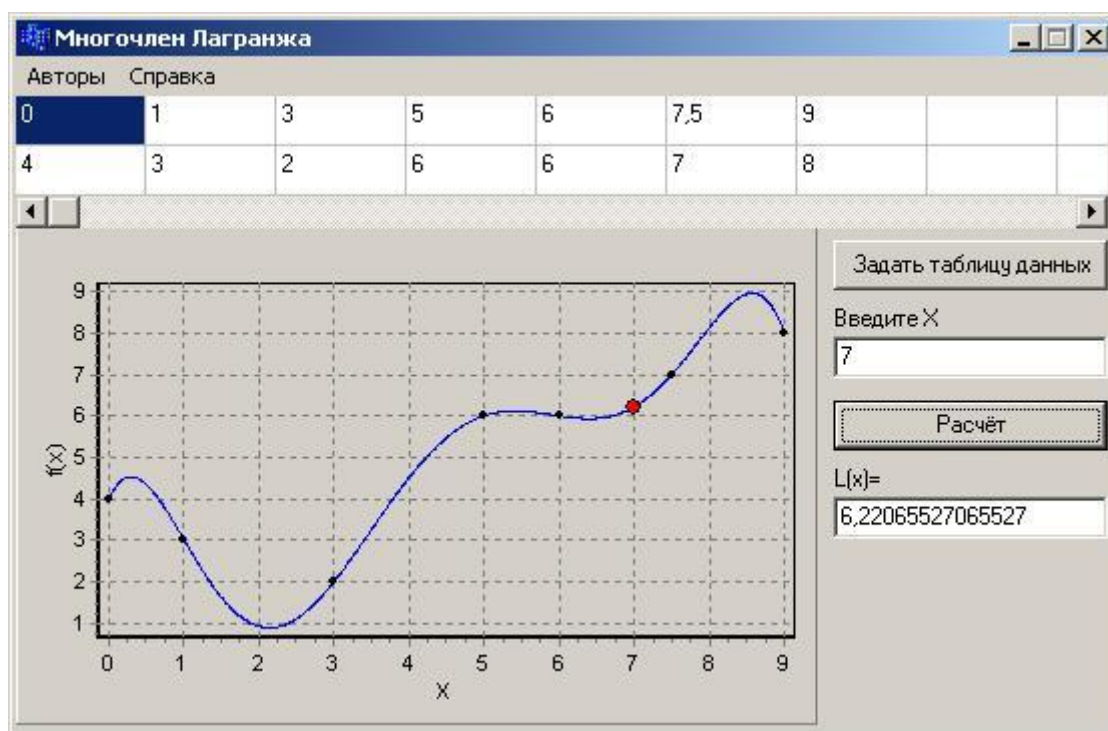


Рисунок 7. Многочлен Лагранжа по семи точкам
(разработано А. Васюк, А. Горбуновым, Н. Ивановой)

Таким образом, с помощью расчетно-графических программ можно проводить на занятиях небольшие исследования, которые невозможны при ручных расчетах и результаты которых в лучшем случае лишь упоминаются в учебниках без иллюстраций. За несколько лет в рамках СКБ было создано несколько десятков подобных программ. Сам процесс их создания был исследовательским творчеством как со стороны студентов, так и со стороны преподавателя. Автор статьи считает такие исследования наилучшим вариантом НИРС.

2.2 Программы-оракулы

Программы-оракулы разрабатывались студентами из курируемой автором студенческой группы в рамках научного кружка, работавшего во внеучебное время. В статье [10] Л.Д. Варламовой и М.Н. Толстяковой о кружковой работе говорится следующее. «Научная кружковая работа — воспитательное пространство для развития студента, при котором главным фактором развития является сам студент, его творческая, профессиональная, социальная активность». В таком пространстве происходит «формирование профессионально-личностных компетенций с точки зрения саморазвития, самореализации и самосовершенствования». О важности воспитания студентов курируемой группы через обучение и НИРС указывается нами в статье [11], где, в частности, говорится и о программах-оракулах.

