

На правах рукописи



Клунникова Маргарита Михайловна

**РАЗВИТИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО МЫШЛЕНИЯ
СТУДЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЕ
«ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ»**

13.00.02 – Теория и методика обучения и воспитания
(математика)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата педагогических наук

Красноярск – 2020

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский федеральный университет»

Научный руководитель: доктор педагогических наук, профессор
Пак Николай Инсебович

Официальные оппоненты: **Корнилов Виктор Семенович**, доктор педагогических наук, профессор, государственное автономное образовательное учреждение высшего образования города Москвы «Московский городской педагогический университет», кафедра информатизации образования, профессор

Лозовая Наталья Анатольевна, кандидат педагогических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнёва», кафедра высшей математики, доцент

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный педагогический университет»

Защита диссертации состоится «14» мая 2020 года в 13.00 на заседании диссертационного совета Д 999.032.03, созданного на базе ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», ФГБОУ ВО «Омский государственный педагогический университет», ФГБОУ ВО «Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева» по адресу: 660074, г. Красноярск, ул. Академика Киренского, 26, ауд. УЛК 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Сибирского федерального университета: <http://www.sfu-kras.ru>.

Автореферат разослан «__» _____ 2020 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета



Баженова Ирина Васильевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Подготовка квалифицированных кадров является одним из ключевых направлений повышения конкурентоспособности российских информационных и коммуникационных технологий, что отмечено в Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы, в федеральной программе «Кадры для цифровой экономики» и других документах. Это требует от системы образования разработки и внедрения новых подходов к обучению, способствующих развитию профессиональных компетенций будущих специалистов. Мировой тенденцией в области современного образования является направленность обучения на развитие вычислительного мышления у школьников и студентов. Большое количество зарубежных научных и образовательных организаций активно занимаются разработкой этой концепции, среди них Национальная академия наук США, Британское компьютерное общество, Международное общество по технологиям в образовании, Научная ассоциация учителей информатики, Академия Google, Международный некоммерческий Стэнфордский научно-исследовательский институт и др.

Эволюционное формирование мышления у человека начинается с возникновения модельных представлений образов чувственного восприятия окружающего мира. Появление мер отражения ощущений пространства (близко-далеко, большой-маленький), количества (много-мало), тактильных характеристик (горячо-холодно) и т.д. сначала на объектном, а затем на числовом уровне, можно считать началом формирования вычислительного мышления. В этой связи важнейшим типом современного толкования этого понятия является расчётно-математический, связанный с математическими приёмами численной обработки информации. В настоящей работе при использовании понятия «вычислительное мышление» рассматривается именно его расчётно-математический тип.

Особого внимания при формировании вычислительного мышления заслуживает дисциплина «Численные методы», входящая в базовый блок дисциплин по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки». Её важность в подготовке студентов определяется ФГОС ВО, где в рамках общепрофессиональных компетенций студент должен

уметь консультировать и использовать фундаментальные знания в области численных методов в профессиональной деятельности; находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем. Курс «Численные методы» носит междисциплинарный характер, обеспечивает связь математики, дисциплин естественнонаучного цикла и программирования. Изучение этой дисциплины требует не только высокого уровня математической подготовки и профессионального владения современными компьютерными технологиями, но и особым образом развитого мышления, которое позволит студенту легко переходить от физической постановки задачи к математической, а затем к составлению алгоритма её решения.

Различные методики обучения дисциплине «Численные методы» были предложены в диссертационных исследованиях И. В. Беленковой, В. В. Беликова, И. А. Кузнецовой, Н. Н. Пальчиковой, М. И. Рагулиной, Е. А. Рябухиной, А. В. Рябых, Т. А. Степановой, А. А. Сушенцова, Г. М. Федченко и др. Однако в них не исследовались вопросы связи между успеваемостью студентов и развитием их мышления.

Исследование предметной области позволило выявить следующие противоречия:

- на социально-педагогическом уровне: между требованиями современной экономики к высокому уровню вычислительного мышления работников инженерных и физико-математических специальностей и недостаточно проработанной методологической и практической базой для подготовки бакалавров профиля «Математика и компьютерные науки», удовлетворяющей этим требованиям.
- на научно-педагогическом уровне: между необходимостью обновления методической системы обучения студентов дисциплине «Численные методы», учитывающей их современные когнитивные особенности, и отсутствием теоретических подходов к организации обучения с использованием когнитивного подхода;
- на научно-методическом уровне: между возможностью повысить эффективность подготовки студентов в области вычислительной математики, развить их вычислительное мышление за счёт современных электронных средств и технологий когнитивного обучения и отсутствием методик, реализующих эту возможность.

Эти противоречия позволили определить **проблему исследования**: какой должна быть методика обучения студентов курсу «Численные методы», чтобы обеспечить развитие вычислительного мышления и повысить результативность освоения этой дисциплины?

Объект исследования: учебный процесс по дисциплине «Численные методы» для студентов математических направлений подготовки.

Предмет исследования: развитие расчётно-математического типа вычислительного мышления студентов направления 02.03.01 «Математика и компьютерные науки» при обучении дисциплине «Численные методы» с помощью электронных и когнитивных образовательных технологий.

Цель исследования: научно обосновать, разработать и экспериментально апробировать методику развития вычислительного мышления студентов при обучении дисциплине «Численные методы» с использованием электронных и когнитивных образовательных технологий, обеспечивающих результативность предметной подготовки.

Гипотеза исследования: развитие расчётно-математического типа вычислительного мышления студентов, а также результативность их предметной подготовки по дисциплине «Численные методы» будут достигнуты, если:

- на основе уточнённой сущности понятия «вычислительное мышление» расширить цели и содержание курса «Численные методы» с опорой на междисциплинарный характер предметного обучения;
- использовать смешанную форму организации учебного процесса с использованием когнитивно-визуализированных средств обучения (когнитивные схемы и карты, визуальные симуляторы), а также дуального межпредметного ментального практикума;
- для организации самостоятельной учебной деятельности студентов применять электронный онлайн-курс, включающий лекции-тренажёры и обучающие тесты на рейтинговой основе.

