

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*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)

Диссертация на соискание учёной степени  
кандидата педагогических наук

Научный руководитель:  
доктор педагогических наук, профессор  
Пак Николай Инсебович

Красноярск – 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
Глава 1 Теоретические основания развития вычислительного мышления студентов в процессе изучения курса «Численные методы» .....	18
1.1 Анализ подходов к преподаванию дисциплины «Численные методы» в университетском образовании .....	18
1.2 Сущность вычислительного мышления .....	34
1.3 Модель диагностики вычислительного мышления студентов .....	57
Выводы по Главе 1 .....	77
Глава 2 Методика развития вычислительного мышления студентов при обучении дисциплине «Численные методы» .....	79
2.1 Совершенствование методической системы обучения студентов курсу «Численные методы» с позиций развития их вычислительного мышления .....	79
2.2 Когнитивные средства смешанного обучения студентов курсу «Численные методы» .....	89
2.3 Процессуальная схема методики развития вычислительного мышления студентов и результаты педагогического эксперимента .....	131
Выводы по главе 2 .....	151
Заключение .....	153
Список литературы .....	155
Приложение А. Объем и содержание дисциплины «Численные методы» .....	180
Приложение Б. Примеры ментальных карт, созданных студентами .....	185
Приложение В. Примеры работы элементов визуальной симуляции работы алгоритмов .....	187
Приложение Г. Примеры вопросов, выносимых на входное тестирование .....	189
Приложение Д. Тест структуры интеллекта Амтхауэра .....	191
Приложение Е. Карта оценивания выполняемых практических работ .....	195
Приложение Ж. Акт о внедрении в учебный процесс результатов диссертационной работы .....	196

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследования.** В современном мире информационные технологии оказывают всё большее влияние на повседневную жизнь людей и развитие национальной экономики любой страны. Средний темп роста российского рынка информационных технологий за последние 10 лет превосходит среднемировой и имеет потенциал роста около 10 % в год [115]. В Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы [114] отмечается, что подготовка квалифицированных кадров является одним из ключевых направлений повышения конкурентоспособности российских информационных и коммуникационных технологий. В паспорте федерального проекта «Кадры для цифровой экономики» среди других целей программы запланировано увеличение числа принятых на программы высшего образования в сфере информационных технологий и по математическим специальностям до 120 тысяч человек [121]. В Стратегии национальной безопасности Российской Федерации отмечено, что для решения задач национальной безопасности в области науки, технологий и образования необходимо обеспечение лидирующих позиций России в области фундаментального математического образования [113].

Это требует от системы образования разработки и внедрения новых подходов к обучению, направленных на развитие профессиональных компетенций будущих специалистов.

Мировой тенденцией в области современного образования является изменение взглядов на актуальность получаемых специальностей и полноту компетенций, приобретаемых в процессе обучения. В докладе «Профессиональные навыки будущего 2020» [187], опубликованном Институтом будущего (The Institute for the Future, Palo Alto, USA), в качестве одного из десяти ключевых навыков, которыми должны обладать профессионально успешные

кадры, названо вычислительное мышление. Обладание вычислительным мышлением трактуется в этом документе как способность обрабатывать постоянно возрастающие потоки информации, используя вычислительные навыки, навыки моделирования и программирования, одновременно осознавая ограничения любых моделей и сохраняя возможность действовать в отсутствие данных.

На сегодняшний день большое количество зарубежных научных и образовательных организаций активно занимаются разработкой концепции «вычислительное мышление», среди них Национальная академия наук США, Британское компьютерное общество (BCS, The Chartered Institute for IT), Международное общество по технологиям в образовании (ISTE), Научная ассоциация учителей информатики (CSTA), Международный некоммерческий Стэнфордский научно-исследовательский институт (SRI), Академия Google и др. За рубежом происходит активная перестройка системы образования, направленная на развитие этого вида мышления у школьников и студентов. Способность понимать и применять фундаментальные вычислительные принципы к широкому спектру человеческой деятельности выдвигается в качестве нового требования к квалификации специалиста, при этом вычислительное мышление является основой для непрерывного изучения современных вычислительных концепций и технологий. Умение мыслить по-новому важно для специалистов в любой отрасли, но особенно для студентов, чья будущая профессиональная деятельность связана с компьютерными науками, которые стремительно развиваются.

Продуманное использование вычислительных средств и навыков может углубить знания при изучении всех дисциплин. В то же время отдельная дисциплина может внести значимый контекст и сформулировать множество задач, которые потребуют применения вычислительного мышления. С этой точки зрения особого внимания заслуживает дисциплина «Численные методы»,

относящаяся к базовым дисциплинам подготовки специалистов по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки».

Важность курса в математической подготовке студентов определяется ФГОС ВО 3+, в котором способность находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем, и готовность использовать фундаментальные знания в численных методах выделены в качестве основных профессиональных компетенций бакалавров по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки». С переходом на ФГОС ВО 3++ в рамках общепрофессиональных компетенций студент должен быть способен консультировать и использовать фундаментальные знания в области численных методов в профессиональной деятельности (ОПК-1), находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем (ОПК-4). А для выполнения задачи в профессиональной деятельности «Применение численных методов при решении математических задач, возникающих в производственной и технологической деятельности», студент должен быть способен создавать и исследовать математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе, с учётом возможностей современных информационных технологий, программирования и компьютерной техники (ПК-3).

Курс «Численные методы» носит междисциплинарный характер, обеспечивает связь математики, дисциплин естественнонаучного цикла и программирования. Это строгая математическая дисциплина, в которой изучается большое количество теорем с доказательствами, математических обоснований аппроксимации, устойчивости, сходимости, оценки решений и т. д., рассматриваются вопросы, касающиеся способов представления числовой

информации в компьютере, различных архитектурных особенностей ЭВМ и программного обеспечения для эффективной реализации численных методов.

Поэтому изучение 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.

Трудности, с которыми сталкиваются студенты при изучении численных методов, отмечались во многих работах [24], [36], [145], [159]. Авторы сходятся во мнении, что не все студенты одинаково хорошо могут реализовывать алгоритмы численных методов и требуется разрабатывать новые методические подходы к обучению данной дисциплине.

Различные методики были предложены в диссертационных исследованиях И. В. Беленковой [22], В. В. Беликова [25], И. А. Кузнецовой [90], Н. Н. Пальчиковой [120], М. И. Рагулиной [132], Е. А. Рябухиной [136], А. В. Рябых [137], Т. А. Степановой [148], А. А. Сушенцова [150], Г. М. Федченко [160]. В них рассматривались вопросы обучения с использованием математических пакетов, аспекты фундаментализации высшего математического образования, моделирования, построения информационно-коммуникационной предметной среды и программно-методических комплексов для обучения. Однако в них не исследовались вопросы связи между успеваемостью студентов и развитием их вычислительного мышления.

Многолетний авторский опыт преподавания дисциплины «Численные методы» студентам ИМиФИ СФУ показывает, что общий уровень усвоения дисциплины из года в год падает, что продемонстрировано на рисунке 1, а так как знание численных методов является фундаментом для изучения других дисциплин таких, как «Параллельное программирование», «Математическое моделирование», дисциплин магистерской подготовки по программам

«Вычислительная математика» и «Математическое и компьютерное моделирование», то это ведёт к снижению качества общей подготовки специалистов.

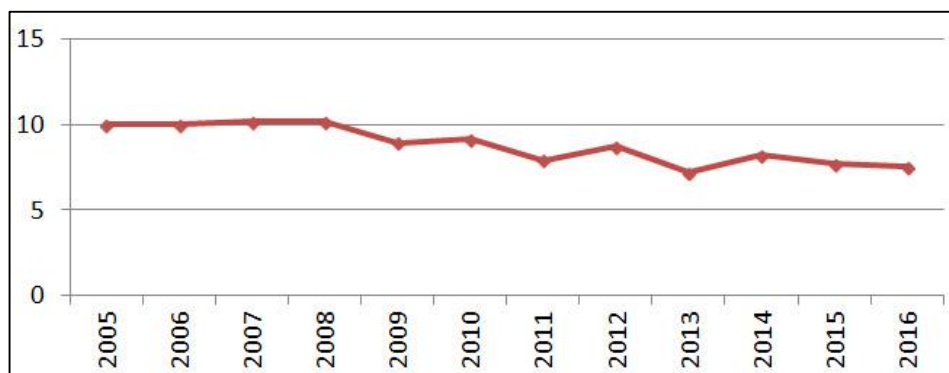


Рисунок 1 – Средний балл по результатам минисессий по 15-бальной шкале

Это может быть вызвано несколькими причинами:

1. *Слабая математическая подготовка.* В вузы принимаются абитуриенты, не в полной мере подготовленные для овладения современными программами высшего образования [145]. Результаты ЕГЭ по математике демонстрируют недостаточный уровень математической подготовки в школе. Средний балл по ЕГЭ не превышает 50 баллов. У большей части студентов возникают трудности при изучении базовых математических дисциплин на первом-втором курсе, что безуспешно пытаются корректировать введением различных адаптационных курсов.
2. *Трудности в программировании.* Наблюдается разноуровневая подготовка студентов. Есть студенты, которые изучали программирование ещё в профильных классах средней школы, а есть такие, которые начали изучать базовый язык программирования только на первом курсе и ещё не получили должного опыта разработки программ.
3. *Особенности мышления.* Необходимость перерабатывать большой объём информации, многозадачность умственной деятельности приводит к тому, что

у студентов происходит объективный процесс фильтрации информации, что ведёт к снижению уровня усвоения знаний и аналитических способностей. В педагогических исследованиях часто встречается термин «клиповое мышление», который характеризует особенности мышления современной молодёжи. Студентам не хватает умения мыслить в терминах разных уровней абстракции, они испытывают трудности при представлении алгоритма в виде последовательности конкретных шагов, при анализе полученных результатов, построении тестовых задач, т. е. возникает некий «когнитивный барьер» в виде низкого уровня сформированности вычислительного мышления обучаемого. От него зависит и мотивация к обучению, и необходимое время для изучения и понимания материала курса.

Таким образом, 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 результативность подготовки студентов в области вычислительной математики, развить их вычислительное мышление за счет современных электронных средств



и технологий когнитивного обучения и отсутствием методик, реализующих эту возможность.

Эти противоречия позволяют определить **проблему исследования**: какими должны быть подходы к обучению 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, обучающихся по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки», при обучении дисциплине «Численные методы» с помощью электронных и когнитивных технологий обучения.

**Цель исследования**: научно обосновать, разработать и экспериментально апробировать методику развития расчётно-математического типа 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*, позволяющего исследовать педагогический процесс, как комплекс взаимосвязанных мер, направленных на формирование мышления, мировоззрения и системы базисных понятий изучаемого предмета (Б. Г. Ананьев [9], В. Ф. Ломов [95], А. М. Новиков [111], В. Н. Садовский [138], А. И. Уемов [156] и др.);
- *деятельностного подхода* к обучению, в рамках которого студент рассматривается как активный участник учебного процесса, что

способствует его самообразованию и саморазвитию (П. Я. Гальперин [41], А. Н. Леонтьев [94], С. Л. Рубинштейн [135], Н. Ф. Талызина [41] и др.);

- *когнитивной психологии*, занимающейся исследованием познавательных процессов при обучении (Дж. Андерсон [10], Б. М. Величковский [33], Л. С. Выготский [39], У. Найссер [110], Ж. Пиаже [123], Р. Солсо [146], М. А. Холодная [166], Т. В. Черниговская [169] и др.);
- *информационного подхода в образовании*, ориентированного на реализацию психолого-педагогических целей обучения (Р. Ф. Абдеев [1], А. П. Ершов [57], Н. И. Пак [118], Г. Н. Степанова [147], А. Д. Урсул [157] и др.);
- *использования когнитивной визуализации*, нацеленной на построение ментальных конструктов для осознанного мышления и принятия решений при обучении (Р. Арнхейм [13], Д. А. Бархатова [19], В. А. Далингер [48], В. Ф. Шаталов [172] и др.);
- *компетентностного подхода*, направленного на усиление практической результативности профессиональной подготовки на базе фундаментальных научных знаний (В. А. Болотов [31], И. А. Зимняя [63], М. В. Носков [112], Ю. Г. Татур [151], А. В. Хуторской [167], В. А. Шершнева [173], Л. В. Шкерина [174] и др.);
- *теории, практики и методики обучения дисциплине «Численные методы»* (И. В. Беленкова [22], В. В. Беликов [25], И. А. Кузнецова [90], М. П. Лапчик [92], Н. Н. Пальчикова [120], М. И. Рагулина [92], Е. А. Рябухина [136], А. В. Рябых [137], Т. А. Степанова [148], А. А. Сушенцов [150], Г. М. Федченко [160], Е. К. Хеннер [92]).

Для проверки выдвинутой гипотезы и решения поставленных задач использовались следующие методы:

- *теоретические* (анализ Федеральных государственных стандартов высшего профессионального образования; изучение, анализ и обобщение методической, научной, 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* (качественный и количественный анализ полученных результатов).

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

**Этапы проведения эксперимента:**

*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 проведенного 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 по курсу 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** диссертационного 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** диссертационного исследования состоит в том, что:

- разработан комплекс когнитивно-визуализированных средств обучения и динамических вычислительных тренажёров по курсу «Численные методы»;
- разработан и внедрен в реальный учебный процесс электронный курс на базе LMS Moodle для студентов 3 курса Института математики и фундаментальной информатики СФУ. Адрес <https://e.sfu-kras.ru/course/view.php?id=2423> (доступ по персональным 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 и педагогического опыта преподавателей дисциплины «Численные методы», 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; постановке проблемы исследования, анализе степени ее разработанности; разработке методов формирования вычислительного мышления, когнитивно-визуализированных средств обучения и динамических вычислительных тренажеров; проектировании и реализации электронного курса по дисциплине «Численные методы»; руководстве научной работой студентов, направленной на разработку интерактивных элементов курса; разработке системы тестовых заданий для определения уровня усвоения дисциплины «Численные методы»; определении сформированности уровня вычислительного мышления студентов на основе трехмерной диагностической модели; 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 счет 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-тренажеры, лекции-тренажеры) 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.).

По теме исследования опубликовано 14 работ, в том числе 5 статей в изданиях, включенных в перечень ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, и 2 учебно-методических пособия.

Результаты диссертационного исследования внедрены в учебный процесс Института математики и фундаментальной информатики Сибирского федерального университета в виде электронного обучающего курса по адресу



<https://e.sfu-kras.ru/course/view.php?id=2423> (доступ по персональным учётным записям в сети СФУ).

**Структура диссертации.** Работа состоит из введения, двух глав, которые включают по 3 параграфа, заключения, списка литературы и приложений. Текст диссертации содержит 34 рисунка, 13 таблиц.

# ГЛАВА 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО МЫШЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ КУРСА «ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ»

## 1.1 Анализ подходов к преподаванию дисциплины «Численные методы» в университетском образовании

История численных методов уходит корнями вглубь веков. Еще в 220 г. до н. э. Архимед, используя вычислительный алгоритм, получил двухстороннюю оценку для числа  $\pi$ , народы древнего Вавилона и древнего Египта умели вычислять площади сложных фигур, в VI веке индийцы решали системы линейных алгебраических уравнений, в начале XVII века при помощи линейной интерполяции были табулированы тригонометрические и логарифмические функции, на основе численного анализа в XIX веке было предсказано существование и расположение планеты Нептун. Таких примеров можно привести множество. Со временем приближенные методы решения различных математических задач оформились в разделы вычислительной математики, на основе которых сформировалось содержание обучения численным методам.

Разработкой численного решения прикладных задач занимались крупнейшие учёные разного времени: Ньютон, Эйлер, Лобачевский, Гаусс, Эрмит, Чебышев и др. Методы, предложенные ими, носят имена своих создателей и являются классикой вычислительной математики, некоторые из них изучаются ещё в курсе средней школы, что по мнению Г. М. Федченко [160] углубляет образовательный уровень учащихся, как по информатике, так и по другим предметам физико-математического и естественно-научного циклов.

Во второй половине XX века параллельно с развитием вычислительной техники быстрыми темпами начали развиваться численные методы решения задач механики, физики, химии и других областей науки и техники, без которых не

было бы полётов в космос, эндоскопической хирургии, компьютерной диагностики, томографии, термоядерных реакторов и прочих вещей, привычных современному человеку. Появление новых алгоритмов, использование параллельных вычислений, нейронных сетей, генетических алгоритмов, разработки в области создания квантового компьютера вносят в численные методы новые изменения. Вычислительная наука, наряду с теорией и практикой, стала третьей опорой процесса познания, когда «физическое соотношение переносится в область чисел; с помощью формальных операций над этими числами получают определённые математические результаты; эти результаты переносятся обратно в мир физической реальности» [86].

На сегодняшний день дисциплина «Численные методы» является важной дисциплиной при подготовке специалистов по многим направлениям, а численный анализ математических моделей – эффективным аппаратом исследования в любых прикладных разработках.

Выдающиеся российские учёные посвятили свои труды отбору и формированию содержания курса «Численные методы» для студентов вузов. В первую очередь это: Н. С. Бахвалов [21], О. М. Белоцерковский [27], И. С. Березин [28], В. В. Воеводин [38], С. К. Годунов [42], А. А. Дородницын [53], Н. П. Жидков [20], Н. Н. Калиткин [68], Г. И. Марчук [106], А. А. Самарский [139], [140], А. Н. Тихонов [152], Д. К. Фаддеев, В. Н. Фаддеева [158], Н. Н. Яненко [178] и др. Учебники этих авторов многократно переиздаются и являются фундаментальной основой при разработке учебных программ по дисциплине «Численные методы». Это серьёзная математическая литература с большим количеством теорем и их доказательствами, чаще всего не описывающая вопросы практической реализации численных методов с использованием современных компьютерных технологий.

Использование численных методов и возможность их автоматизации с помощью персональных компьютеров для решения задач научного, технического,

экономического и др. характера привело к появлению учебников, ориентированных на конкретную среду разработки, с примерами алгоритмов и текстов программ и краткими предварительными сведениями по теории используемых методов. Эти издания в большей степени направлены на студентов инженерных специальностей, но полезны и для студентов-математиков при практической реализации численных методов. Учебники такого плана чаще всего проигрывают в математическом обосновании идей и особенностях применимости численных методов, но помогают студентам при разработке собственных программ. В большинстве своём они являются переводными, но есть среди них и учебники русских авторов: В. Е. Зализняк [61], Б. И. Квасов [70], А. Е. Мудров [108], Л. И. Турчак, П. В. Плотников [155], С. В. Поршнева [126] и др.

Курс «Численные методы» является базовым и при подготовке учителей математики, физики и информатики в педагогических вузах, он направлен на формирование высокого уровня математической вычислительной культуры и научного мировоззрения студентов. В учебных пособиях для студентов педагогических вузов [52], [60], [65], [92] обычно в сжатом виде и на доступном уровне излагаются основные теоретические сведения о численных методах решения прикладных задач, рассматриваются вопросы применения различных инструментальных средств.

Традиционно сложившаяся структура учебного материала дисциплины «Численные методы» схематично представлена на рисунке 2, стрелками обозначены связи между изучаемыми темами. Обычно выделенные темы включаются в курс «Численные методы» с разной степенью детализации в зависимости от образовательной программы.

Иногда численные методы изучаются не общим курсом, а отдельными элементами при изучении высшей математики, математического моделирования, методов оптимизации, этот же подход рекомендован Европейским обществом инженерного образования (SEFI) в документе «Математика для европейского

инженера» [197]. Однако в большинстве российских вузов это отдельная дисциплина.

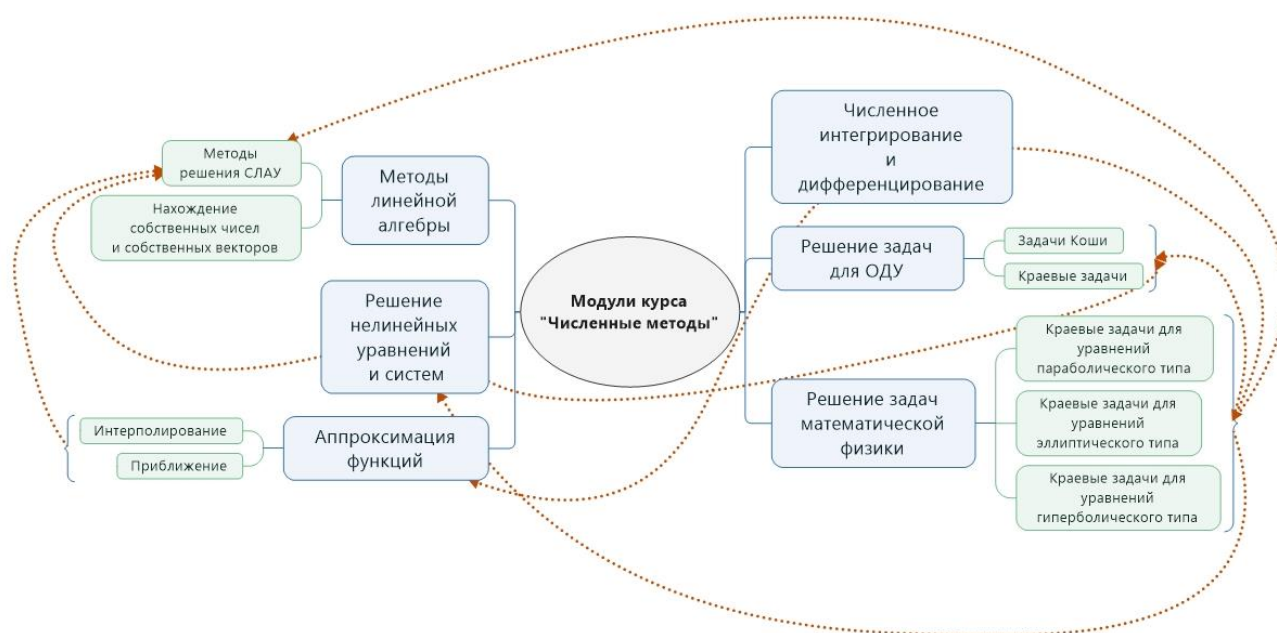


Рисунок 2 – Модули курса «Численные методы»

Независимо от направления подготовки основными формами учебных занятий при изучении курса «Численные методы» являются лекции и лабораторные или практические занятия. Организационную, методологическую и информационную функции выполняют лекции. Именно на лекциях преподаватель раскрывает понятийный аппарат курса «Численные методы», даёт цельное представление о дисциплине и показывает взаимосвязь с другими дисциплинами профессиональной подготовки.

Активной формой обучения являются лабораторные или практические занятия, которые способствуют укреплению теоретических знаний студентов, повышению эффективности обучения, приобретению профессиональных навыков.

Большое внимание традиционно отводится самостоятельной работе студентов. Можно выделить следующие виды самостоятельной работы:

традиционная внеаудиторная самостоятельная работа студентов, выполняемая самостоятельно в произвольном режиме в удобное для студентов время; аудиторная самостоятельная работа под контролем преподавателя; информационно-коммуникативная самостоятельная работа с использованием информационных технологий [154].

Содержательный анализ рабочих программ демонстрирует, что подходы к преподаванию дисциплины «Численные методы» для разных направлений подготовки существенно отличаются, особенно это касается практических занятий. Это демонстрирует тот факт, что для будущего инженера важна реальная задача, к которой он должен подобрать наиболее эффективный метод решения. В этом случае достаточно использовать встроенные типовые процедуры, не вдаваясь в подробности их реализации. Для будущих педагогов, помимо изучения теории численных методов, важно уделять внимание теории и методике преподавания курса и физической картине исследуемых процессов и явлений [23]. Для специалиста в области вычислительной математики важную роль играют построение алгоритма, точность решения, анализ эффективности метода и ограничений при его использовании.

По мнению В. С. Корнилова и В. В. Беликова знание численных методов «способствует расширению мировоззрения студентов: они приходят к пониманию взаимопроникновения и взаимообогащения научных методов, подходов и приёмов, разработанных в разных областях знаний» [88]. Хотя изучение курса «Численные методы» зависит от направления подготовки, практически все исследователи сходятся во мнении, что студентов нужно учить не только применению численных методов, но и их программированию [159], [165], [190], а преподавание дисциплины не должно скатываться к изучению конкретного продукта, а должно быть нацелено на решение практических задач.

Анализ рабочих программ по разным направлениям подготовки показал, что обычно дисциплина «Численные методы» изучается один семестр, что не

позволяет в достаточном объёме глубоко исследовать свойства численных методов и алгоритмы их реализации, а отсутствие у студентов опыта программирования вынуждает преподавателей выбирать программное обеспечение, для изучения которого требуется минимальное время, или искать другие методические подходы. Так Т. А. Степанова [148] предлагает два «параллельных способа обучения», которые повышают роль самостоятельной работы и создают условия для усвоения материала в более короткие сроки. Первый подход предполагает структурирование предметной области таким образом, чтобы отдельные темы делились на определённое количество классов эквивалентности. В этом случае имеется возможность распределения между студентами заданий одного класса с последующей публичной защитой заданий. Второй предусматривает создание рабочих мини-групп студентов в рамках организации проектной деятельности при решении одной комплексной задачи, которая распадается на отдельные независимые этапы.

В этом случае для обучения будущих педагогов Т. А. Степанова и М. А. Ляшко [98] предлагают использовать электронные таблицы в MS Excel, которые позволяют проводить быстрый и эффективный анализ данных, имеют простой механизм коррекции ошибок, мощный аппарат встроенных функций и формул, возможность программного определения математических зависимостей между величинами в таблице, богатые средства форматирования и отображения данных. Плюс такого подхода заключается в том, что не требуется дополнительного обучения, т. к. навыки работы с электронными таблицами студенты получают в курсе школьной информатики, а графические возможности Excel позволяют достаточно просто визуализировать процесс вычислений, сравнивать ряды данных, соответствующих различным значениям входных параметров. М. А. Ляшко [99] предлагает методическое пособие, которое позволяет реализовать полный курс дисциплины «Численные методы» с использованием Excel. Основной идеей данного учебно-методического пособия

является простота, доступность и возможность выполнения вычислительных алгоритмов без привлечения языков программирования высокого уровня или специализированных математических пакетов. По утверждению автора, пособие не заменяет учебник или лекции на математических направлениях, но является развернутым справочником для инженерных или гуманитарных профилей.

В качестве рабочего инструментария для решения практических задач при изучении численных методов всё чаще используются специализированные математические пакеты, позволяющие интенсифицировать учебный процесс [11], [37], [122]. И. В. Беленкова [22] придерживается точки зрения, что использование специализированного программного обеспечения (ПО) повышает профессиональную информационную компетентность будущих специалистов, однако выбор ПО существенно меняет подходы к преподаванию курса «Численные методы».

Именно математические пакеты чаще всего используются при преподавании курса студентам инженерных направлений [144]. Л. С. Петрова отмечает [122], что при использовании математических систем в процессе обучения происходит смещение акцента с формального воспроизведения в сторону активного обучения.

Каждый из математических пакетов имеет свои достоинства. Так Maple очень хорош для символьных вычислений (вычисление пределов, интегралов, производных, упрощение алгебраических выражений). MatLab – это матрично-ориентированный язык, эффективный для решения задач большой размерности, например, решения систем линейных алгебраических уравнений, в том числе с разрежёнными матрицами, обладает инструментарием для работы с символьной математикой, методами оптимизации, математической статистикой, нейронными сетями и др. Пакет Mathematica претендует на звание «универсальной системы для математики на компьютере» и позволяет реализовывать традиционный процедурный и функциональный стили программирования, а также стиль правил



преобразований. И. В. Беленкова [22] считает, что наиболее эффективным с методической точки зрения для обучения инженеров является пакет MathCad, входной язык которого максимально приближен к обычной математической нотации.

Все эти системы имеют хорошие графические возможности, однако, как любые коммерческие продукты, имеют ряд недостатков:

- малая адаптивность к особым потребностям отдельных пользователей, закрытая модель разработки, отсутствие доступности исходного кода;
- зависимость от поставщика программного обеспечения (дорогие обновления, новые версии и расширения);
- слабость и ненужный сложный интерфейс в тех областях, которые изначально не предусмотрены или не запланированы разработчиками системы.

Альтернативой коммерческим продуктам является свободно распространяемое программное обеспечение. В качестве примера можно привести систему Scilab<sup>1</sup>, которая является самым полным аналогом пакета Matlab. В системе Scilab имеется встроенный объектно-ориентированный язык программирования, реализованы методы решения задач линейной алгебры, нелинейных уравнений и систем, интегрирования и дифференцирования, обыкновенных дифференциальных уравнений и систем. Для выполнения численных расчётов разработаны библиотеки Lapack, Linpack, Atlas и другие.

Также под лицензией GNU GPL разрабатывается математический пакет GNU Octave<sup>2</sup>, который можно рассматривать при обучении дисциплине «Численные методы». Синтаксис языка Octave и формат команд аналогичен Scilab, Matlab. Помимо встроенных математических функций существует мощный

---

<sup>1</sup> URL: <https://www.scilab.org/>

<sup>2</sup> URL: <https://www.gnu.org/software/octave/>

инструментарий для создания пользовательских функций, различные графические интерфейсы: *Kalculus*, *Хоставе*. Это интерпретируемый язык для проведения математических вычислений, обладающий богатым инструментарием для решения задач линейной алгебры, нахождения корней нелинейных уравнений, решения дифференциальных уравнений, вычисления интегралов, решения линейных и нелинейных оптимизационных задач, построения графиков.

Выбор соответствующих программных средств имеет принципиальное значение и определяет эффективность и долговременную поддержку исследовательской и образовательной деятельности студентов в дальнейшем. Именно поэтому для студентов-математиков полезно при изучении численных методов использовать языки программирования общего назначения. Обычно студенты выбирают язык программирования, который изучали на 1-2 курсе (*Delphi*, *C++*), пользуется популярностью язык программирования *Python*, позволяющий выразить математические идеи с минимальными усилиями в программировании и в «подобной математике» форме. *Python* имеет ясный и простой синтаксис, удобную интерактивную среду для быстрой разработки и отладки программ, множество расширений (модулей) и приложений для использования в математике и технике. Специально для численного анализа существуют модули *Numeric* и *SciPy*, есть возможность взаимодействия с кодом программ, написанных на языках *C/C++*, *FORTRAN*.

Для физико-математических направлений подготовки изучение численных методов – это обязательная дисциплина, где от студентов требуется высокий уровень математической подготовки, профессиональное владение фундаментальными основами теории и методологии вычислений, а также современными компьютерными технологиями. На изучение дисциплины отводится два семестра, кроме того, в учебном плане как бакалавров, так и магистров присутствует большое количество дисциплин, позволяющих студенту углубить знания в этой области.

В. В. Беликов отмечает, что при подготовке специалистов физико-математических специальностей «наблюдается противоречие между большим объёмом профессиональной и общекультурной информации, необходимой будущему выпускнику для профессиональной деятельности в конкретной сфере, и ограниченностью времени, отводимого на получение высшего образования» [25].

Это противоречие можно преодолеть путём внедрения в процесс обучения информационных технологий в комплексе с разработкой соответствующего методического обеспечения. Г. М. Федченко и Т. А. Степанова сходятся во мнении, что необходимо формирование предметной информационной среды на базе современных возможностей информационно-телекоммуникационных технологий, что позволит активизировать учебный процесс, повысить мотивацию студентов, наглядность материала, индивидуализировать обучение, сместить акценты от теоретических знаний к практическим, развивая познавательно-исследовательскую деятельность и самостоятельную работу студентов.

Считается, что технологии электронного обучения позволяют повысить скорость усвоения материала на 10–15 %, экономить время на обучение до 35–45 %, оптимизировать аудиторную нагрузку ППС до 30 % и в целом повысить качество подготовки специалистов [134]. Несмотря на достоинства электронного обучения, можно выделить и ряд недостатков по сравнению с традиционным очным обучением. Преимущества и недостатки очного и электронного обучения представлены в таблице 1.

Более эффективно использовать преимущества как очного, так и электронного обучения, и взаимно компенсировать недостатки каждого из них позволяют технологии смешанного обучения.

Ю. И. Капустин определяет смешанную модель обучения как «модель использования распределённых информационно-образовательных ресурсов в очном обучении с применением элементов асинхронного и синхронного

дистанционного обучения» [69]. В рамках смешанного обучения основной акцент делается на развитие навыков самостоятельной работы, коллективного взаимодействия и сотрудничества.

Таблица 1 – Преимущества и недостатки очного и электронного обучения

Очное обучение	Электронное обучение
<i>Достоинства</i>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Возможность мгновенной реакции преподавателя на действия студента.</li> <li>– Формирования личных связей между субъектами образовательного процесса с глубоким эмоциональным взаимодействием.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Получение обратной связи с преподавателем в любом месте в любое время.</li> <li>– Интерактивное взаимодействие с электронным учебным материалом.</li> <li>– Повышение степени индивидуализации за счёт использования электронных ресурсов различных типов.</li> <li>– Использование возможностей сети Интернет для широкой коммуникации.</li> <li>– Высокая степень вовлечённости студента в учебный процесс.</li> </ul>
<i>Недостатки</i>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ограничение времени общения с преподавателем.</li> <li>– Отсутствие взаимодействия с печатным учебным материалом.</li> <li>– Низкая степень индивидуализации, одинаковая образовательная траектория для всех студентов.</li> <li>– Ограниченные возможности коммуникации.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Отсрочка реакции преподавателя при онлайн-взаимодействии.</li> <li>– Опосредованное формирование личных связей, ограниченность эмоционального взаимодействия.</li> <li>– Заранее заложенные варианты реакции электронного ресурса на действия студента.</li> </ul>

Возможность организации такого образовательного процесса нормативно прописана в ст. 15 Федерального Закона от 29 декабря 2012 года № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»: «При реализации образовательных программ независимо от форм получения образования могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии». Президент страны в своём послании Федеральному собранию отметил, что «нужно переходить и к принципиально новым, в том числе индивидуальным технологиям обучения, уже с ранних лет прививать готовность к изменениям, к творческому

поиску, учить работе в команде, что очень важно в современном мире, навыкам жизни в цифровую эпоху» [127].

Использование технологий смешанного обучения позволяет расширить спектр дидактического инструментария в зависимости от особенностей преподаваемой дисциплины. Педагоги-практики [116], [96], [161] отмечают, что при организации смешанного обучения в образовательном учреждении на первый план выходят три основных аспекта:

- *административный*, включающий наличие в образовательном учреждении стратегии развития электронного обучения, подкреплённой соответствующими нормативно-правовыми актами, организацию повышения ИКТ-компетентности профессорско-преподавательского состава и разработку мотивационных механизмов поощрения и стимулирования;
- *технологический*, обеспечивающий программно-техническое сопровождение образовательного процесса;
- *педагогический*, направленный на разработку методик по отдельным дисциплинам на основе информационных технологий, активных и интерактивных методов обучения.

Достаточно подробная классификация моделей смешанного обучения приведена в статье «Смешанное обучение математике: практика опередила теорию» [97]. Авторами выделены три главных составляющих каждой модели: элементы электронного обучения, дистанционного обучения и очного обучения. Отмечено, что каждая модель отличается преобладанием одного из трёх элементов и принципом их сочетания.