Программа-оракул — это вспомогательное программное средство для проведения традиционных занятий в классе с доской и мультимедийным экраном, установленным над ней. Оракул решает некоторый этап большой математической задачи, требующий значительных рутинных вычислений, что экономит время и пространство при решении сложных (составных) проблем на доске. Для оракулов важно, чтобы ввод данных и расчеты были хорошо видны из

любой точки аудитории и были понятны даже самым слабым студентам. Поэтому необходим исключительно крупный и в то же время простой графический интерфейс. Как правило, любое окно программы занимает весь экран и содержит немного информации, записанной крупным шрифтом. При разработке оракулов преподаватель формулировал студентам некоторые общие положения об их устройстве. В частности, на рисунке 8 показаны общие схемы окон типового оракула.

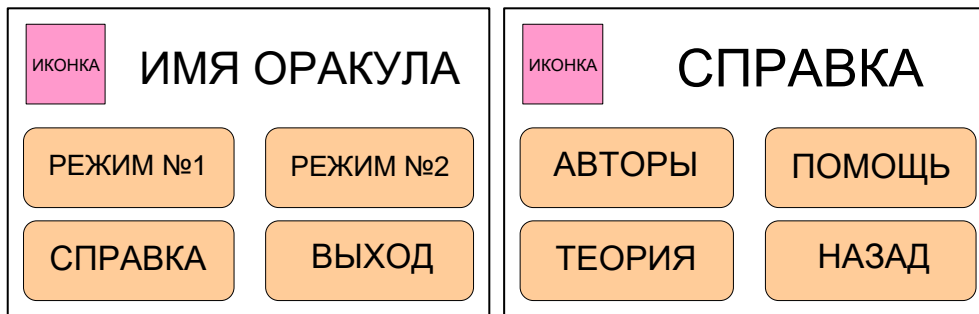


Рисунок 8. Схемы типовых окон программы-оракула (разработано автором)

При запуске оракула активизируется его главное окно, схема которого находится на рисунке 8 слева. В левом верхнем углу любого окна оракула находится цветная иконка: условный значок данного оракула. На занятии может использоваться сразу несколько оракулов с похожим интерфейсом, поэтому студенты должны видеть, какой из оракулов работает в данный момент. Главное окно является «входом» в программу, поэтому на нем указано имя оракула. Большие кнопки используются для перехода в различные режимы работы. При нажатии кнопки «справка» активизируется окно, показанное в правой части рисунка 8. Стандартные справки по программе: «авторы» (фото и фамилии разработчиков), «помощь» (как работать с оракулом), «теория» (описание запрограммированного алгоритма и соответствующей математической задачи). Подробнее о технологии проведения занятий с оракулами и о свойствах самих оракулов указано в работах [12; 13].

Рассмотрим в качестве примера оракул LREorc, осуществляющий построение линейной регрессии по заданному набору точек (x_i, y_i) . При этом определяется формула регрессии вида $y = ax + b$ и строится ее график. Программа способна обработать до тридцати экспериментальных точек ($n \leq 30$).

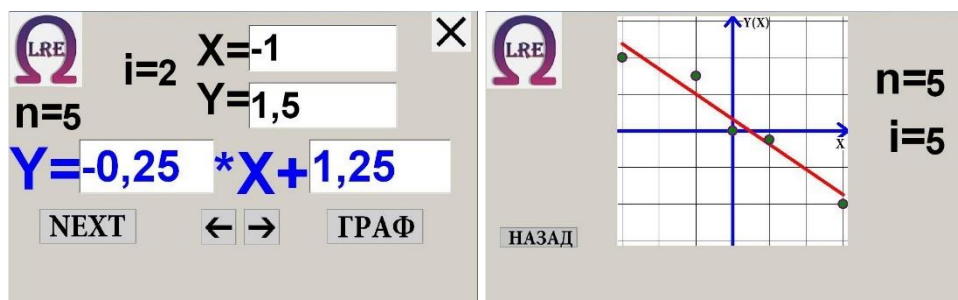


Рисунок 9. Два окна программы-оракула LREorc
(разработано А. Василенко, К. Литвиновым, В. Мартыненко)

Проект был реализован студентами Александром Василенко, Кириллом Литвиновым и Викторией Мартыненко в 2010 году. Основное рабочее окно оракула LREorc показано на рисунке 9 слева. Работа программы происходит в режиме калькулятора, уточняющего коэффициенты регрессии автоматически после ввода каждой новой экспериментальной точки. На каждом этапе (если уже существует прямая $y = ax + b$) возможен просмотр графика

зависимости с помощью кнопки «ГРАФ». Затем можно вернуться в основное рабочее окно и продолжить ввод точек. Вид окна оракула LREorc с графиком регрессии показан на рисунке 9 справа. Конечно, изображение является весьма грубым, но оно служит лишь для приближенного представления о характере зависимости $y = y(x)$.