Для достижения данной цели и проверки гипотезы исследования были поставлены следующие **задачи**:

1. Провести анализ подходов к преподаванию дисциплины «Численные методы» в университетском образовании.
2. Выявить сущность расчётно-математического типа вычислительного мышления.

3. Обосновать и разработать модель развития и диагностики вычислительного мышления студентов в процессе изучения курса «Численные методы».

4. Усовершенствовать методическую систему обучения студентов курсу «Численные методы» с позиции развития их вычислительного мышления.

5. Разработать когнитивные средства для смешанного обучения студентов курсу «Численные методы».

6. Провести педагогический эксперимент для обоснования эффективности развития вычислительного мышления студентов при изучении дисциплины «Численные методы».

Теоретико-методологической основой исследования являются работы в области: *системного подхода* (Б. Г. Ананьев, В. Ф. Ломов, А. М. Новиков, В. Н. Садовский, А. И. Уемов и др.); *деятельностного подхода* к обучению (П. Я. Гальперин, А. Н. Леонтьев, С. Л. Рубинштейн, Н. Ф. Талызина и др.); *когнитивной психологии* (Дж. Андерсон, Б. М. Величковский, Л. С. Выготский, У. Найссер, Ж. Пиаже, Р. Солсо, М. А. Холодная, Т. В. Черниговская и др.); *информационного подхода в образовании* (Р. Ф. Абдеев, А. П. Ершов, Н. И. Пак, Г. Н. Степанова, А. Д. Урсул и др.); *использования когнитивной визуализации* (Р. Арнхейм, Д. А. Бархатова, В. А. Далингер, В. Ф. Шаталов, и др.); *компетентностного подхода* (В. А. Болотов, И. А. Зимняя, М. В. Носков, Ю. Г. Татур, А. В. Хуторской, В. А. Шершнева, Л. В. Шкерина и др.); *теории, практики и методики обучения дисциплине «Численные методы»* (И. В. Беленкова, В. В. Беликов, И. А. Кузнецова, М. П. Лапчик, Н. Н. Пальчикова, М. И. Рагулина, Е. А. Рябухина, А. В. Рябых, Т. А. Степанова, А. А. Сушенцов, Г. М. Федченко, Е. К. Хеннер и др.).

Для проверки выдвинутой гипотезы и решения поставленных задач **использовались следующие методы:** *теоретические* (анализ Федеральных государственных стандартов высшего образования; изучение, анализ и обобщение научной, методической, психолого-педагогической литературы по теме исследования, учебных пособий и методических разработок по дисциплине «Численные методы»; анализ и систематизация собственного педагогического опыта преподавания дисциплины «Численные методы»; педагогическое моделирование); *эмпирические* (наблюдение, опрос, тестирование, проектирование, педагогический

эксперимент, реализация и апробация электронного курса); *статистические* (количественный и качественный анализ результатов).

Экспериментальная база исследования: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет». В эксперименте принимали участие студенты 3 курса Института математики и фундаментальной информатики (ИМиФИ), обучающиеся по направлению подготовки 02.03.01 «Математика и компьютерные науки».

Этапы исследования:

Теоретический этап (2010–2012 гг.). Выявление и анализ причин сложности усвоения курса «Численные методы»; изучение литературы по проблеме исследования; изучение возможностей использования ИКТ в учебном процессе; выделение объекта, предмета, цели и задач исследования; выдвижение рабочей гипотезы.

Методический этап (2012–2015 гг.). Проектирование методики, направленной на развитие расчётно-математического типа вычислительного мышления; корректировка содержания электронного курса по дисциплине.

Экспериментальный этап (2016–2018 гг.). Проведение педагогического эксперимента.

Аналитический этап (2018–2019 гг.). Анализ и обобщение результатов педагогического эксперимента, формулирование основных положений исследования, оформление диссертации.

Научная новизна исследования состоит в том, что:

- предложена научная идея повышения результативности подготовки студентов по курсу «Численные методы» на основе развития вычислительного мышления с помощью электронных и когнитивных образовательных технологий;
- для развития вычислительного мышления студентов разработаны диагностическая модель определения уровня его сформированности, оригинальные когнитивно-визуализированные средства обучения и динамические вычислительные тренажёры;
- для повышения мотивации и индивидуализации самостоятельной учебной деятельности студентов создана специальная структура и содержание электронного курса, включающая лекции-тренажёры и дуальный межпредметный ментальный практикум;

– обоснована эффективность и доказательно апробирована в реальном учебном процессе методика развития вычислительного мышления студентов в процессе смешанной формы обучения курсу «Численные методы».

Теоретическая значимость исследования состоит в дополнении теории и методики преподавания математических дисциплин, а именно:

- выявлена сущность понятия «расчётно-математический тип вычислительного мышления» и доказана возможность его формирования у студентов в процессе обучения курсу «Численные методы», способствующая результативности их предметной подготовки;
- разработаны диагностическая модель определения уровня сформированности вычислительного мышления и способ оценки уровня усвоения дисциплины «Численные методы»;
- предложена дуальная межпредметная форма обучения студентов курсу «Численные методы», имеющая рекурсивный характер.

Практическая значимость исследования состоит в том, что:

- разработан комплекс когнитивно-визуализированных средств обучения и динамических вычислительных тренажёров по курсу «Численные методы»;
- разработан и внедрён в реальный учебный процесс электронный курс на базе LMS Moodle для студентов 3 курса Института математики и фундаментальной информатики СФУ. Адрес курса: e.sfu-kras.ru/course/view.php?id=2423 (доступ по учётным записям в сети СФУ);
- разработана и внедрена в учебный процесс методика развития вычислительного мышления студентов в процессе обучения курсу «Численные методы».