В многочисленных исследованиях [109], [179], [12], [161], посвящённых технологиям смешанного обучения, выделены его положительные моменты:

- каждый обучающийся получает возможность освоить нужные знания и умения в удобном формате;
- планирование и понимание того, какую потребность обучение должно удовлетворить и какие результаты принести;
- обеспечение эффективных инструментов управления обучением;
- снижение временных и финансовых затрат на обучение, без потери преимуществ традиционного подхода;
- обогащение и взаимное дополнение технологий и методов преподавания;
- активное социальное взаимодействие обучаемых между собой и с преподавателями;
- доступность преподавателя практически постоянно;
- возможность обучения независимо от времени и места;
- разнообразие дидактических подходов;
- улучшение качества обучения (в том числе за счёт использования более эффективных средств обучения);
- индивидуальный контроль за обучением;
- естественное освоение учащимися современных средств организации работы, коммуникаций;
- приоритет самостоятельной деятельности обучаемого;
- организация индивидуальной поддержки учебной деятельности каждого обучаемого;
- организация групповой учебной деятельности;
- гибкость образовательной траектории;
- интеграция учебно-методического онлайн- и офлайн-контента многократного использования.

Для организации смешанного обучения можно использовать множество интернет-сервисов (облачные технологии, социальные сети, средства

коммуникации), но эффективнее использовать специализированное программное обеспечение – LMS (англ. learning management system), которое обеспечивает централизованное управление процессом обучения, предоставляет возможность использования различных форматов учебных материалов, поддерживает современные стандарты в сфере дистанционного обучения, обеспечивает инструментарием для взаимодействия участников образовательного процесса. Такого рода системы позволяют эффективно организовать учебный процесс и самостоятельную работу студентов, повышают заинтересованность студентов с помощью внедрения новых форм обучения, развивают профессиональные компетенции студентов, их социальную и профессиональную мобильность.

С точки зрения метода развёртывания можно выделить локальные и облачные LMS, которые из-за отсутствия затрат на внедрение и обслуживание, считаются наименее дорогими решениями для онлайн-обучения.

Среди лидеров на рынке LMS выделим следующие: Blackboard, Moodle, Sakai, Open edx, Litmos, LearnUpon, TalentLMS и др. В российских вузах наибольшее распространение получила LMS Moodle (аббревиатура от англ. Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment – модульная объектно-ориентированная динамическая учебная среда), которая реализует философию «педагогики социального конструкционизма» и ориентирована на организацию эффективного взаимодействия между участниками образовательного процесса. Первая версия Moodle была разработана Мартином Доужиамасом (Martin Dougiamas), преподавателем университета Пэрт из Австралии в 2002 году. На сегодняшний день в мире имеется 108 767 зарегистрированных инсталляций платформы Moodle в 228 странах мира, из них в России 2 715 (8 место в мире), она переведена на 120 языков<sup>3</sup>. В таблице 2 представлены топ-10 стран мира, наиболее активно использующих эту систему.

---

<sup>3</sup>URL: <https://moodle.net/stats/>

Таблица 2 – Топ-10 стран мира, активно использующих LMS Moodle

Страна	Количество зарегистрированных сайтов
Соединенные Штаты Америки	9 030
Испания	8 331
Мексика	5 248
Бразилия	4 405
Германия	3 747
Великобритания	3 321
Италия	2 820
Россия	2 715
Франция	2 567
Колумбия	2 358

LMS Moodle предлагает мощный набор ориентированных на учащихся инструментов и элементов совместного обучения, которые расширяют возможности образовательного процесса, она позволяет проводить разработку и публикацию учебно-методических материалов в различных форматах, организовывать общение со студентами в виртуальной среде, оптимизировать организационно-административные функции, проводить тестирование и т. д.

Большинство интерактивных действий в Moodle сконструированы так, чтобы предоставить студентам возможность управлять общим содержимым курса, а преподавателю отслеживать активность участников курса, быстро добавлять, перемещать и структурировать учебный материал, при необходимости предоставляя или ограничивая доступ в соответствии со временем, условиями или профилем пользователя.

Опыт использования электронных курсов по дисциплине «Численные методы» описывается рядом авторов [12], [48], [18]. Э. С. Анисимова отмечает,



что качество успеваемости группы, изучавшей дисциплину с использованием электронного курса, разработанного на базе LMS Moodle, по всем разделам превышает качество успеваемости групп, изучавших дисциплину без его использования.

Традиционно в электронном курсе содержится аннотация, полный и/или краткий курс лекций, глоссарий с основными терминами по дисциплине, методические рекомендации для преподавателей и студентов, список открытых электронных ресурсов, форум, вопросы к экзамену, тесты для контроля знаний.

Однако большинство из этих ресурсов дублируют традиционные средства обучения: учебную литературу, методические пособия, письменное тестирование. Цифровизация же образовательного контента предполагает не просто замену печатного учебного пособия электронным, но и разработку более современных интерактивных обучающих систем, улучшающих восприятие учебного материала студентами.

Таким образом, цифровые образовательные ресурсы в смешанном образовании должны, с одной стороны, сохранять традиционные свойства представления учебной информации, такие как научность, системность изложения, структурированность, а с другой – учитывать особенности восприятия студентов, повышать степень наглядности, интерактивности, давать возможность нелинейного изучения дисциплины, позволять реализовать уровневую дифференциацию обучения, вариативность образовательных траекторий. Это предъявляет более высокие требования к преподавателю, который должен обладать высокой ИК-компетентностью, умением разрабатывать собственные обучающие ресурсы и выстраивать учебный процесс с учётом индивидуальных особенностей обучаемого.

Анализ подходов к преподаванию дисциплины «Численные методы» позволяет сделать вывод, что *курс является сложным и трудоёмким для освоения. Методика преподавания дисциплины существенно зависит от*

направления подготовки специалистов. При выборе содержания дисциплины «Численные методы» необходимо опираться на фундаментальные понятия, теоремы, алгоритмы, методы и современный уровень развития вычислительной математики. Усвоение дисциплины «Численные методы» должно усиливаться выполнением практических исследовательских работ для проверки теоретических положений. В связи с большим содержательным объёмом дисциплины и ограниченностью времени на её изучение необходимо использовать возможности смешанного обучения с использованием современных информационных технологий. Использование смешанного обучения требует новых подходов к разработке цифровых образовательных ресурсов, позволяющих выстраивать учебный процесс с учётом индивидуальных характеристик обучаемого.

## **1.2 Сущность вычислительного мышления**

Все люди так или иначе, сознательно или бессознательно используют в своей повседневной жизни и профессиональной практике различные вычисления. В словаре С. И. Ожегова вычисление трактуется как обработка числовой информации ручным или машинным способом. Кибернетический подход определяет вычисление как преобразование любых входных сигналов в выходные, вне зависимости от специфики самих преобразований, а с точки зрения теории информации вычисление – это получение из входных данных нового знания. Наиболее известное для программистов определение вычисления дал Тьюринг через понятие абстрактной вычислительной машины.

Ю. И. Манин считает, что «в каком-то смысле возникновение языка и сознательных рассуждений позволило человеку повысить уровень бессознательных вычислений до уровня здравого смысла, а в дальнейшем – до уровня теоретического мышления. ...Всякое вычисление оправдано тем, что оно заменяет мыслительный акт (или какой-то из его этапов) на по существу

механический процесс – с тем, чтобы обрести опору для следующего мыслительного акта, на гораздо более высоком уровне» [102].

Появление и развитие компьютерных технологий дало мощный толчок применению вычислений почти во всех научных областях. В современном мире практически стандартом является включение анализа вычислительных экспериментов вместе с анализом экспериментальных данных и теоретическими исследованиями в научные работы. Появились целые научные направления, ориентированные на профессиональное использование вычислений при научных исследованиях: вычислительная химия, вычислительная физика, вычислительная биология, нейроинформатика, биоинформатика и т. п.

Таким образом, понятие «вычисление» можно рассматривать не просто как выполнение арифметических операций, а как гораздо более широкое понятие, образ мыслей, основа для любых научных исследований.

Это обуславливает необходимость формирования новых качеств будущего специалиста. В отчете АСМ отмечено, что к 2020 году одно из двух рабочих мест в области STEM (Science, technology, engineering and mathematics) будет связано с компьютерными вычислениями [189], а в совместном исследовании Института будущего (The Institute for the Future – IFTF) и научно-исследовательского института Феникса (The Phoenix Research Institute) [187] *вычислительное мышление* (Computational Thinking) выделено в качестве способности, которая будет необходима специалисту для профессионального роста.

Нельзя сказать, что «вычислительное мышление» – это совершенно новая идея, различные аспекты этого понятия рассматриваются учёными с момента появления компьютеров. Как любое мышление, вычислительное мышление – это познавательная деятельность человека, результатом которой является мысль (понятие, смысл, идея), оно формируется в процессе деятельности человека через усвоение приёмов мышления, их самостоятельного применения и переноса на новые ситуации.

Считается, что первым термин «вычислительное мышление» предложил С. Пейперт [194], разработчик программного обеспечения ЛОГО, но усиление интереса к этому понятию в 2006 г. обеспечила Жаннетта Винг, профессор Питсбургского университета Карнеги-Меллона. С её точки зрения вычислительное мышление – это фундаментальное умение для понимания жизни и её развития в современном мире, необходимое для решения задач, проектирования систем и понимания человеческого поведения с помощью понятий, фундаментальных для информатики [200]. Позже Винг уточнила суть вычислительного мышления: «Это абстракция, которая может быть автоматизирована, и это то, чем занимаются вычисления» [195].

Такого рода определение вызвало появление большого количества трактовок понятия вычислительное мышление. Взгляды зарубежных исследователей очень разнообразны, высказываются самые разные предположения и точки зрения. Институт информационных технологий (<http://www.bcs.org/>) провёл дискуссию «Лидерство в мышлении», которая была направлена на обсуждение того, что такое вычислительное мышление на основе собственного опыта участников, как оно влияет на повседневную жизнь. В рамках дискуссии высказывались самые разные точки зрения. Вот некоторые из них: вычислительное мышление помогает определить, что именно может быть вычислено; оно имеет дело с системами, которые генерируют большой объём данных; даёт возможность лучше понять, какие это накладывает ограничения на задачу; вычислительное мышление изменило науку, так как компьютерное моделирование становится широко используемым инструментом во всех дисциплинах; другие науки также влияют на развитие вычислительного мышления.

Некоторые участники дискуссии, особенно школьные учителя, задаются вопросом, как можно научить вычислительному мышлению, если оно тесно связано с абстракцией, которая в определённых ситуациях фактически может

мешать пониманию. Для многих не понятно, чем вычислительное мышление отличается от изучения традиционной информатики, и чем оно отличается от математического мышления, которое также имеет дело с абстракциями и представлениями. Высказывались точки зрения, что многие из тех, кто не является специалистом в информатике, на самом деле применяют вычислительное мышление неосознанно, если рассматривать вычислительное мышление, как способ описания динамики и обработки вычислений.

В одном из блогов участник дискуссии Baker Franke<sup>4</sup> написал: «Мне нравится думать о вычислительном мышлении, как о способности видеть, понимать и разрабатывать системы и процессы. Для меня это касается работы с абстракциями. ...Способность видеть решение проблемы как „процесс“ – вот что делает возможным все вычисления. Иными словами, если у вас есть оригинальное решение проблемы, но вы не можете объяснить его как процесс, то у вас нет вычислительного решения».

Некоторые исследователи<sup>5</sup> понимают вычислительное мышление как процесс сбора, интерпретации и преобразования данных в более понятную форму с использованием компьютерных технологий, в этом случае алгоритмы рассматриваются в качестве инструментов для решения этой задачи.

Джанет Колоднер, профессор Технологического института штата Джорджия, отметила, что вычислительное мышление играет определённую роль в использовании прикладного программного обеспечения для решения задач. Но, по мнению Роберта Констебля, профессора Корнельского университета, компьютерная грамотность, традиционно рассматриваемая как способность использовать различные функции компьютерных систем и специальные

---

<sup>4</sup> URL: <http://advocate.csteachers.org/2009/11/12/what-is-computational-thinking/>

<sup>5</sup> URL: <http://gasstationwithoutpumps.wordpress.com/2010/08/12/algorithmic-vs-computationalthinking/>

программы, такие например, как Word или Excel, не демонстрирует вычислительное мышление [195].

Таким образом, в зарубежной литературе встречается несколько подходов к толкованию термина «вычислительное мышление» [72]. Выделим три из них, которые, с нашей точки зрения, являются наиболее существенными.

1. *Вычислительное мышление – когнитивный мыслительный процесс.*

С этой точки зрения вычислительное мышление можно рассматривать как совокупность ментальных инструментов и понятий из области информатики, которые помогают людям решать задачи, конструировать модели и расширяют умственные способности человека с помощью абстракций.

В данном контексте исследователи не акцентируют внимание на числах и программировании, а рассматривают вычислительное мышление как инструмент, дающий возможность анализа информационных процессов, независимо от того – состоялись они, происходят или только планируются.

Скорее всего, вычислительное мышление относится к человеческой способности формулировать задачи таким образом, чтобы их решения могли быть представлены в виде последовательности шагов или алгоритмов, которые будут осуществляться с помощью компьютера. Автор амбициозного проекта язык Wolfram Language Стивен Вольфрам считает, что люди должны научиться «уметь формулировать свои мысли так, чтобы их смог понять достаточно умный компьютер»<sup>6</sup>.

Все люди в своей повседневной жизни так или иначе пользуются вычислительным мышлением. Дэвид Моерсанд, основатель международного общества технологий в образовании, отмечает, что в области компьютерных технологий есть много инструментов, где не нужно никакого формального образования, чтобы узнать, как их использовать на том уровне, который нужен

---

<sup>6</sup>URL: <https://rb.ru/story/wolfram-alpha/>

человеку для расширения его возможностей, не только умственных, но и физических.

В отчёте рабочей группы по возможностям и природе вычислительного мышления, подготовленном Национальной академией наук США, выдвинута идея, что вычислительное мышление – это фундаментальная интеллектуальная возможность, сравнимая с чтением, письмом, речью и арифметикой [195]. Функционально эти фундаментальные навыки являются средством для описания и объяснения сложных проблем и ситуаций другим людям, и вычислительное мышление служит той же цели. Другими словами, вычислительное мышление сравнимо с другими базовыми когнитивными способностями, которыми обладает среднестатистический человек в современном обществе.

С точки зрения Дж. Уин [200], развитие «вычислительного мышления» позволит:

- применять новые вычислительные методы к решению научных задач;
- формулировать задачу таким образом, чтобы она соответствовала вычислительным подходам;
- найти новые науки посредством анализа огромного массива данных;
- сформулировать новые задачи, которые еще не придуманы или невозможны из-за их масштаба, но которые довольно просто решаются вычислительно;
- объяснять задачи и их решение в вычислительных терминах.

## *2. Вычислительное мышление – гибрид других способов мышления.*

Специалисты, придерживающиеся этой точки зрения, считают, что это своего рода аналитическое мышление. Оно связано с математическим мышлением для решения задач, с инженерным – для моделирования объектов реального мира, с научным мышлением – для понимания исчислимости,

мышления и человеческого поведения и алгоритмическим – для автоматизации процессов.

Дэвид Моерсанд предположил, что вычислительное мышление тесно связано, а возможно и является им, с первоначальным представлением о процедурном мышлении, разработанным С. Пейперт. Оно включает в себя разработку, представление, тестирование и отладку процедур, которые могут быть механически интерпретируемы и осуществлены с помощью компьютера или автоматизированного оборудования [195].

Жаннетта Винг отмечает, что вычислительное мышление пересекается с логическим и системным мышлением. Оно включает в себя алгоритмическое и параллельное мышление, которое, в свою очередь, привлекает другие виды мыслительных процессов, таких как композиционные рассуждения, действия по шаблону, процедурное и рекурсивное мышление [200].

Возможно, различные парадигмы мышления связаны друг с другом иерархически. Однако вряд ли реально можно построить эту иерархию, очень сложно определить, каким типом мышления пользуется человек, приходя к одному и тому же результату.

Можно утверждать, что вычислительное мышление близко к математическому. И в математике, и в программировании мы оперируем шаблонами. Используемые программистами классы и объекты, по сути, являются математическими объектами. Математики применяют абстракции, чтобы сделать математические структуры более полными, программисты используют абстракции по эмпирическим причинам для сокрытия деталей реализации определённого набора функциональных возможностей. При этом можно сказать, что они используют один и тот же навык аналитического мышления.

Например, когда применяется итерационный алгоритм, то используется алгоритмическое мышление, которое вероятно является формой аналитического или математического мышления. При написании циклического алгоритма чаще



всего оперируют математическими понятиями «матрица» и «вектор», алгоритмическое мышление позволит корректно написать цикл, но, с другой стороны, если без цикла последовательно повторить конечное число действий, можно получить аналогичный результат. И такого рода работы у студентов-математиков иногда встречаются. Несмотря на то, что вычислительное и математическое мышление близки, Ченли Ху предполагает, что «вычисления отличаются от математики своей уникальной ориентацией и сложностью, и, следовательно, могут потребовать большего, чем просто математического мышления» [188]. Он даёт достаточно широкое определение вычислительного мышления, связав его с известными парадигмами мышления, подчеркивая, что такое мышление обязательно логическое, алгоритмическое, научное, математическое, аналитическое, инженерно-ориентированное и творческое.

### *3. Вычислительное мышление – применение методов Computer Science (CS) для моделирования процессов, исследуемых в других дисциплинах.*

Некоторые специалисты считают, что вычислительное мышление – это результат естественной эволюции информатики. Джеральд Сассмен, профессор Массачусетского технологического университета, утверждает, что вычислительное мышление является определённой частью CS [195]. Питер Деннинг, профессор Высшей школы ВМС США, утверждает, что вычислительное мышление представляет собой подмножество CS, её конкретизацию и определяет вычислительное мышление как подход к решению задачи, интерпретирует этот подход как информационный процесс поиска алгоритма её решения.

Профессионалы в Google определили вычислительное мышление как мышление, которое включает в себя множество навыков решения задач и методов, которые используют программисты для написания программ, лежащих в основе компьютерных приложений [185]. Здесь находят широкое применение такие понятия информатики, как алгоритм, процесс, конечный автомат,

спецификации задачи, формальная правильность решений, машинное обучение, рекурсия, конвейеризация, оптимизация и пр.

Международное общество по технологиям в образовании (ISTE) и научная ассоциация учителей информатики определили понятие «вычислительное мышление» как процесс решения задачи, который включает в себя, но не ограничивается только этим, следующие характеристики [107]:

- формулировку задачи таким образом, чтобы использовать компьютер и другие инструменты для её решения;
- логическую организацию и анализ данных;
- представление данных с помощью абстракций, таких как модели и моделирование;
- автоматизацию решений на основе алгоритмического мышления (серия упорядоченных шагов);
- выявление, анализ и внедрение возможных решений с целью достижения наиболее эффективного и действенного сочетания шагов и ресурсов;
- обобщение и применение решения конкретной задачи на решение широкого круга задач;
- понимание ограничений задачи, вычислительных ограничений и сложности.

В России практически нет работ по исследованию понятия «вычислительное мышление», встречается ряд публикаций [59], [180], рассматривающих философский аспект этого понятия. Первую попытку привлечь внимание педагогической общественности к феномену «вычислительное мышление» сделал Е. К. Хеннер [163], который проанализировал это понятие с позиций зарубежных авторов и отметил его актуальность для отечественного образования. Косвенно отдельные составляющие вычислительного мышления

рассматривались в многочисленных работах российских исследователей математического мышления: Р. А. Атаханова, В. В. Давыдова, П. Я. Гальперина, Е. А. Костиной, В. А. Крутецкого, Т. П. Пушкаревой, Н. Ф. Талызиной и др. Содержание и объём понятия «алгоритмическое мышление» рассматривались А. П. Ершовым, А. И. Газейкиной, Г. А. Звенигородским, А. Г. Кушниренко, Т. Н. Лебедевой, И. Н. Слинкиной и др.

Во многих исследованиях отмечается связь математического мышления с абстрактным мышлением, умением мыслить в терминах декомпозиции и обобщения. А. Пуанкаре, Н. В. Метельский, С. И. Шварцбурд и др. связывали специфику математического мышления с методами математического исследования, отождествляя его с логическим и абстрактным мышлением.

В исследованиях А. И. Маркушевича при характеристике математического мышления выделены: «умение абстрагировать, отвлекаться от второстепенных деталей, выделять существенное в любом вопросе, умение анализировать вопрос, расчленять его на составные части, выделять частные случаи по отношению к общему, делать выводы, что эти частные случаи исчерпывают целое, или, наоборот, приходиться к заключению, что они являются только частными примерами» [105].

А. П. Ершовым, Г. А. Звенигородским, Ю. А. Первиным алгоритмическое мышление определяется как «умение планировать структуру действий, необходимых для достижения цели, при помощи фиксированного набора средств», как «умение строить информационные модели для описания объектов и систем», как «умение организовывать поиск информации, необходимой для компьютерного решения поставленной задачи» [58].

А. Г. Кушниренко и Г. В. Лебедев понимают алгоритмический стиль мышления как «метод и способ, которые необходимы для перехода от непосредственного управления к программному, от умения сделать к умению записать алгоритм» [91].

Т. Н. Лебедева [93] определяет алгоритмическое мышление как последовательность совершаемых мыслительных процессов с присущей детализацией и оптимизацией укрупнённых блоков, осознанным закреплением процесса получения конечного результата, представленного в формализованном виде на языке исполнителя с принятыми семантическими и синтаксическими правилами.

По мнению И. Н. Слинкиной [143] алгоритмическое мышление представляет собой специфический стиль мышления, предполагающий наличие мыслительных схем, которые способствуют видению проблемы в целом, решению задач крупными блоками с последующей детализацией и является операционной базой всех методов и приёмов обработки и использования информации.

Анализ большого количества работ позволяет сделать вывод, что вычислительное мышление полностью включает в себя алгоритмическое мышление, является более широким понятием, чем математическое мышление, а способность математиков мыслить абстрактно, в терминах декомпозиции и обобщения несомненно влияет на развитие вычислительного мышления.

Возможно, учёные до сих пор не пришли к единому определению понятия «вычислительное мышление» потому, что это понятие настолько многогранно, что плодотворные обсуждения могут быть более ценными, чем нахождение окончательных ответов, а само понятие будет эволюционировать с развитием информационных технологий.

По мнению Е. К. Хеннера [164], введение термина «вычислительное мышление» является целесообразным, поскольку этот термин в практическом плане нацеливает на обновление содержания и методов обучения, наращиванию усилий по формированию метапредметных результатов образования.

В данном исследовании не ставится задача дать всеохватывающее определение термина «вычислительное мышление», прежде всего

рассматривается когнитивный аспект этого понятия и возможность его развития при изучении дисциплины «Численные методы».

Термин «*когнитивный*» (от латинского слова *cognitio* – знание, познание), возник в шестидесятых годах XIX столетия в психологических исследованиях познавательных процессов, которые рассматривались как составляющие общего процесса информационного обмена между человеком и средой, а сейчас используются в качестве синонима терминам «внутренний», «ментальный», «мыслительный», «умственный», и т. д.

Основоположником когнитивного подхода является американский психолог Дж. Келли. В своей теории личностных конструктов Келли акцентирует внимание на психологических процессах, которые позволяют людям познавать мир и устанавливать межличностные отношения. Структура личности в рамках данного подхода рассматривается, как уникальная иерархия когнитивных шаблонов, присущих данному индивидууму.

Р. Солсо в своей книге «Когнитивная психология» отмечал, что «Мышление когнитивно, то есть происходит „внутренне“, в уме, но о нём судят по поведению. Мышление – это процесс, при котором в когнитивной системе происходит некоторая манипуляция знаниями. Мышление направленно, и его результаты проявляются в поведении, которое „решает“ некоторую проблему или предполагает её решение» [146].

Когнитивное развитие человека направлено на развитие всех видов мыслительных процессов, таких как восприятие, мышление, память, формирование понятий, логика, решение задач. Швейцарский философ и психолог Жан Пиаже утверждает, что мы самостоятельно конструируем наши когнитивные способности с помощью собственных действий. Пиаже [123] ввёл ряд понятий, которые происходят во время когнитивного развития ребенка:

- *схема действий*, которая включает в себя знание и процесс его получения, схема действий после получения нового опыта может изменять, дополнять или заменять ранее существующую схему;
- *ассимиляция* – процесс включения новой информации в уже существующие схемы;
- *аккомодация* – процесс разработки, изменения или замены существующих схем в результате появления новой информации;
- *уравновешивание* – процесс нахождения баланса между ассимиляцией и аккомодацией, что позволяет объяснить процесс перехода от одного этапа мышления к другому.

Эти этапы позволяют понять последовательность когнитивного развития человека и построение личных когнитивных шаблонов.

Развитие когнитивной психологии в России прежде всего связывают с именем Л. С. Выгодского, который считал, что развитие когнитивной сферы человека идёт от социума к индивиду, т. е. всякая функция человеческой психики первоначально складывается как внешняя, социальная форма общения между людьми, как трудовая или иная деятельность, и лишь затем, в результате интериоризации, становится компонентом психики человека.

В теории поэтапного формирования умственных действий П. Я. Гальперина обучение выступает практически единственным источником когнитивных процессов. Проведенные Гальпериным исследования процессов мышления, восприятия, внимания и памяти позволили приблизиться к пониманию механизмов организации психических действий человека. В начале своего формирования действия складываются как развернутые процессы, опирающиеся на предметные или социальные ориентиры. Затем формируемые действия преобразуются, превращаясь в скрытые от наблюдения процессы, которые представляют собой психический аппарат построения образов восприятия,

памяти, мышления, воображения и т. п. Гальперин отмечает, что «сокращённые формы психической деятельности совсем не похожи на свои начальные формы, и, взятые сами по себе, они по своей молниеносности и неуловимости представляют собой для непосредственного наблюдения нечто поистине удивительное и малопонятное» [40].

Суть когнитивного обучения состоит в развитии умственных действий, позволяющих в дальнейшем адаптировать их в новых ситуациях. При этом основной задачей является не механическое заучивание информации, а умение учиться. Т. е. студент выступает в качестве активного участника процесса обучения. А роль преподавателя выстроить процесс обучения таким образом, чтобы студенты могли учиться на базе своего предшествующего уровня знаний и умений, самостоятельно увидеть взаимосвязи, существующие между блоками информации, поступающими из различных источников, использовать все современные возможности получения, анализа и использования информации.

Л. В. Ахметова [15] считает, что в этом случае мыслительная деятельность обучаемого «освобождается от стереотипов, от механического накопления суммы знаний, открывается перспектива осознания, понимания динамических процессов, непрерывно происходящих в мире», сознание «становится гибким, динамичным, мыслительная деятельность личности становится способной обеспечивать высокий уровень учебной и профессиональной деятельности».

Основной целью когнитивного обучения является разработка новых подходов, направленных на развитие умственных способностей обучающихся и выработку ими стратегий поведения для понимания реального мира и успешной адаптации к жизни в информационно перенасыщенной среде.

Л. В. Ахметова выделяет три основных взаимосвязанных процесса, отличающие методы когнитивного обучения от традиционных [15]: мышление-действие, мышление-размышление и рефлексивное мышление. Мышление-действие направлено на постановку задачи, разработку плана её решения и поиск

оптимального способа решения задачи. Мышление-размышление включает в себя понимание проблемы, сбор необходимой информации, выдвижение идей, построение гипотез, способность к переносу, рассуждение, умозаключение. Рефлексивное мышление – это понимание своей компетентности по отношению к решению определенной задачи, формирующееся на основе адекватной самооценки, умение самостоятельно выбрать способ достижения цели и оценить его эффективность.

Когнитивные подходы к обучению основаны не только на традиционных вербальных методиках обучения, но и на методиках, учитывающих сенсорно-перцептивные процессы (ощущение, восприятие, представление и воображение), лежащие в основе психики человека.

Различные когнитивные подходы объединяет демонстрация влияния структурной организации ментального опыта человека на его поведение. Уникальность каждого человека определяется когнитивной структурой его личности, влияющей на способ, которым воспринимаются, обрабатываются и интерпретируются новые знания [34].

Учёными-психологами описано множество когнитивных структур, лежащих в основе упорядочивания интеллектуального опыта и регулирующих познавательную активность личности: «когнитивные карты» (Эдвард Чейс Толмен); «прототипы» (Элеонора Рош); «предвосхищающие схемы» (Ульрих Густав Найссер); «комплекс схем» (Альваро Паскуаль-Леоне); «фреймы» (Марвин Ли Минский); «сценарии» (Роджер Шенк); «глубинные семантические и синтаксические универсалии» (Аврам Ноам Хомский).

Условно можно выделить когнитивные структуры двух типов [166]:

- фиксированные формы опыта (прототипы, перцептивные схемы, фреймы, сценарии, семантические универсалии и др.);



- интегрированные формы опыта, как продукт интеграции предшествовавших этапов познания (понятийные структуры Л. С. Выготского, операциональные структуры Ж. Пиаже и др.). Они включают разные способы кодирования информации, визуальные схемы разной степени обобщения и иерархически организованные семантические признаки. Степень сформированности этих структур определяют своеобразие и разрешающие возможности интеллекта.

В рамках когнитивного подхода все мыслительные процессы, такие как восприятие, память, формирование понятий, решение задач, воображение и логика рассматривается, как составляющие общего процесса информационного обмена между человеком и средой.

Давая оценку мышлению человека, необходимо рассматривать вопросы, связанные с тем, как он перерабатывает поступающую информацию, может ли он контролировать работу своего интеллекта, почему именно так он думает, как он использует свой интеллект. Большое количество исследователей сходятся во мнении, что работа интеллекта большинства людей характеризуется преобладанием того или иного способа кодирования информации.

Интерес к механизмам преобразования информации как результату интеллектуальной деятельности сложился из аналогии между работой человеческого интеллекта и компьютера, где элементарные информационные процессы рассматриваются, как «микрооперациональные когнитивные акты, связанные с оперативной переработкой текущей информации» [166].

Практически все существующие в природе и обществе взаимосвязи имеют информационный характер. А. Д. Урсул отмечает, что «информация, так же, как и энергия, существует во всех сферах и фрагментах мироздания, является характеристикой всех материальных систем. При таком подходе к рассмотрению взаимодействия материальных объектов (систем) между ними происходит обмен

не только веществом и энергией, но и информацией» [157]. Это стало причиной появления нового фундаментального метода научного познания, который получил наименование информационного подхода. По мнению Е. Д. Павловой, «информационный подход можно рассматривать как дальнейшее развитие метода системного подхода, которое дает исследователю новые возможности для изучения сложных объектов, процессов и явлений в природе и обществе на основе использования общих свойств и закономерностей проявления информационных процессов» [117].

Взаимодействие человеческого организма с окружающей средой обеспечивает сенсорная система, которая преобразует энергию внешнего стимула в специфическую активность нервной системы, ведущую к анализу этой информации. Внешние стимулы из окружающей среды раздражают участки сенсорной системы, это приводит к формированию ощущений, которые передаются в чувственную память, влияют на эмоциональное состояние организма и вызывают его моторные действия. Это определяет чувственное воображение объекта. При определенных обстоятельствах образы этих объектов фиксируются в памяти, т.е. происходит формирование ментальных схем, которые активируются при получении раздражений от сигналов внешней среды или потребностей организма.

Так формирование чувственных ощущений счета первоначально возникло у человека при наблюдении за объектами окружающей среды, понимании категории мало-много и замещении объектов модельными предметами (пальцы, камешки, зарубки).

Эволюционный процесс формирования счета можно представить в виде следующих этапов:

1. Чувственные ощущения увеличения или уменьшения количества предметов, на единицу, порождают ментальные схемы прибавления или вычитания одного предмета из общего количества.

2. Предыдущая схема легко трансформируется в схемы прибавления или вычитания нескольких предметов из заданной кучи.
3. Обобщением этих операций следует считать мета-ощущения объединения двух множеств из  $N$  и  $M$  предметов или расчленения одного множества предметов на два, что порождает понятия сложения и вычитания чисел, общепринятых для коммуникации между субъектами.

Аналогично ребенок учится понимать речь и говорить предложениями, которые связаны с конкретными ситуациями, в которых взрослые наделяют чувственные образы окружения моделями и понятиями в виде речи и текста.

Изучение любой предметной области должно протекать по этим же правилам: сначала необходимо обеспечить формирование чувственных ментальных схем предметной области с помощью их ментальных моделей, затем систематизировать все образы, модели и понятия средствами языка.

Таким образом сущность когнитивного обучения сводится к двум этапам:

1. Формирование связей между образами чувственной зоны и их модельными представлениями (формирование чувственного разума – интуиции).
2. Систематизация интуитивного опыта с помощью понятий и терминов предметной области.

Схематично этот процесс представлен на рисунке 3.

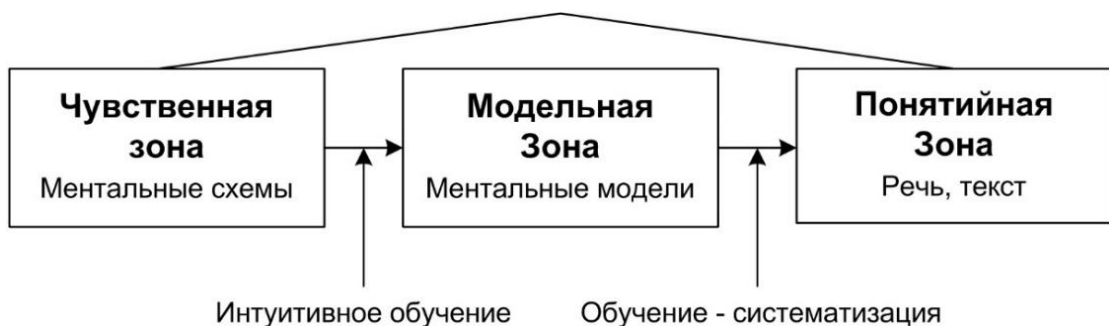


Рисунок 3 – Сущность когнитивного обучения

На этапе интуитивного обучения целесообразно учебный материал представлять в виде ментальных схем, структура которых показана на рисунке 4.

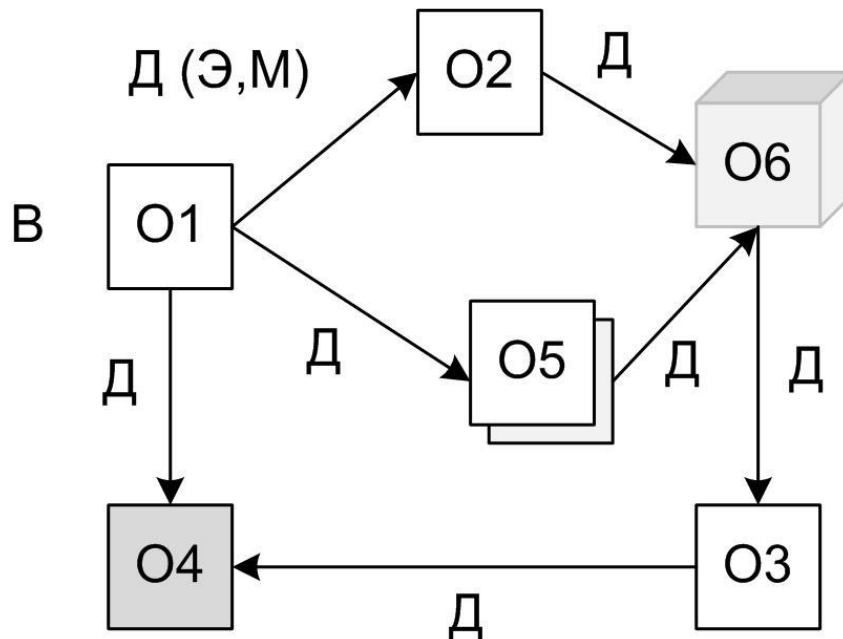


Рисунок 4 – Структура концептуальных ментальных схем

Эта ментальная схема состоит из вершин и ребер, определяющих действие (операция, команда, событие). Каждое ребро дополнительно имеет коэффициенты чувственности (эмоция) и моторики (энергия), которые связаны с действием Д (Э, М). Вершины могут быть терминальные: объекты–исходные данные, объекты-цели и смешанные объекты. Нетерминальные вершины представляют собой отдельную ментальную схему-объект.