Программы-оракулы создавались не столько для «численных методов», сколько для использования на классических занятиях по математике. В рамках этой разновидности НИРС было создано 10 программ, а студенты выступали с коллективными докладами на научной конференции.

2.3 Генераторы и решатели математических задач

Программы-генераторы нужны преподавателю для формирования больших наборов стандартных задач, используемых в контрольных работах, типовых расчетах, на экзаменах. НИРС по созданию генераторов автор пытался осуществить при работе с отдельными одаренными студентами. Как правило, он терпел при этом неудачи, и проекты остались незавершенными.

Например, генератор задач на кривые или поверхности второго порядка является слишком сложным для реализации студентами. В таком генераторе много отдельных режимов работы, требуется решать проблемы графического интерфейса, параметрического задания кривых и так далее.

Более доступными для реализации студентами в рамках НИРС являются генераторы алгебраических задач. Графический интерфейс таких программ прост и заключается в грамотном размещении на экране матриц, определителей, векторов и систем уравнений. Сами вычисления в таких программных продуктах порой тривиальны. Например, в программе-генераторе систем линейных алгебраических уравнений, описанной в статье [14], сначала задается вектор-решение системы, затем генерируется случайным образом матрица коэффициентов системы, а правые части находятся подстановкой значений неизвестных в уравнения системы. Это был единственный успех автора в полностью внеучебной исследовательской работе со студентами. НИРС завершилась созданием алгебраического генератора без решателя, а студенты выступали не только на внутривузовской, но и на Всероссийской научной конференции в 2018 году.

3. Прогулки в теорию

Это направление НИРС является наиболее популярным на кафедре и реализуется многими преподавателями. Рассмотрим несколько характерных примеров.

3.1 Презентация интересных теоретических результатов

Студентом Н. Мурыгиным (научный руководитель О.В. Гателюк) был сделан доклад о теоремах распределения количества простых чисел от 1 до N , показавший глубокое понимание студентом математического аппарата теории чисел. Обозначим как $\pi(x)$ количество простых чисел, меньших или равных числу x . В математических исследованиях показано, что для величины $\pi(x)$ верны соотношения (5):

$$\pi(x) \approx \frac{x}{\ln x}; \quad \pi(x) > \frac{x}{\ln x}. \quad (5)$$

В то же время дробь $\frac{x}{\ln x}$ является неточной аппроксимацией величины $\pi(x)$, что и показано на рисунке 10.

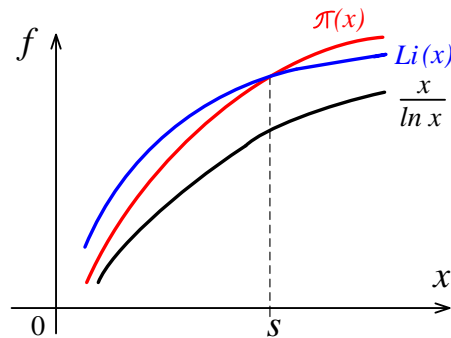


Рисунок 10. Аппроксимации величины $\pi(x)$ (разработано Н. Мурыгиным)

Более точно число $\pi(x)$ приближается интегральным логарифмом $Li(x)$ согласно формуле (6). При вычислении $Li(x)$ имеются особенности в точках $x = 0$ и $x = 1$. На самом деле интеграл вычисляется от 2 до x , что почти не сказывается на точности вычислений при больших значениях x .

$$\pi(x) \approx Li(x); \quad Li(x) = \int_0^x \frac{1}{\ln t} dt. \quad (6)$$

Графики величин $\pi(x)$ и $Li(x)$ многократно пересекают друг друга, а первая их точка пересечения S называется числом Скьюза. Подробнее результаты доклада описаны в статье [15].