Достоверность результатов диссертационного исследования обеспечивалась теоретико-методологическими основами исследования, опорой на современные научные достижения в области педагогики и когнитивной науки; анализом отечественных и зарубежных публикаций по проблематике исследования; педагогическим опытом преподавателей дисциплины «Численные методы»; тщательным планированием эксперимента; соответствием теоретических и эмпирических методов исследования поставленным целям и задачам; апробацией результатов исследования в реальном учебном процессе.

Личный вклад соискателя состоит в самостоятельной работе по

изучению проблемной области; разработке методов формирования вычислительного мышления, проектировании и реализации электронного курса по дисциплине «Численные методы»; руководстве научной работой студентов; проведении педагогического эксперимента и анализе его результатов; подготовке научных публикаций по проблеме диссертационного исследования.

Положения, выносимые на защиту:

1. Выявленная сущность расчётно-математического типа вычислительного мышления студентов позволяет осуществить модернизацию методической системы курса «Численные методы» за счёт расширения целей предметного обучения, обновления средств и методов с опорой на электронные и когнитивные образовательные технологии.

2. Когнитивные средства обучения (когнитивные карты, визуальные симуляторы, динамические тесты-тренажёры, лекции-тренажёры) и применение смешанной формы в условиях дуального межпредметного обучения курсу «Численные методы» способствуют индивидуализации и высокой мотивации самостоятельной работы студентов.

3. Применение методики развития вычислительного мышления студентов при обучении дисциплине «Численные методы» повышает уровень их предметных знаний, при этом уровень сформированности вычислительного мышления и результативность предметного обучения взаимосвязаны: чем выше у студента уровень вычислительного мышления, тем выше успеваемость по курсу «Численные методы».

Апробация результатов исследования. Материалы и результаты исследования обсуждались на городском научно-исследовательском семинаре-вебинаре «Информационные технологии и открытое образование» при ФГБОУ ВО «Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева», на заседаниях базовой кафедры вычислительных и информационных технологий ИМиФИ СФУ, отражены в публикациях и выступлениях на всероссийских, международных научных и научно-практических конференциях: «Фундаментальная информатика, информационные технологии и системы управления: реалии и перспективы. ФПТМ-2014» – Красноярск, 2014 г.; «Инновации в образовательном пространстве: опыт, проблемы, перспективы» – Красноярск, 2016 г.; Third International Conference on Analysis and Applied

Mathematics (ICAAM 2016) – Алматы, 2016 г.; XII Международная конференция «Стратегия качества в промышленности и образовании» – Варна, 2016 г.; «Информатизация образования и методика электронного обучения» – Красноярск, 2018 г.; VIII Международная научно-методическая конференция «Математическое моделирование и информационные технологии в образовании и науке» – Алматы, 2018 г.; «Информатизация образования и методика электронного обучения» – Красноярск, 2019 г.

Структура диссертации. Работа состоит из введения, двух глав, заключения, списка литературы и 7 приложений. Общий объем диссертации составляет 196 страниц. Иллюстративный материал включает 34 рисунка и 13 таблиц. Список литературы содержит 200 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обоснована актуальность темы исследования, определены объект, предмет и цель исследования, выдвинута гипотеза, сформулированы задачи исследования, перечислены теоретико-методологические основы работы, этапы и методы исследования, раскрыта научная новизна, теоретическая и практическая значимость исследования, представлены положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** «*Теоретические основания развития вычислительного мышления студентов в процессе изучения курса “Численные методы”*» рассматриваются теоретические исследования поставленной проблемы.

В **параграфе 1.1** «*Анализ подходов к преподаванию дисциплины «Численные методы» в университетском образовании*» показано, что на сегодняшний день дисциплина «Численные методы» является важнейшей при подготовке специалистов по многим направлениям подготовки, однако является сложной и трудоёмкой для усвоения студентами. Проведён содержательный анализ рабочих программ, который продемонстрировал, что подходы к преподаванию дисциплины для разных направлений существенно отличаются. Принципиальное значение имеет выбор программных средств для выполнения практических работ, который определяет эффективность и долговременную поддержку исследовательской и образовательной деятельности студентов в дальнейшем. Проанализированы подходы к преподаванию дисциплины в зави-

симости от выбранного инструментария (Excel, языки программирования общего назначения, математические пакеты). Отмечено, что независимо от направления подготовки основными формами учебных занятий при изучении курса «Численные методы» являются лекции, практические занятия и самостоятельная работа студентов.

Основой при разработке учебных программ по дисциплине «Численные методы» являются *фундаментальные работы выдающихся российских учёных*, посвященные формированию содержания курса «Численные методы» для студентов классических университетов (Н. С. Бахвалов, О. М. Белоцерковский, И. С. Березин, В. В. Воеводин, С. К. Годунов, А. А. Дородницын, Н. П. Жидков, Н. Н. Калиткин, Г. И. Марчук, А. А. Самарский, А. Н. Тихонов, Д. К. Фаддеев, В. Н. Фаддеева, Н. Н. Яненко и др.) и *учебники, ориентированные на конкретную среду разработки*, с примерами алгоритмов и текстов программ с краткими сведениями по теории используемых методов (Е. Ы. Бидайбеков, В. Е. Зализняк, Б. И. Квасов, М. П. Лапчик, Л. И. Турчак, П. В. Плотников, С. В. Поршнева, М. И. Рагулина, Е. К. Хеннер и др.).

В связи с большим содержательным объёмом дисциплины и ограниченностью времени на её изучение предложено использовать возможности смешанного обучения с использованием современных информационных технологий, которые требуют новых подходов к разработке цифровых образовательных ресурсов.