На представленном рисунке:

- Прямоугольники (O1, O2, O3) – объекты-исходные данные;
- Закрашенные прямоугольники (O4) – объекты-цели;
- Вершины с тенью (O5) – смешанные объекты, т.е. они могут быть исходными данными, либо целями;
- Объемная вершина (O6) представляет другую ментальную схему.

Вершины и ребра могут появляться и исчезать во времени в зависимости от приобретаемого «веса существования», определяемого значением функции действия Д (Э, М). Вес существования объекта (В) или ребра (Д) увеличивается при их частой активации (использовании), в противном случае – веса стремятся к нулю и при значении ниже порогового (порог забывания) объекты со своими связями исчезают. В качестве примера на рисунке 5 представлен процесс формирования концептуальной ментальной схемы сложения двух целых трехзначных чисел [119].

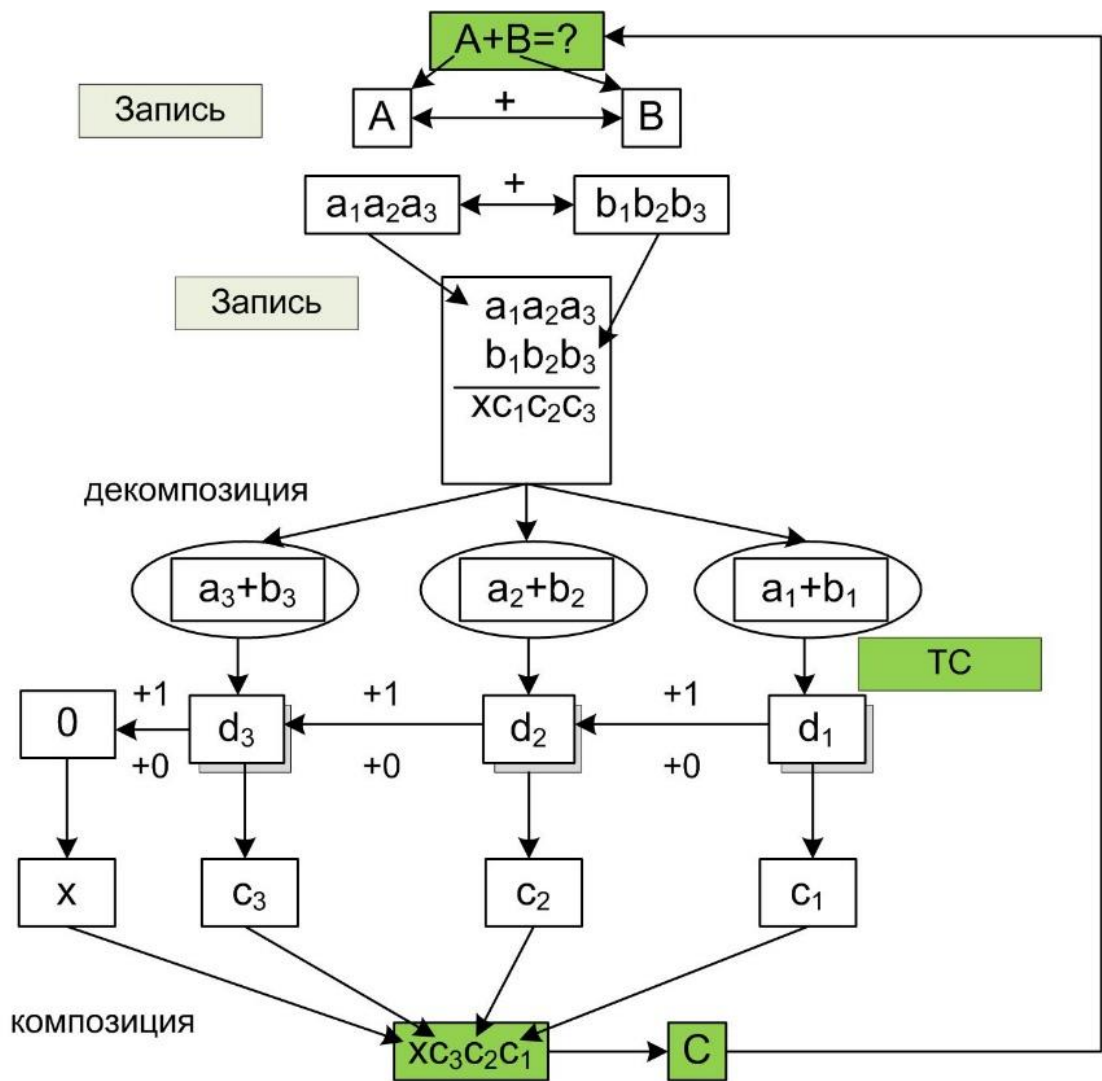


Рисунок 5 – Концептуальная ментальная схема сложения двух чисел

На этой схеме вершины задают объекты, а связи между ними определяют действия над ними. При сложении чисел используется ментальная схема таблицы сложения десятичных цифр (ТС).

Другим примером ментальной схемы может служить задача нахождения площади треугольника, представленная на рисунке 6. Схема отражает возможные алгоритмы решения задачи при разных исходных данных, она должна быть понятна всем, кто знаком с соответствующей теорией и имеет сформированную в процессе обучения собственную ментальную схему, схожую с представленной.

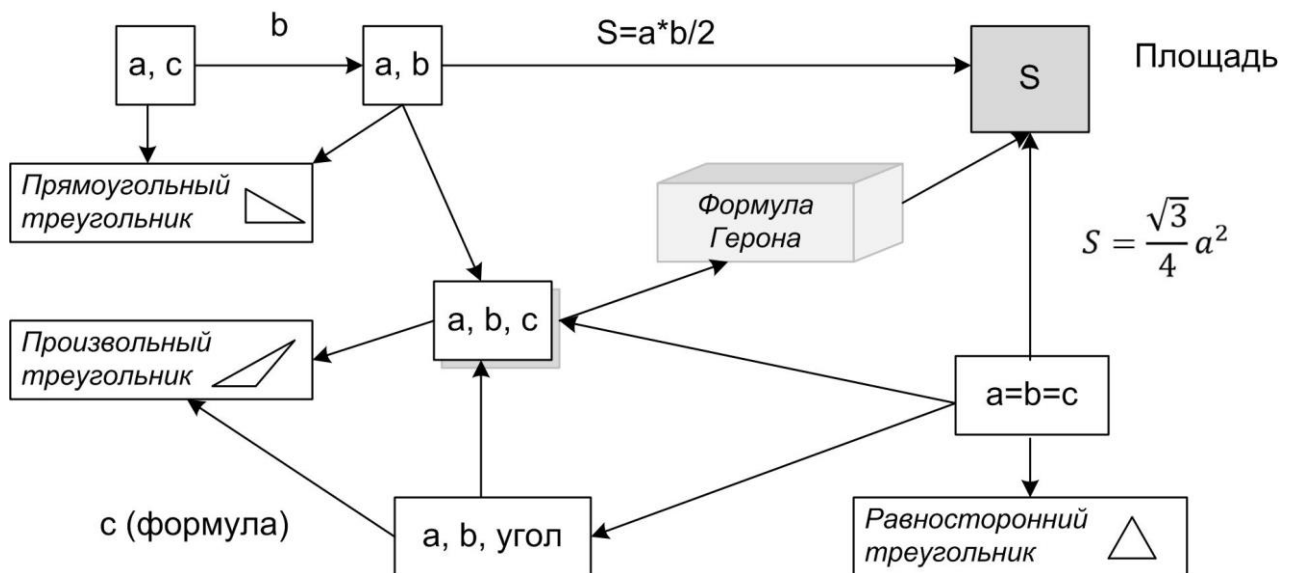


Рисунок 6 – Концептуальная ментальная схема нахождения площади треугольника

При изучении точного метода Гаусса решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) можно использовать концептуальную схему, представленную на рисунке 7. А при изучении метода LU-разложения, основная идея которого заключается в разложении матрицы  $A$  на произведение двух треугольных матриц, активировать ментальную схему обратного хода метода Гаусса.

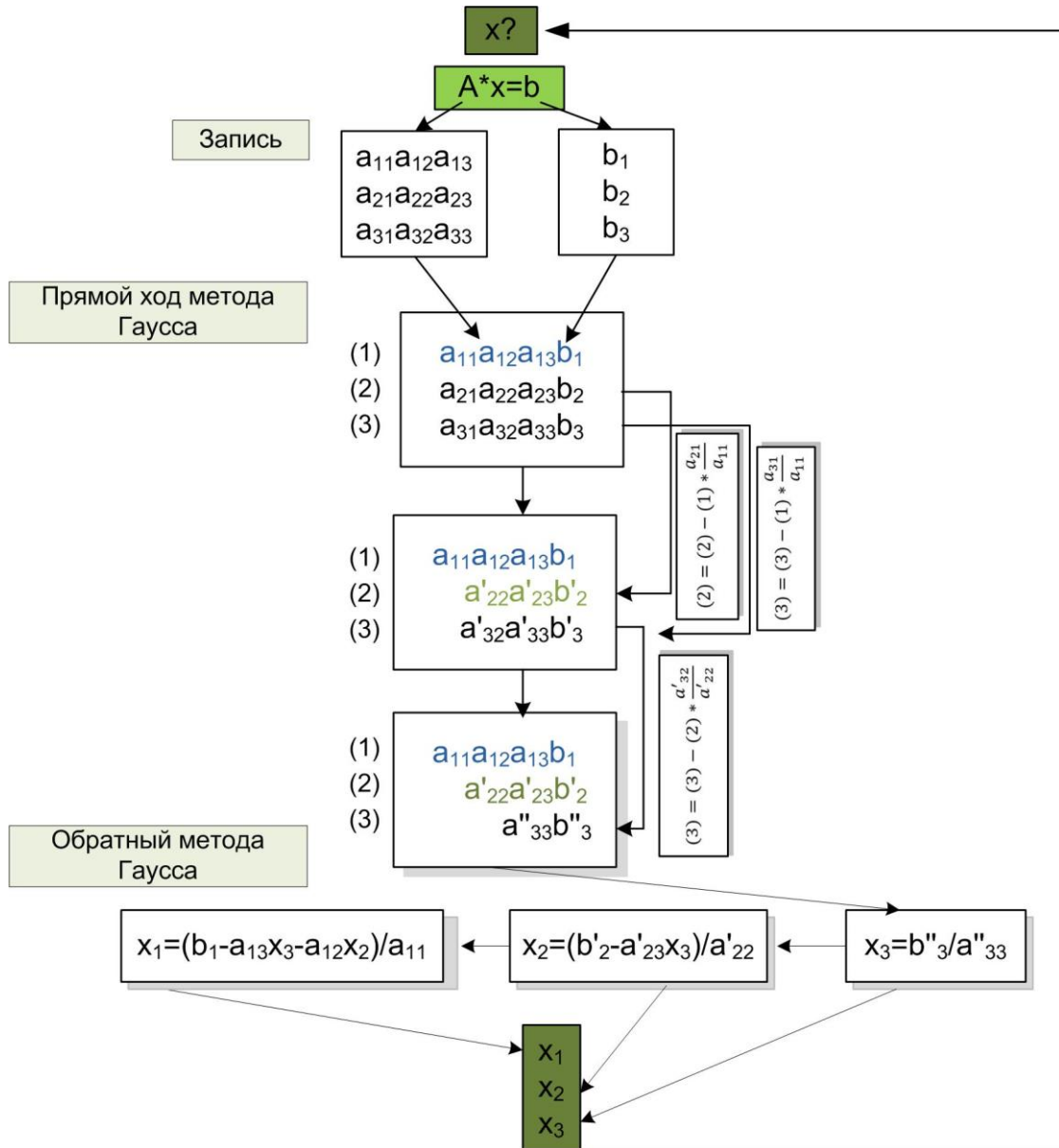


Рисунок 7 – Концептуальная метальная схема решения СЛАУ методом Гаусса

Информационная природа познания позволяет говорить об информационном подходе к проектированию и диагностике образовательных систем и процесса обучения. Использование когнитивного обучения, направленного на развитие вычислительного мышления студентов, позволит подготовить их к осмысленному

и эффективному приобретению знаний, умений и навыков для формирования профессиональных компетенций, а в рамках информационного подхода к формированию информационной модели мозга учащегося с заданным объёмом и качеством тезауруса, развитию его знания как механизма восприятия и извлечения информации из естественных и искусственных сообщений [118].

Эволюционное формирование мышления начинается с момента 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 (например, применение предметов как эталонов измерителей), 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 приемами численной обработки информации. В дальнейшем в настоящей работе, при использовании понятия «вычислительное мышление», будем рассматривать именно его расчётно-математический тип.

Проведённый анализ различных определений понятия «вычислительное мышление», использование информационного подхода при построении методологии обучения дисциплине «Численные методы» позволяет нам сформулировать понятие «расчётно-математический тип вычислительного мышления».

*Вычислительное мышление (расчётно-математический тип) – это мыслительный процесс, заключающийся 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.*



Стремительно развивающиеся информационные технологии, появившиеся новые формы взаимодействия между людьми создают новые возможности для жизни, работы и мышления. Однако, анализ методик преподавания дисциплины «Численные методы» позволяет сделать вывод, что практически *ни в одной из работ не рассматривались методы обучения, которые бы учитывали особенности мышления студентов. Методы обучения, которые учитывают тип восприятия, обработки и интерпретации новых знаний индивидуума, могли бы повысить результативность предметной подготовки. Педагогам необходимо направить усилия на формирование новых качеств будущего специалиста, среди которых не только умение активно использовать возможности информационных технологий, но и умение мыслить по-новому.*

### **1.3 Модель диагностики вычислительного мышления студентов**

Наличие диагностического компонента является преимуществом технологического подхода к учебному процессу и даёт возможность наиболее адекватно комбинировать традиционные и инновационные подходы к обучению в рамках предложенной технологии.

Термин «*диагностика*» в дословном переводе с греческого (diagnostikos) обозначает «*способный распознавать*». Более полно – это процесс распознавания и оценки свойств, особенностей и состояний человека, заключающийся в целенаправленном исследовании, истолковании полученных результатов и их обобщении в виде заключения [171].

Понятие «педагогическая диагностика» было введено в научный оборот К. Ингенкампом в 1968 г. Он характеризует педагогическую диагностику как совокупность приёмов контроля и оценки, направленных на решение задач оптимизации учебного процесса, дифференциации учащихся, а также совершенствования образовательных программ и методов педагогического воздействия [66].

В. В. Беликова дала определение педагогической диагностики как познавательно-преобразующую деятельность по распознаванию и учёту индивидуальных и групповых особенностей участников педагогического процесса, их обученности, воспитанности, развития, образованности, направленную на достижение уровня образованности, соответствующего современным требованиям, потребностям личности, общества, государства [26].

С точки зрения В. С. Аванесова, педагогическая диагностика – это система специфической деятельности педагогов и педагогических коллективов, нацеленная на выявление интересующих свойств личности с целью измерения результатов воспитания, образования и обучения [4].

И. Ю. Гутник выделяет в педагогической диагностике следующие этапы [45]:

- определение объекта, целей и задач педагогической диагностики;
- планирование предстоящего диагностирования;
- выбор диагностических средств (критериев, уровней, методов);
- сбор информации о диагностируемом объекте;
- обработка полученной в результате проведённой диагностики информации, анализ, систематизация;
- синтез компонентов диагностируемого объекта в новое единство на основе анализа достоверной информации;
- прогнозирование перспектив дальнейшего развития объекта, обоснование и оценка педагогического диагноза;
- практическое использование результатов педагогической диагностики, осуществление коррекции по управлению педагогическим процессом с целью преобразования объекта.

Согласно В. П. Беспалько [30], цель обучения «поставлена диагностично, если:

- дано настолько точное и определённое описание формируемого личностного качества, что его можно безошибочно отдифференцировать от любых других качеств личности;
- имеется способ, „инструмент“ для однозначного выявления диагностируемого качества личности в процессе объективного контроля его сформированности;
- возможно измерение интенсивности диагностируемого качества, на основе данных контроля;
- существует шкала оценки качества, опирающаяся на результаты измерения».

В рамках данного исследования в качестве объекта исследования выступают студенты-математики, обучающиеся по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки».

Для формулировки цели диагностики уточним понятие «расчётно-математический тип вычислительного мышления» для студентов-математиков. Трактовка вычислительного мышления студентов в рамках когнитивного подхода определяется из того факта, что вычислительное мышление формируется в процессе усвоения содержания дисциплины «Численные методы», овладения обобщёнными приёмами решения задач вычислительной математики, отработки типовых способов действий, получения индивидуального опыта, расширения профессионального тезауруса.

Поэтому под расчётно-математическим типом *вычислительного мышления студентов*, обучающихся по дисциплине 02.03.01 «Математика и компьютерные науки» и изучающих дисциплину «Численные методы», мы будем понимать *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 приемом, либо неизвестным отображением, для которого можно реализовать алгоритм получения ответа. Цепочка продолжается до получения данных в форме, допускающей анализ постановки задачи для её пересмотра.

Схематично процесс решения задач вычислительной математики представлен на рисунке 8.

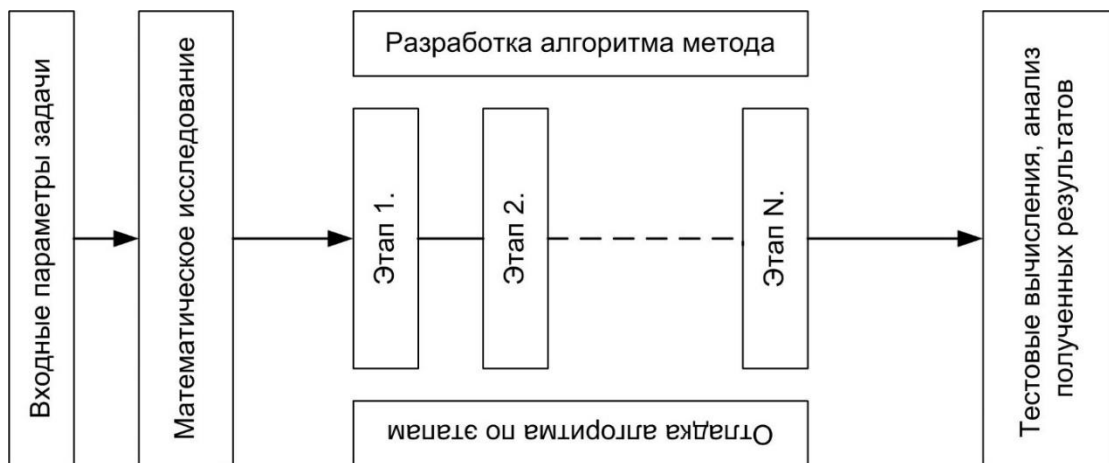


Рисунок 8 – Этапы решения задач вычислительной математики

На каждом из этапов происходит активация необходимых ментальных схем, формируемых у студентов в процессе обучения.

Представляется интересным выяснить связь между развитием вычислительного мышления студентов и их успеваемостью по дисциплине «Численные методы».

При традиционной технологии обучения цель диагностики заключается в получении педагогически значимой информации, характеризующей сформированность профессиональных компетенций при изучении дисциплины «Численные методы» на основе компетентностного подхода с учётом анализа Федерального образовательного стандарта по направлению 02.03.01 «Математика

и компьютерные науки». В таблице 3 представлен перечень общепрофессиональных компетенций, которые должны быть сформированы у студентов-математиков и индикаторы их достижения. Компетентностный подход в образовании предполагает, что студенты «усваивают не отдельные друг от друга знания и умения, а овладевают комплексной процедурой, в которой для каждого выделенного направления присутствует соответствующая совокупность образовательных компонентов, имеющих личностно-деятельностный характер» [93].

Таблица 3 – Общепрофессиональные компетенции бакалавров по направлению 02.03.01 Математика и компьютерные науки

Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Индикатор достижения профессиональной компетенции
<i>Теоретические и практические основы профессиональной деятельности</i>	
ОПК-1 Способен консультировать и использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа, алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики в профессиональной деятельности.	<p>ОПК-1.1 Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук.</p> <p>ОПК-1.2 Умеет использовать базовые знания, полученные в области математических и (или) естественных наук в профессиональной деятельности.</p> <p>ОПК-1.3 Имеет навыки выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе полученных теоретических знаний.</p>
ОПК-2 Способен проводить под научным руководством исследование на основе существующих методов в конкретной профессиональной деятельности.	<p>ОПК-2.1. Владеет навыками научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языке.</p> <p>ОПК-2.2. Умеет решать научные задачи в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой.</p> <p>ОПК-2.3. Имеет практический опыт исследований в конкретной области</p>

<b>Код и наименование общепрофессиональной компетенции</b>	<b>Индикатор достижения профессиональной компетенции</b>
ОПК-3 Способен самостоятельно представлять научные результаты, составлять научные документы и отчеты.	<p>профессиональной деятельности.</p> <p>ОПК-3.1 Знает принципы построения научной работы, современные методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации.</p> <p>ОПК-3.2. Умеет представлять научные результаты, составлять научные документы и отчеты.</p> <p>ОПК-3.3. Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации в профессиональной деятельности</p>
ОПК-4 Способен находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем.	<p>ОПК-4.1. Знает базовые основы современного математического аппарата, связанного с проектированием, разработкой, реализацией и оценкой качества программных продуктов и программных комплексов в различных областях человеческой деятельности.</p> <p>ОПК-4.2. Умеет использовать этот математический аппарат в профессиональной деятельности.</p> <p>ОПК-4.3. Имеет практический опыт применения современного математического аппарата, связанного с проектированием, разработкой, реализацией и оценкой качества программных продуктов и программных комплексов в различных областях человеческой деятельности.</p>
<i>Информационно-коммуникационные технологии для профессиональной деятельности</i>	
ОПК-5 Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий, в том числе отечественного производителя, и с учетом основных требований информационной безопасности.	<p>ОПК-5.1 Знает основные положения и концепции прикладного и системного программирования, архитектуры компьютеров и сетей, а также современные языки программирования.</p> <p>ОПК-5.2 Умеет использовать современные языки программирования и пакеты прикладных программ в профессиональной деятельности.</p> <p>ОПК-5.3 Имеет практические навыки разработки программного обеспечения.</p>

Анализ ФГОС ВО 3++ и профессиональных стандартов «Программист» [128], «Системный аналитик» [129], «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам» [130], соответствующих профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу бакалавриата по направлению подготовки 02.03.01 «Математика и компьютерные науки», позволил сформулировать цели преподавания дисциплины «Численные методы», как формирование знаний, умений и навыков, которые позволят студентам:

- консультировать и использовать фундаментальные знания в области численных методов в профессиональной деятельности;
- проводить научные исследования и представлять результаты этих исследований на основе анализа литературы по вычислительной математике;
- реализовывать программно с помощью современных языков программирования, анализировать и использовать на практике алгоритмы численных методов;
- решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий.

В результате изучения дисциплины «Численные методы» студент должен:

- овладеть базовыми знаниями в области вычислительной математики;
- уметь использовать базовые знания при численном решении классических задач линейной и нелинейной алгебры, аппроксимации функций, численного дифференцирования и интегрирования, численного решения начальной и краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных, задач для интегральных уравнений;

- уметь выбирать методы решения задач вычислительной математики на основе сравнительного анализа алгоритмов, условий их применимости, точности, скорости и затратности на основе полученных теоретических знаний;
- составлять эффективные алгоритмы для решения математических задач численными методами с использованием языков программирования высокого уровня;
- обладать навыками использования специализированных математических пакетов прикладных программ;
- уметь аргументированно обосновывать полученные результаты;
- ориентироваться в области вычислительной математики, самостоятельно находить, анализировать и использовать научно-техническую литературу;
- использовать полученные знания при проведении научных и прикладных исследований.

Традиционно для оценки уровня освоения дисциплины «Численные методы» в Институте математики и фундаментальной информатики СФУ применяется балльно-рейтинговая система оценивания.

Использование балльно-рейтинговой системы предполагает разбиение содержания дисциплины на отдельные модули, что дает возможность получения интегральной оценки путем суммирования результата всех видов учебной деятельности, предусмотренных учебным планом и возможность своевременной корректировки содержания курса и методики оценивания. Кроме того, балльно-рейтинговая система дисциплинирует всех участников учебного процесса: студенты привыкают вовремя сдавать практические работы, преподаватели вовремя проводить контрольные мероприятия и регулярно оценивать работы студентов.



Итоговый рейтинг освоения дисциплины складывается из показателей рейтинга рубежного контроля (минисессий), рейтинга текущего контроля по выполнению практических работ и стимулирующего рейтинга. Рубежный контроль проводится в виде тестирования по четырем модулям дисциплины: максимальное количество баллов за одну минисессию 15 баллов, текущий контроль предполагает своевременное выполнение и сдачу практических работ, вклад которых в итоговый рейтинг составляет 15 баллов в семестр. Стимулирующий рейтинг предполагает получение дополнительных 10 баллов за посещение лекций и самостоятельную работу, направленную на наполнение электронного курса по дисциплине.

Модель диагностики уровня освоения дисциплины «Численные методы» включает в себя оценивание полученных знаний, выработку профессиональных умений и навыков. При этом рубежный контроль оценивает знания, которые представлены в содержательной компоненте, промежуточный контроль – умения и навыки, полученные при выполнении практических работ, а стимулирующие баллы оценивают мотивационную компоненту, их получают студенты, нацеленные на профессиональный рост и проявляющие дополнительную активность при изучении дисциплины.

Перевод баллов в академические оценки производится по следующей шкале: 84-100 баллов – «отлично», 67-83 баллов – «хорошо», 51-66 баллов – «удовлетворительно», менее 51 балла – «неудовлетворительно».

В рамках данного исследования основной задачей является усовершенствование традиционной методической системы обучения «Численные методы» с позиции развития вычислительного мышления студентов. Для выполнения этой задачи была разработана модель диагностики его развития. Схематично процесс данного исследования представлен на рисунке 9.



Рисунок 9 – Процессуальная схема исследования

Цель диагностики вычислительного мышления заключается в получении педагогически значимой информации, характеризующей динамику его развития при решении теоретических и практических задач по дисциплине «Численные методы» и его влияние на повышение эффективности профессиональной подготовки студентов.

Задачами педагогической диагностики является определение: уровней вычислительного мышления студентов, результативности предложенной методики и необходимых педагогических воздействий.

Принципы взаимосвязи обучения и теории мышления разрабатывались еще в 20-30-е годы прошлого века Л. С. Выготским, а затем конкретизировались и уточнялись С. Л. Рубинштейном, П. Я. Гальпериным, Д. Б. Элькониным, Л. В. Занковым и др. По мнению Д. Б. Эльконина именно обучение определяет развитие психики и мышления. С этой точки зрения развитие содержательного компонента вычислительного мышления тесно связано с со знаниевым

компонентом дисциплины «Численные методы», определенным в рамках компетентностного подхода.

Учение тогда и только тогда является деятельностью, развивающей мышление, когда оно удовлетворяет познавательную потребность. В теории поэтапного формирования умственных действий П. Я. Гальперина познавательная активность рассматривается в мотивационном и операционном аспектах. Операционная сторона отражает преобразование внешних действий в умственные; мотивационная сторона определяется отношением к предмету и обучению вообще.

Придерживаясь точки зрения С. Л. Рубинштейна, который считает познавательную активность студента элементом мышления [135], в качестве одного из компонент вычислительного мышления выделим познавательную активность студента. О. В. Маркелова под познавательной активностью студента понимает когнитивно-психологический отклик на познавательный процесс, выражающийся в готовности к обучению и выполнению учебных заданий при индивидуальной или групповой работе, возросший интерес к практической и интеллектуальной деятельности, определяющий результативность предметной подготовки [104].

Для развития вычислительного мышления нам необходимо формировать у студентов его специфические свойства. С. Л. Рубинштейн рассматривает мыслительный процесс, как систему сознательно регулируемых интеллектуальных операций. Согласно С. Л. Рубинштейну, «...к разрешению стоящей перед ним задачи мышление идёт посредством многообразных операций, составляющих различные взаимосвязанные и друг в друга переходящие стороны мыслительного процесса» [135].

В таблице 4 представлены те стратегии, которые необходимо развивать у студентов-математиков при изучении дисциплины «Численные методы» и которые способствуют развитию их вычислительного мышления.

Таблица 4 – Стратегии вычислительного мышления

Элемент	Показатель
Алгоритмизация	Умение решать задачи путём четкого определения последовательности шагов.
Абстрагирование	Способность выделять важные признаки объектов и отвлекаться от несущественных для уменьшения ненужной сложности при решении задач.
Декомпозиция	Разделение задач, алгоритмов, процессов на отдельные части или этапы, которые могут быть поняты, разработаны и проанализированы отдельно.
Обобщение	Объединение предметов или явлений по их существенным признакам и свойствам, решение новых задач на основе уже решённых, адаптация алгоритмов на класс подобных задач.
Оценка	Установление качества постановки задачи и её алгоритмического решения.

При решении практических задач студенту необходимо:

- выбрать инструментарий для реализации поставленной задачи на основе оценки его функциональных возможностей и затрат;
- математически корректно обосновать решение задачи, исследовать её свойства (устойчивость, сходимости, корректность и пр.);
- создать эффективные абстракции, такие как структуры данных, выделить логические этапы, реализация которых либо является более простой, либо выполненной ранее, и определить порядок их следования;
- составить алгоритм каждого этапа, демонстрируя хорошее владение такими концепциями программирования, как условная логика, итерация, рекурсия и др.;
- формально записать решение задачи на выбранном языке программирования, отладить реализованный алгоритм решения;
- оценить правильность реализации алгоритма на основе тестовых задач и анализе полученных результатов;

- обобщить реализованные методы для решения широкого класса задач с учётом возможной расширяемости.

На каждом этапе выполнения практических работ студенту необходимо сделать выбор на основании различных оценок: оценки инструментальной среды разработки в зависимости от постановки задачи, функциональных возможностей и настройки программного обеспечения; численного метода в зависимости от характеристик задачи, свойств метода, ограничений на его применимость; результата работы программы, для оценки правильности реализованного алгоритма. Для понимания теории и практики численных методов студент должен мыслить на трёх уровнях абстракции: уровне постановки математической задачи; уровне численного метода решения; уровне программной реализации.

Можно видеть, что овладение выделенными стратегиями мышления позволит с одной стороны развить вычислительное мышление студентов, а с другой стороны повысить уровень успеваемости по дисциплине «Численные методы». Таким образом, диагностика развития вычислительного мышления должна включать оценку знаний по дисциплине «Численные методы», когнитивных способностей студента, развития стратегий вычислительного мышления при выполнении практических работ и диагностику познавательной активности студента. Для диагностики уровня развития вычислительного мышления выделим три компонента вычислительного мышления: содержательный, операционный и компонент познавательной активности.

1. *Содержательный компонент (СК)* определяется знаниями, полученными в результате чувственного и логического познания и сохраненными в виде образов и понятий, и характеризуется уровнем их усвоения. В рамках изучения дисциплины «Численные методы» к этому компоненту относятся: понятия, методы исследования и подходы к решению задач в области вычислительной математики. Данный компонент вычислительного мышления в рамках

компетентностного подхода пересекается со знаниями, полученными при изучении дисциплины «Численные методы». Методы диагностики когнитивного компонента: тестирование знаний.

2. *Операционный компонент (ОК)* определяется совокупностью выделенных мыслительных стратегий, необходимых для решения задач вычислительной математики. Данный компонент вычислительного мышления с одной стороны в рамках компетентностного подхода пересекается с умениями и навыкам, полученными при изучении дисциплины, а именно выполнением практических работ, а с другой должен определяться уровнем интеллектуального развития студента, отражающего его умение сравнивать, классифицировать, обобщать, оценивать. Поэтому в качестве методов диагностики используются тесты структуры интеллекта Р. Амтхауера, выполнение практических работ, оценка качества их выполнения, 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 ментального практикума, наблюдение.

Уровни развития компонент вычислительного мышления представлены в таблице 5.

Опыт преподавания дисциплины «Численные методы» и выделенные структурные компоненты позволяют определить три уровня сформированности расчётно-математического типа вычислительного мышления у студентов-математиков.

1. *Низкий уровень* – студент:

- владеет необходимым минимумом знаний по программированию;
- не разбивает программу на отдельные модули;
- используя базовые алгоритмические конструкции, может понять и реализовать несложные численные методы для конкретной задачи;
- испытывает трудности при обосновании применимости численных методов для решения математических задач;
- испытывает трудности при отладке программ, построении тестовых расчётов и обосновании результатов вычислений;
- не проявляет активности, интереса и самостоятельности при изучении дисциплины «Численные методы».

Требуется помощь преподавателя.

2. *Средний уровень* – студент:

- владеет большей частью необходимых знаний по программированию;
- корректно разбивает программу на отдельные модули;
- реализует типовые численные методы для решения класса аналогичных задач различной размерности;
- может обосновать выбор метода решения математических задач;
- владеет технологиями отладки программ, может доказать правильность работы программы на основании проведенных тестовых расчётов;
- наблюдается избирательное отношение к изучению дисциплины; проявляется эпизодическая активность.

Требуется помощь преподавателя в нестандартных ситуациях.

Таблица 5 – Уровни развития компонент вычислительного мышления

	<b>Низкий уровень</b>	<b>Средний уровень</b>	<b>Высокий уровень</b>
<i>Содержательный компонент</i>	Знания 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 программы и обосновании полученных результатов.	Студент уверенно владеет одним языком программирования; может обосновать основные действия при решении задачи; способен проанализировать множество входных и выходных данных; 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.	Действия полностью осознаны и логически обоснованы; студент корректно использует известные схемы при решении новых задач; умеет выдвигать и доказывать гипотезы опытным путём; прогнозировать результаты выполнения алгоритма, видеть возможные проблемы, которые могут возникнуть при реализации алгоритма; способен оптимизировать алгоритм; умеет оценивать сложность алгоритма и выбирать более эффективный метод решения; осознанно выбирает инструментарий 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</i>	Студент не проявляет активности при изучении материалов	Студент активно использует материалы электронного курса,	Студент активно использует материалы курса, активно изучает дополнительную



	<b>Низкий уровень</b>	<b>Средний уровень</b>	<b>Высокий уровень</b>
<i>активности</i>	электронного курса, интереса и самостоятельности при изучении дисциплины; практические работы реализует на одном языке программирования, изученном на 1–2 курсе, сдаёт их с опозданием; испытывает трудности в теоретической подготовке.	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.	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.