Еще один интересный теоретический результат, а именно теорема пяти красок, рассматривалась в докладе студентов М. Сушко и К. Фатеевой. Доклад зафиксирован в виде публикации [16] и анализирует проблему раскрашивания географических карт. В целом подобные выступления на студенческих конференциях вызывают большой интерес студентов и преподавателей.

3.2 Реализация вычислительных алгоритмов

Студентами К. Галухиным и С. Портновой (научный руководитель Е.А. Швед) в статье [17] проанализированы методы вычисления числа π ($\approx 3,1415$) с помощью числовых рядов. Общеизвестными для студентов являются свойства (7) функции арктангенс. Из этих соотношений следует, что величина π может быть найдена с помощью ряда (8).

$$\arctg(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{2n+1} x^{2n+1}; \quad \arctg(1) = \frac{\pi}{4}. \quad (7)$$

$$\pi = 4 \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{2n+1}. \quad (8)$$

Алгоритм вычисления величины π по формуле (8) был реализован студентами в виде программы для компьютера. Ими также сделан обзор других способов вычисления π , например, через приближенное нахождение несобственного интеграла (9):

$$\pi = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\sin x}{x} dx. \quad (9)$$

Работа [18] студентов А. Филатовой и О. Черепановой посвящена вычислению любого знака числа π без вычисления предыдущих его знаков. Студенты составили программу, которая по вводимой позиции знака d числа π выдает запись знака в десятичной системе (цифру). При вычислениях используется ряд (10):

$$\pi = \sum_{n=0}^{\infty} 16^{-n} \left(\frac{4}{8n+1} - \frac{2}{8n+4} - \frac{1}{8n+5} - \frac{1}{8n+6} \right). \quad (10)$$

Доцент Н.А. Рубанова является специалистом по дискретной оптимизации. В сферу ее научных интересов входят задача о назначениях (формирование производственных групп) и двухуровневая задача о размещении (размещение предприятий). Для решения второй из этих задач используются декомпозиционные методы с отсечениями Бендерса. Студенты Натальи Алексеевны выступают обычно с докладами об этих задачах и реализуют на компьютере фрагменты разработанных их научным руководителем алгоритмов.

Рассмотренная разновидность НИРС расширяет научный кругозор студентов и позволяет им развить свои умения в программировании, направленном на реализацию математических расчетов.

3.3 Визуализация и исследование математических объектов

Старший преподаватель В.А. Федоров по базовому образованию физик. В математике его более всего привлекают неожиданные идеи и красивые графические построения. Поэтому и тематику докладов для своих студентов он находит в Интернете, а затем обдумывает, как задействовать при описании «сенсационных» явлений простейшие математические понятия, известные студентам.

Примером такой деятельности может служить доклад на тему «Фракталы». Конечно же, можно пойти по простому пути. Взять из «Википедии» определение фрактала как особой функции, а затем продемонстрировать на экране многочисленные цветные иллюстрации фракталов из Интернета. Но при таком подходе почти нет математики и нет самостоятельного исследования со стороны студентов. Поэтому Владимир Алексеевич идет по другому пути. Рассматривается простейший геометрический фрактал (например, фрактал «Снежинка», начальный этап построения которого помещен на рисунке 11).

Очевидно, что раскрашенная синим цветом фигура находится в круге конечного радиуса, и потому площадь фрактала «Снежинка» на любом этапе его построения конечна. Зато не так обстоит дело с длиной граничной линии фрактала. Студенты при помощи составления предела, задающего длину границы L фрактала, и простейшего предельного перехода доказывают присутствующим, что длина границы фрактала бесконечна! Такое применение материала из Интернета является продуктивным, показывает практическую полезность изученных студентами математических операций, вызывает интерес к изучению математики и ее приложений.

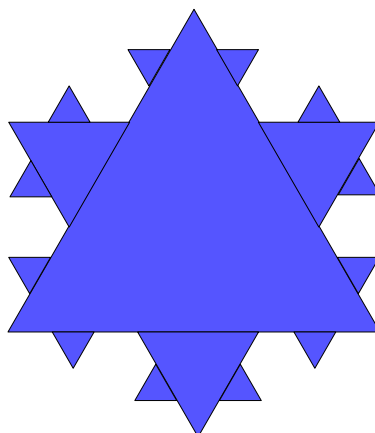


Рисунок 11. Начальный этап построения фрактала «Снежинка» (разработано автором на основе идей В.А. Федорова)

В целом «прогулки в теорию» — это богатейшее направление для организации НИРС на младших курсах, позволяющее всем участникам студенческих научных конференций заглянуть за горизонт обыденности и почувствовать красоту математики.