В *параграфе 1.2 «Сущность вычислительного мышления»* выделены три наиболее существенных подхода к определению понятия «вычислительное мышление»: когнитивный мыслительный процесс; гибрид других способов мышления; применение методов Computer Science для моделирования процессов, исследуемых в других дисциплинах. На основе их анализа введено понятие «расчётно-математического типа вычислительного мышления» студента, как мыслительного процесса, заключающегося в последовательной активации из памяти человека цепочек образов объектов и ментальных схем из области математики и информатики для постановки проблемы и её эффективного решения с помощью абстрактных инструментов.

Отмечено, что в России до недавнего времени практически не было специальных исследований понятия «вычислительное мышление». Исключением являются работы Е. К. Хеннера, который в своих работах

анализирует это понятие с позиций зарубежных авторов и отмечает его актуальность для отечественного образования, так как этот термин в практическом плане нацеливает на обновление содержания и методов обучения, способствует наращиванию усилий по формированию метапредметных результатов образования.

Показано, что косвенно отдельные составляющие вычислительного мышления рассматривались в работах российских ученых (математическое мышление: Р. А. Атаханов, П. Я. Гальперин, В. В. Давыдов, Е. А. Костина, В. А. Крутецкий, Н. Ф. Талызина, Т. П. Пушкарева, и др.; алгоритмическое мышление: А. П. Ершов, А. И. Газейкина, Г. А. Звенигородский, А. Г. Кушниренко, М. П. Лапчик, Т. Н. Лебедева, И. Н. Слинкина и др.).

В рамках когнитивного подхода все мыслительные процессы рассматриваются, как составляющие общего процесса информационного обмена между человеком и средой, а структура личности, как уникальная иерархия когнитивных шаблонов. Таким образом, сущность когнитивного обучения сводится к двум этапам: формирование связей между образами чувственной зоны и их модельными представлениями; систематизация интуитивного опыта с помощью понятий и терминов предметной области. То есть при изучении любой предметной области необходимо обеспечить формирование у студентов чувственных ментальных схем с помощью их ментальных моделей, затем систематизировать все образы, модели и понятия средствами языка.

На этапе интуитивного обучения целесообразно представлять учебный материал в виде ментальной схемы, которая состоит из вершин (объекты-исходные данные, объекты-цели, смешанные объекты, другие ментальные схемы) и рёбер, определяющих действие (операция, команда, событие). Каждое ребро дополнительно имеет коэффициенты чувственности (эмоция) и моторики (энергия), которые связаны с действием. Вершины и рёбра могут появляться и исчезать во времени в зависимости от приобретаемого «веса существования», определяемого значением функции действия. Вес существования объекта или ребра увеличивается при частой активации, в противном случае веса стремятся к нулю и при значении ниже порогового объекты со своими связями исчезают.

Пример ментальной схемы при изучении точного метода Гаусса

решения систем линейных алгебраических уравнений представлен на Рисунке 1, а при изучении метода LU-разложения, основная идея которого заключается в разложении матрицы A на произведение двух треугольных матриц, нужно активировать у студентов ранее изученную ментальную схему обратного хода метода Гаусса.

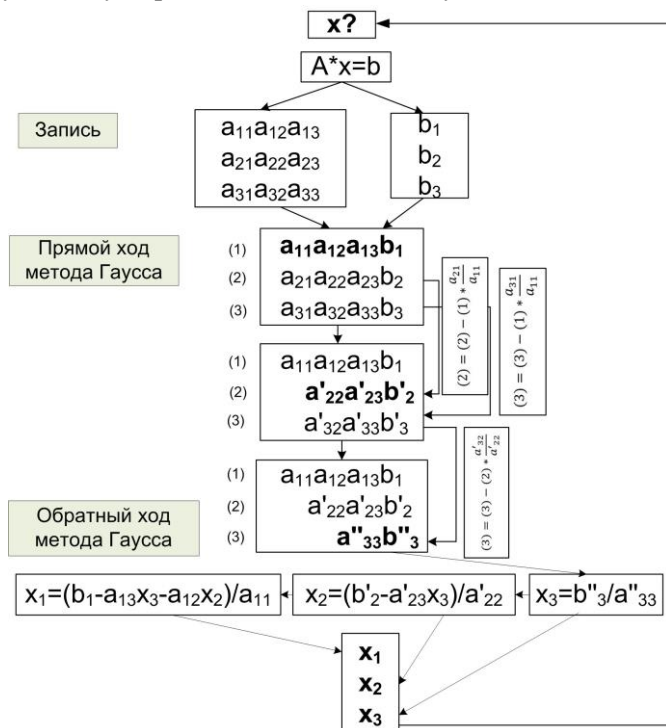


Рисунок 1 – Ментальная схема для метода Гаусса

В параграфе 1.3 «Модель диагностики вычислительного мышления студентов» уточнено понятие расчётно-математического типа вычислительного мышления из того факта, что вычислительное мышление формируется в процессе овладения обобщёнными приёмами решения задач вычислительной математики, отработки типовых способов действий, получения индивидуального опыта, расширения профессионального тезауруса; представлена процессуальная схема исследования; проведен анализ ФГОС ВО 3++ и профессиональных стандартов, соответствующих профессиональной деятельности выпускников по направлению подготовки 02.03.01 «Математика и компьютерные науки»; сфор-

мулированы цели преподавания дисциплины; выделены структурные компоненты вычислительного мышления, уровни их развития, предложена модель диагностики вычислительного мышления.

Под *вычислительным мышлением (расчётно-математический тип)* будем понимать когнитивный мыслительный процесс, заключающийся в последовательной активации из памяти человека ментальных схем, связанных с расчётными и алгоритмическими задачами из области математики и информатики, для построения цепочки отображений исходных данных математической задачи на промежуточные/итоговые результаты. При этом каждый элемент построенной цепочки является либо известным приёмом, либо неизвестным отображением, для которого можно реализовать алгоритм получения ответа. Цепочка продолжается до получения данных в форме, допускающей анализ постановки задачи для её пересмотра.