### 3. *Высокий уровень* – студент:

- владеет несколькими языками программирования;
- разрабатывает программы для решения класса подобных задач, используя модульный подход;
- видит возможные проблемы при реализации алгоритмов;
- корректно обосновывает выбор метода решения задачи в зависимости от её постановки, может свести задачу к уже решенной ранее;
- грамотно обосновывает полученный результат, конструируя тесты, подтверждающие правильность работы программы, проявляет активность в поиске более эффективных методов решения;
- студент мотивирован на профессиональный рост, проявляет интерес к практическому применению знаний в других областях.

Студент способен работать самостоятельно.

Качественная диагностика возможна только в случае правильного подбора процедур, учитывающих специфику исследуемого объекта.

В качестве основного средства измерения уровня сформированности вычислительного мышления и диагностики успеваемости по дисциплине «Численные методы» целесообразно рассматривать высокоформализованные компьютерные методики тестирования.

Тестирование – это метод исследования, позволяющий определить уровень знаний, умений, навыков, способностей и других качеств личности и соответствие определенным нормам с помощью анализа способов выполнения специальных заданий-тестов. Тесты позволяют исследователю диагностировать меру выраженности исследуемого свойства у испытуемого.

В тестологии существует два подхода к определению понятия «тест», теоретики под тестом подразумевают весь метод исследования целиком, а практики – только средство измерения.

Т. А. Ильина определяет тест, как особую форму контроля знаний, умений и навыков для проверки наличия тех или иных качеств учащихся.

С точки зрения И. П. Подласого тестирование можно рассматривать, как аспект диагностики, где тесты обученности применяются на всех этапах дидактического процесса и эффективно обеспечивают различные виды контроля [124].

А. Н. Майоров придерживается точки зрения, что тест – это «инструмент, состоящий из квалитетически выверенной системы тестовых заданий, стандартизированной процедуры проведения и заранее спроектированной технологии и анализа результатов для измерения качеств и свойств личности, учебных достижений, изменение которых возможно в процессе систематического обучения» [100]. Доктор педагогических наук В. М. Кадневский трактует педагогический тест, как «систему локальных учебных заданий, сгруппированных в единое целое по определенным стандартам в зависимости от целей обучения и контроля знаний» [67].

Известный специалист в области тестологии В. С. Аванесов рассматривает тест, с одной стороны, как *метод*, т.е. технологию измерения, которая включает в себя разработку системы тестовых заданий с заданными качественными и количественными характеристиками для объективного и надежного оценивания учебных достижений испытуемых, стандартизированную процедуру проведения тестирования, методы статистической обработки, анализа и интерпретации полученных результатов. А с другой стороны, как *инструмент измерения*, т.е. систему заданий (в большинстве случаев возрастающей трудности) специфической формы, позволяющую качественно оценить структуру и эффективно измерить уровень знаний, умений и навыков учащихся [6].

К основным достоинствам тестирования обычно относят следующие характеристики: стандартизацию процедуры проведения тестирования и проверки показателей качества заданий и тестов; создание равных условий для всех

обучающихся, как в процессе контроля, так и в процессе оценки; эффективность и экономичность, т.к. основные затраты возникают только на этапе создания тестов.

Не менее важным при диагностике является использование низкоформализованных методов, ориентированных на исследование индивидуальных особенностей личности: беседа, наблюдение, анализ качества написанных программ, анализ инструментария, применяемого для решения практических задач.

Г. А. Берулава отмечает, что «выполнение тестовых заданий, содержащихся в психометрических тестах, как правило, рефлексивно и позволяет человеку значительно изменить репрезентирующийся индивидуальный облик в соответствии с существующими социальными стереотипами. Именно поэтому так важно использовать в диагностической деятельности наблюдение, беседу, интервью и с их помощью исследовать те проявления, которые не полностью контролируются сознанием человека» [29].

Согласимся с точкой зрения К. М. Гуревича, что в полноценном диагностическом обследовании необходимо гармоничное сочетание формализованных методик с малоформализованными [44].

Таким образом, *обобщение литературных источников и педагогический опыт позволил построить модель диагностики вычислительного мышления студентов при изучении дисциплины «Численные методы», при этом выделены компоненты вычислительного мышления: содержательный, операционный и компонент познавательной активности, определены уровни развития этих компонент, для определения которых предлагается использовать формализованные и неформализованные методики.*

## ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1

Итоги теоретического исследования, проведённого в первой главе, позволяют сделать следующие выводы:

1. Анализ подходов к преподаванию дисциплины «Численные методы» в университетском образовании показал, что:
  - курс является сложным и трудоемким для освоения, традиционные методики слабо учитывают особенности вычислительного мышления студентов;
  - в связи с большим содержательным объемом дисциплины и ограниченностью времени на ее изучение целесообразно использовать возможности современных IT-технологий, а именно смешанные формы обучения.
2. Раскрыта сущность и уточнено понятие «расчётно-математический тип вычислительного мышления» студента. Под вычислительным мышлением (расчётно-математический тип) студентов, обучающихся по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки», мы будем понимать *мыслительный процесс, заключающийся в последовательной активации из памяти человека ментальных схем, связанных с расчетными 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 приемом, либо неизвестным отображением, для которого можно реализовать алгоритм получения ответа. Цепочка продолжается до получения данных в форме, допускающей анализ постановки задачи для её пересмотра.*
3. Разработана модель его диагностики, которая включает в себя: содержательный, операционный компоненты и компонент познавательной

активности. Тестовый и оценочный инструментарий этих компонент позволяет оценивать уровень развития вычислительного мышления, а содержательные элементы позволяют определить способы его развития.

## **ГЛАВА 2 МЕТОДИКА РАЗВИТИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО МЫШЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЕ «ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ»**

### **2.1 Совершенствование методической системы обучения студентов курсу «Численные методы» с позиций развития их вычислительного мышления**

Эффективность и результативность педагогической деятельности во многом зависит от сформулированных целей и принципов обучения, отбора и формирования содержания обучения, форм организации учебных занятий, методов обучения, намеченных путей их реализации, т.е. от правильно построенной методической системы.

Категория «методическая система» трактуется педагогами-исследователями по-разному. Так А. М. Пышкало [131] и Т. А. Степанова [148] дают определение методической системы, как структуры, компонентами которой являются цели обучения, содержание обучения, методы обучения, формы и средства обучения.

Н. Л. Стефанова, рассматривает методическую систему, как модель, добавляя к ее компонентам, кроме указанных выше, планируемые результаты обучения [149].

С точки зрения В. Г. Крысько методическая система – это совокупность взаимосвязанных и взаимообусловленных методов, форм и средств обучения, планирования и организации, контроля, анализа, корректирования учебного процесса, направленных на повышения эффективности обучения [89].

По мнению Л. В. Занкова методическая система – это система, в которой направляющую и регулирующую роль в организации образовательной системы выполняют дидактические принципы [62].

Анализ подходов к преподаванию дисциплины, нацеленность методики на развитие вычислительного мышления студентов, собственный опыт преподавания дисциплины позволяет выделить общедидактические принципы, которым должна удовлетворять методическая система обучения дисциплине «Численные методы»:

*Принцип научности.* Реализуется при разработке учебной программы, отборе учебных материалов, наполнении электронного курса, поиска, анализа и работы с научной литературой. При выборе содержания дисциплины «Численные методы» необходимо опираться на фундаментальные понятия, теоремы, алгоритмы, методы и современный уровень развития вычислительной математики.

*Принцип системности.* Реализуется в содержании программ и учебных материалов. Соблюдение системности при обучении предполагает наличие логических, причинных, функциональных и др. видов связей между блоками изучаемого материала, ориентацию на системно-деятельностный подход в обучении, достижение результатов обучения комплексно на основе формирования метапредметных учебных действий.

*Принцип связи теории с практикой.* Усвоение дисциплины «Численные методы» усиливается выполнением практических исследовательских работ для проверки теоретических положений дисциплины.

*Принцип профессиональной направленности.* Реализуется с учетом компетентностной модели системы высшего образования, представленной в современных образовательных стандартах и эффективную организацию самостоятельной работы студентов.

*Принцип доступности.* Предусматривает организацию процесса обучения с использованием электронного курса таким образом, чтобы каждому студенту обучение было доступно, интересно, развивало у него желание и стремление к получению новых знаний, преодолению трудностей и достижению успехов в учебе.



*Принцип наглядности.* Выражает необходимость формирования у студентов представлений и понятий на основе чувственных восприятий явлений и предметов для эффективного усвоения информации и активизации познавательной деятельности обучающихся.

*Принцип развивающего обучения.* Направлен на повышение уровня интеллекта и когнитивных структур личности студента, развитие психических познавательных процессов обучаемых: ощущения, восприятия, воображения, памяти, мышления на основе информационного подхода.

Системообразующую функцию в деятельности педагога выполняют цели обучения. От постановки цели главным образом зависит выбор содержания, методов и средств обучения.

Выделим 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 приемов и методов преподавания дисциплины «Численные методы», учитывающих индивидуальные характеристики, мотивы и потребности студентов.

Содержание курса «Численные методы» основывается на классическом для математических специальностей подходе к преподаванию дисциплины «Численные методы», основными модулями в котором являются:

1. Элементы теории погрешностей. Численные методы линейной алгебры.
2. Численные методы нелинейной алгебры. Аппроксимация функций.

3. Численное интегрирование и дифференцирование. Численные методы решения задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.
4. Численное решение задач для уравнений в частных производных и интегральных уравнений.

Развернутое содержание теоретической части курса представлено в Приложении А. В рамках предлагаемой методики предполагается 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 «перевернутый класс» (flipped learning).

Классификация методов обучения в современной педагогике осуществляется с различных точек зрения. М. А. Данилова и Б. П. Есипова [49] рассматривают методы обучения как способы организации упорядоченной учебной деятельности обучаемых по достижению дидактических целей и решению познавательных задач.

По источникам передачи и характеру восприятия информации выделяют словесные, наглядные и практические методы; по характеру взаимодействия преподавателя и студента – объяснительно-иллюстративный метод, репродуктивный, метод проблемного изложения, частично-поисковый (эвристический) и исследовательский метод.

И. Я. Лернер ввел классификацию, которая включает объяснительно-иллюстративный, репродуктивный, частично-поисковый, исследовательский методы и метод проблемного изложения.

По основным компонентам деятельности преподавателя Ю. К. Бабанский предлагает рассматривать: методы организации и осуществления учебной деятельности; методы стимулирования и мотивации учения; методы контроля и самоконтроля.

Придерживаясь классификации Ю. К. Бабанского, в данном исследовании в качестве методов организации учебной деятельности будем рассматривать:

- перцептивные методы – методы передачи и восприятия учебной информации посредством чувств (вербальные, визуальные, практические);
- логические методы (дедуктивные методы на лекционных занятиях и индуктивные методы при проведении практических занятий);
- гностические методы, направленные на организацию и осуществление мыслительных операций;
- методы самоуправления учебными действиями через работу с электронным курсом и выполнение практических работ.

Совершенствование методической системы обучения дисциплине «Численные методы» базируется на гипотезе, что развитие вычислительного мышления студентов и результативность их предметной подготовки по дисциплине будут достигнуты, если при использовании смешанной формы организации учебного процесса применяются когнитивно-визуализированные средства обучения.

В предлагаемой методике в качестве средств обучения используются когнитивные (ментальные) карты, визуальные симуляторы, ментальный практикум, а для организации самостоятельной учебной деятельности студента применяется электронный онлайн курс, включающий лекции-тренажёры и обучающие тесты. Более подробная характеристика выделенных средств обучения приведена в следующем параграфе.

Сложившаяся на сегодняшний день традиционная форма организации обучения не устраивает ни студента, ни преподавателя. К третьему курсу большинство студентов уже определяют сферу своих профессиональных интересов, начинают работать по специальности и предпочитают индивидуальное

обучение. Субъекты образовательного процесса сходятся во мнении о необходимости активизации линии индивидуализации и дифференциации обучения, повышения роли самообразовательной деятельности, обновления системы профессионального развития личности в соответствии с ее потребностями, мотивами, способностями. Решить эти задачи наиболее эффективно позволяет применение личностно-ориентированных подходов к обучению.

Н. А. Алексеев рассматривает личностно-ориентированное обучение, как «специфическую педагогическую деятельность по созданию учащимся оптимальных условий для развития их способностей, духовного начала, формирования самостоятельности, стремления к самообразованию, самореализации» [8].

Суть личностно-ориентированного обучения заключается в активном обучении, направленном на развитие мышления и понимания, увеличении ответственности и подотчетности студента, возрастании его автономии при обучении, рефлексии процесса обучения и преподавания, как со стороны преподавателя, так и студента [125].

Главной задачей педагога в этом случае является оказание помощи студенту в осуществлении индивидуального развития. При этом процесс эффективной самореализации идет лишь при условии, что стремление студента к индивидуальному саморазвитию поддерживается педагогами.

Наиболее полно основные требования к личностно-ориентированным технологиям сформулировала И. С. Якиманская [177]:

- учебный материал должен обеспечить определение содержания субъектного опыта учащегося, включая опыт его предыдущего обучения;

- презентация знаний преподавателем должна быть направлена не только на расширение их объема, структурирование, интегрирование, обобщение предметного содержания, а также и на постоянное превращение имеющегося субъектного опыта каждого учащегося;
- в процессе обучения должно быть постоянное согласование субъектного опыта учащихся с научным содержанием полученных знаний;
- активное стимулирование учащегося к самооцениванию образовательной деятельности, содержание и формы которой должны обеспечивать учащемуся возможность самообразования, саморазвития, самовыражения в процессе овладения знаниями;
- конструирование и организация учебного материала, который дает возможность учащемуся выбирать его содержание, вид и форму при выполнении заданий, решении задач и т.д.;
- выявление и оценка способов учебной работы, которыми пользуется учащийся самостоятельно, устойчиво и продуктивно;
- необходимо обеспечивать контроль и оценку не только результата, но и, главным образом, процесса обучения;
- образовательный процесс должен обеспечивать построение, реализацию, рефлексию, оценку обучения как субъектной деятельности.

Одной из личностно-ориентированных моделей смешанного обучения является смешанная модель обучения «перевернутый класс». Авторы этой методики Аарон Самс и Джонатан Бергманн. В рамках этой методики студенты знакомятся с теоретическим материалом дома, а разбор непонятных вопросов, разбор и выполнение практических работ, решение задач и т. д. выполняется в аудитории. Это позволяет интенсифицировать учебный процесс и существенно повысить его результативность.

В построении «перевернутого занятия» традиционно выделяют три этапа [181]:

1. Домашняя самостоятельная работа по изучению нового материала: просмотр лекций, знакомство с презентациями, рекомендованной литературой, интернет-ресурсами и т.д.
2. Совместная работа преподавателя и студента в учебной аудитории (групповые обсуждения, интерактивные задания, и т.д.).
3. Наблюдение, контроль, оценка деятельности студента со стороны преподавателя, в том числе с использованием автоматического оценивания с помощью возможностей LMS.

Среди педагогического сообщества активно обсуждается эффективность обучения по модели «перевернутый класс». Так, по данным исследований Institute of Educational Technology, The Open University (Великобритания) организация «перевернутого класса» увеличила посещаемость студентов на 20%, расширила их участие на 40%, а их оценки были вдвое больше, чем у студентов в контрольной группе [193].

В University of Memphis (США) в 2011 году параллельно было запущено два курса по общей химии: традиционный и «перевернутый». Результаты тестирования по завершении обучения показали, что 73,7% студентов «перевернутого» курса получили отметку «С» и выше (было решено верно более 70% заданий), в то время как при традиционной модели таких результатов достигло лишь 48,4% выпускников [186].

В статье [181] авторы отмечают, что основными мотивами преподавателей для использования модели «перевернутого класса» были повышение вовлеченности студентов (79%) и улучшение обучения (76%).

Большинство исследователей данной методики отмечают, что внедрение технологии «перевернутого класса» требует от преподавателей освоения новых педагогических приемов, повышения ИКТ-компетентности, подготовки новых

мультимедийных материалов, но это должно окупиться повышением качества подготовки студентов. Опыт применения методики «перевернутого класса» в курсе численных методов имеется в университете штата Юта (США) [183] в Национальном технологическом университете Аргентины [192], в инженерных школах университетов Питтсбурга, Южной Флориды, Аризоны [184].

Внедрение полноценной методики «перевернутого класса» в учебный процесс в наших условиях невозможно в силу формальных причин, не позволяющих изменить учебный план обучения студентов. Однако в реальности мы наблюдаем снижение важности лекционных занятий для студентов. В отличие от прошлых лет, современные студенты достаточно пассивно ведут себя на лекциях, не ведут конспекты, а фотографируют отдельные слайды, записывают лекцию преподавателя на диктофон, самостоятельно ищут информацию в интернете. Это наталкивает на мысль о превращении лекций в своего рода семинарские занятия по обсуждению наиболее сложных вопросов, непонятных студентам, а знакомство с теоретическим материалом выносить на домашнюю работу.

Практически все исследователи отмечают, что обучение по методике «перевернутого класса» позволяет учащимся учиться в своем собственном темпе: в традиционных классах достигается средний темп, поэтому некоторым ученикам становится скучно, в то время как другие не успевают за этим темпом. В «перевернутом классе» студенты получают больший контроль над теоретическим содержанием курса, имеют возможность подстраиваться под собственный темп обучения, при этом увеличивается сотрудничество студентов, так как сильные студенты могут помочь отстающим с выполнением заданий.

Выбор модели обучения «перевернутый класс» позволяет студентам более уверенно чувствовать себя на аудиторных занятиях, работать в подходящем для себя темпе, строить свою индивидуальную стратегию обучения. В этом случае

учебный контент должен конструироваться с учетом индивидуальных особенностей восприятия учебной информации студентами.

В этих условиях основной задачей преподавателя становится разработка эффективных средств поддержки процессов обучения с использованием возможностей, предоставляемых современными компьютерными технологиями, которые позволяют многократно усилить процесс понимания студентами изучаемого предмета. Разработанная структурно-логическая схема методической системы обучения дисциплине «Численные методы» представлена на рисунке 10.

Целевой компонент			
Формирование профессиональных компетенций	Развитие вычислительного мышления		
<p><b>Принципы отбора содержания:</b> научность, системность, связь теории с практикой, профессиональная направленность, наглядность, развивающее обучение.</p> <p><b>Содержание:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–теория погрешностей,</li> <li>–численные методы линейной алгебры,</li> <li>–методы решения нелинейных уравнений и систем,</li> <li>–аппроксимация,</li> <li>–численное интегрирование и дифференцирование,</li> <li>–численные методы решения задач для обыкновенных дифференциальных уравнений,</li> <li>–численные методы решения задач для уравнений математической физики.</li> </ul>		Содержательный компонент	
<p><b>Методы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–перцептивные;</li> <li>–логические;</li> <li>–гностические;</li> <li>–методы самоуправления учебными действиями</li> </ul>	<p><b>Средства:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–учебные пособия,</li> <li>–математический аппарат,</li> <li>–ПО разработчиков (компиляторы языков высокого уровня, математические пакеты, ПО для построения ментальных карт),</li> <li>–электронный курс на базе LMS Moodle.</li> </ul>	<p><b>Формы организации обучения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–традиционная,</li> <li>–когнитивная,</li> <li>–смешанное обучение (перевернутый класс),</li> <li>–межпредметный подход.</li> </ul>	Технологический компонент



<p><b>Результаты оценивания:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–уровень развития вычислительного мышления;</li> <li>–уровень усвоения дисциплины численные методы.</li> </ul>	<p><b>Методы контроля и самоконтроля:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– тестирование знаний;</li> <li>– тесты структуры интеллекта;</li> <li>– оценка практических работ, анализ подходов к решению задач при сдаче практических работ;</li> <li>– оценка активности при работе с электронным курсом;</li> <li>– наблюдение.</li> </ul>	<p><b>Формы оценивания:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–минисессии;</li> <li>–зачет;</li> <li>–экзамен.</li> </ul>	<p><b>Оценочный компонент</b></p>
--	--	--	-----------------------------------

Рисунок 10 – Структурно-логическая схема методической системы обучения дисциплине «Численные методы»

Предложенная методическая система имеет три взаимосвязанные цели, достижение которых базируется на совершенствовании методической системы в части технологической и оценочной компоненты.

Таким образом, *основные изменения в рамках предлагаемой методической системы связаны с расширением целей курса, переструктурированием классического содержания курса в сторону усиления рекурсивного характера практических работ, переходом на личностно-ориентированную технологию смешанного обучения «перевернутый класс». Переход на эту технологию требует разработки специальных когнитивных средств, направленных на повышение уровня освоения дисциплины «Численные методы» и развитие вычислительного мышления студентов.*

## **2.2 Когнитивные средства смешанного обучения студентов курсу «Численные методы»**

Еще несколько лет назад цифровые образовательные ресурсы рассматривались в качестве дополнительного источника информации, на сегодняшний день они выступают в качестве основных средств обучения при изучении нового материала, выполнении практических работ, прохождении контроля знаний.

Считается, что до 80% информации человек воспринимает через зрение. Визуальное мышление, с точки зрения Р. Арнхейма, это «мышление посредством визуальных (зрительных) операций» [13]. Особенно это важно для математических дисциплин, где уровень абстракции очень высок и вызывает у студентов трудности при обучении. Всем известны такие примеры удачной визуализации, как круги Эйлера, интегральная сумма Римана, которые более столетия успешно используются математиками.

Чешский педагог-гуманист Я. А. Коменский еще в XVII веке в основу познания и обучения ставил чувственный опыт, он теоретически обосновал и подробно раскрыл принцип наглядности не только как зрительное восприятие вещей и явлений, но и как восприятие их с привлечением всех органов чувств.

Коменский установил «золотое правило» дидактики, согласно которому «все, что только можно, предоставлять для восприятия чувствам, а именно: видимое – для восприятия зрением; слышимое – слухом; запахи – обонянием; подлежащее вкусу – вкусом; доступное осязанию – путем осязания. Если какие-либо предметы сразу можно воспринимать несколькими чувствами, пусть они сразу охватываются несколькими чувствами».

Е. Н. Князева отмечает, что «познание человека телесно, или «отелеснено», воплощено, детерминировано телесной обличенностью человека, обусловлено мезокосмически выработанными способностями человеческого тела видеть, слышать, ощущать» [85].

Л. М. Веккер высказывался, что работу мысли обеспечивают три «языка» переработки информации: знаково-словесный, образно-пространственный и тактильно-кинестетический [32].

П. М. Эрдниев утверждает, «что наибольшая прочность освоения программного материала достигается при подаче учебной информации одновременно на четырех кодах: рисуночном, числовом, символическом, словесном» [175].

При использовании различных способов представления учебного достигается большая наглядность, что Л. М. Фридман интерпретирует, как «показатель простоты и понятности для данного человека того психического образа, который он создает в результате процессов восприятия, памяти, мышления и воображения» [162].

Компьютерные технологии позволяют нам активно использовать визуализацию учебной информации, которая по мнению А. А. Вербицкого [35] позволяет «преодолеть затруднения, связанные с обучением, опирающимся на абстрактно-логическое мышление».

Исследователи теории схем (Р. С. Андерсон, Ф. Бартлетт), теории фреймов (Ч. Фолкер, М. Минский) рассматривают визуализацию, как процесс переноса мыслеобразов в процессе познавательной деятельности, из внутреннего плана во внешний, при этом форма мыслеобразов стихийно определяется механизмом ассоциативной проекции.

Традиционная визуализация информации чаще всего несет только иллюстративную функцию, ставя студента в позицию пассивного наблюдателя, перед педагогами стоит задача, направленная на активизацию влияния визуализации на формирование мышления студентов, на ускорение процесса переноса мыслеобразов из внутреннего плана во внешний, развитие рефлексивных процессов и мотивации при обучении.

Н. Н. Манько, обосновывая теоретико-методологические основы дидактического потенциала когнитивной визуализации, выделяет следующие результаты использования когнитивной визуализации в современных технологических условиях [103]:

- усиление антропологического потенциала дидактических средств когнитивной визуализации педагогических объектов;

- активизация учебно-познавательной деятельности и поддержки формирования механизма саморазвития личности обучающегося как субъекта образовательного процесса;
- совершенствование профессионально-педагогической деятельности, инициирование авторского стиля педагогов на основе интеграции технологии когнитивной визуализации знаний с технологиями обучения;
- поддержка процессов модернизации традиционных технологий и инновационных образовательных процессов в учебных заведениях.

В данном исследовании под *технологией когнитивной визуализации учебной информации* будем понимать систему, включающую в себя:

- комплекс учебно-методических материалов, ориентированных на развитие вычислительного мышления студентов;
- визуальные способы представления учебно-методических материалов, обеспечивающие максимальное удобство для понимания и придания зримой формы любому мыслительному объекту, субъекту, процессу и т.д.;
- визуально-технические средства передачи информации;
- набор психологических приемов использования и развития вычислительного мышления в процессе обучения.

Создание удачных визуализаций в математике достаточно сложный, но необходимый процесс. Особенно это важно при смешанном обучении, которое предусматривает широкое использование в учебном процессе интерактивных форм проведения занятий. Визуальные динамические образы необходимы при решении математических задач, где требуется не только фиксировать исходную наглядность, но и ее преобразование в другие формы. Использование наглядных образов, особенно при оперировании абстрактными математическими объектами,

в качестве вспомогательного, иллюстрирующего приема при разработке учебных материалов, может превратиться в основное средство развития вычислительного мышления.

В качестве когнитивных средств смешанного обучения студентов курсу «Численные методы» будем рассматривать: когнитивные (ментальные) карты и визуальные симуляторы.

Психологи выделяют два механизма мышления человека: первый ориентирован на работу с цепочками символов, с которыми связаны семантические значения, обычно такое мышление называют логическим, символическим или алгебраическим, другой ориентирован на работу с образами и представлениями этих образов, его называют образным или геометрическим.

Работу левого полушария связывают с речью, мышлением словами, логикой, решением задач на стереотипном подходе. Работу правого полушария связывают с мышлением на уровне ассоциаций и образов, решением задач на основе творческого подхода. В целом человеческое мышление и поведение обеспечивается совместной работой обоих полушарий. Способность человека переходить от одной формы мышления к другой образует когнитивный ресурс. Связи и трансформации, которые при одной форме представления информации являются неявными, после изменения репрезентации становятся явными и приводят к быстрому пониманию и решению задачи.

Одним из инструментов образного представления знаний являются когнитивные карты, которые с помощью элементарных семантических единиц (графических объектов, стрелок) дают возможность построить модель изучаемого вопроса, символично закодировать и представить слабоструктурированный текст в виде логичной, наглядной схемы.

Часто знание отдельных формальных определений и правил не дает глубокого понимания сложных предметных взаимосвязей между понятиями и процедурами, а когнитивные карты позволяют студентам критически

анализировать предметный материал, вести диалог и поддерживать общение по предмету. Кроме того, они позволяют сформировать образы абстрактных математических понятий, повысить степень запоминания схем вычислений на интуитивном уровне, представить целостную картину применения численных методов в профессиональной деятельности.

Когнитивная визуализация предполагает свертывание информации, т. е. обобщение, систематизацию, укрупнение, генерализацию, что особенно важно в условиях увеличения информационной нагрузки на обучаемых. Основы сжатия учебной информации рассматривались В. В. Давыдовым [46] (теория содержательного обучения), П. М. Эрдниевым (теория укрупнения дидактических единиц), С. П. Грушевским и А. А. Остапенко [43] (методы сгущения учебной информации).

Основываясь на теории радиантного мышления, когда весь мыслительный процесс построен на основе ассоциативных связей, британский психолог Тони Бьюзен предложил методику построения интеллект-карт.

В английском языке для описания этой методики чаще всего используются такие термины, как *mind mapping*, *concept mapping*, *cognitive mapping*, в русской литературе для этого используют понятия «когнитивные карты», «умные карты», «карты разума», «интеллект-карты», «карты мышления», «ментальные карты» и т.п.). Несмотря на семантическое различие этих понятий, стоит отметить их сходное назначение и применение. При построении когнитивных карт происходит визуализация информации в сжатой форме, строится иерархия связанных элементов, прослеживаются связи между понятиями.

Существует несколько способов использования когнитивных карт в учебном процессе:

- создание карты по изучаемой теме вместе с преподавателем во время аудиторных занятий;

- работа с картой, составленной преподавателем, нахождение связей между понятиями, обоснование и объяснение понятий, связей;
- самостоятельное создание карты при выполнении практических работ, конспектировании лекции, разборе выделенного понятия, подготовке к контрольным мероприятиям.

С. В. Сидоров среди основных методических правил при использовании ментальных карт в учебном курсе выделяет [141] структурно-смысловое единство материала, изучаемого на занятии и выносимого на самостоятельное изучение, а также последовательное развёртывание основной ментальной карты с целью детализации.

Составление карт предполагает выделение эмфазы (центрального значимого элемента), использование метаграфической аранжировки информации для комбинирования всех видов эмоционально-чувственного восприятия, соблюдение иерархии мыслительного процесса, ясность и четкость мыслеопределений.

Для обозначения общей направленности исследований при составлении карты необходимо выделить основные понятия и концепции, характеризующие эту проблему. Важным процедурным действием является определение значимости взаимосвязей между выделенными элементами. После критического осмысления или коллективного обсуждения, позволяющего более корректно выстроить аргументационную логику, возможна верификация когнитивной модели.

Таким образом, когнитивные карты позволяют структурировать учебный материал, исследовать различные свойства объектов, выявлять и генерировать новые знания, уменьшать физический объем информации, что обеспечивает ее более эффективное понимание, освоение и применение, и, как следствие, улучшают ментальные способности студентов.

Для создания когнитивных карт существует большое количество программного обеспечения, среди них есть платные и бесплатные, с онлайн и оффлайн доступом. Среди наиболее популярных можно выделить: Freemind, XMind, Mindomo, Mind42, WiseMapping, Mapul.

Для разработки когнитивных карт для курса «Численные методы» использовалась программа MindManager, которая позволяет сохранить ментальную карту в формате html, что дает нам возможность легко интегрировать ее в электронный курс, созданный на базе Moodle. При этом сохраняется возможность сворачивания отдельных ветвей карты и добавления гиперссылок. В бесплатной версии MindManager активен практически весь функционал, единственным недостатком является тридцатидневный срок пробного использования.

Студент может изучать интеллект-карту с разной степенью детализации, уточняя суть приведенных на ней идей и понятий, а свернутый вариант карты будет представлять собой статичный образ, позволяющий более эффективно запечатлеть в памяти ключевые моменты изучаемой темы. Это позволяет использовать карту не только как инструмент обеспечения наглядности при объяснении нового материала, закрепления и контроля знаний, но и как инструмент самостоятельной работы учащихся с данным образовательным ресурсом. Кроме того, ресурс позволяет создавать качественные блок-схемы вычислительных алгоритмов, которые, как показала практика, пользуются популярностью у студентов при реализации алгоритмов численных методов.

Значительный познавательный эффект обучения численным методам наблюдается при составлении ментальных вычислительных карт самими студентами при выполнении практических работ и самостоятельной работе. Здесь проявляется преимущество проективно-рекурсивной технологии обучения, описанной в работе И. В. Баженовой [16].



И. В. Ижденева вводит понятие ментально-контекстного задания, определяя его как новые «актуальные инструментальные дидактические средства, состоящие из ментальной карты соответствующего раздела (темы, параграфа) с наполнением контекстными задачами разных типов, и выполняющие функции визуализации и структурирования информации, с учетом когнитивных и ментальных особенностей обучаемых в рамках профессионально направленного обучения» [64]. Автором отмечается, что такого рода задания не только помогают студентам овладеть знаниями в области изучаемой дисциплины, но и влияют на развитие когнитивной сферы (восприятия, понимания, запоминания) и ментальных характеристик (умение ассоциировать, анализировать, планировать, оценивать).

Использование ментальных карт во время выполнения практических работ по «Численным методам» способствует развитию у студентов навыков работы с учебной литературой, структурирования учебного материала, анализа используемых методов, оценки подходов к решению задач вычислительной математики, что в свою очередь ведет к развитию вычислительного мышления. Анализ составленных ментальных карт позволяет преподавателю оценить умение студентов выделять главное, разбивать материал на отдельные смысловые фрагменты, кратко излагать изученное.

Студентам при изучении курса «Численные методы» предлагается составлять ментальные карты нескольких типов:

- итоговую обобщающую ментальную карту по изученной теме;
- ментальную карту по выполненной практической работе;
- карту, демонстрирующую работу с конкретным методом.

Приведем в качестве примеров практические задания, включающие построение ментальных карт студентами.

*Тема:* Решение системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) точными методами.

1. Решить систему линейных уравнений  $A\vec{x} = \vec{b}$  двумя точными методами, согласованными с преподавателем.

Варианты методов:

- Метод вращений.
  - Метод Гаусса с выбором главного элемента.
  - Метод оптимального исключения.
  - Метод ортогонализации.
  - Метод отражений.
  - Метод LU-разложения.
  - Метод квадратного корня.
2. Построить тестовую задачу для проверки работы методов. Вариант матрицы  $A$  подобрать в соответствии с требованиями метода. Вектор  $\vec{b}$  сформировать из условия знания точного решения сформированной системы уравнений.
  3. Вывести на экран точное и вычисленное решение, вектор невязки. Сравнить результаты, полученные двумя методами.
  4. Создать ментальную карту по точным методам решения СЛАУ, наиболее подробно остановиться на реализованных методах.

*Тема:* Исследование обусловленности СЛАУ.

1. Сформировать систему линейных уравнений  $A\vec{x} = \vec{b}$ , аналогично предыдущей работе, где в качестве матрицы  $A$  взять матрицу Гильберта  $A = \frac{1}{i+j-1}$ .
2. Решить полученную систему двумя методами из предыдущей работы. Найти вектора невязки. Вычислить число обусловленности.
3. Дополнить ментальную карту по точным методам решения СЛАУ ветками и связями, касающимися исследования обусловленности СЛАУ.

Примеры когнитивных карт, составленных студентами, представлены в Приложении Б. Когнитивная наглядность на основе ментальных вычислительных схем позволяет образно представить переход от решения дифференциальной задачи к задаче дискретной при решении краевой задачи конечно-разностным методом. Графическое представление решения систем линейных или нелинейных уравнений дают наглядное представление об отсутствии или наличии решения,

визуальное представление устойчивого решения позволяют студенту первоначально сформировать интуитивное представление об этом понятии, а затем перейти к строгим математическим определениям с большей абстракцией с привлечением понятий нормированных пространств.

Использование когнитивных карт на этапе контроля усвоения модулей дисциплины дает возможность проанализировать, насколько обобщенно студент может делать выводы по изучаемой теме путем мысленного перехода от частного к общему, переходя тем самым на более высокую ступень абстракции. Пример когнитивной карты, составленной студентом на этапе диагностики усвоения темы «Решение задач линейной алгебры» представлен на рисунке 11. Таким образом, когнитивные карты эффективно использовать, как на этапе рефлексии, так и на этапе диагностики.