4. Прикладное творчество: конструирование

Это направление НИРС развивается на кафедре доцентом Е.А. Швед, кандидатом физико-математических наук, алгебраистом. В педагогической деятельности Елены Анатольевны важным элементом является учебно-исследовательская работа студентов в рамках обычных занятий по математике. Например, в статье [19] предложена технология обучения студентов разделу «Функциональный анализ» в четвертом семестре обучения математике. В рамках обычных занятий в студенческой группе формируются бригады. Каждой бригаде выдается исследовательская тема, содержащая теорию и набор нетривиальных задач, требующих решения. В конце семестра бригады выступают с коллективными докладами по своим «проектам».

Аналогичные технологии Е.А. Швед пробует внедрить и на первом курсе. Современные студенты, привыкшие работать с плоским экраном смартфона, плохо воспринимают пространственные изображения. Поэтому им очень трудно дается восприятие и тем более самостоятельное построение поверхностей второго порядка в первом семестре обучения математике. Способ решения этой проблемы предложен Еленой Анатольевной в работе [20]. Студенты объединяются в бригады по 2–3 человека и им даются задания на построение моделей поверхностей второго порядка из плотного картона. При такой работе требуется хорошо разобраться с каноническим уравнением предложенной поверхности, выбрать набор ее сечений, рассчитать для каждого сечения параметры соответствующей кривой второго порядка. Затем изображения кривых наносятся на картон, и по контурам вырезаются плоские фигуры. Фигуры соединяются друг с другом с помощью тонких разрезов, что позволяет собрать из плоских сечений объемную модель поверхности. Пример схемы такой конструкции изображен на рисунке 12. Поперечные сечения модели эллипсоида выделены синим цветом, горизонтальное сечение — красным цветом, контур фронтального сечения является черным.

Расчет и построение моделей требовали у студентов продолжительного времени, и работы завершались уже во втором семестре. Само прикладное творчество по изготовлению поверхностей не только развивало у студентов пространственное воображение. Оно закрепляло в их сознании связь между кривыми и поверхностями, было полезной тренировкой по преобразованию уравнений второго порядка.

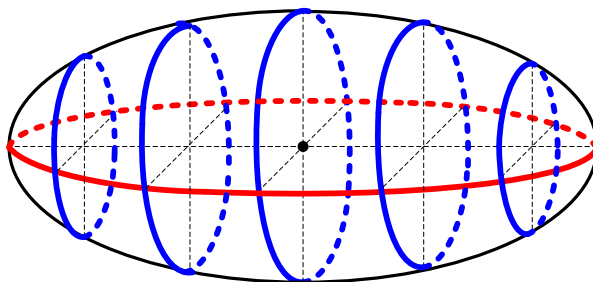


Рисунок 12. Схема модели эллипсоида с семью сечениями (разработано автором на основе идей Е.А. Швед)

Наиболее качественные модели демонстрировались на студенческой научной конференции с описанием методик выбора и расчета сечений поверхностей. Эти методики изложены, например, в статье [21] студенток А. Абитовой и Е. Казанцевой.

Прикладное творчество студентов Е.А. Швед затрагивает и раздел «Теория вероятностей», для которого изготавливались вручную приборы, моделирующие случайные события и основные законы распределения случайных величин.