В рамках данного исследования основной задачей является усовершенствование традиционной методической системы обучения «Численные методы» с позиции развития вычислительного мышления студентов. Выделено три компонента вычислительного мышления: *содержательный, операционный и компонент познавательной активности*.

1. *Содержательный компонент (СК)* определяется знаниями, полученными в результате чувственного и логического познания, сохранёнными в виде образов и понятий, и характеризуется уровнем их усвоения. При изучении дисциплины «Численные методы» к этому компоненту относятся: понятия, методы исследования и подходы к решению задач в области вычислительной математики. Методы диагностики: тестирование знаний.

2. *Операционный компонент (ОК)* определяется совокупностью мыслительных стратегий (алгоритмизация, абстрагирование, декомпозиция, обобщение, оценка), необходимых для решения задач вычислительной математики. Данный компонент вычислительного мышления с одной стороны пересекается с умениями и навыками, полученными при выполнении практических работ, а с другой определяется уровнем интеллектуального развития студента, отражающего его умение сравнивать, классифицировать, обобщать, оценивать. Методы диагностики: тесты структуры интеллекта

Р. Амтхауера, оценка качества выполнения практических работ, анализ подходов к реализации численных методов, наблюдение.

3. *Компонент познавательной активности (КПА)* определяется когнитивно-психологическим откликом на познавательный процесс, выражающимся в интенсификации учебной деятельности, направленности на активность, самостоятельность, творческий подход к обучению. Методы диагностики: оценка активности при использовании материалов электронного курса, анализ инструментария, применяемого для решения практических задач, выполнение работ в рамках дуального ментального практикума, наблюдение.

Выделенные уровни развития компонент вычислительного мышления приведены в Таблица 1, на их основе выражается интегрированный вес развития вычислительного мышления.

Вторая глава *«Методика развития вычислительного мышления студентов при обучении дисциплине “Численные методы”»* посвящена совершенствованию методической системы обучения студентов на основе когнитивных подходов, разработке процессуальной модели обучения дисциплине «Численные методы» и реализации предлагаемой методики в учебном процессе.

В *параграфе 2.1 «Совершенствование методической системы обучения студентов курсу «Численные методы» с позиций развития их вычислительного мышления»* определены общедидактические принципы, которым должна удовлетворять методическая система обучения дисциплине «Численные методы», выделены цели методики, разработанная структурно-логическая схема методики приведена на Рисунке 2.

Выделены три блока целей предлагаемой методики:

1. *Дисциплинарная цель.* Формирование знаний, умений и навыков, направленных на развитие профессиональных компетенций бакалавров по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки» в области вычислительной математики

2. *Теоретико-аналитическая цель.* Выявление связи между успеваемостью по дисциплине «Численные методы» и развитием вычислительного мышления студентов.

3. *Рекомендательная цель.* Выработка новых приёмов и методов преподавания дисциплины «Численные методы», учитывающих индивидуальные характеристики, мотивы и потребности студентов.

Таблица 1 – Уровни развития компонент вычислительного мышления

Низкий уровень	Средний уровень	Высокий уровень
<i>Содержательный компонент</i>		
Знания студента не сформированы, факты и явления описываются интуитивно, без понимания связи между ними.	Студент демонстрирует знание основных численных методов, условий их применения, испытывает трудности с доказательством сходимости и устойчивости численных методов.	Студент имеет обобщённые и систематизированные знания по курсу; анализирует численные методы и доказывает условия их сходимости и устойчивости.
<i>Операционный компонент</i>		
Студент владеет одним языком программирования на уровне, достаточном для написания программ с использованием основных алгоритмических конструкций, может составлять алгоритмы по образцу и адаптировать программу под решение конкретной задачи по образцу; не может обосновать все свои действия при решении задачи, её декомпозиции, выборе численного метода решения; испытывает трудности при реализации алгоритмов, представлении данных, отладке программ и обосновании полученных результатов.	Студент уверенно владеет одним языком программирования; может обосновать основные действия при решении задачи; способен проанализировать входные и выходные данные; владеет способами составления сложных алгоритмов, может использовать модульный подход при написании программ; способен анализировать и учитывать различные сценарии выполнения алгоритма; видит логические ошибки в алгоритме, владеет приёмами отладки программы; испытывает трудности при работе с динамическим распределением памяти и обоснованием полученных результатов.	Студент корректно использует известные схемы при решении новых задач; умеет выдвигать и доказывать гипотезы опытным путём, прогнозирует результаты выполнения алгоритма, видит возможные проблемы, которые могут возникнуть при реализации алгоритма; способен оптимизировать алгоритм; умеет оценивать сложность алгоритма и выбирать более эффективный метод решения; осознанно выбирает инструментальный для реализации численных методов; корректно разбивает задачу на подзадачи, может свести решение задачи к уже решённой ранее; грамотно проводит отладку программ; может обосновать результат работы программы.
<i>Компонент познавательной активности</i>		
Студент не проявляет активности при изучении материалов электронного курса, интереса и самостоятельности при изучении дисциплины; практические работы реализует на одном языке программирования, изученном на 1–2 курсе, сдает их с опозданием; испытывает трудности в теоретической подготовке.	Студент активно использует материалы электронного курса, проявляет интерес к предмету, эпизодически участвует в наполнении курса, наблюдается избирательное отношение к освоению дисциплины, чаще всего привлекает практическая реализация метода, а не его теоретическое обоснование.	Студент активно использует материалы курса, активно изучает дополнительную литературу, самостоятельно может предложить новые способы для решения задачи, разрабатывает новые элементы для электронного курса, явно выражено стремление к получению решения задачи более эффективным способом, проявляет интерес к практическому применению полученных знаний в других областях.