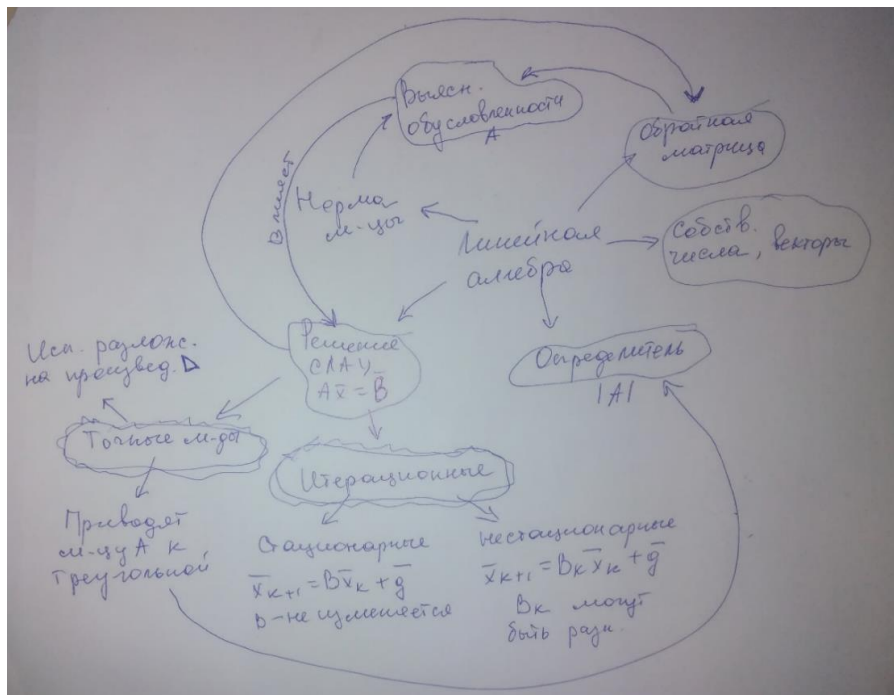


Рисунок 11 – Когнитивная карта, составленная студентом на этапе контроля знаний

В каждом разделе электронного курса используется когнитивная карта, составленная преподавателем. Пример такой карты представлен на рисунке 12. Такая когнитивная карта служит для общего представления темы, позволяет

лучше интерпретировать основные термины, продемонстрировать скрытые закономерности, показать связи между понятиями, представить наглядно трудно воспринимаемые положения теории курса, заменить некоторые понятия их наглядным представлением, продемонстрировать алгоритм решения задачи.

Эффективным средством для понимания работы численных методов являются элементы визуальной симуляции работы алгоритма.

Под визуальной симуляцией работы программ мы понимаем визуальную имитацию работы алгоритма, основанную на том, что студент берёт на себя роль исполнителя программы: вводит начальные параметры программы, читает код, следит за пошаговым выполнением команд в соответствующем порядке. Такая деятельность помогает ему понять принцип работы алгоритма. Аналогичная методика была описана в работе Ю. Сорвы, профессора Университета Аалто (Финляндия) [198].

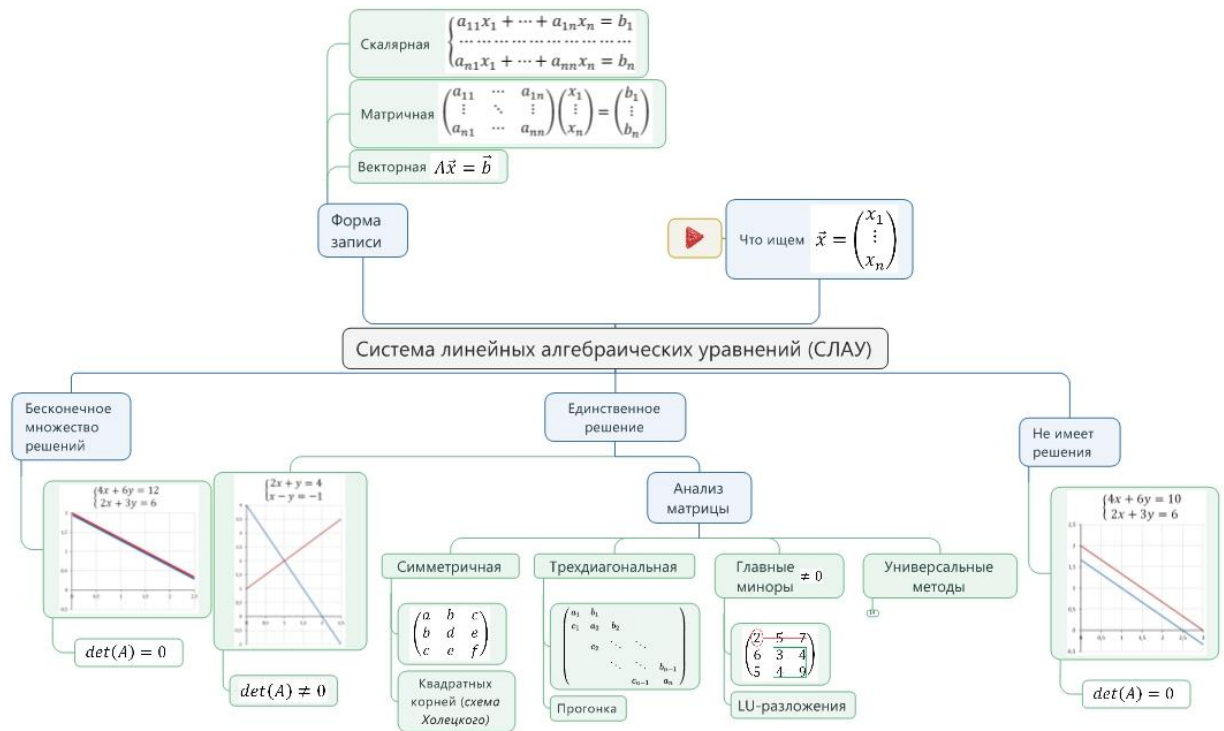


Рисунок 12 – Фрагмент когнитивной карты по теме «Решение СЛАУ точными методами»

Визуальная имитация выполнения программы даёт возможность наглядно показать такую значимую характеристику алгоритма, как его трудоёмкость, особенно в ходе его пошаговой демонстрации, способствует пониманию работы алгоритма и совершенствованию навыков написания собственных программ, может использоваться на лекционных занятиях для объяснения теоретического материала и демонстрации работы алгоритмов.

Подобный продукт должен удовлетворять следующим характеристикам:

- интерактивность и наглядность;
- отображение хода выполнения алгоритма;
- поддержка пошагового и автоматического режимов визуализации;
- простота включения сгенерированной web-страницы в электронный курс.

В рамках выпускных квалификационных работ со студентами было реализовано два подхода, которые позволяют создать интерактивные элементы для электронного курса по дисциплине «Численные методы».

*Первый подход* [82] направлен на демонстрацию работы численного метода, без показа его программной реализации. При работе с таким элементом студент видит численные преобразования, происходящие с входными параметрами задачи.

Жизненный цикл интерактивного элемента, представленный на рисунке 13, разделяется на две части: загрузка требуемых зависимостей и взаимодействие с пользователем – выполнение.

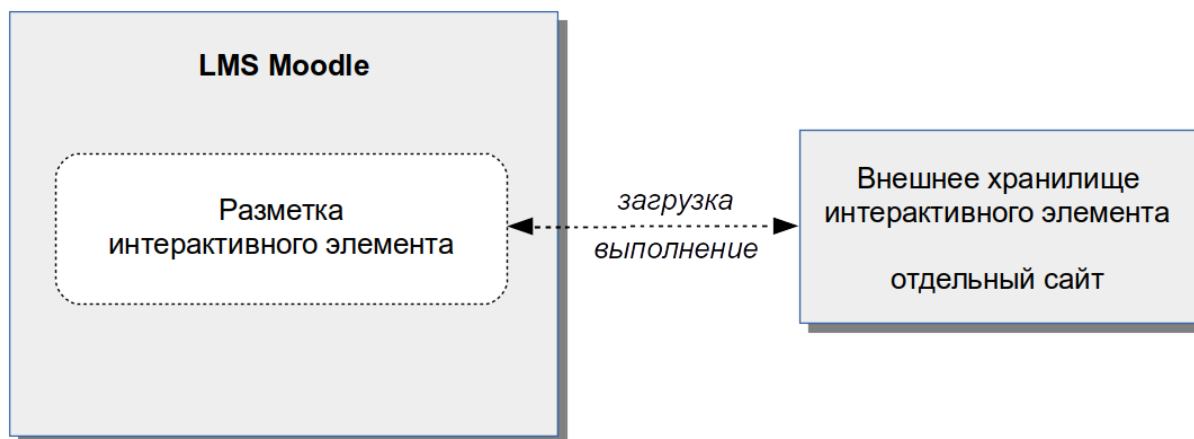


Рисунок 13 – Жизненный цикл интерактивного элемента

Разработанный фреймворк реализует инициализацию интерактивного элемента на веб-странице, инкапсуляцию рабочей области, взаимодействие с пользователем, вывод состояний интерактивного элемента в зависимости от текущего контекста.

В качестве языка разработки выбран JavaScript стандарта ES2016. JavaScript обычно используется как встраиваемый язык для программного доступа к объектам приложений. Наиболее широкое применение находит в браузерах, как язык разработки сценариев для придания интерактивности веб-страницам [101]. Основные архитектурные черты: динамическая типизация, слабая типизация, автоматическое управление памятью, прототипное программирование, рассмотрение функций в качестве объектов первого класса.

На рисунке 14 представлена структура фреймворка, зеленым цветом представлены абстрактные классы – точки расширения.

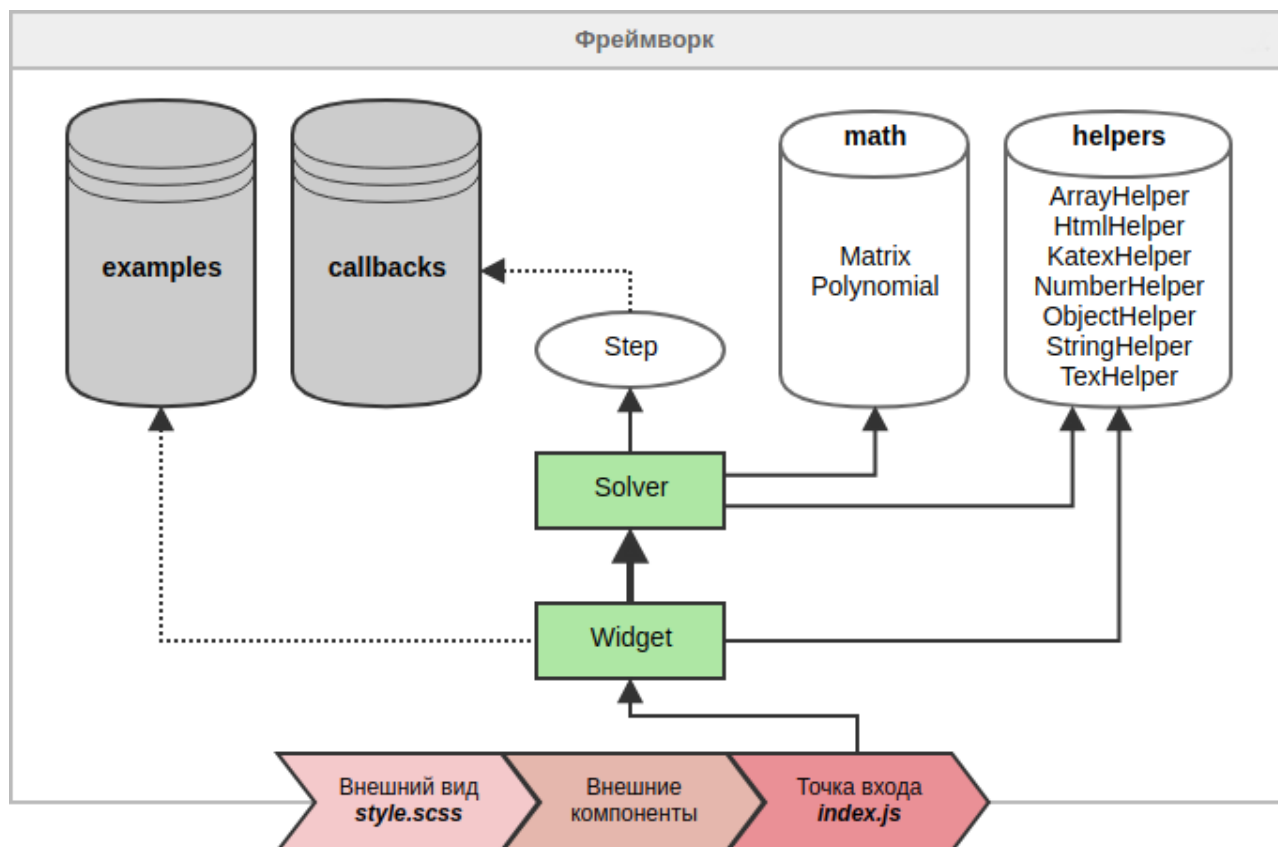


Рисунок 14 – Структура фреймворка

В точке входа `index.js` содержится код, который автоматически преобразует базовую разметку на веб-странице электронного курса в системе Moodle. В фреймворке содержится несколько внешних библиотек, которые могут быть использованы в интерактивных элементах:

- jQuery – библиотека JavaScript, фокусирующаяся на взаимодействии JavaScript и HTML. Библиотека jQuery помогает легко получать доступ к любому элементу DOM в нотации селекторов CSS, обращаться к атрибутам и содержимому элементов DOM и манипулировать ими;
- KaTeX – библиотека JavaScript для вывода математических формул в браузере. Реализует подмножество языка LaTeX с некоторыми основными командами и окружениями [101];

- Plotly.js – библиотека JavaScript для построения разнообразных графиков, очень гибко настраиваемая под требования разработчика.

Также в фреймворк включены стили, написанные на языке Sass. Sass – препроцессорный язык, расширяющий возможности стандартной CSS. Необходимость использования препроцессора возникла из-за требования аутентичности интерактивных элементов и системы Moodle. В частности, используется приём изоляции таблицы стилей интерактивного элемента от остального содержимого сайта, чтобы скорректировать внешний вид элементов и не нарушить разметку всей страницы курса.

Для сборки проекта фреймворка и модулей интерактивных элементов в единое целое, используется внешний инструмент Webpack, который преобразует единственный файл точки входа в набор готовых файлов. Таким образом, для встраивания готового интерактивного элемента на веб-страницу системы Moodle, достаточно разместить разметку, в которой подключаются файл со стилями CSS и код JS. Основная цель разработки фреймворка – структурирование и облегчение процесса разработки интерактивных элементов. Он позволяет отделить общее поведение интерактивного элемента от частных различий между ними.

Интерактивный элемент позволяет студенту, работая с электронным курсом в среде Moodle, 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 для адекватной интерпретации учебных материалов.

Подход достаточно универсален, не требует дополнительных доработок системы Moodle, внедрение интерактивного элемента производится



администратором электронного курса, механизм получения готовой разметки интерактивного элемента сведен до метода копирования-вставки, предусмотрено обновление кода интерактивных элементов без обновления разметки.

Предлагается подгружать интерактивный элемент на страницу электронного курса с отдельного сайта через теги `<script>`, `<style>`, а потом инициализировать его внутри веб-страницы. Блок шага работы представлен на рисунке 15.

Шаг работы метода представлен несколькими областями:

- кнопка возврата к приветственной форме;
- навигация между шагами;
- текстовое пояснение и математическое представление информации;
- область для дополнительной визуализации: графики, анимации и т.д.

Студент может ввести входные данные и посмотреть пошаговую работу метода с текстовыми пояснениями, автоматически генерирующимися аналитическими выражениями и показом вычислений на графиках различных типов.

Для систематизации всех разработанных интерактивных элементов и примеров к ним был разработан демонстрационный сайт <https://numerical-methods.sfu-kras.ru/>. На страницах сайта размещены работающие интерактивные элементы и разметка, с помощью которой эти элементы могут встраиваться на страницы системы Moodle.

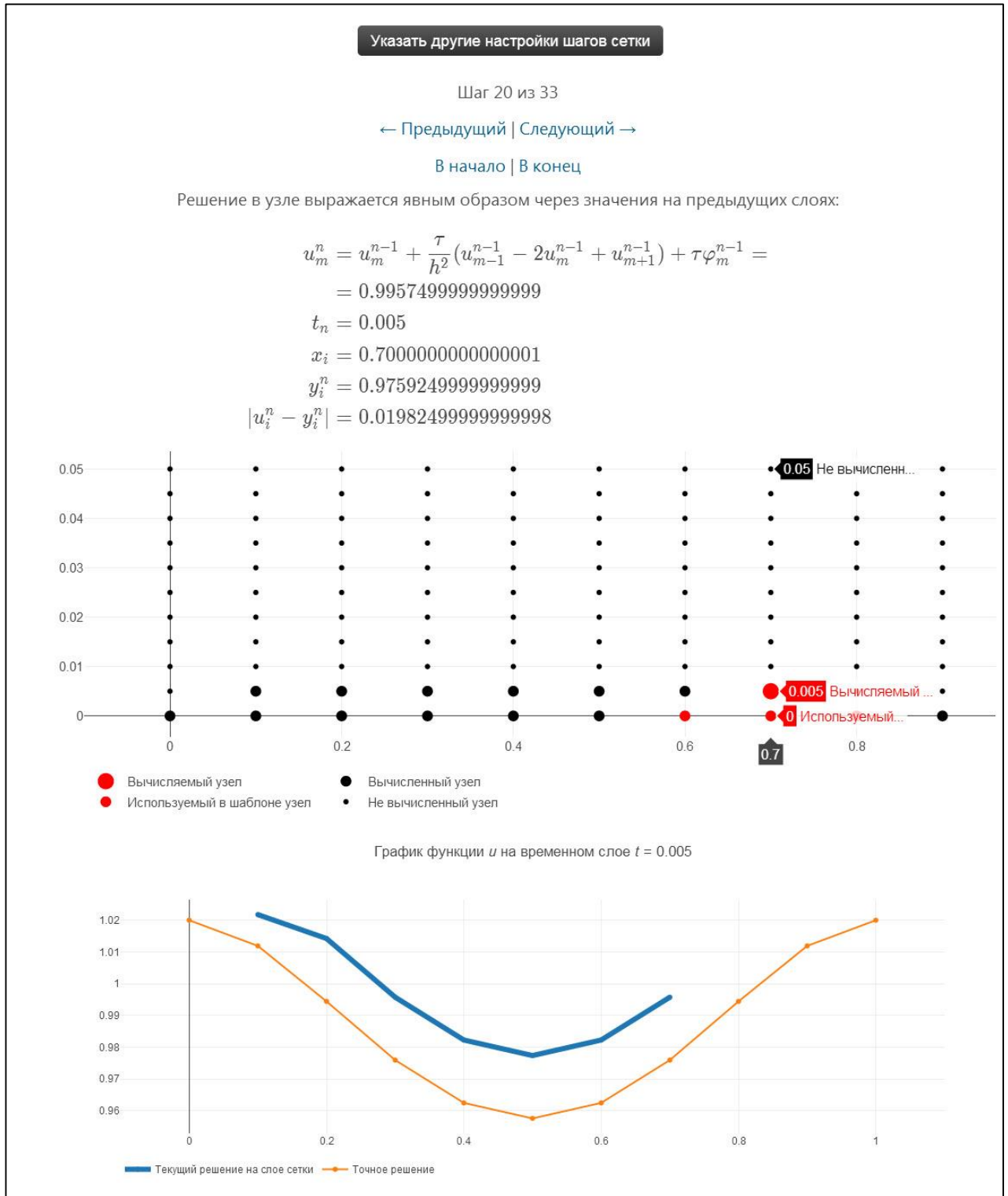


Рисунок 15 – Шаг интерактивного решения краевой задачи 1-го рода для уравнения теплопроводности

С помощью разработанного фреймворка были реализованы численные методы для решения следующих задач: решение системы линейных алгебраических уравнений методом Гаусса, нахождение собственных чисел и векторов симметричной матрицы методом вращений, построение интерполяционных многочленов Лагранжа и Ньютона, решение задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения методом Эйлера, нахождение корня нелинейной функции методом касательных (методом Ньютона), решение краевых задач для уравнений в частных производных методом конечных разностей.

Технологии, применяемые при разработке, позволяют встраивать интерактивные элементы не только в систему Moodle, но и практически на любой другой сайт без существенных изменений. Примеры работы интерактивных элементов продемонстрированы в Приложении В.

*Второй подход* [80] связан с визуальной имитацией работы кода программы, реализующей работу численного метода по шагам.

Схематично архитектура разработанного продукта представлена на рисунке 16.

Разработанное программное обеспечение имеет три основных составляющих:

- *Maker*. Программа-преобразователь кода программы, реализованного на языке программирования C++, в формат, воспринимаемый виртуальной машиной.
- *Model*. JavaScript библиотека виртуальной машины.
- *View*. HTML страница для управления и отображения виртуальной машины.

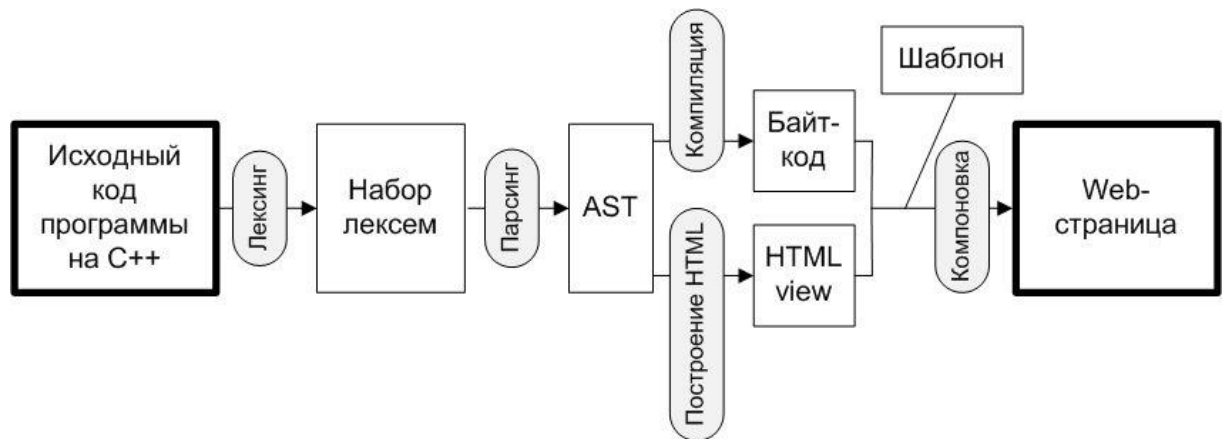


Рисунок 16 – Архитектура разработанного программного обеспечения

Программа Maker получает на вход текстовый файл с исходным текстом программы, преобразует исходный код алгоритма, написанного на языке C++, в набор лексем, на основе которых строится скобочное дерево, затем осуществляется парсинг скобочного дерева – процесс превращения обычного текста в структуру данных, которая называется абстрактным синтаксическим деревом (Abstract Syntax Tree, AST). Абстрактное синтаксическое дерево дает структурированное представление исходного кода и играет важную роль в семантическом анализе, в ходе которого компилятор проверяет правильность программных конструкций и корректность использования их элементов. После формирования AST и выполнения проверок эта структура используется для генерирования машинного или байт-кода.

Виртуальная машина интерпретирует полученный бай-код. В данном программном продукте виртуальной машине отдана роль выполнения кода при получении команд от пользователя. Так же виртуальная машина может быть связана с кодом на языке JavaScript и опрошена на предмет состояния данных. Для реализации виртуальной машины была выбрана Гарвардская архитектура, отличительными признаками которой являются раздельное хранение и обработка команд и данных.

Преобразование AST в HTML сохраняет отношение родительский-дочерний узел, выбор соответствующего элемента и его свойств основан на его типе в AST. При генерации HTML-кода на основе синтаксического дерева каждому элементу соответствует html-элемент, при этом реализована возможность восстановить по элементу переменной ее адрес в виртуальной машине и адрес инструкции, соответствующий началу выполнения указанного выражения, также предусмотрена подсветка синтаксиса.

В качестве примера опишем процесс построения интерактивной страницы, демонстрирующей численное решение задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения методом Эйлера. Исходная программа на C++ требует некоторой доработки перед подачей ее пакету, поскольку она нарушает ограничение на использование сопроцессора. Необходимо явно объявить нужные функции вместо использования include. Функции sqrt и alloc\_float явно задаются в используемом шаблоне посредством JavaScript. Аналогично можно включить в шаблон любые желаемые пользовательские функции. Подготовленная для обработки программа выглядит следующим образом:

```
float sqrt(float x);
float* allocate_float(int count);
void display(float *arr, int count);
float P(float f, float x){
    return 2*sqrt(f);
}
int main(){
    float START=0.0;
    float END=2.0;
    int COUNT=100;
    float step = (END-START)/COUNT;
    float x = START;
    float f = 1.0;
    float* data = allocate_float(COUNT);
    for (int i=0; i<COUNT; ++i){
        data[i] = f;
```

```

    f += step * P(f, x);
    x += step;
    display(data, i);
  }
}

```

Команда `interactives <исходный файл> -t <файл шаблона> -o <html-файл>` осуществляет сборку интерактивной web-страницы. Полученная страница для разобранного примера представлена на рисунке 17.

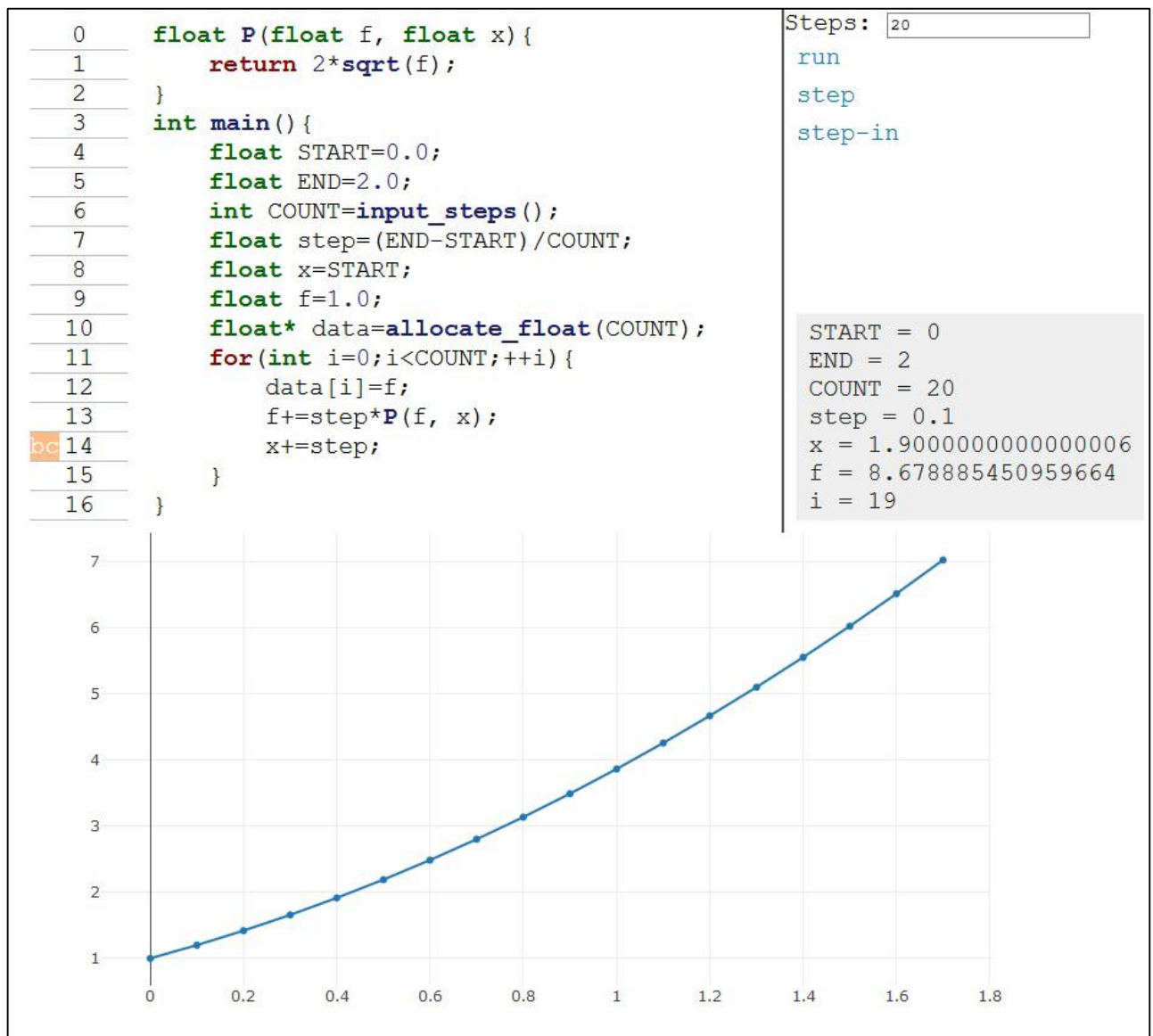


Рисунок 17 – Интерактивная страница, демонстрирующая работу метода Эйлера

Разработанная утилита позволяет создавать динамические тренажёры, помогающие студентам понять принципы работы алгоритмов численных методов. При этом студент может ввести различные начальные параметры, увидеть, что происходит с переменными в ходе выполнения программы. Для повышения наглядности утилита позволяет при необходимости подключить модуль графического отображения результатов вычислений. Полученная web-страница легко интегрируется в электронный курс на базе LMS Moodle. С использованием данного подхода можно создавать аналогичные тренажёры по другим дисциплинам, так или иначе связанным с программированием.

Традиционной формой обучения в высшей школе, направленной на первичное получение знаний студентами, является лекция.

*Лекция* (от лат. *lectio*–чтение) – это систематическое, последовательное, монологическое устное изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера [2].

Организационно-методической базой проведения лекций является рабочий учебный план направления или специальности и рабочая программа дисциплины. В учебниках по теоретическим основам методики профессионального обучения [56], [142] в качестве основных требований к содержанию и форме проведения лекции обычно выделяют:

- научную обоснованность, информативность и современный научный уровень дидактических материалов, излагаемых в лекции;
- методически отработанную и удобную для восприятия последовательность изложения материалов, четкую структуру и логику раскрытия излагаемых вопросов;
- методическую проработку проблемных вопросов лекции, доказательность и аргументированность, наличие достаточного

количества ярких, убедительных примеров, фактов, обоснований, документов и научных доказательств;

- яркость изложения, эмоциональность, использование эффективных ораторских приемов – выведение главных мыслей и положений, подчеркивание выводов, изложение доступным и ясным языком, разъяснение вновь вводимых терминов и названий;
- вовлечение в познавательный процесс аудитории, активизация мышления слушателей, постановка вопросов для творческой деятельности;
- использование возможностей информационно-коммуникационных технологий, средств мультимедиа, усиливающих эффективность образовательного процесса.

Достаточно полная авторская классификация типов лекций по целям, формам проведения и использованию визуальных материалов выполнена В. П. Чижик [170].

Современный мир с его информационной перенасыщенностью, развитием компьютерных технологий предъявляет новые требования к форме и содержанию лекционных занятий. Происходит перераспределение количества часов учебной нагрузки в сторону самостоятельной работы студентов за счет уменьшения часов на лекционные занятия, информационная доступность ведет к тому, что лекция перестает быть единственным источником информации, как это было во времена отсутствия необходимого числа учебников.

В Новосибирском государственном техническом университете было проведено исследование «Современная лекция в вузе глазами студентов и преподавателей» [14], в котором приняли участие 93 преподавателя и 200 студентов. Исследование показало, что 7% преподавателей считают, что лекции не нужны, 59% считают, что нужны, но требуют изменения формы. До начала



обучения большинству студентов были интересны традиционные лекции (62%). После обучения мнение о форме проведения лекционных занятий изменилось, смешанные технологии предпочли бы 65% студентов.

В рамках технологии обучения «перевернутый класс» учебный процесс строится таким образом, чтобы студенты заранее познакомились с новой темой, используя материалы электронного курса, а во время аудиторных лекционных занятий происходило активное обсуждение этого материала.

Это требует концептуальной и технологической модернизации учебного контента. В электронном курсе необходим ресурс, который позволяет студенту в рамках самостоятельной работы познакомиться с основными теоретическими моментами изучаемой темы, осуществить проверку степени усвоения информации, выявить вопросы, требующие повторного изучения или консультации преподавателя во время аудиторных занятий, при этом регулируя темп своей самостоятельной работы.

Компактное модульное представление материала и выделение в учебном материале ключевых опорных точек способствуют эффективному запоминанию, т. е. успешное усвоение большого количества информации требует ее сжатия или квантирования. Элементы этого подхода рассматривались В. В. Давыдовым [47] в теории содержательного обобщения, П. М. Эрдниевым [176] в теории укрупнения дидактических единиц.

Квантование учебных текстов предполагает их сокращение и разделение на небольшие фрагменты, изучение которых чередуется с тестовыми вопросами по представленному материалу. Усвоение информации и закрепление ее с помощью тестовых вопросов облегчает студенту усвоение дисциплины.

В. С. Аванесов отмечает, что «главные составляющие качественного педагогического контента – это хорошо структурированные, короткие квантованные учебные тексты и технологичные системы заданий к ним. В современном образовании всё больше и глубже соединяются формы чувственного

познания с формами и методами рационального мышления, что можно обеспечить лишь разнообразием используемых учебных средств. Не случайно квантование учебных текстов может стать важной формой развития образования» [5].

В рамках предлагаемой методики принцип квантирования информации реализуется на базе элемента Moodle «Лекция», который включает в себя сжатую теоретическую информацию, концептуальную схему по изучаемой теме, вопросы для контроля полученных знаний. Это своеобразный лабиринт, спроектированный преподавателем, предполагающий активное участие студентов во время изучения. Он состоит из небольших, логически завершенных страниц учебной информации, и страниц с вопросами по теоретическому материалу. Структура лекции-тренажёра представлена на рисунке 18.

Таким образом, изучение учебного материала происходит в несколько этапов, после каждого из которых проводится самоконтроль знаний студентов, в случае неверного ответа студенты заново изучают учебный материал, после прохождения лекции студент автоматически получает дополнительные баллы за самостоятельную работу. Несмотря на это, у студента есть право выбора, каким типом учебного материала пользоваться, традиционными учебными пособиями или разработанной лекцией-тренажёром.

При такой организации самостоятельной работы происходит смена вида деятельности студентов, что положительно влияет на их активность и мотивацию, т. к. автоматически позволяет учитывать самостоятельную работу студента в итоговой оценке курса.

П. П. Дьячук отмечает [54], что любая педагогическая технология должна включать в себя «компьютерные методы измерения параметров процесса учебной деятельности учащихся».