Краткие итоги

НИРС на кафедре математики — многообразна и интересна. Автор статьи предпочитает реализацию компьютерных проектов, но это очень сложно и затратно как по усилиям, так и по времени. Автор надеется, что описанные в статье направления НИРС, проиллюстрированные многочисленными примерами, окажутся полезными для преподавателей математики других технических вузов. Если они возьмут какие-то методы и идеи себе на вооружение, то автор считает свою цель достигнутой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондратьева, И.А. Формирование навыков научно-исследовательской работы у иностранных студентов технических вузов / И.А. Кондратьева, Т.Д. Рогачева, Н.В. Малина // Мир науки. — 2018. — Т. 6. — № 2. — 29 с.
2. Бут, У.К. Исследование: шестнадцать уроков для начинающих авторов / У.К. Бут, Г.Дж. Коломб, Дж.М. Уильямс; Пер. с англ. А. Станиславского // М.: Флинта: Наука, 2004. — 360 с.
3. Лотарева, Т.Ю. Научно-исследовательская деятельность студентов в учебном процессе: проблемы научно-творческого интереса и его отсутствия / Т.Ю. Лотарева // Мир науки. — 2016. — Т. 4. — № 2. — 8 с.
4. Радченко, Р.А. Научно-исследовательская работа студентов на кафедре «Высшая математика» ОмГУПС / Р.А. Радченко // ТРАНССВУЗ-2005. Качество образования: консалтинг, менеджмент, сертификация: Материалы Международной научно-методической конференции / Омский государственный университет путей сообщения. — Омск: ОмГУПС, 2005. — С. 153–156.

5. Кислицына, Т.Ф. Формирование системы менеджмента в вузе как инновационное направление в управлении качеством образования / Т.Ф. Кислицына, С.В. Шеремета // Инновационная экономика и образование: особенности, достижения, перспективы. Том 2. Инновации в научно-педагогической деятельности вуза: современное состояние, проблемы, перспективы развития: сборник материалов IV Международной научно-практической конференции / под общей редакцией А.И. Барановского — Омск: Изд-во Омского экономического института, 2007. — С. 148–156.
6. Скоробогатько, М.А. Некоторые аспекты инновационного развития российского вуза / М.А. Скоробогатько // Инновационная экономика и образование: особенности, достижения, перспективы. Том 2. Инновации в научно-педагогической деятельности вуза: современное состояние, проблемы, перспективы развития: сборник материалов IV Международной научно-практической конференции / под общей редакцией А.И. Барановского — Омск: Изд-во Омского экономического института, 2007. — С. 269–279.
7. Зинченко, Н.А. Организация научно-исследовательской деятельности студентов в области художественного проектирования / Н.А. Зинченко // Мир науки. — 2017. — Т. 5. — № 2. — 12 с.
8. Окишев, С.В. Особенности организации работы студенческого конструкторского бюро в рамках дисциплины «Численные методы» / С.В. Окишев // Актуальные проблемы преподавания математики в техническом вузе. — 2018. — № 6. — С. 202–207.
9. Окишев, С.В. Применение инновационных методических приемов при организации компьютерных занятий по численным методам / С.В. Окишев // Инновационная экономика и образование: особенности, достижения, перспективы. Том 2. Инновации в научно-педагогической деятельности вуза: современное состояние, проблемы, перспективы развития: сборник материалов IV Международной научно-практической конференции / под общей редакцией А.И. Барановского — Омск: Изд-во Омского экономического института, 2007. — С. 230–236.
10. Варламова, Л.Д. Опыт научной кружковой работы для формирования профессионально-личностных компетенций будущих инженеров / Л.Д. Варламова, М.Н. Толстякова // Мир науки. — 2017. — Т. 5. — № 6. — 10 с.
11. Окишев, С.В. Куратор и математика / С.В. Окишев // Актуальные проблемы преподавания математики в техническом вузе. — 2020. — № 8. — С. 194–199.
12. Окишев, С.В. Создание программ-оракулов для дисциплины «Численные методы» в студенческом конструкторском бюро / С.В. Окишев // Совершенствование образовательной деятельности и качества подготовки специалистов технического обеспечения: Материалы четвертой межвузовской научно-методической конференции / Омский автобронетанковый инженерный институт. — Омск: ОАБИИ, 2016. — С. 247–254.
13. Окишев, С.В. Преподавание отдельных разделов математики с использованием системы оракулов / С.В. Окишев // Инновационные педагогические технологии: сборник трудов Нижневартковского гуманитарного университета / Нижневартковский гуманитарный университет. — Нижневартовск: НГГУ, 2009. — С. 151–158.