Целевой компонент:			Содержательный компонент
Формирование профессиональных компетенций.	Развитие вычислительного мышления.	Разработка новых приемов и методов преподавания.	
Принципы отбора содержания: научность, системность, связь теории с практикой, профессиональная направленность, наглядность, развивающее обучение.			
Содержание:			
теория погрешностей; численные методы линейной алгебры; методы решения нелинейных уравнений и систем; аппроксимация; численное интегрирование и дифференцирование; численные методы решения задач для обыкновенных дифференциальных уравнений; численные методы решения задач для уравнений математической физики.			Технологический компонент
Методы: – перцептивные; – логические; – гностические; – методы самоуправления учебными действиями.	Средства: – учебные пособия, – математический аппарат, – ПО разработчиков (компиляторы языков высокого уровня, математические пакеты, ПО для построения ментальных карт), – электронный курс на базе LMS Moodle.	Формы организации обучения: – традиционная, – когнитивная, – смешанное обучение (перевёрнутый класс), – дуальный межпредметный подход.	
Результаты оценивания: – уровень развития вычислительного мышления; – уровень усвоения дисциплины «Численные методы».	Методы контроля и самоконтроля: тестирование знаний; тесты структуры интеллекта; оценка практических работ, анализ подходов к решению задач при сдаче практических работ; оценка активности при работе с электронным курсом; наблюдение.	Формы оценивания: – минисессии; – зачёт; – экзамен.	Оценочный компонент

Рисунок 2 – Структурно-логическая схема методической системы обучения дисциплине «Численные методы»

Одной из особенностей методики является переструктурирование классического содержания курса в сторону усиления рекурсивного характера практических работ, что предполагает создание и использование образовательных ресурсов самими обучающимися в учебном процессе и увеличение роли самостоятельной работы в рамках смешанной формы обучения по модели «перевёрнутый класс».

В параграфе 2.2 «Когнитивные средства смешанного обучения студентов курсу “Численные методы”» описываются разработанные когнитивно-визуализированные средства обучения: ментальные карты, визуальные симуляторы, лекции-тренажёры, динамические тесты-тренажёры, банк тестовых вопросов.

Апробировано несколько способов использования ментальных карт в учебном процессе: работа с картой, составленной преподавателем, для обоснования и объяснения понятий, нахождения связей между ними; создание карты по изучаемой теме вместе с преподавателем во время аудиторных занятий; самостоятельное создание карты при выполнении практических работ, конспектировании лекций, разборе основных понятий, подготовке к контрольным работам.

Для повышения эффективности изучения работы численных методов разработаны визуальные симуляторы, обладающие следующими свойствами: интерактивность и наглядность; отображение хода выполнения алгоритма; поддержка пошагового и автоматического режимов визуализации; простота включения сгенерированной web-страницы в электронный курс. Для электронного курса разработаны визуальные симуляторы двух типов. *Первый тип* направлен на демонстрацию работы численного метода *без показа его программной реализации*. Предусмотрена возможность ввести необходимые входные параметры или воспользоваться встроенными примерами, посмотреть пошаговую работу метода с текстовыми пояснениями, автоматически генерирующимися аналитическими выражениями, увидеть процесс вычислений на графиках различных типов. При этом используется метаграфическая аранжировка информации, что делает информацию мотивированной и более выразительной. *Симуляторы второго типа* имитируют работу *кода программы*, реализующей работу численного метода по шагам. Разработано программное обеспечение, преобразующее программу на языке C++ в html-страницу, которая позволяет студенту наблюдать программную реализацию алгоритма и следить за изменением переменных в программе.

Применение методики «перевернутый класс» требует концептуальной и технологической модернизации учебного контента, в частности квантования, т.е. разделения на небольшие фрагменты, изучение которых чередуется с тестовыми вопросами. Это принцип реализуется на базе элемента LMS Moodle «Лекция».

Основной формой контроля и самоконтроля в рамках разработанной методики выступают компьютерные тесты: претесты для определения степени готовности к обучению дисциплине «Численные методы» и оценки структуры интеллекта; тестирование при самостоятель-

ной работе во время обучения; итоговое тестирование во время контрольных срезов.

Рассматривая обучение с позиций ментальных схем и ментальных моделей, в конечном итоге определяющих вычислительное мышление, предложен поэтапный рекурсивный способ обучения студентов численными методами:

- знакомство студента с теорией по заданной теме;
- разработка студентом ментальной схемы по изученной теме;
- изучение алгоритмов приближенного решения задачи разными способами с помощью визуальных симуляторов;
- уточнение ментальной схемы на основе полученного опыта;
- реализация алгоритмов решения задачи разными методами;
- разработка программы-тренажёра, объясняющей ход решения задачи;
- уточнение ментальной схемы темы;
- сравнение своей ментальной схемы с эталонной, составленной преподавателем для самоконтроля уровня усвоения темы.

Эта процедура обучения реализована в рамках учебных проектов междисциплинарного ментального практикума по курсам «Информационные технологии в образовании» и «Численные методы».

В параграфе 2.3 «Процессуальная схема методики развития вычислительного мышления студентов и результаты педагогического эксперимента» описана практическая реализация предлагаемых педагогических технологий в процессе обучения, представлены результаты педагогического эксперимента.

Эксперимент проводился в течение 2016-2018 гг. при обучении студентов 3-го курса ИМиФИ СФУ. Контрольная группа (КГ) состояла из 25 студентов (2016-2017 гг.). В экспериментальную группу (ЭГ) также вошли 25 студентов (2017-2018 гг.).

С помощью критерия χ^2 Пирсона доказано, что «на начало эксперимента» отсутствовали статистически достоверные различия характеристик контрольной и экспериментальной групп. Результаты диагностики КГ и ЭГ на начало эксперимента и на момент его завершения приведены ниже на Рисунках 3-4.