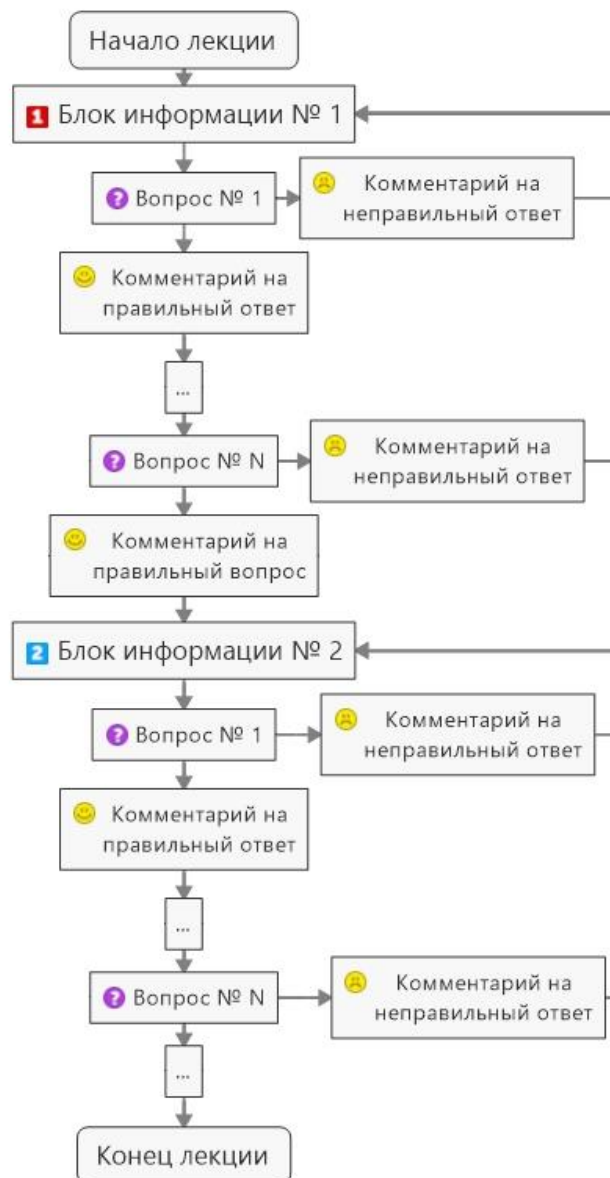


Рисунок 18 – Структура лекции-тренажёра

Основной формой контроля в рамках разработанной методики выступают компьютерные тесты. Компьютерные тесты, используемые в электронном курсе «Численные методы», представлены на рисунке 19. Их можно разделить на три большие группы:

- *Входное тестирование (претесты)*. Его основная цель – определение степени готовности студента к обучению дисциплине «Численные методы» и оценка структуры его интеллекта;
- *Тестирование во время обучения*. К этой группе относятся тесты для самоподготовки студентов и тесты-тренажёры;
- *Итоговое тестирование* во время контрольных срезов (минисессий), демонстрирующее эффективность предложенной методики обучения.



Рисунок 19 – Типы используемых тестов

Перед началом обучения студентам предлагается входной тест (см. Приложение Г), включающий в себя простейшие вопросы по математике на знание таких понятий, как дифференцирование, интегрирование, нахождение собственных чисел, разложение в ряд Тейлора, представление комплексных чисел и вопросы по программированию циклических операций, как наиболее часто использующихся при реализации численных методов. Надежность данного теста была оценена с помощью подсчета коэффициента корреляции Спирмана-Брауна, который относится к классу методов отдельного коррелирования и является

наиболее часто используемым методом этого класса. Коэффициент корреляции Спирмана-Брауна, полученный с помощью расщепления теста, равен  $\eta = 0,851313$ . Считается, что тест является достаточно надежным при коэффициенте корреляции больше 0,8.

Для определения уровня когнитивной готовности студентов к пониманию учебной информации, заданной в вербальной форме, использовались первые четыре субтеста из тестов структуры интеллекта Р. Амтхауера [153]. Эти тесты характеризуют умение студентов сравнивать, классифицировать и обобщать понятия, обнаруживать их существенные признаки, устанавливать различные отношения между понятиями. Результаты анализа позволяют построить область актуального вербального развития студентов и определить требования к учебной информации, соблюдение которых сделает её более доступной для понимания.

Общий балл, представляющий собой оценку умственного развития по тесту Амтхауера (Приложение Д), подсчитывается путем суммирования баллов, полученных испытуемым за выполнение каждого из четырех субтестов. Оценка результата теста выполняется путем соотнесения с групповыми данными на основе расчёта процентилей, которые показывают относительное положение каждого студента в выборке. Несмотря на неравномерность единиц измерения, процентильные оценки понятны, универсальны по отношению к различным методикам и легко рассчитываются.

В банке тестовых заданий электронного курса, созданного в LMS Moodle, находятся все вопросы курса, упорядоченные по категориям. На их основе создаются тесты, которые могут произвольным образом включать отдельные вопросы или целые категории из банка вопросов, что дает преподавателю возможность использовать в разных тестах одни и те же вопросы. Тестовые вопросы можно создавать непосредственно в конструкторе теста или импортировать из заранее подготовленного файла. Основные типы вопросов, поддерживаемые в LMS Moodle представлены на рисунке 20.

В банке тестов по дисциплине «Численные методы» больше всего заданий в закрытой форме. Вопросы этого типа имеют ряд достоинств, которые делают их наиболее привлекательными особенно при проведении итогового контроля [168]. Прежде всего, это быстрота тестирования (обычно тест продолжается 40-45 минут), оперативное получение оценки, возможность организации автоматического сбора и анализа результатов.



Рисунок 20 – Виды тестовых вопросов, поддерживаемых в Moodle

При конструировании тестовых вопросов в закрытой форме особое внимание уделяется созданию дистракторов. Дистрактор – это вариант ответа на закрытое тестовое задание, похожий на правильный ответ, но таковым не являющийся. «Слабыми» называют дистракторы, которые по статистике выбирают очень мало испытуемых, «сильными» – те, которые выбирают многие. В идеале каждый дистрактор должен в равной мере использоваться всеми студентами, выбирающими неправильный ответ. Moodle позволяет определять относительную частоту выбора испытуемыми тех или иных дистракторов, что

позволяет для улучшения тестового задания удалять или изменять те дистракторы, которые никто не выбирает.

В банке тестов 10% заданий – это задания на дополнение. С одной стороны, они являются более трудными для студентов, так как в них исключается догадка, что хорошо для контроля знаний. С другой стороны, задания такого типа требуют дополнительных усилий от преподавателя при оценке результатов тестирования.

В некотором роде вопросам в закрытой форме близки тестовые задания на соответствие, важной сферой применения которых является проверка знаний о взаимосвязи определений и фактов, форм и содержания, посылок и выводов и т.п. Однако при использовании заданий на соответствие возникает определенная трудность при оценке вклада задания в общую сумму баллов.

На основании опыта проведения тестирования можно сделать вывод, что основной сферой применения заданий на дополнение и соответствие является самостоятельная работа и текущий контроль, в итоговом контроле их лучше не использовать.

Для предотвращения списывания во время тестирования созданы так называемые фасетные задания, т. е. похожие задания, которые имеют несколько вариантов. При тестировании каждый студент получает из фасета один вариант задания, который выбирается случайным образом. Очень удобно, что в LSM Moodle преподаватель может устанавливать количество попыток для прохождения теста, лимит времени, регулировать выбор вопросов из банка текстовых заданий, в том числе и случайным образом.

В LMS Moodle поддерживается система педагогических измерений, названная в честь датского математика Георга Раша. Согласно этой системе, при проведении педагогических измерений акцент делается не только на результаты, которые демонстрируют студенты, но и на определение меры трудности заданий. В модели Раша рассматриваются два связанных между собой объекта измерений – уровень трудности тестовых заданий и уровень подготовленности студентов.

В. С. Аванесов в рамках модели Раша уточняет понятие «педагогический тест», как систему заданий «возрастающей трудности, позволяющую качественно оценить структуру и измерить уровень подготовленности испытуемых» [3].

О. Г. Деменченко предлагает рассматривать [51] модель Раша в качестве научной гипотезы, в которой:

1. Количественная характеристика уровня подготовленности испытуемого по определенному множеству заданий теста  $t_i$  не должна зависеть от уровня трудности тестовых заданий  $t_i \in ]0; \infty[$ ;
2. Вероятность правильного ответа испытуемого  $P_i$  зависит только от уровня подготовленности испытуемого и от количественной характеристики тестового задания, не зависящей от выборки испытуемых и отраженной на определенной шкале по конкретному разделу определенной области знания  $b \in ]0; \infty[$  или  $P = f(t, b)$ ;
3. Ответы испытуемых на задания теста статистически независимы, из чего следует взаимная независимость измеряемых параметров.

Для оценки качества тестовых заданий Moodle автоматически подсчитывает ряд статистических показателей: индекс легкости, стандартное отклонение, случайно угаданная оценка, предполагаемый вес, эффективный вес, коэффициент дискриминации. На этапе проектирования банка тестовых заданий этот инструментарий позволил улучшить качество создаваемого банка тестовых вопросов. Предлагаемые студентам диагностические тесты были первоначально апробированы на студентах 2014-2017 годов обучения.

Средствами диагностики умственной деятельности студентов, репрезентативной предметному материалу, являются критериально-ориентированные тесты по модулям дисциплины «Численные методы». Полученные в результате диагностики показатели свидетельствуют об изменении уровня вычислительного мышления студентов.



Критериально-ориентированный тест представляет собой систему заданий, позволяющую измерить уровень учебных достижений относительно полного объема знаний, умений и навыков, которые должны быть усвоены студентом. Критериально-ориентированные тесты являются инструментом обратной связи при организации обучения, т. к. позволяют обнаружить конкретные недочеты в освоении дисциплины, как отдельного студента, так и целых групп.

Для оценки качества отдельного теста в Moodle по известным статистическим формулам вычисляются следующие характеристики: средняя оценка испытуемых, медиана, стандартное отклонение оценок за тест, коэффициент асимметрии, эксцесс, коэффициент внутренней согласованности теста, стандартная ошибка. Коэффициент корреляции Спирмана-Брауна для контроля знаний по первой минисессии, полученный с помощью расщепления теста равен 0,81, коэффициент надежности теста Кьюдера-Ричардсона KR-20 равен 0,82, что демонстрирует хорошую надежность теста. Вычисление коэффициента KR теоретически обоснованно, т. к. тест хорошо сбалансирован по трудности выполнения, что видно на рисунке 21. Дисперсия 56% вопросов находится в диапазоне 0,20-0,25, т. е. эти задания являются заданиями средней трудности, что соответствует принятым требованиям.

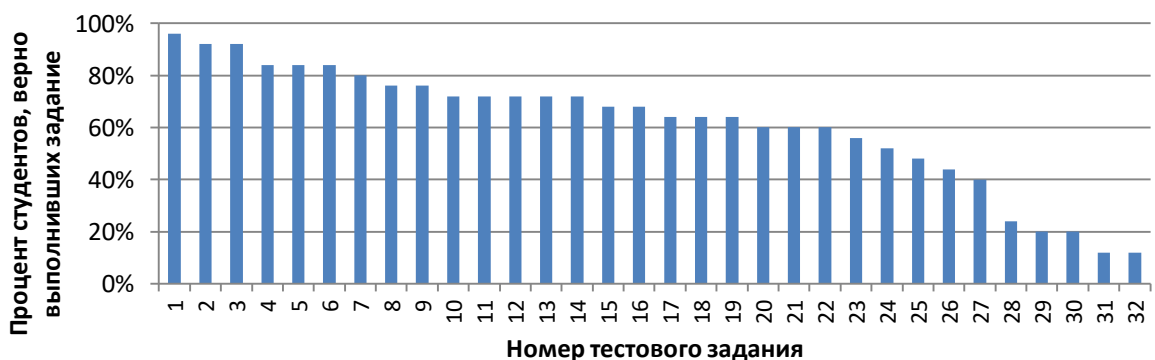


Рисунок 21 – Гистограмма трудности теста

Результаты для тестов, разработанных для контроля знаний при проведении второй и третьей минисессий представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Статистические характеристики тестов

№ теста	Количество вопросов в банке	Число вопросов в тексте	Время тестирования	Количество полностью оцененных первых	Средняя оценка первых попыток	Медиана оценок	Стандартное отклонение	Оценка асимметрии распределения	Оценка распределения эксцесса	Коэффициент внутренней согласованности	Стандартная ошибка
2	129	32	45 мин	88	52,2%	52,5%	18,7%	-0,171	-0,12	82,2%	7,9%
3	108	40	45 мин	49	52,3%	51,4%	16%	0,06	-0,593	83,4%	6,5%

Модель Раша обеспечивает достаточную точность и надежность измерений, адекватна и проста для применения. По мнению многих исследователей [51], [3] необходимым условием корректности полученных педагогических измерений служит устранение искажений в исходных данных, которые могут возникнуть из-за случайного угадывания вопросов, ошибок при вводе ответов, фальсификации результатов.

Снизить вероятность таких ситуаций может возможность установки пароля на прохождение теста, настройка доступа по конкретным ip-адресам, установление задержки между попытками, визуальный контроль прохождения тестирования.

Банк тестовых вопросов для проверки знаний составлен на основе таксономии Б. Блума, в которой цели обучения напрямую зависят от иерархии мыслительных процессов, таких как запоминание, понимание, применение, анализ, синтез и оценка. Таксономия Блума используется разработчиками технологий обучения с 1956 года, она помогает студенту достичь заявленных целей обучения, а преподавателю сделать вывод насколько это удалось.

Согласно таксономии Блума, цели обучения напрямую зависят от иерархии мыслительных процессов, таких как запоминание, понимание, применение,

анализ, синтез и оценка. На рисунке 22 показано, что эти процессы практически полностью включены в операционные компоненты вычислительного мышления через содержательные компоненты дисциплины «Численные методы».

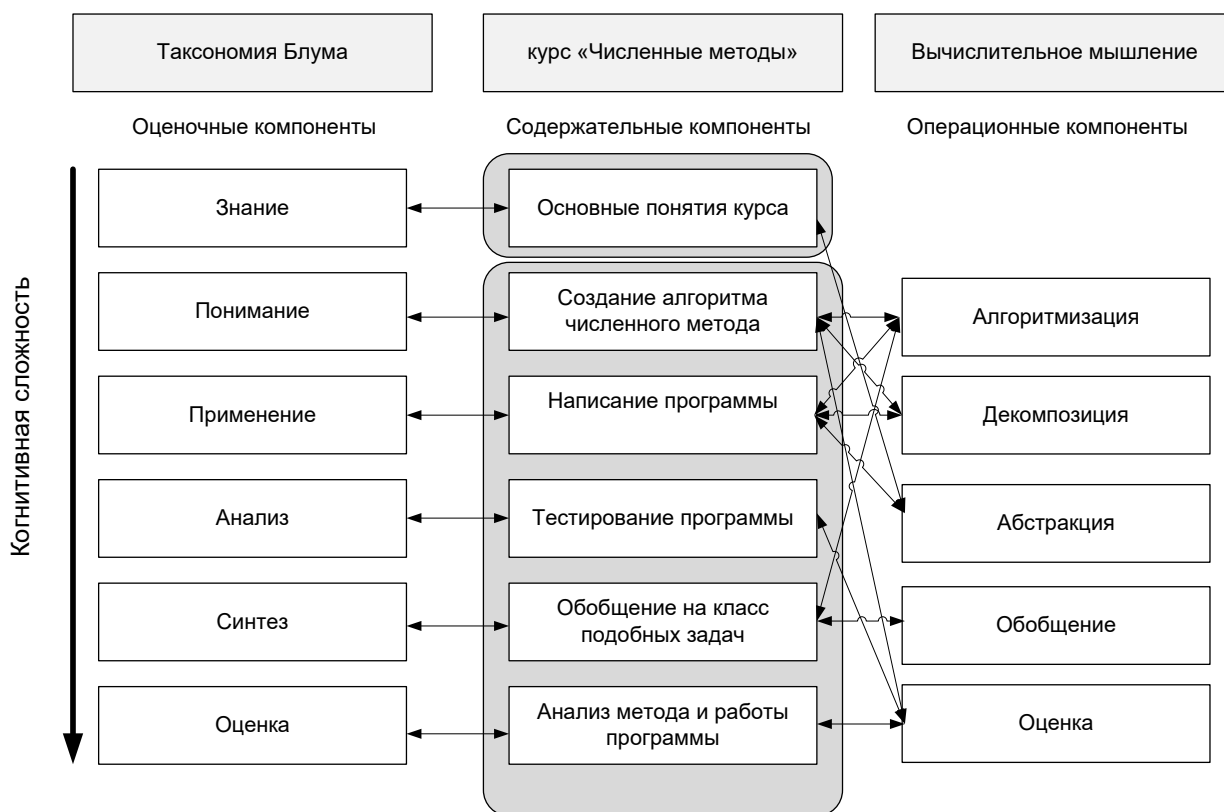


Рисунок 22 – Связь компонент вычислительного мышления, таксономии Блума и содержания курса «Численные методы»

Примеры вопросов для тестирования в соответствии с таксономией Блума приведены в таблице 7. Сложность вопросов регулируется их вкладом в общую оценку при тестировании, вопросы первого-второго уровня оцениваются в 1 балл, третьего-четвертого в 2 балла, пятого-шестого в 3 балла. С точки зрения ряда исследователей [196], [199] в рамках модели «перевернутого класса» содержимое, расположенное на более низких уровнях таксономии Блума (понимание и

запоминание) осуществляется вне аудиторных занятий, что экономит время для верхних уровней (создание, оценка, анализ и применение).

Таблица 7 – Примеры тестовых вопросов по курсу «Численные методы»

Уровень 1: «Знание»	
Пример 1. Относительная погрешность числа $x$ равна ...	
<input type="checkbox"/> $\left  \frac{x + \tilde{x}}{\tilde{x}} \right $ ;	<input type="checkbox"/> $\left  \frac{x - \tilde{x}}{\tilde{x}} \right $ ;
<input type="checkbox"/> $ x + \tilde{x} $ ;	<input type="checkbox"/> $ x - \tilde{x} $ .
Уровень 2: «Понимание»	
Пример 2. Норма $\ A\ _\infty$ матрицы $A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & -7 \\ 0 & 1 & 3 \\ 3 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ равна:	
<input type="checkbox"/> -4;	<input type="checkbox"/> 3;
<input type="checkbox"/> 4;	<input type="checkbox"/> 10.
Уровень 3: «Применение»	
Пример 3. При аппроксимации первой производной функции $f(x) = x^2 + x$ разделенной разностью вперед на сетке с шагом $h = 0,1$ первая производная в точке $x = 5$ будет равна:	
<input type="checkbox"/> 10,9;	<input type="checkbox"/> 11;
<input type="checkbox"/> 11,1;	<input type="checkbox"/> 12.
Уровень 4: «Анализ»	
Пример 4. Найдено численное значение $\frac{d \sin(x)}{dx} = 0,017427$ в точке $x = 3,14$ , используя шаг $h = 0,1$ . Какой из следующих методов использовался:	
<input type="checkbox"/> разделенная разность назад;	<input type="checkbox"/> центральная разность;
<input type="checkbox"/> разделенная разность вперед;	<input type="checkbox"/> точное значение.
Уровень 5: «Синтез»	
Пример 5. Сколько раз необходимо разделить на два размер шага, начиная с $h = 0,1$ , для нахождения $\frac{d x^2}{dx}$ в точке $x = 1,5$ , чтобы получить ответ с двумя значащими цифрами?	
Уровень 6: «Оценка»	
Пример 6. Некоторый физический процесс описывается уравнением: $y(t) = \frac{dx}{dt} + ax$ . Параметр $x$ измерен в некоторые моменты времени:	
$t$	2,00    2,01    2,03    2,1
$x$	4,1    4,12    4,18    4,24
Если $a = 0,41$ , тогда $y(2)$ с наибольшей точностью будет вычислено по формуле:	
<input type="checkbox"/> $y(2) = \frac{4,24 - 4,10}{0,1} + 0,41 \cdot 4,1$ ;	<input type="checkbox"/> $y(2) = \frac{4,12 - 4,10}{0,01} + 0,41 \cdot 4,1$ ;
<input type="checkbox"/> $y(2) = 0,41 \cdot 4,1$ ;	<input type="checkbox"/> $y(2) = \frac{4,12 - 4,10}{0,01}$ .

Таксономию Блума часто подвергают критике за то, что конкретные результаты обучения (запоминание, понимание и применение) смешиваются с

мыслительными операциями (анализ, синтез, оценка). Конечно, как у любой другой теоретической модели, у Таксономии Блума есть свои сильные и слабые стороны. Однако, на наш взгляд основным ее преимуществом для данного исследования является то, что мышление представлено в ней в структурированной и доступной для практиков форме и ее использование при изучении вычислительно мышления является обоснованным.

В. М. Кадневский разделяет педагогические тесты на обучающие и контролируемые. С его точки зрения обучающие тесты – это «группа заданий в тестовой форме, объединенных принципом соответствия последовательности изложенного повествовательного материала учебника» [67].

В основе этого определения лежит идея сплошного тестирования, когда весь повествовательный материал учебника представляется в тестовой форме в дополнение к базовому учебнику.

С этой точки зрения более удачным является определение, данное Т. В. Киселевой «обучающий тест – это педагогический тест, включающий актуальный учебный материал, предназначенный для формирования у обучаемого определенного уровня знаний, навыков, умений и позволяющий осуществлять самоконтроль усвоения материала» [70].

Именно такой подход позволяет выделить обучающие тесты двух типов:

- *тесты для самоподготовки*, в литературе этот вид тестов называется по-разному: репетиционное тестирование, самотестирование и т.д. Этот вид тестов служит для самостоятельной оценки студентом уровня освоения дисциплины.
- *тесты-тренажеры*, которые являются инструментом поэтапного формирования умственных действий, чаще всего такие тренажеры создают для научения студентов решению определенного типа задач.

Тесты для самоподготовки включают в себя задания из основного банка вопросов 1-2 уровня по таксономии Блума и направлены на формирование профессионального тезауруса. Такого рода тесты созданы по каждой теме курса, студент может пройти этот тест бесконечное количество раз в обучающем режиме. Для повышения активности студентов в электронном курсе такого рода тесты доступны в фиксированный промежуток времени.

В тестах-тренажёрах компьютер генерирует серию задач, которые отличаются друг от друга значениями определенных параметров. Обычно обучающие тренажёры работают в трех режимах: справочник, тренажёр и контроль. Возможности Moodle позволяют создавать тренажёры на основе тестовых вычислительных вопросов. Пример тренажёра по решению прямой задачи теории погрешностей представлен на рисунке 23.

**eКурсы**  
Система электронного обучения СФУ

Все курсы | Мои курсы | Русский (ru)

Моя домашняя страница ▶ Курсы ▶ Институты ▶ Институт математики и фундаментальной информатики ▶ базовая кафедра вычислительных и информационных технологий ▶ ЧМ1 ▶ Общее ▶  
Тренажер для решения прямой задачи теории погрешно... ▶ Просмотр

Вопрос 1  
Осталось попыток: 3  
Балл: 10,0  
Отметить вопрос  
Редактировать вопрос

Для заданной функции:  $\frac{x_1^2 - x_2^2}{x_3}$ . Определить  $\Delta y$ , если  $x_1 = 4,0$ ,  $x_2 = 4,8$ ,  $x_3 = 8,2$ . Все цифры в данных верные для  $x_1$  в широком смысле, а для  $x_2$  и  $x_3$  в узком смысле.

Ответ:

**Вспомните определение верной цифры в широком и узком смысле.**  
Значащую цифру называют **верной в широком смысле**, если **абсолютная погрешность** числа не превосходит **единицы разряда**, соответствующего этой цифре или **верной в узком смысле**, если **абсолютная погрешность** числа не превосходит **половины единицы разряда**, соответствующего этой цифре.

[Попробовать еще раз](#)

Рисунок 23 – Пример тренажёра по решению прямой задачи теории погрешностей

Настройки системы позволяют запустить тренажёр в итеративном режиме, если студент первый раз ответил неверно, то он получает право на повторную попытку и подсказку, которая может помочь при решении задачи, получение подсказки ведет к автоматическому снижению оценки в том случае, если тренажёр работает в режиме контроля знаний. Таким образом, тесты-тренажёры выполняют как тренирующие, так и контролирующие функции, т. е. с одной стороны служат для закрепления и осмысления учебных задач, при этом обязательно наличие обратной связи с комментариями, а с другой стороны могут оценивать степень усвоения материала, показывая процент правильно выполненных упражнений.

В середине обучения было проведено анкетирование экспериментальной группы, результаты которого показаны на рисунке 24. Оно показало, что наибольшей популярностью у студентов пользуются лекции-тренажёры, для программирования методов студенты часто используют блок-схемы, а для подготовки к контрольному тестированию тесты-тренажёры и тесты для самоподготовки.

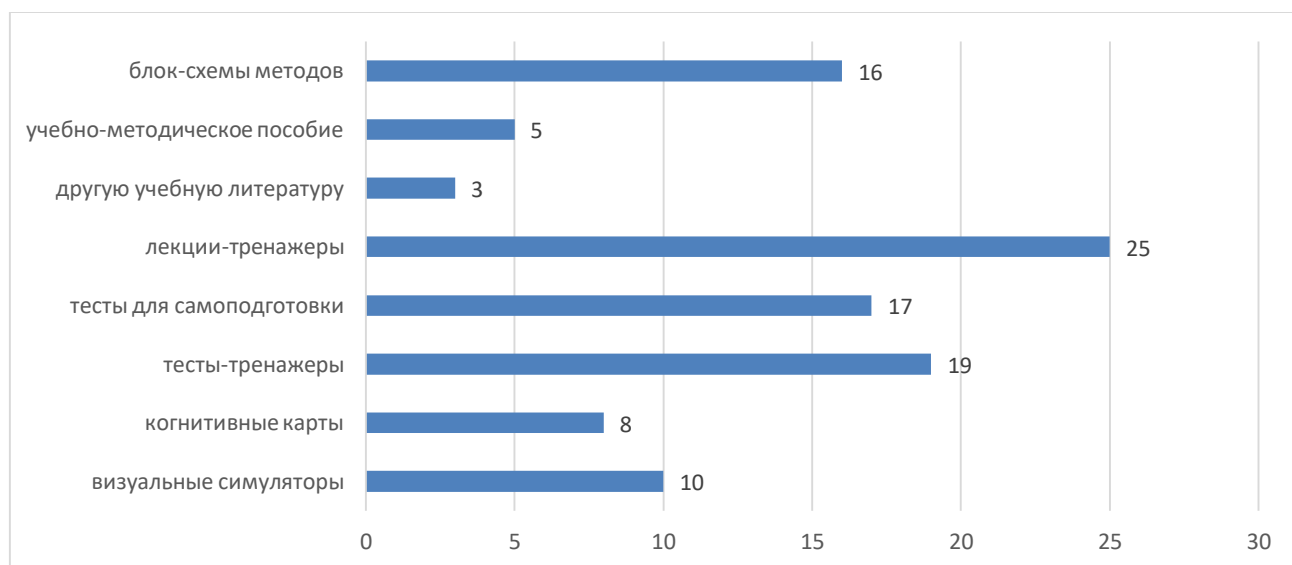


Рисунок 24 – Результаты анкетирования студентов по использованию средств обучения

Рассматривая обучение с позиций ментальных схем и ментальных моделей, в конечном итоге определяющих вычислительное мышление, можно предложить поэтапный рекурсивный способ обучения [17] студентов численным методам:

1. Познакомить студентов с теорией по заданной теме.
2. Предложить им разработать ментальную схему изученной темы.
3. Изучить алгоритмы приближенного решения уравнения разными способами с помощью динамических визуализаторов.
4. На основе полученного опыта провести уточнение ментальной схемы темы.
5. Разработать алгоритмы и программы решения уравнения разными методами.
6. Разработать программу–тренажёр, объясняющую ход решения заданного уравнения.
7. Уточнить ментальную схему темы.
8. Сравнить свою ментальную схему с эталонной, составленной преподавателем для самоконтроля уровня усвоения темы.

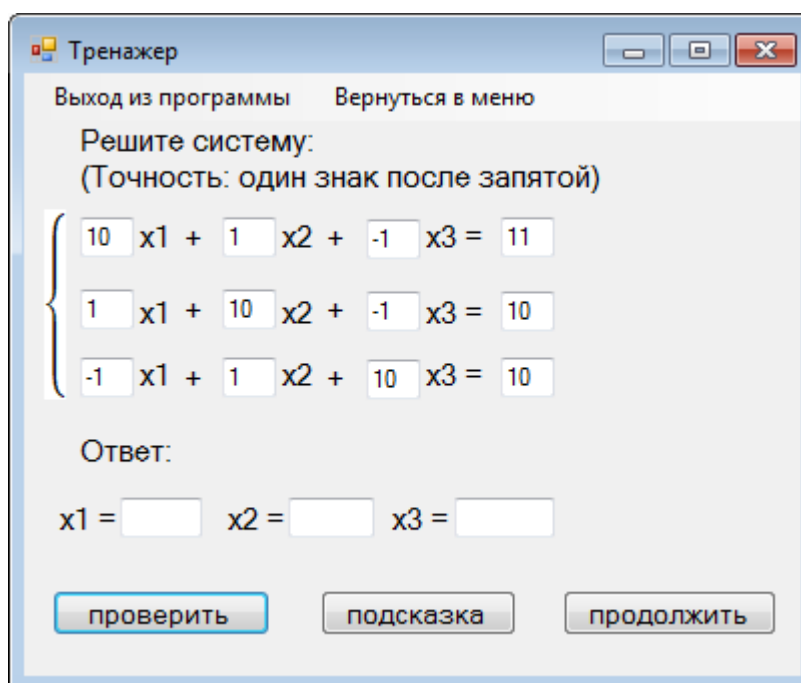
Реализовать предложенную процедуру обучения в ограниченных условиях курса «Численные методы» в полном объеме не представляется возможным. В этой связи был разработан ментальный практикум для междисциплинарной схемы дуального тематического обучения студентов в рамках курса «Информационные технологии в образовании» и курса «Численные методы» по выполнению учебных проектов.

В рамках курса «Информационные технологии в образовании» студентам предлагается разработать обучающие средства, которые должны нести не только функции предъявления учебной информации, но и развития мыслительных операций. При создании и использовании электронных средств обучения используется когнитивный подход. Главной идеей проектирования подобных образовательных ресурсов является структурирование и представление учебной информации в формате предметных ментальных карт, формирующих экспертные



системы, самообучающиеся на основе знаний экспертов и опыта общения с обучаемыми.

Как правило, электронный учебник по разделам курса «Численные методы» содержит три основных раздела: «Решатель», «Тренажёр», «Справочник». Еще один важный элемент учебника – это скрытый от пользователя модуль индивидуальных учебных маршрутов, в котором фиксируется протокол работы ученика с учебником. На рисунке 25 представлена работа обучающего ресурса в режиме «Тренажёр».



Тренажер

Выход из программы    Вернуться в меню

Решите систему:  
(Точность: один знак после запятой)

$$\begin{cases} 10x_1 + 1x_2 - 1x_3 = 11 \\ 1x_1 + 10x_2 - 1x_3 = 10 \\ -1x_1 + 1x_2 + 10x_3 = 10 \end{cases}$$

Ответ:

x1 =     x2 =     x3 =

Рисунок 25 – Генерация системы линейных уравнений в режиме «Тренажёр»

В модуле «Решатель» на основе ментальной вычислительной схемы формируются алгоритмы численного решения задач, которые может задать пользователь. Студентам необходимо разработать процедуру показа и объяснения хода решения задачи, анализируя оптимальный и другие возможные варианты решения.

Модуль «Тренажёр» предъявляет обучаемому сгенерированные системой тематические задачи для самостоятельного решения. В этом режиме пользователю предоставляется возможность ввести и выбрать ответ (итоговое решение задачи), либо получить подсказку в случае затруднений. Подсказки удобно формировать в виде системы многоуровневых справочных единиц, уменьшающих энтропию задачи. Правильные и неправильные ответы фиксируются и запоминаются программой с пометками использованных подсказок. Все сеансы работы «Тренажёром» должны запоминаться в специальной базе со статистическим механизмом. Программа в последующих актах обучения будет чаще генерировать те задания, в которых у большинства пользователей возникали сложности, где они совершали больше ошибок или использовали больше подсказок.

«Справочник» несет традиционные функции, имеет древовидную структуру информационных учебных элементов. Если пользователь использует программу впервые, ему предлагается пройти вводное тестирование. Оно выявляет уровень знаний ученика по заданной теме – начальный уровень сформированности вычислительного мышления в виде ментальной схемы. Этот этап позволяет системе более целенаправленно выстраивать стратегию обучения, подбирать «нужные» задачи.

Обозначенные пути дуальности межпредметной связи курса «Численные методы» и курса по выбору «Информационные технологии в образовании» в качестве дополнительного эффекта работают на формирование и развитие вычислительного мышления студентов.

*Таким образом, для совершенствования методической системы обучения студентов курсу «Численные методы» с позиций развития их вычислительного мышления необходимо использовать когнитивные средства смешанного обучения:*

- технологии визуализации учебной информации, суть которой заключается в смещении акцента с иллюстративной функции в обучении на развитие познавательных способностей и, в том числе, вычислительного мышления;
- лекции-тренажёры для самостоятельного знакомства с теоретическими положениями курса при использовании методики смешанного обучения «перевернутый класс»;
- тесты-тренажёры и тесты для самоподготовки в рамках самоконтроля знаний по дисциплине;
- тесты для промежуточного и итогового контроля знаний студентов;
- дуальный межпредметный ментальный практикум, направленный на рекурсивное освоение курса.

### **2.3 Процессуальная схема методики развития вычислительного мышления студентов и результаты педагогического эксперимента**

При построении любой методики обучения важно исходить из целостного представления о процессе обучения, рассматривать его как управляемую педагогическую систему, которая направлена на овладение студентами теоретическими и практическими знаниями, общими и предметными умениями и навыками.

Эффективность дидактического процесса определяется выбором и практической реализацией конкретных педагогических технологий, т.е. выбором организационных средств и методов реализации учебного процесса. Таким образом, педагогический процесс можно рассматривать как систему способов и средств достижения целей управления этим процессом. Субъектами данного процесса являются преподаватели и студенты.

Процессуальная схема предлагаемой методики представлена на рисунке 26.