14. Окишев, С.В. Программа-генератор систем линейных алгебраических уравнений с варьируемыми вероятностями элементов / С.В. Окишев, П.А. Ашаева, Е.А. Гельманова // Информационные технологии: актуальные проблемы подготовки специалистов с учетом реализации требований ФГОС: Материалы пятой Всероссийской научно-методической конференции / Омский автобронетанковый инженерный институт. — Омск: ОАБИИ, 2018. — С. 267–271.
15. Мурыгин, Н.В. Доказательства теоремы распределения простых чисел / Н.В. Мурыгин // Студент: наука, профессия, жизнь: Материалы X Всероссийской студенческой научной конференции с международным участием. В 5-ти частях. / Омский гос. ун-т путей сообщения. — Омск: ОмГУПС, 2023. — С. 425–428.
16. Сушко, М.А. Раскрашивание карт. Теория пяти красок / М.А. Сушко, К.Э. Фатеева // Студент: наука, профессия, жизнь: Материалы X Всероссийской студенческой научной конференции с международным участием. В 5-ти частях. / Омский гос. ун-т путей сообщения. — Омск: ОмГУПС, 2023. — С. 445–448.
17. Галухин, К.С. Анализ методов вычисления числа пи / К.С. Галухин, С.Е. Портнова // Студент: наука, профессия, жизнь: Материалы X Всероссийской студенческой научной конференции с международным участием. В 5-ти частях. / Омский гос. ун-т путей сообщения. — Омск: ОмГУПС, 2023. — С. 473–477.
18. Филатова, А.А. Вычисление любого знака числа π без вычисления предыдущих / А.А. Филатова, О.Р. Черепанова // Студент: наука, профессия, жизнь: Материалы X Всероссийской студенческой научной конференции с международным участием. В 5-ти частях. / Омский гос. ун-т путей сообщения. — Омск: ОмГУПС, 2023. — С. 438–444.
19. Швед, Е.А. Организация учебно-исследовательской работы при изучении дисциплины «Математика» / Е.А. Швед // Инновационные процессы в современном образовании: от идеи до практики: Материалы III Международной научно-практической конференции с использованием дистанционных технологий / Ярославль, 2023. — С. 50–53.
20. Швед, Е.А. Об эффективности некоторых форм организации самостоятельной работы при изучении математических дисциплин / Е.А. Швед // Актуальные проблемы преподавания математики в техническом вузе. — 2020. — № 8. — С. 264–268.
21. Абитова, А.Т. Конструирование поверхностей второго порядка с использованием метода сечений / А.Т. Абитова, Е.А. Казанцева // Студент: наука, профессия, жизнь: Материалы VI Всероссийской студенческой научной конференции с международным участием. В 3-х частях. / Омский гос. ун-т путей сообщения. — Омск: ОмГУПС, 2019. — С. 374–379.

Okishev Sergey Vladimirovich

Omsk State Transport University, Omsk, Russia

E-mail: okishev59@mail.ru

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=687885

Research work of students at the department of higher mathematics of a technical university

Abstract. The purpose of this article is to show the various areas of research work of students at the Department of Higher Mathematics of the Technical University of Railway Transport and convey this information to teachers of other technical universities. Along the way, the author analyzed the general ideas of the teaching community about the research work of students at the university. The main object of the article is the research work of students with subsequent participation in a student scientific conference and publications. Discussion of student research is supported by a large number of specific examples and illustrations. In the author's opinion, subject Olympiads and student coursework and diploma projects can hardly be called scientific research work. The greatest attention in the article is paid to the creation by students of software used as part of the educational process. The implementation of a large number of computer projects demonstrating basic numerical methods required the creation of a student design bureau for this purpose. The design bureau functioned for a number of years as an innovative form of laboratory work. The article contains references to the method proposed by the author for organizing traditional training sessions using the oracle system. Oracles are primarily understood as special matrix and functional calculator programs with a graphical interface. Students in the supervised group may be involved in the creation of oracle programs and other research activities. The article indicates the role of linking the studied mathematical concepts to real technical problems, for example, railway ones. The ability to captivate the best students with an analysis of the most beautiful mathematical theorems proven in the recent past has been demonstrated. Familiarity with wonderful mathematical objects, such as fractals, motivates students well to master mathematics. The manual construction of visual aids and instruments for various branches of mathematics is also described.

Keywords: university; student; mathematics; research; teacher; educational process; conference; technical problem; theorem; construction; software; oracle; task generator; fractal; illustration