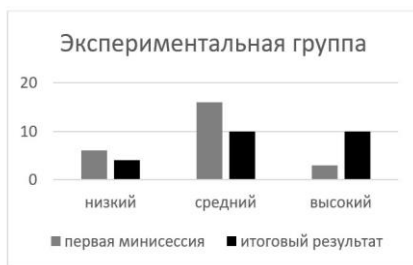
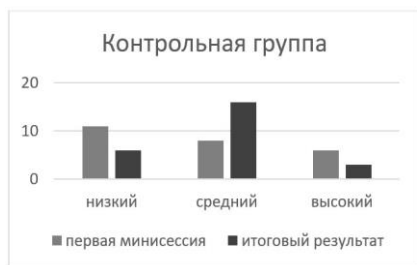


Рисунок 3 – Результаты диагностики вычислительного мышления

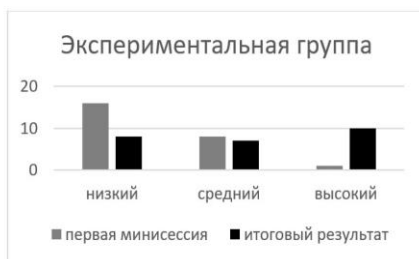
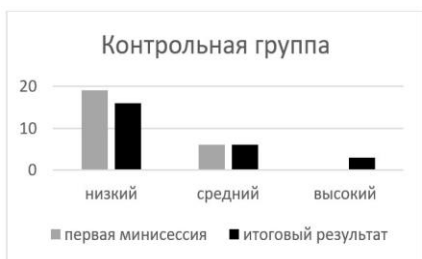


Рисунок 4 – Успеваемость по дисциплине «Численные методы»

В качестве нулевой гипотезы (H_0) рассматривалась: усвоение дисциплины «Численные методы» не зависит от изменений, предложенных в методике преподавания. Альтернативная гипотеза (H_1) сформулирована так: уровни обучения в двух группах различны и это различие вызвано использованием предложенных когнитивных средств обучения. Вычисленные значения критерия χ^2 Пирсона представлены в Таблицах 2-3.

Таблица 2 – Эмпирические значения критерия χ^2 Пирсона для диагностики вычислительного мышления

КГ и ЭГ на начало эксперимента	$\chi^2_{\text{эмп}} = 5,137 < \chi^2_{\text{крит}} = 5,991$, принимается H_0 с доверительной вероятностью 0,95
КГ и ЭГ на конец эксперимента	$\chi^2_{\text{эмп}} = 7,235 > \chi^2_{\text{крит}} = 5,991$, принимается H_1 с доверительной вероятностью 0,95
КГ на начало и конец эксперимента	$\chi^2_{\text{эмп}} = 0,452 < \chi^2_{\text{крит}} = 5,991$, принимается H_0 с доверительной вероятностью 0,95
ЭГ на начало и конец эксперимента	$\chi^2_{\text{эмп}} = 6,356 > \chi^2_{\text{крит}} = 5,991$, принимается H_1 с доверительной вероятностью 0,95

Таблица 3 – Эмпирические значения критерия χ^2 Пирсона для диагностики успеваемости по дисциплине «Численные методы»

КГ и ЭГ на начало эксперимента	$\chi^2_{\text{эмп}} = 1,543 < \chi^2_{\text{крит}} = 5,991$, принимается H_0 с доверительной вероятностью 0,95
КГ и ЭГ на конец эксперимента	$\chi^2_{\text{эмп}} = 6,513 > \chi^2_{\text{крит}} = 5,991$, принимается H_1 с доверительной вероятностью 0,95
КГ на начало и конец эксперимента	$\chi^2_{\text{эмп}} = 3,257 < \chi^2_{\text{крит}} = 5,991$, принимается H_0 с доверительной вероятностью 0,95
ЭГ на начало и конец эксперимента	$\chi^2_{\text{эмп}} = 10,097 > \chi^2_{\text{крит}} = 9,21$, принимается H_1 с доверительной вероятностью 0,99

Проведённое исследование позволяет сделать вывод, что применение методики развития вычислительного мышления студентов при обучении дисциплине «Численные методы» повышает уровень их предметных знаний, при этом, чем выше у студентов уровень вычислительного мышления, тем выше его успеваемость по курсу «Численные методы». Наглядно повышение среднего балла студентов по дисциплине «Численные методы» после проведения эксперимента представлено на Рисунке 5.

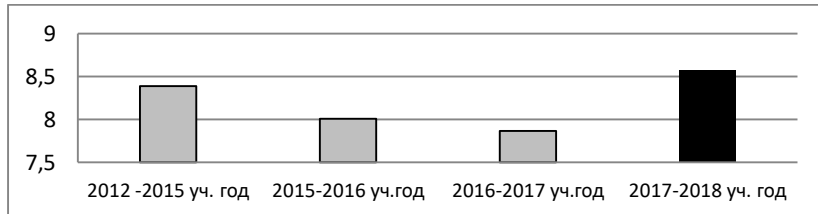


Рисунок 5 – Средний балл по результатам минисессий

В заключении обобщены **результаты диссертационного исследования** и сделаны следующие выводы:

1. Анализ подходов к преподаванию дисциплины «Численные методы» в университетском образовании показал, что курс является сложным и трудоёмким для освоения, традиционные методики слабо учитывают особенности мышления студентов. При этом усиливается тенденция к увеличению содержательного объёма дисциплины и уменьшению аудиторного времени на её изучение. В этой связи предложена и обоснована научная идея повышения результативности подготовки студентов по курсу «Численные методы» на основе

развития вычислительного мышления с помощью электронных и когнитивных образовательных технологий.

2. Выявлена сущность понятия «расчётно-математический тип вычислительного мышления» и доказана возможность его формирования у студентов в процессе их обучения курсу «Численные методы». Предложена его трехкомпонентная структура (содержательный компонент, операционный компонент и компонент познавательной активности), создана критериальная модель диагностики уровня её сформированности у студентов, а также способ оценки результативности усвоения дисциплины «Численные методы».