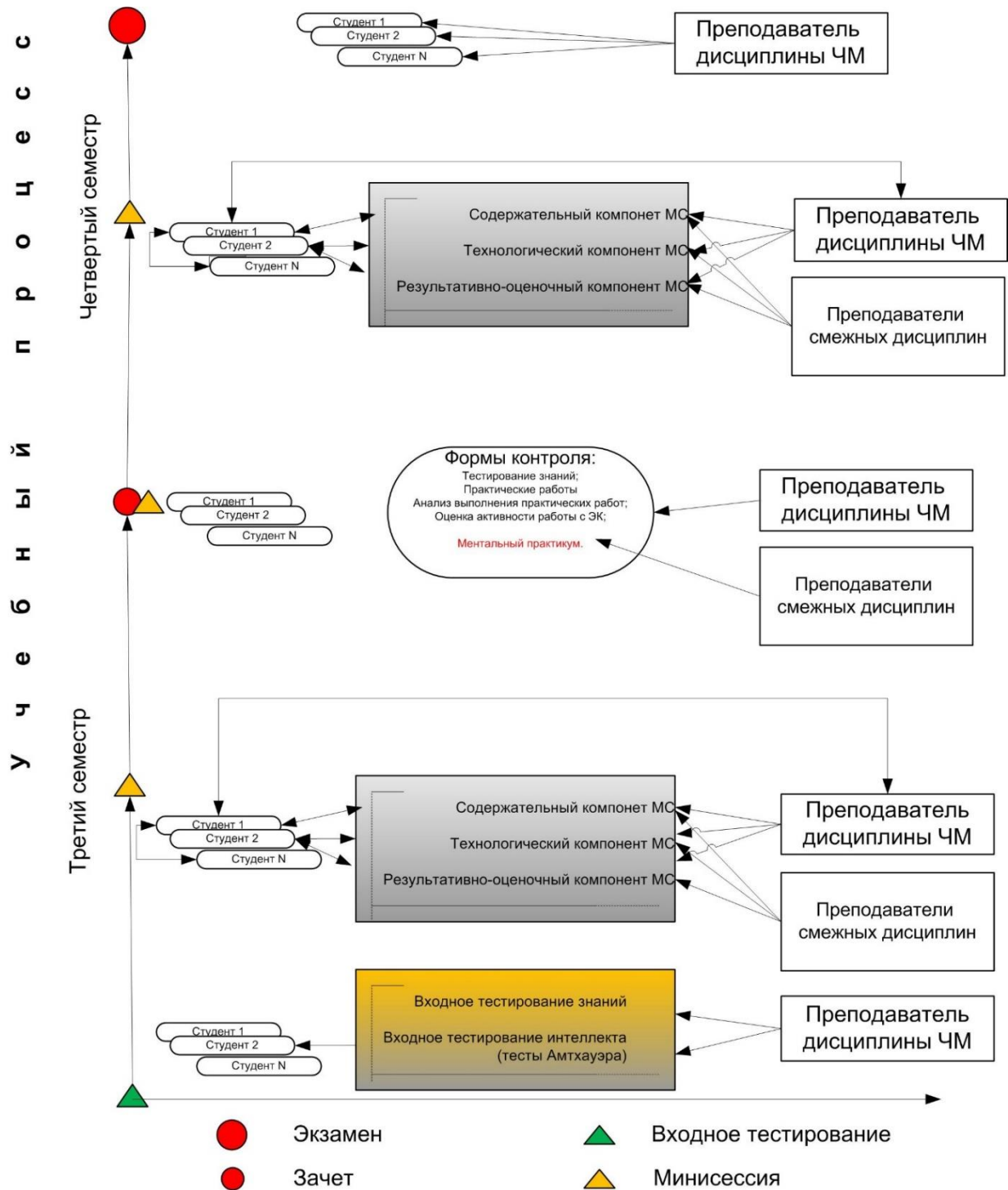


Рисунок 26 – Процессуальная схема методики когнитивного обучения студентов

Изучение курса проводится по смешанной форме обучения «перевернутый класс» на базе LMS Moodle. Основой является традиционное очное обучение, а самостоятельная работа студентов поддерживается дистанционными

возможностями доступа к учебным ресурсам. Знакомство с теоретическим материалом происходит до проведения лекции с использованием элементов электронного курса, обсуждение непонятных вопросов и их более углубленный разбор происходит во время проведения аудиторных занятий.

В основу познавательной активности студентов положена модульная система обучения, предполагающая контроль результатов обучения после изучения каждого модуля дисциплины. Суть модульного обучения в том, чтобы развивать познавательную активность студента, его самостоятельную работу, преподаватель в этом случае осуществляет управление процессом обучения, мотивирует студента, организовывает, проводит консультации и осуществляет контроль.

Каждый раздел электронного курса представляет собой целостный блок, представленный на рисунке 27, позволяющий студенту изучить теоретический материал, получить задания для выполнения практической работы, в рамках выполнения которой предусмотрено построение ментальной схемы изучаемой темы, ознакомиться с основной идеей численных методов, при необходимости воспользоваться блок-схемой метода, концептуальной картой, протестировать работу метода на основе визуального симулятора.



Рисунок 27 – Раздел электронного курса

Изучение дисциплины предполагает лекции и практические занятия. Содержание дисциплины более подробно представлено в Приложении А.

Студентам предлагается выполнить практические работы по следующим темам:

1. Точные методы решения систем линейных алгебраических уравнений;
2. Исследование обусловленности систем линейных алгебраических уравнений;
3. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений;
4. Вычисление собственных чисел и собственных векторов матрицы;
5. Вычисление корней нелинейных уравнений и систем;
6. Аппроксимация функций;
7. Численное интегрирование;

8. Решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений и систем уравнений;
9. Решение краевой задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений;
10. Решение краевых задач для уравнений в частных производных.

Обычно студент реализует один-два метода по предложенной теме, однако при сдаче практической работы он должен ориентироваться и в других методах решения изучаемой задачи, демонстрируя это преподавателю. Каждая практическая работа, предлагаемая студентам, представляет собой вычислительный эксперимент, направленный на оценку результатов работы метода в зависимости от входных параметров.

Процесс обучения построен таким образом, чтобы студенты могли использовать ранее написанные модули при программировании новых, а при построении ментальных схем были в состоянии связывать их между собой. Например, при численном решении краевой задачи для уравнения теплопроводности с помощью разностных схем использовать реализованный ранее метод прогонки для решения систем линейных алгебраических уравнений с трехдиагональной матрицей, при решении краевой задачи для эллиптического уравнения использовать метод Якоби и т. д.

Для повышения роли самообразовательной деятельности в соответствии с ее потребностями, мотивами, способностями студентам предлагается самостоятельно выбрать инструментарий для реализации численных методов, в зависимости от своего опыта, постановки задачи, функциональных возможностей и настройки программного обеспечения.

*Содержательный компонент* вычислительного мышления находится в тесной взаимосвязи со знаниевым компонентом дисциплины «Численные методы» и измеряется количеством баллов, набранных студентом во время промежуточного и итогового тестирования знаний.

*Операционный компонент* в рамках компетентностного подхода пересекается с умениями и навыкам, полученными при изучении дисциплины, а именно выполнением практических работ, а с другой стороны, определяется уровнем интеллектуального развития студента, отражающего его умение сравнивать, классифицировать, обобщать, оценивать. Поэтому в качестве методов диагностики используются тесты структуры интеллекта Р. Амтхауера, выполнение практических работ, оценка качества их выполнения, анализ подходов к реализации численных методов, наблюдение.

При этом необходимо оценивать, как у студента развиваются выделенные стратегии вычислительного мышления. Умение решать задачи путем четкого определения последовательности шагов оценивается при сдаче практических работ. Оценка практических работ осуществляется по бланку, представленному в Приложении Е.

Особое внимание студентов необходимо обращать на тот факт, что нужно разбивать программы на отдельные модули, которые в дальнейшем могут использоваться при выполнении следующих практических работ. Так для нахождения обратной матрицы достаточно  $n$  раз вызвать в цикле метод вращений, тогда как некоторые из студентов строят расширенную матрицу и, по сути, дополнительно реализуют метод оптимального исключения.

Очень информативным является наблюдение за студентом при отладке программы. Тестирование программы по отдельным модулям демонстрирует проявление вычислительного мышления. Побочным эффектом модульного тестирования является то, что студент начинает чаще использовать функции, разбивая программу на более мелкие логические части.

В качестве примера можно привести две программы, написанные разными студентами. Первый демонстрирует умение разделять задачу на отдельные функции, которые могут быть поняты, разработаны, отлажены и проанализированы отдельно, а второй реализует программу, совершенно не



выделяя в ней отдельных модулей, что приведет его к трудностям при повторном использовании кода в следующих работах.

В первой программе продемонстрировано умение разделять задачу на отдельные функции, однако вычисление вектора невязки тоже нужно было оформить отдельной процедурой. Студент не умеет работать с динамическим распределением памяти, что, видимо, объясняется пробелами при изучении программирования и недостаточным умением мыслить абстрактно. Он демонстрирует незакрепленные навыки вычислительного мышления, в этом случае преподаватель может посоветовать студенту реализовывать программы с использованием математических пакетов, где не требуется работать с динамическим распределением памяти.

Второй студент реализует программу, совершенно не выделяя в ней отдельных модулей, что приведёт его к трудностям при повторном использовании кода в следующих работах. Несмотря на то, что студент выделяет память для хранения массивов, при вычислении вектора невязки он указывает конкретный размер этого вектора. Программа демонстрирует неумение студента разбивать задачу на подзадачи, низкий уровень развития вычислительного мышления. В качестве совета от преподавателя может быть объяснение преимуществ декомпозиции, обращение внимания на выделение этапов реализации алгоритма, обобщение задачи на различные размерности.

Таким образом, преподаватель должен донести до студентов мысль, что хороший код должен быть понятным, а это достигается путем выделения четких логических структур в форме процедур и функций, смысл которых должен быть очевиден даже без комментариев.

Умение декомпозировать задачи является необходимым навыком для решения задач в программировании, кроме того, это позволяет получить навык работы в команде, когда разбиение задачи на множество небольших подзадач

позволяет писать код, который будет взаимодействовать с кодом других разработчиков.

## Программа № 1

```
#include "stdafx.h"
#include <iostream>
#include <fstream>
using namespace std;

const int N = 4;
//Функция, выполняющая считывание данных из текстового файла
void vvod(double matr[N][N + 1])
{
    ifstream in;
    in.open("TXT.txt");
    if (in)
    {
        while (!in.eof())
        {
            for (int i = 0; i < N; i++)
            {
                for (int j = 0; j < N + 1; j++)
                    in >> matr[i][j];
                //in >> matr.B[i];
            }
            in.close();
        }
        else cout << "Такого файла нет!";
    }
}
//Функция распечатки матрицы
void print(double matr[N][N + 1])
{
    for (int i = 0; i < N; i++)
    {
        for (int j = 0; j < N + 1; j++)
            cout << matr[i][j] << " ";
        cout << endl;
    }
}
// Метод вращений
void vrachenie(double matr[N][N + 1])
{
    // int k;
    double c, s, t;
    for (int i = 0; i < N; i++)
    {
        for (int j = i + 1; j < N; j++)
        {
            c = matr[i][i] / sqrt(pow(matr[i][i], 2) + pow(matr[j][i], 2));
            s = matr[j][i] / sqrt(pow(matr[i][i], 2) + pow(matr[j][i], 2));
            //k = i;
            for (int k = i; k < N + 1; k++)
            {
                t = matr[i][k];
```

```

        matr[i][k] = c * matr[i][k] + s * matr[j][k];
        matr[j][k] = s * (-1)*t + c * matr[j][k];
    }
}
}
//Обратный ход метода Гаусса (нахождение x)
void Xv(double matr[N][N + 1], double B[N][N + 1])
{
    for (int i = N - 1; i >= 0; i--)
    {
        X[i] = matr[i][N] / matr[i][i];
        for (int a = i - 1; a >= 0; a--)
        {
            matr[a][i] = matr[a][i] * X[i];
            matr[a][N] = matr[a][N] - matr[a][i];
        }
    }
    for (int i = 0; i < N; i++) cout << " " << X[i] << ' ' << " ";
    cout << endl;
    cout << "Вектор невязки: " << endl;
    for (int i = 0; i < N; i++)
    {
        for (int j = 0; j < N + 1; j++)
        {
            R[i] += B[i][j] * X[j];
        }
        cout << R[i] << ' ' << endl;
    }
}
void main()
{
    setlocale(0, "rus");
    double A[N][N + 1], B[N][N + 1], C[N + 1] = { 0 };
    vvod(B);
    vvod(A);      cout << "Матрица" << endl;
    print(A); cout << endl;
    vrachenie(A);
    print(A); cout << endl;
    Xv(A, B);
    double R[N];
    cout << endl;
    system("pause");
}

```

Вычисление вектора невязки вынести в отдельную функцию

## Программа № 2

```

#include<iostream>
#include<iomanip>
#include<math.h>
#include <fstream>

using namespace std;

void main() {
    float** matrix;
    int m = 4;

```

```

int n = 3;
matrix = new float* [m];
for (int i = 0; i < m; i++)
{
    matrix[i] = new float[n];
}
float** matrix2;
matrix2 = new float* [m];
for (int i = 0; i < m; i++)
{
    matrix2[i] = new float[n];
}
fstream F("chisla.txt");
if (F) {
    for (int i = 0; i <= 3; i++) {
        for (int j = 0; j <= 4; j++) {
            if (!F.eof())
            {
                F >> matrix[i][j];
                matrix2[i][j] = matrix[i][j];
            }
        }
    }
}
F.close();
float x[3];
float a, b;
float c;
for (int j = 0; j < m; j++) { //столбцы
    for (int i = j; i < n; i++) {
        a = (matrix[j][j]) / sqrt(matrix[j][j] * matrix[j][j] + matrix[i + 1][j] * matrix[i + 1][j]);
        b = (matrix[i + 1][j]) / sqrt(matrix[j][j] * matrix[j][j] + matrix[i + 1][j] * matrix[i + 1][j]);
        for (int k = j; k <= m; k++) {
            c = matrix[j][k];
            matrix[j][k] = matrix[j][k] * a + matrix[i + 1][k] * b;
            matrix[i + 1][k] = -c * b + matrix[i + 1][k] * a;
        }
    }
}
cout << endl;
for (int j = 0; j <= n; j++) {
    for (int i = 0; i <= m; i++)
    {
        cout << " " << matrix[j][i];
    }
    cout << endl;
}
x[n] = matrix[n][n + 1] / matrix[n][n];
for (int j = n-1; j >= 0; j--) {
    float a = 0;
    for (int i = j + 1; i <= n; i++)
    {
        a = a - x[i] * matrix[j][i];
    }
    cout << endl;
    x[j] = (matrix[j][n + 1] + a) / matrix[j][j];
}

```

```

for (int i = 0; i <= 3; i++) {
    cout << x[i];
    cout << endl;
}
cout << endl;
float r[3];
float summ=0;
for (int j = 0; j <= n; j++) {

    for (int i = 0; i < m; i++)
    {
        summ = summ+matrix2[j][i] * x[i];
    }
    summ = summ - matrix2[j][m];
    r[j] = summ;
}
for (int i = 0; i <= 3; i++) {
    cout << r[i];
    cout << endl;
}
for (int i = m - 1; 0 <= i; i--) {
    delete[] matrix[i];
    delete[] matrix2[i];
}

system("pause");
}

```

При выполнении практических работ студенту необходимо продемонстрировать умение тестировать созданные продукты. Обычно, в зависимости от уровня развития вычислительного мышления, студент применяет несколько стандартных процедур тестирования:

1. Сравнение с результатом, полученным при ручной прокрутке работы метода, в этом случае студенты выполняют самостоятельно или с помощью визуализатора работы методов некоторое малое количество итераций (или шагов) или проверяют алгоритм на задачах малой размерности;
2. Конструирование тестов, для которых точное решение заранее известно или решение задач происходит без погрешности, например, вычисление интеграла для линейной функции методом трапеций;
3. Демонстрация скорости сходимости, т.е. анализ стремления относительной погрешности к нулю с ростом количества разбиений. Например, если

относительная погрешность на каждом шаге уменьшается примерно в 4 раза при увеличении количества разбиений в два раза, то это демонстрирует квадратичную скорость сходимости метода.

Тестирование программ заставляет студентов связать теоретические исследования с практикой, вспомнить теоремы, доказывающие сходимость методов.

У студентов достаточно легко выделить признаки абстрактного и конкретного мышления. Студент с хорошо развитым абстрактным мышлением ищет лучший подход, пробует разные приемы, но иногда достаточно сильно усложняет код программы там, где этого делать не нужно. Студент, у которого более развито конкретное мышление, обычно пишет программы, которые решают узкий круг задач, например, для задач конкретной размерности, что не позволяет быстро перестроить работу метода для решения другой задачи.

В программировании необходимо находить закономерности и зависимости, отражая их в структуре кода, поэтому дополнительно диагностировать абстрактное мышление можно с помощью тестов Р. Амтхауера «выберите лишний объект».

При обучении будущих программистов необходимо подчеркивать важность абстракции, объясняя какие выгоды это даст при реализации программ. Практика показывает, что обсуждение методов со студентами, обладающими хорошим абстрактным мышлением, можно вести с точки зрения концептуальных понятий численных методов, не касаясь специфических особенностей языка программирования, который студент выбрал для реализации численных методов.

На каждом этапе обучения на первое место выходит умение обобщать сведения и выделять наиболее существенные части. Обобщение изучаемых математических понятий позволяет построить внутренние предметные связи, на основе которых знания студентов становятся системными, а при активном

обучении они углубляются и расширяются, что ведет к формированию его интеллектуальных и практических умений и навыков.

*Компонент познавательной активности* оценивается в первую очередь, исходя из анализа самостоятельной работы студента в рамках электронного курса по дисциплине. Возможности СДО Moodle позволяют гибко организовать учебный процесс таким образом, чтобы у студентов была возможность приобретать знания там и тогда, где и когда им это будет удобно. Это формирует базовые навыки для непрерывного обучения в течение всей жизни.

Педагогический эксперимент проводился на студентах 2016-2017 и 2017-2018 годов обучения. Контрольная группа (КГ) студентов 2016-2017 года обучения состояла из 25 человек. Экспериментальная группа (ЭГ) студентов 2017-2018 года также состояла из 25 человек.

В рамках эксперимента было проведено вводное тестирование контрольной и экспериментальной группы для оценки уровня их готовности к освоению курса «Численные методы». Обращает на себя внимание тот факт, что результаты вводного претеста наглядно демонстрируют низкий уровень подготовки студентов по программированию и достаточно высокий по математике (рисунки 28-29), как в контрольной, так и в экспериментальной группе.

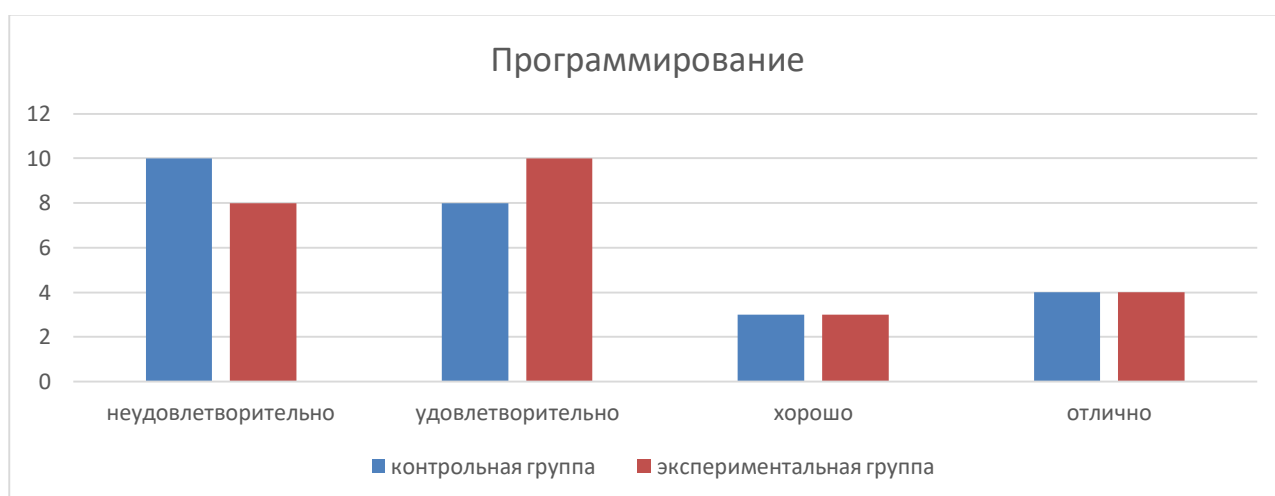


Рисунок 28 – Результаты входного тестирования по программированию

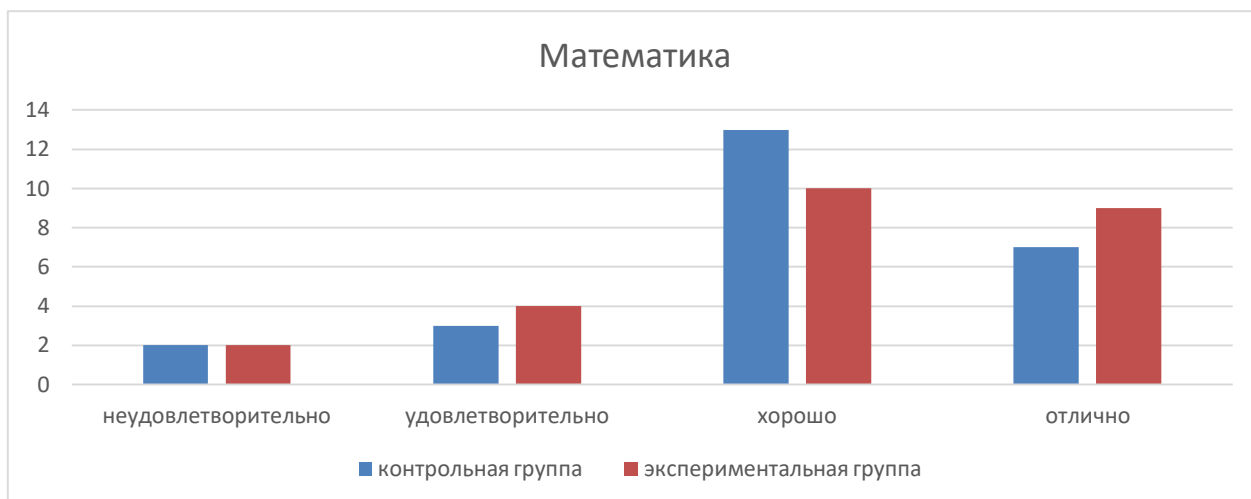


Рисунок 29 – Результаты входного тестирования по математике

Для сравнения распределений объектов двух совокупностей использовался критерий  $\chi^2$  Пирсона. В качестве нулевой гипотезы ( $H_0$ ) рассматривалась следующая: усвоение курса математики и программирования на 1-2 курсах не имеет существенных различий у студентов контрольной и экспериментальной групп.

Результаты вводного претеста без разделения вопросов на вопросы по математике и программированию, распределенные на три категории представлены в таблице 8. В таблице 9 представлена информация о распределении теоретических частот.



Таблица 8 – Результаты вводного претеста

	низкий	средний	высокий	
<b>Контрольная группа</b>	10	11	4	$n_1=25$
<b>Экспериментальная группа</b>	8	11	6	$n_2=25$
	18	22	10	$N=50$

Таблица 9 – Распределение теоретических частот

	низкий	средний	высокий	
<b>Контрольная группа</b>	9	11	5	$n_1=25$
<b>Экспериментальная группа</b>	9	11	5	$n_2=25$
	18	22	10	$N=50$

Таблица 10 – Сводная таблица для вычисления критерия  $\chi^2$  Пирсона

		$T_{\text{эмп}}$	$T_{\text{теор}}$	$(T_{\text{эмп}}-T_{\text{теор}})^2/T_{\text{теор}}$
<b>Контрольная группа</b>	низкий	10	9	0,11
	средний	11	11	0
	высокий	4	5	0,2
<b>Экспериментальная группа</b>	низкий	8	9	0,11
	средний	11	11	0
	высокий	6	5	0,2
Наблюдаемое значение критерия $\chi^2$				0,622

В нашем случае наблюдаемое значение критерия  $\chi^2 = 0,622$ , при числе степеней свободы  $df=2$ . Так как табличное значение  $\chi^2_{\text{крит}}$  при уровне значимости  $p < 0.05$  равно 5,991, можно сделать вывод, что отсутствуют статистически достоверные различия характеристик контрольной и диагностической групп «на начало эксперимента».

При анализе структуры интеллекта оценка результатов тестов выполнялась путем соотнесения с групповыми данными на основе расчёта перцентилей,

которые показывают относительное положение каждого студента в выборке. Эмпирическое распределение тестовых баллов на рисунке 30 разбито на три кварталы. Следует учитывать, что квантильные шкалы относятся к шкалам порядка, т.е. они дают информацию, у кого из испытуемых сильнее выражено тестируемое свойство, но не показывают насколько или во сколько раз сильнее. Таким образом, была выделена группа студентов, у которых умения сравнивать, классифицировать, обобщать понятия, выделять существенные признаки развиты слабее, чем у других. Дальнейшее обучение показало, что именно эти студенты больше всего испытывали проблемы с усвоением курса.

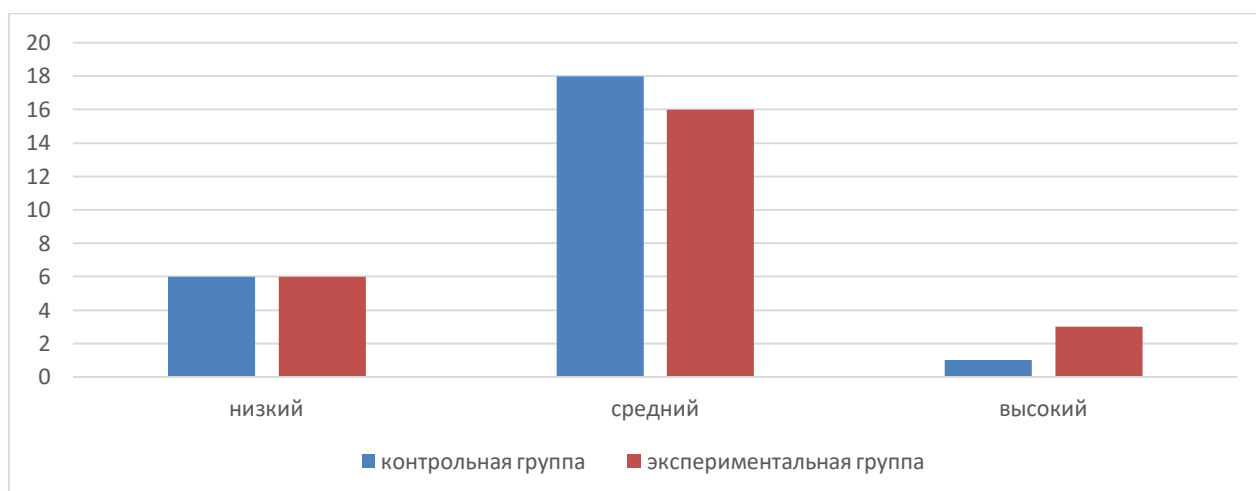


Рисунок 30 – Уровень умственного развития по тесту Амтхауера на начало эксперимента

Студентам было предложено самостоятельно выбрать инструментарий для реализации алгоритмов численных методов. Особенностью студентов экспериментальной группы было то, что 38% из них выбрали не изучаемые ранее инструменты: Python, MatLab, SciLab, что демонстрирует рисунок 31.

Стоит отметить, что студенты изучали новый инструментарий самостоятельно параллельно с изучением дисциплины «Численные методы», что свидетельствует об их хорошем уровне развития когнитивной компетентности.

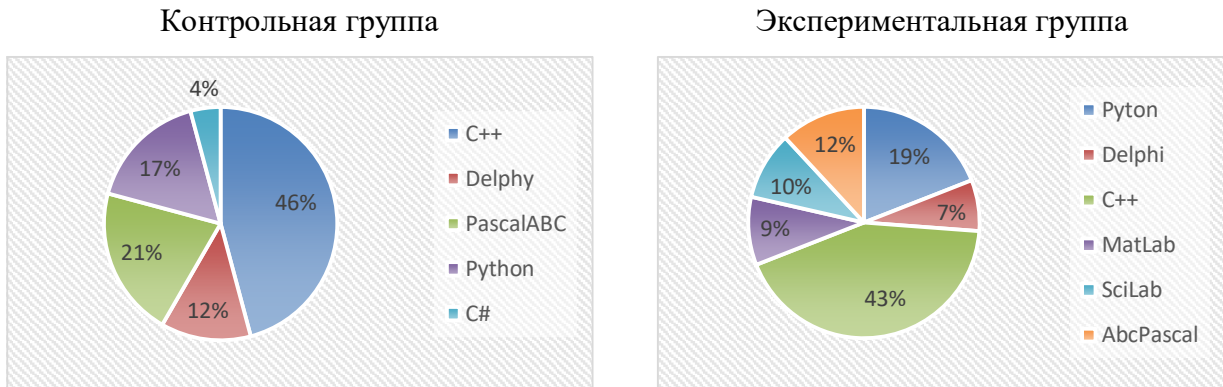


Рисунок 31 – Выбор языков программирования студентами в начале учебного года

Компонент познавательной активности оценивался в первую очередь, исходя из анализа самостоятельной работы студента в рамках электронного курса, создания проектов в рамках ментального практикума, активное использование и наполнение электронного курса.

Студенты получали дополнительные баллы за прохождение лекций-тренажёров, тестов для самоподготовки, создание когнитивных карт по тематике дисциплины, дополнение глоссария.

Каждый уровень развития компонент вычислительного мышления имеет свой вес (1 – низкий, 2 – средний, 3 – высокий). На их основе можно выразить интегрированный вес уровня развития вычислительного мышления для 27 возможных случаев. Согласно полученным весам, выделим в таблице 11 три уровня развития вычислительного мышления.

Таблица 11 – Уровни развития вычислительного мышления

СК	ОК	КПА	Суммарный вес	Уровень развития вычислительного мышления
1	1	1	3	<i>Низкий уровень:</i> студент владеет необходимым минимумом знаний по программированию; не разбивает программу на отдельные модули; используя базовые алгоритмические конструкции, может понять и реализовать несложные численные методы для конкретной задачи; испытывает трудности при обосновании применимости численных методов для решения математических задач; испытывает трудности при отладке программ, построении тестовых расчётов и обосновании результатов вычислений; не проявляет активности, интереса и самостоятельности при изучении дисциплины «Численные методы».
1	2	1	4	
2	1	1	4	
1	1	2	4	
1	3	1	5	<i>Средний уровень:</i> студент владеет большей частью необходимых знаний по программированию; корректно разбивает программу на отдельные модули; реализует типовые численные методы для решения класса аналогичных задач различной размерности; может обосновать выбор метода решения математических задач; владеет технологиями отладки программ, может доказать правильность работы программы на основании проведенных тестовых расчётов; наблюдается избирательное отношение к изучению дисциплины; проявляется эпизодическая активность.
2	2	1	5	
3	1	1	5	
1	2	2	5	
2	1	2	5	
1	1	3	5	
2	3	1	6	
3	2	1	6	
1	3	2	6	
2	2	2	6	
3	1	2	6	
1	2	3	6	
2	1	3	6	
3	3	1	7	<i>Высокий уровень:</i> студент владеет несколькими языками программирования; разрабатывает программы для решения класса подобных задач, используя модульный подход; видит возможные проблемы при реализации алгоритмов; корректно обосновывает выбор метода решения задачи в зависимости от её постановки, может свести задачу к уже решенной ранее; грамотно обосновывает
2	3	2	7	
3	2	2	7	
1	3	3	7	
2	2	3	7	

3	1	3	7	полученный результат, конструируя тесты, подтверждающие правильность работы программы, проявляет активность в поиске более эффективных методов решения; студент мотивирован на профессиональный рост, проявляет интерес к практическому применению знаний в других областях.
3	3	2	8	
2	3	3	8	
3	2	3	8	
3	3	3	9	

Результаты студентов контрольной и экспериментальной группы на начало эксперимента и на момент его завершения приведены ниже (рисунки 32-33).

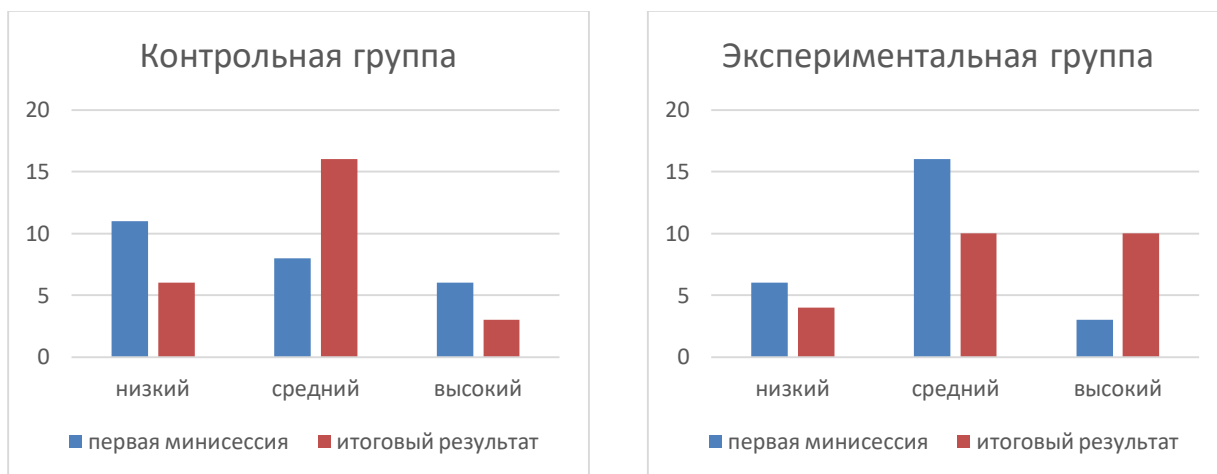


Рисунок 32 – Результаты диагностики вычислительного мышления

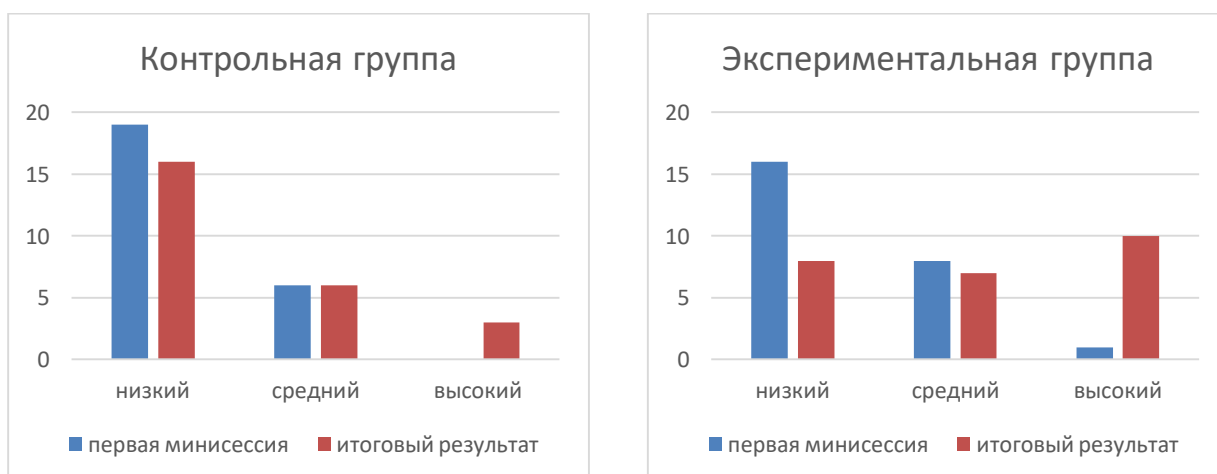


Рисунок 33 – Результаты успеваемости по дисциплине «Численные методы»

В качестве нулевой гипотезы ( $H_0$ ) будем рассматривать следующую: усвоение дисциплины «Численные методы» не зависит от изменений, предложенных в методике преподавания. Альтернативную гипотезу ( $H_1$ ) сформулируем так: уровни обучения в двух группах различны и это различие вызвано использованием предложенных когнитивных средств обучения.

Вычисленные значения критерия  $\chi^2$  Пирсона представлены в таблицах 12-13.

Таблица 12 – Эмпирические значения критерия  $\chi^2$  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 13 – Эмпирические значения критерия  $\chi^2$  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

Проведенное 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 по дисциплине «Численные методы» после проведения эксперимента представлено на рисунке 34.