3. Обосновано совершенствование методической системы обучения студентов курсу «Численные методы» с позиций развития их вычислительного мышления путём уточнения целей обучения, использования оригинальных когнитивно-визуализированных средств обучения и динамических вычислительных тренажёров, применения методов смешанного обучения.

4. Разработан и внедрён в реальный учебный процесс электронный курс на базе LMS Moodle, нацеленный на индивидуализацию самостоятельной учебной деятельности студентов; предложена дуальная межпредметная форма обучения, имеющая рекурсивный характер и обеспечивающая повышение мотивации студентов к изучению курса «Численные методы».

5. Разработанная методика развития вычислительного мышления студентов в процессе их изучения дисциплины «Численные методы», апробированная в реальном учебном процессе для студентов 3 курса Института математики и фундаментальной информатики СФУ, обеспечивает повышение уровня их вычислительного мышления и более глубокое усвоение предметных знаний.

6. Анализ результатов педагогического эксперимента показал корреляционную, близкую к линейной, зависимость между уровнем вычислительного мышления и усвоением знаний по курсу «Численные методы».

Основные результаты диссертационного исследования отражены в **следующих публикациях:**

Работы, опубликованные в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Клунникова, М.М. Методика развития вычислительного мышления студентов при изучении курса «Численные методы» на основе смешанного обучения. // Информатика и образование. – 2019. – № 6. – С.34-41. DOI: 10.32517/0234-0453-2019-34-6-34-41.

2. Клунникова, М.М. Когнитивный метод повышения уровня усвоения студентами дисциплины «Численные методы» // Вестник МГПУ. Серия «Информатика и информатизация образования». – 2019. – № 1. – С.69-80. DOI 10.25688/2072-9014.2019.47.1.09.

3. Клунникова, М.М. Дидактический потенциал дисциплины «Численные методы» для формирования вычислительного мышления студентов / М.М. Клунникова, Т.П. Пушкарёва // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. – 2017. – № 2. – С.74–77 (авторский вклад 70%).

4. Клунникова, М.М. Методы и средства развития вычислительного мышления при обучении дисциплине «Численные методы» / М.М. Клунникова, Т.П. Пушкарёва // Современное образование. – 2017. – № 2. – С. 95-101. DOI: 10.25136/2409-8736.2017.2.23067. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: http://e-notabene.ru/pp/article_23067.html (авторский вклад 70%).

5. Клунникова, М. М. Метод характеристик в задачах идеальной пластичности [Текст]: научное издание / Б.Д. Аннин, М.М. Клунникова, В.М. Садовский, О.В. Садовская // Прикладная математика и механика. – 2012. – Т.76, № 5. – С. 867-877. – ISSN 0032-8235 (авторский вклад 25%).

Учебные пособия

6. Численные методы [Текст]: [учеб-метод. материалы к изучению дисциплины для 02.03.01.04 Математическое и компьютерное моделирование, 02.03.01.05 Вычислительные, программные, информационные системы и компьютерные технологии] / М.М. Клунникова, В.Е. Распопов. – Красноярск: СФУ, 2017. – с. – Б. ц. (авторский вклад 40%)

7. Численное решение задач для обыкновенных дифференциальных уравнений: учебно-методическое пособие [Текст] / сост. В.Е. Распопов, М.М. Клунникова. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т., 2012. – 88 с. (авторский вклад 50%).

Научные статьи, опубликованные в других изданиях

8. Клунникова М.М. Создание динамических обучающих элементов для LMS Moodle / М.М. Клунникова, П.А. Арнольд

// Информатизация образования и методика электронного обучения: Материалы III Международной научной конференции / Сибирский федеральный университет, 2019. – Часть II. – С. 121–125. – ISBN 978-5-7638-3999-9 (авторский вклад 40%).

9. Клуникова, М.М. Дуальный межпредметный подход к преподаванию Численных методов и курса по выбору «Информационные технологии в образовании» / М.М. Клуникова, Н.И. Пак // Вестник Казахского национального педагогического университета имени Абая, Серия «Физико-математические науки». – 2018. – № 4 (64). С 161–165 (авторский вклад 50%).

10. Клуникова, М.М. Технология создания интерактивных элементов для электронного курса «Численные методы» в LMS Moodle / М.М. Клуникова, М.С. Снетков // Информатизация образования и методика электронного обучения : Материалы II Международной научной конференции / Сибирский федеральный университет, 2018. – Часть II. – С. 121–125. – ISBN 978-5-7638-3999-9 (авторский вклад 50%).

11. Клуникова, М.М. О подходах к определению понятия «вычислительное мышление». / М.М. Клуникова, Т.П. Пушкарева // Инновации в образовательном пространстве: опыт, проблемы, перспективы: сб. науч. ст. Красноярск: Сибирский федеральный университет. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2016. С. 35–39. ISBN 978-5-7638-3526-7 (авторский вклад 70%).

12. Klunnikova, M.M. Student-centered model for teaching numerical methods course / M.M. Klunnikova, N.I. Pak, T.P. Pushkaryeva, T.V. Stupina // Third International Conference on Analysis and Applied Mathematics (ICAAM 2016): THE ABSTRACT BOOK. / Ред. Allaberen Ashyralyev. – Алматы: Институт математики и математического моделирования, 2016. – С 194–195 (авторский вклад 25%).

13. Клуникова, М.М. Алгоритм прямого метода характеристик для гиперболических систем квазилинейных уравнений первого порядка / М.М. Клуникова, В.М. Садовский // Решетнёвские чтения. – 2012. – Т.2, № 16. – С. 540–541. – ISSN 1990-7702 (авторский вклад 50%).

14. Клуникова, М.М. Применение универсального метода характеристик к задачам идеальной пластичности // Материалы VII Всесибирского конгресса женщин-математиков. – Красноярск: СФУ. – 2012. – С. 83–87.