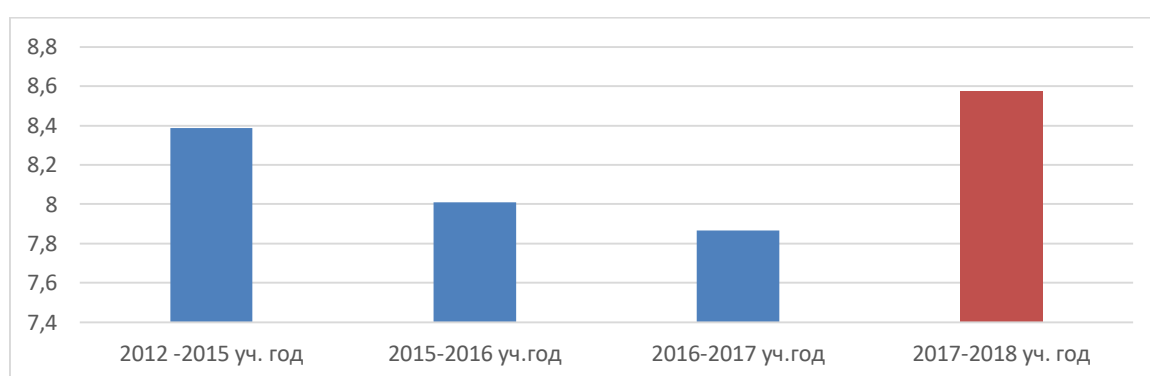


Рисунок 34 – Средний балл по результатам минисессий

## ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2

1. Показано, что совершенствование методической системы обучения студентов курсу «Численные методы» с позиций развития их расчётно-математического типа вычислительного мышления необходимо проводить по всем ее компонентам: расширение целей предметного обучения, привлечение когнитивных средств и методов обучения, использованием электронных онлайн курсов и преимуществ смешанной формы обучения.
2. Созданы концептуальные карты по всем темам дисциплины «Численные методы», динамические вычислительные тренажёры, которые обеспечивают когнитивный характер обучения.

3. Разработан и внедрен в реальный учебный процесс электронный курс, разработанный на базе LMS Moodle для студентов 3 курса Института математики и фундаментальной информатики СФУ, включающий лекции-тренажеры и дуальный межпредметный ментальный практикум для организации их самостоятельной учебной деятельности.
4. Проведено совершенствование методики преподавания дисциплины «Численные методы», учитывающее развитие вычислительного мышления студентов, с помощью визуализации алгоритмических расчетных схем и активизации познавательной самостоятельности студентов в процессе аудиторной и самостоятельной работы.
5. Экспериментально подтверждена результативность предложенного подхода к обучению дисциплине «Численные методы».



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты и выводы проведенного исследования заключаются в следующем:

1. Анализ подходов к преподаванию дисциплины «Численные методы» в университетском образовании показал, что курс является сложным и трудоемким для освоения, традиционные методики слабо учитывают особенности мышления студентов. При этом усиливается тенденция к увеличению содержательного объема дисциплины и уменьшению аудиторного времени на ее 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». *Вычислительное мышление (расчётно-математический тип) – 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 приемом, либо неизвестным отображением, для которого можно реализовать алгоритм получения ответа. Цепочка продолжается до получения данных в форме, допускающей анализ постановки задачи для её пересмотра.* Выявленная сущность вычислительного мышления позволила определить его трехкомпонентную структуру (когнитивный компонент,

операционный компонент и компонент познавательной активности) и создать критериальную модель диагностики уровня ее 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 путем уточнения целей обучения, использования оригинальных когнитивно-визуализированных средств обучения и динамических вычислительных тренажеров (когнитивные карты, визуальные симуляторы, лекции-тренажеры, тесты-тренажеры), применения методов смешанного обучения.
4. Разработан и внедрен в реальный учебный процесс электронный курс на базе LMS Moodle (адрес <https://e.sfu-kras.ru/course/view.php?id=2423>), 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» (Приложение Ж) .
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 их уровня 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».

Таким образом, поставленные задачи исследования решены в полном объеме, принятая гипотеза исследования получила подтверждение.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдеев, Р. Ф. Философия информационной цивилизации / Р. Ф. Абдеев. – М.: ВЛАДОС, 1994. – 336 с.
2. Абраменкова, В. В. Психология: Словарь / В. В. Абраменкова и др. Под общ. ред.: А. В. Петровского, М. Г. Ярошевского. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Политиздат, 1990. – 494 с.
3. Аванесов, В. С. Метрическая система Георга Раша – RASCH MEASUREMENT (RM) / В. С. Аванесов // Педагогические измерения. – М.: Изд-во НИИ школьных технологий, 2010. – № 2. – С. 3–36. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://testolog.narod.ru/Theory68.html> (дата обращения: 29.11.2019).
4. Аванесов, В. С. Основы научной организации педагогического контроля в высшей школе / В. С. Аванесов // Педагогическая диагностика. – 2002. – № 1. – С. 41–43.
5. Аванесов, В. С. Применение заданий в тестовой форме и квантованных учебных текстов в новых образовательных технологиях педагогические измерения / В. С. Аванесов // Педагогические измерения. – М.: Издательство: НИИ школьных технологий, 2012. № 2. – С. 75–91.
6. Аванесов, В. С. Теория и методика педагогических измерений / В. С. Аванесов. – М.: Адепт, 2013. – 176 с.
7. Александров, Г. Н. Педагогические системы, педагогические процессы и педагогические технологии в современном педагогическом знании / Г. Н. Александров, Н. И. Иванкова., Н. В. Тимошкина, Т. Л. Чшиева // Educational Technology & Society. – 2000. – № 3 (2). – С. 134–148.
8. Алексеев, Н. А. Личностно-ориентированное обучение; вопросы теории и практики: Монография / Н. А. Алексеев – Тюмень: изд-во Тюменского государственного университета, 1996. – 216 с.

9. Ананьев, Б. Г. Человек как предмет познания психологии / Б. Г. Ананьев. – СПб: Питер, 2001. – 288 с.
10. Андерсон, Дж. Когнитивная психология / Дж. Андерсон. – Изд. 5-е – СПб.: Питер, 2002. – 496 с.
11. Анисимова, Э. С. Методика применения математического пакета Scilab в преподавании дисциплины «Численные методы» / Э. С. Анисимова // Проблемы и перспективы информатизации физико-математического образования: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Казань: КФУ, 2016. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://dspace.kpfu.ru/xmlui/handle/net/109088>.
12. Анисимова, Э. С. Об особенностях использования дистанционных курсов в образовательном процессе на примере дисциплины «Численные методы» / Э. С. Анисимова // EUROPEAN SCIENTIFIC CONFERENCE: сборник статей победителей IV Международной научно-практической конференции. Ч. 3. – Пенза: МЦНС: Наука и Просвещение, 2017. – С. 57–60.
13. Арнхейм, Р. Визуальное мышление / Р. Арнхейм // Хрестоматия по общей психологии. Психология мышления. Под ред. Ю. Б. Гиппенрейтер, В. В. Петухова. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – С. 97–107.
14. Асташова, Т. А. Современная лекция в вузе глазами студентов и преподавателей / Т. А. Асташова // ОТО. – 2017. – № 3. – С. 299–308. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennaya-lektsiya-v-vuze-glazami-studentov-i-prepodavateley> (дата обращения: 29.11.2019).
15. Ахметова, Л. В. Когнитивная сфера личности – психологическая основа обучения / Л. В. Ахметова // Вестник ТГПУ. – 2009. – Выпуск 9 (87). – С. 108–115.

16. Баженова, И. В. Проективно-рекурсивная технология обучения в личностно-ориентированном образовании / И. В. Баженова, Н. И. Пак // Педагогическое образование в России. – 2016. – № 7. – С.7–15.

17. Баженова, И. В. От проективно-рекурсивной технологии обучения к ментальной дидактике: Монография / Баженова И. В., Бабич Н., Пак Н. И. – Красноярск: СФУ, 2016. – 160 с.: ISBN 978-5-7638-3508-3. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/966979> .

18. Балабко, Л. В. Применение дистанционного обучения при изучении дисциплины «Численные методы» / Л. В. Балабко // Сборник статей III международной научно-практической конференции: в 2 ч. Ч. 1. – Пенза. МЦНС: «Наука и просвещение», 2018. – С. 146–148.

19. Бархатова, Д. А. Методика визуализированного обучения педагогов-бакалавров профиля «Информатика» дисциплинам предметной подготовки: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. – Красноярск: КГПУ им. В.П. Астафьева, 2011. – 26 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [elib.sfu-kras.ru/bitstream/2311/2549/1/barhatova.pdf](http://elib.sfu-kras.ru/bitstream/2311/2549/1/barhatova.pdf).

20. Бахвалов, Н. С. Численные методы / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. – 6-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 636 с.

21. Бахвалов, Н. С. Численные методы / Н. С. Бахвалов. – М.: Наука, 1975. – 632 с.

22. Беленкова, И. В. Методика использования математических пакетов в профессиональной подготовке студентов вуза: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08 / И. В. Беленкова. – Екатеринбург, 2004. – 23 с.

23. Беликов, В. В. Инструментарий анализа содержания обучения дисциплине «Численные методы» / В. В. Беликов // Вестник РУДН. Серия: Информатизация образования. – М.: РУДН, 2009. – № 2. С. 75–77.

24. Беликов, В. В. Обучение численным методам в условиях информатизации образования / В. В. Беликов // Вестник РУДН. Серия: Информатизация образования. – М.: РУДН, 2006. – № 1(3). – С.125–128.

25. Беликов, В. В. Развитие методической системы обучения численным методам в условиях фундаментализации высшего математического образования: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / В. В. Беликов. – М., 2011. – 22 с.

26. Беликова, В. В. Педагогическая диагностика межличностных отношений в учебной группе курсантов: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01 / В. В. Беликова. – СПб., 2009. – 22 с.

27. Белоцерковский, О. М. Численное моделирование в механике сплошных сред / О. М. Белоцерковский. – М.: Наука, 1994. – 442 с.

28. Березин, И. С. Методы вычислений: В 2 т. Т. 1. / И. С. Березин., Н. П. Жидков. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1966. – 632 с.

29. Берулава, Г. А. Методологические основы деятельности практического психолога: учебное пособие / Г. А. Берулава. – М.: Высшая школа, 2003. – 64 с.

30. Беспалько, В. П. Слагаемые педагогической технологии / В. П. Беспалько. – М.: Педагогика, 1989. – 192 с.

31. Болотов, В.А. Компетентностная модель: от идеи к образовательной программе Текст. / В.А. Болотов, В.В. Сериков // Педагогика. 2003. – № 10. – С. 8– 4.

32. Веккер, Л. М. Психические процессы: В 3-х т. Т. 2. Мышление и интеллект / Л. М. Веккер. – Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1976. – 342 с.

33. Величковский, Б. М. Когнитивная наука: Основы психологии познания : В 2 т. Т. 1 / Б. М. Величковский. – М.: Смысл : Издательский центр «Академия», 2006. – 448 с.

34. Величковский, Б. М. Современная когнитивная психология / Б. М. Величковский. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. – 336 с.
35. Вербицкий, А. А. Активное обучение в высшей школе: контекстный подход / А. А. Вербицкий. – М.: «Высшая школа», 1991. – 207 с.
36. Водолазская, И. В. Об одном из вариантов использования компьютеров в процессе обучения в техническом университете / И. В. Водолазская // Физическое образование в вузах. – 2001. – № 1. – С. 98–106.
37. Водолазская, И. В. Об одном из вариантов использования компьютеров в процессе обучения в техническом университете / И. В. Водолазская // Физическое образование в вузах. – 2001. – № 1, – С. 98–106.
38. Воеводин, В. В. Численные методы алгебры. Теория и алгоритмы / В. В. Воеводин. – М.: Наука, 1966. – 248 с.
39. Выготский, Л. С. Мышление и речь / Л. С. Выготский. – М.: Государственное социально-экономическое издательство, 1934. – 325 с.
40. Гальперин, П. Я. Развитие исследований по формированию умственных действий / П. Я. Гальперин. Психологическая наука в СССР. В 2 т. Т. 1. – Москва.: Изд-во АПН РСФСР, 1959.
41. Гальперин, П. Я. Формирование знаний и умений на основе теории поэтапного усвоения умственных действий / П. Я. Гальперин, Н. Ф. Талызина. – Издательство: издательство Московского университета, 1968. – 133 с.
42. Годунов, С. К. Разностные схемы. Введение в теорию / С. К. Годунов, В. С. Рябенский. – 2-е изд. – М.: Наука, 1977. – 440 с.
43. Грушевский, С. П. Сгущение учебной информации в профессиональном образовании: Монография / С. П. Грушевский, А. А. Остапенко. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2012. – 188 с.
44. Гуревич, К. М. Психологическая диагностика: учебное пособие / К. М. Гуревич, Е. М. Борисова. М.: изд-во УРАО, 1997. – 182 с.

45. Гутник, И. Ю. Педагогическая диагностика образованности школьников. Теория. История. Практика / И. Ю. Гутник. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2000. – 157 с.
46. Давыдов, В. В. Виды обобщения в обучении / В. В. Давыдов. – М.: Педагогика, 1972. – 424 с.
47. Давыдов, В. В. Теория развивающего обучения / В. В. Давыдов. – М.:ИНТОР, 1996. – 544 с.
48. Далингер, В. А. Когнитивно-визуальный подход к обучению математике как фактор успешности ученика в учебном процессе / В. А. Далингер // Международный журнал экспериментального образования, 2016. – № 5 (часть 2) – С. 206–209.
49. Данилов, М. А. Дидактика / М. А. Данилов, Б. П. Есипов. – М.: Издательство АПН РСФСР, 1957. – 519 с.
50. Деза, Е. И. Методика реализации курса «Численные методы» в условиях смешанного обучения студентов / Е. И. Деза // Проблемы современного образования. – 2016. – № 2. – С. 158–162. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://www.pmedu.ru/index.php/ru/2016-god/nomer-2> (дата обращения: 20.10.2019).
51. Деменчёнок, О. Математические основы Rasch Measurement / О. Деменчёнок // Педагогические измерения. – М.: Изд-во НИИ школьных технологий, 2010. – № 1. – С. 27–46.
52. Демидович, Б. П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения / Б. П. Демидович, И.А.Марон, Э. З. Шувалова. – М.: Издательство «Наука». Главная редакция физико-математической литературы, 1967. – 368 с.
53. Дородницын, А. А. Избранные научные труды: В 2 т. Т. 1. / А. А. Дородницын. Отв. ред. Ю. Д. Шмыглевский. – М.: ВЦ РАН, 1997. 396 с.



54. Дьячук, П. П. Индивидуализация обучения математике студентов посредством сочетания самоуправления учебной деятельностью и внешнего управления в электронной проблемной среде: автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02 / П. П. Дьячук. – Красноярск: СФУ, 2017. – 44 с.

55. Евграфов, М. А. TEX: Руководство по набору и редактированию математических текстов / М. А. Евграфов, Л. М. Евграфов. – М.: Физматлит, 1993. – 80 с.

56. Евплова, Е. В. Методика профессионального обучения: учебно-методическое пособие / Е. В. Евплова, Е. В. Гнатышина, И. И. Тубер. – Челябинск, 2015. – 159 с.

57. Ершов, А. П. Школьная информатика в СССР: От грамотности к культуре / А. П. Ершов // Информатика и образование. – 1987. – № 6. – С. 3–11.

58. Ершов, А. П. Школьная информатика: концепции, состояния, перспективы / А. П. Ершов, Г. А. Звенигородский, Ю. А. Первин. – Препринт №152. – Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1979. – 51 с. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/805749> (дата обращения: 28.11.2019).

59. Журавлева, Е. Ю. Эпистемический статус цифровых данных в современных научных исследованиях / Е. Ю. Журавлева // Вопросы философии. – 2012. – № 2. С. 113–123.

60. Заварыкин, В. М. Численные методы. Учеб. пособие для студентов физ.-мат. спец. пед. ин-тов / В. М. Заварыкин, В. Г. Житомирский, М. П. Лапчик. – М.: Просвещение, 1990. – 176 с.

61. Зализняк, В. Е. Численные методы. Основы научных вычислений : учебник и практикум для академического бакалавриата / В. Е. Зализняк. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Издательство Юрайт, 2015. – 356 с. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/bcode/383829> (дата обращения: 26.11.2019).

62. Занков, Л. В. Избранные педагогические труды / Л. В. Занков. – 3-е изд., доп. – М.: Дом педагогики, 1999. – 608 с
63. Зимняя, И. А. Компетентностный подход. Каково его место в системе подходов к проблемам образования / И.А. Зимняя // Высшее образование сегодня. – 2006. – № 8.
64. Ижденева, И. В. Методика ментально-контекстного обучения информатическим дисциплинам будущих педагогов-психологов: дис.... канд. пед. наук: 13.00.02 / И. В. Ижденева. – Красноярск, 2015. – 207 с.
65. Исаков, В. Б. Элементы численных методов: Учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности Математика группы Педагогические специал. – М.: Академия, 2003. – 192 с.
66. Ингенкамп, К. Педагогическая диагностика / К. Ингенкамп. – М.: Педагогика, 1991. – 240 с.
67. Кадневский, В. М. Генезис тестирования в истории отечественного образования: автореф. дис. ...д-р пед. наук: 13.00.01 / Кадневский В. М. – Омск, 2007. – 49 с.
68. Калиткин, Н. Н. Численные методы / Н.Н. Калиткин. – М.: Наука, 1978. – 512 с.
69. Капустин, Ю. К. Педагогические и организационные условия эффективного сочетания очного обучения и применения технологий дистанционного образования: автореф. дис.... д-ра пед. наук: 13.00.02 / Ю. К. Капустин. – Москва, 2007. – 40 с.
70. Квасов, Б. И. Численные методы анализа и линейной алгебры. Использование Matlab и Scilab: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 328 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
71. Киселева, Т. В. Обучающий тест как средство реализации компетентностного подхода при подготовке школьников к ОГЭ по русскому языку / Т. В. Киселева, В. Л. Слобожанина // Теория и практика образования в

современном мире: материалы VIII Междунар. науч. конф. – СПб.: Свое издательство, 2015. – С. 37–39. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/185/9140/> (дата обращения: 16.11.2019).

72. Клунникова, М. М. О подходах к определению понятия «вычислительное мышление» / М. М. Клунникова, Т. П. Пушкарева // Инновации в образовательном пространстве: опыт, проблемы, перспективы: сборник научных статей. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2016. – С. 35-39.

73. 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.

74. 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.

75. Клунникова, М. М. Дидактический потенциал дисциплины «Численные методы» для формирования вычислительного мышления студентов / М. М. Клунникова, Т. П. Пушкарева // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева . – 2017. – № 2. – С.74–77.

76. Клунникова, М. М. Методы и средства развития вычислительного мышления при обучении дисциплине «Численные методы» / М. М. Клунникова, Т. П. Пушкарева // 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](http://e-notabene.ru/pp/article_23067.html).

77. Клунникова, М. М. Метод характеристик в задачах идеальной пластичности [Text] : 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 .

78. Клуникова, М. М. 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 Клуникова, В.Е Распопов. – Красноярск : СФУ, 2017. – с. – Б. ц.

79. Клуникова, М. М. Численное решение задач для обыкновенных дифференциальных уравнений: учебно-методическое пособие [Текст] / сост. В. Е.Распопов, М. М. Клуникова. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т., 2012. – 88 с.

80. Клуникова, М. М. Создание динамических обучающих элементов для LMS Moodle / М. М. Клуникова, П. А. Арнольд // Информатизация образования и методика электронного обучения : Материалы III Международной научной конференции / Сибирский федеральный университет ; Информатизация образования и методика электронного обучения (2019; 24.09 - 27.09 ; Красноярск) : Сибирский федеральный университет, 2019. – Часть II. – С. 121– 125. – ISBN 978-5-7638-3999-9.

81. 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.

82. 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 ; Информатизация образования и методика электронного обучения (2018 ; 25.09 - 28.09 ; Красноярск) : Сибирский федеральный университет, 2018. – Часть II. – С. 121– 25 . – ISBN 978-5-7638-3999-9.

83. Клуникова, М. М. Алгоритм прямого метода характеристик для гиперболических систем квазилинейных уравнений первого порядка / М. М. Клуникова, В. М. Садовский // Решетневские чтения. – 2012. – Т.2, № 16. – С. 540–541. – ISSN 1990-7702.

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

85. Князева, Е. Н. Сознание как синергетический инструмент / Е. Н. Князева // Вестник международной Академии наук (Русская секция). – 2008. – № 2. – С. 55–59.

86. Корнилов, В. С. История развития вычислительной математики – компонента гуманитарного потенциала обучения численным методам / В. С. Корнилов // Вестник РУДН. Серия: Информатизация образования. – М.: РУДН, 2010. № 4. – С. 77–83.

87. Корнилов, В. С. Применение методов информатизации при обучении студентов численным методам / В. С. Корнилов, В. В. Беликов // Вестник РУДН. Серия: Информатизация образования. – М.: РУДН, 2009. – № 3. С. 70–73.

88. Корнилов, В. С. Обучение численным методам как фактор расширения научного мировоззрения студентов / В.С. Корнилов, В.В. Беликов // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Информатика и информатизация образования. – С. 70–74.

89. Крысько, В. Г. Психология и педагогика: схемы и комментарии / В. Г. Крысько – М.: Владос-Пресс, 2001. – 368 с.

90. Кузнецова, И. А. Обучение моделированию студентов-математиков педвуза в процессе изучения курса «Математическое моделирование и численные

методы» : Дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / И. А. Кузнецова. – Арзамас, 2002. – 207 с.

91. Кушниренко, А. Г. 12 лекций о том, для чего нужен школьный курс информатики и как его преподавать: методическое пособие / А. Г. Кушниренко, Г. В. Лебедев. – М: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 464 с.

92. Лапчик, М. П. Численные методы. Учебное пособие для студентов вузов. / М. П. Лапчик, М. И. Рагулина, Е. К. Хеннер; под ред. М. П. Лапчика. – М.: Издательский центр «Академия», 2004 г. – 384 с.

93. Лебедева, Т. Н. Формирование алгоритмического мышления школьников в процессе обучения рекурсивным алгоритмам в профильных классах средней общеобразовательной школы: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Т. Н. Лебедева. – Екатеринбург, 2005. – 20 с.

94. Леонтьев, А. Н. Деятельность. сознание. Личность / А. Н. Леонтьев. – М: Политиздат, 1975. – 304 с.

95. Ломов, Б. Ф. Системность в психологии : избранные психологические труды / Б.Ф. Ломов. – М.: издательство Московского психолого-социального института. – Воронеж: НПО МОДЭК, 2003. – 424 с.

96. Ломоносова, Н. В. Система смешанного обучения в условиях киберсоциализации студентов вуза / Н. В. Ломоносова // Электронный научно-публицистический журнал «Номо Cyberus». – 2017. – № 2 (3). – С. 80–92.

97. Лученкова, Е. Б. Смешанное обучение математике: практика опередила теорию / Е. Б. Лученкова, М. В. Носков, В. А. Шершнева // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. – 2015. – № 1 (31). – С. 54–59.

98. Ляшко, М. А. О возможности реализации полного курса численных методов в Excel / М. А. Ляшко // Научно-практический журнал «Гуманизация образования». – 2014. – № 5. С. 21–23.

99. Ляшко, М. А. Численные методы в Excel [Текст] : учеб.-методич. пособие для студентов вузов / М. А. Ляшко, Е .А. Бекетова; под общ. ред. М. А. Ляшко. – Балашов: Николаев, 2012. – 240 с.
100. Майоров, А. Н. Теория и практика создания тестов для системы образования / А. Н. Майоров. – М.: Интеллект-центр, 2012. – 296 с.
101. МакФарланд, Д. JavaScript и jQuery. Исчерпывающее руководство / Д. МакФарланд. Перевод М. А. Райтман. – М.: Эксмо, 2017. – 880 с.
102. Манин, Ю. И. Математика как метафора / Ю. И. Манин. – М.: МЦНМО, 2008. – 400 с.
103. Манько, Н. Н. Когнитивная визуализация педагогических объектов в современных технологиях обучения / Н. Н. Манько // Образование и наука. – 2009. – № 8 (65). – С. 10–30.
104. Маркелова, О. В. Методика развития познавательной активности студентов техникума в процессе обучения информатике: Дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / О.В. Маркелова. – Красноярск, 2019. – 191 с.
105. Маркушевич, А. И. Об очередных задачах преподавания математики в школе / А. И. Маркушевич // На путях обновления школьного курса математики. – М.: Просвещение, 1978. – С. 29-48. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: [https://russianclassicalschool.ru/biblio/06\\_mat\\_doplit.pdf](https://russianclassicalschool.ru/biblio/06_mat_doplit.pdf) (дата обращения: 28.11.2019).
106. Марчук, Г. И. Методы вычислительной математики. / Г. И Марчук. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1980. – 536 с.
107. Международное общество по технологиям в образовании (ISTE) и научная ассоциация учителей информатики (CSTA) [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://www.iste.org/docs/ct-documents/computational-thinking-operational-definition-flyer.pdf?sfvrsn=2> (дата обращения 19 апреля 2016 г.)
108. Мудров, А. Е. Численные методы для ПЭВМ на языках Бейсик, Фортран и Паскаль / А . Е. Мудров. – Томск: МП «РАСКО», 1991. – 272 с.

109. Нагаева, И. А. Смешанное обучение в современном образовательном процессе: необходимость и возможности / И. А. Нагаева // Отечественная и зарубежная педагогика. – 2016. – № 6. – С. 56–67.

110. Найссер, У. Познание и реальность. Смысл и принципы когнитивной психологии / У. Найссер. – М.: Прогресс, 1981. – 232 с.

111. Новиков, А. М. Методология научного исследования. / А. М. Новиков, Д. А. Новиков. – М.: Либроком, 2010. – 280 с.

112. Носков, М. В. Компетентностный подход к обучению математике / М. В. Носков, В. А. Шершнёва // Высшее образование в России. – 2005. – № 4. – С. 36–39.

113. О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации [Электронный ресурс]: указ Президента РФ от 31.12.2015 N 683 // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

114. О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы [Электронный ресурс]: указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 г. № 203 // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

115. Об утверждении Стратегии развития отрасли информационных технологий в Российской Федерации на 2014–2020 годы и на перспективу до 2025 года [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства РФ от 01.11.2013 N 2036-р ред. от 18.10.2018 // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

116. Осипова, О. П. Процесс создания и внедрения электронных образовательных ресурсов / О. П. Осипова // Народное образование. – 2015.– № 4. – С. 127–133.

117. Павлова, Е. Д. Информационный подход к решению проблемы сознания / Е. Д. Павлова // Актуальные проблемы современной науки. – 2007. – № 1 (33). – С. 15–16.



118. Пак, Н. И. О концепции информационного подхода в обучении / Н. И. Пак // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В. П. Астафьева. – Красноярск: КГПУ им. В.П. Астафьева, 2011. – № 1. – С. 91–97.

119. Пак, Н. И. О модели мышления и ментальных схемах // Решетневские чтения : материалы XVIII Междунар. науч. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения генер. конструктора ракет.-космич. систем акад. М. Ф. Решетнева (11–14 нояб. 2014, г. Красноярск). В 3 ч. Ч. 3. Практико-ориентированное обучение в профессиональном образовании: проблемы и пути развития : материалы Науч.-практ. конф., проводимой в рамках XVIII Междунар. науч. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения генер. конструктора ракет.- космич. систем акад. М. Ф. Решетнева / под общ. ред. Ю. В. Ерыгина ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2014. – С. 306-310.

120. Пальчикова, И. Н. Совершенствование подготовки будущих учителей информатики по вычислительной математике: Дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / И. Н. Пальчикова. – СПб., 1999. – 202 с.

121. Паспорт федерального проекта «Кадры для цифровой экономики» [Электронный ресурс]: утв. президиумом Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности. Протокол от 28.05.2019 № 9 // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

122. Петрова, Л. С. Применение системы MathCAD при обучении студентов-теплоэнергетиков численным методам решения задач теплопроводности / Л. С. Петрова // Сборник конференций НИЦ Социосфера. – 2015. – С. 127–129.

123. Пиаже, Ж. Аффективное бессознательное и когнитивное бессознательное / Жан Пиаже: теория, эксперименты, дискуссии. – М., 2001. – 258 с.

124. Подласый, И. П. Педагогика: учеб. для студ. пед. вузов / И. П. Подласый. – М.: Просвещение : Владос, 1996. – 432 с.

125. Подлиняев, О. Л. Личностно-центрированный подход как основа сопровождения студентов на этапе адаптации к обучению в вузе / О. Л. Подлиняев, О. А. Молокова // Теория и практика общественного развития. – 2013. – № 11. – С.161–166.

126. Поршневу, С. В. Вычислительная математика. Курс лекций. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 320 с.: ил. ISBN 5-94157-400-2.

127. Послание Президента Федеральному Собранию 1 марта 2018 года // Сайт президента России. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://kremlin.ru/events/president/news/56957> (дата обращения: 12.05.2019).

128. Профессиональный стандарт «Программист», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 18 ноября 2013 г. № 679н «Об утверждении профессионального стандарта «Программист» // Справочная правовая система «Гарант». [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://www.garant.ru/> (дата обращения: 28.11.2019).

129. Профессиональный стандарт «Системный аналитик», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 28 октября 2014 г. № 809н «Об утверждении профессионального стандарта «Системный аналитик» // Справочная правовая система «Гарант». [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://www.garant.ru/> (дата обращения: 28.11.2019).

130. Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 4 марта 2014 г. № 121н «Об утверждении профессионального стандарта

«Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам» // Справочная правовая система «Гарант». [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://www.garant.ru/> (дата обращения: 28.11.2019).

131. Пышкало, А. М. Методическая система обучения геометрии в начальной школе: Авторский доклад по монографии «Методика обучения элементам геометрии в начальных классах», представленной на соискание ... д-ра пед. наук / А. М. Пышкало. М.: Академия пед. наук СССР, 1975. – 60 с.

132. Рагулина М. И. Компьютерные технологии в математической деятельности педагога физико-математического направления: Дис. ... д-ра. пед. наук: 13.00.02 / М. И. Рагулина. – Омск, 2008. – 365 с.

133. Роджерс, К. Свобода учиться / К. Роджерс, Д. Фрейберг. – М.: Смысл, 2002. – 527 с.

134. Рожкова, О. В. Современное инженерное образование в условиях «информационного взрыва» / О. В. Рожкова, Н. В. Яковенко, Н. Ю. Галанова // Инженерное образование. – Ассоциация инженерного образования, 2016. – № 19. – С. 159–169.

135. Рубинштейн, С. Л. Основы общей психологии / С. Л. Рубинштейн. – СПб.: Питер, 2002. – 720 с.

136. Рябухина, Е. А. Методическая система обучения вычислительной математике как инварианта специальных технических курсов: Дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Е. А. Рябухина. – Саранск, 1999. – 232 с.

137. Рябых, А. В. Методика преподавания раздела «Математическое моделирование и организация вычислительного эксперимента» в курсе информатики: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / А. В. Рябых. – СПб., 1998. – 14 с.

138. Садовский, В. Н. Основания общей теории систем. Логико-методологический анализ / В. Н. Садовский. – М.: Наука, 1974. – 280 с.

139. Самарский, А. А. Теория разностных схем / А. А. Самарский. – М.: Наука, 1989. – 616 с.
140. Самарский, А. А. Численные методы: учеб. пособие для вузов / А. А. Самарский, А. В. Гулин. – М.: Наука, 1989. – 432 с.
141. Сидоров, С. В. Возможности использования ментальных карт в процессе повышения квалификации учителей / С. В. Сидоров // Научное обеспечение системы повышения кадров. – 2013. – №1 (14). С. 43–47.
142. Скибицкий, Э. Г. Методика профессионального обучения / Э. Г. Скибицкий, И. Э. Толстова, В. Г. Шефель. – Новосибирск: НГАУ, 2008. – 166 с.
143. Слинкина, И. Н. Использование компьютерной техники в процессе развития алгоритмического мышления у младших школьников : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / И. Н. Слинкина. – Екатеринбург, 2000. – 192 с.
144. Соболев, С. К. Классическая и вычислительная математика в обучении студентов технического университета / С. К. Соболев, Л. М. Будовская // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. – 2016. – № 07. – С. 242–250.
145. Соловьёв, В. П. Организация учебного процесса для повышения качества образования / В.П. Соловьёв, Т.А. Перескокова // Высшее образование сегодня. Российский новый университет. – М., 2014. – № 10. – С. 98–106.
146. Солсо, Р. Когнитивная психология / Р. Солсо. – СПб.: Питер, 2002. – 592 с.
147. Степанова, Г. Н. Обновление содержания физического образования в основной школе на основе информационного подхода : Дис. ... д. пед. наук: 13.00.02. / Г. Н. Степанова. – М., 2002. – 443 с.
148. Степанова, Т. А. Методическая система обучения курсу «Численные методы» в условиях информационно-коммуникационной предметной среды: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Т. А. Степанова. – Красноярск, 2003. – 28 с.

149. Стефанова, Н. Л. Теоретические основы развития системы методической подготовки учителя математики в педагогическом вузе: Дис. ... д-ра пед. наук / Н. Л. Стефанова. – СПб., 1996. – 366 с.

150. Сушенцов, А. А. Методика обучения численным методам оптимизации с использованием программно-методических комплексов: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01, 13.00.02/ А. А. Сушенцов. – Йошкар-ола, 2003. – 20 с.

151. Татур Ю. Г. Компетентностный подход в описании результатов и проектировании стандартов высшего профессионального образования: МАТЕРИАЛЫ ко второму заседанию методологического семинара. Авторская версия. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2004. – 17 с.

152. Тихонов, А. Н. Численные методы решения некорректных задач / А. Н. Тихонов, А. В. Гончарский, В. В. Степанов, А. Г. Ягола. – М.: Наука, 1990. – 232 с.

153. Туник, Е. Е. Тест интеллекта Амтхауэра. Анализ и интерпретация данных / Е. Е. Туник. – СПб.: Речь, 2009. – 96 с.

154. Турганбаева, А. Р. Возможности дисциплины «Численные методы» в формировании профессиональной компетентности студентов-информатиков / А. Р. Турганбаева // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Информатика и информатизация образования. – М.: МГПУ, 2008. – № 14. – С. 92–97.

155. Турчак, Л. И. Основы численных методов: учеб. пособие для студентов вузов / Л. И. Турчак, П. В. Плотников. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Физматлит, 2002. – 300 с.

156. Уемов, А. И. Системный подход и общая теория систем / А. И. Уемов. – М.: Мысль, 1978. – 272 с.

157. Урсул, А. Д. Информация, информатика, глобалистика // Открытое образование. – 2011. – № 6. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsiya-informatika-globalistika>. 01.12.2019).

158. Фаддеев, Д. К. Вычислительные методы линейной алгебры / Д. К. Фаддеев, В. Н. Фаддеева. М.: ; Л.: , 1963. – 655 с.

159. Федотов, А. А. Проблемы и перспективы развития курса численных методов / А. А. Федотов, П. В. Храпов // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2013. – № 5 (17). [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://engjournal.ru/catalog/pedagogika/hidden/747.html>.

160. Федченко, Г. М. Методическая система обучения будущих учителей информатики дисциплине «Численные методы»: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Г. М. Федченко. – Нижний Новгород, 2006. – 28 с.

161. Фомина, Е. С. Смешанное обучение в вузе : институциональный, организационно-технологический и педагогический аспекты / Е. С. Фомина // Теория и практика общественного развития. – 2014. – № 21. – С. 272–279. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/smeshannoe-obuchenie-v-vuze-institutsionalnyy-organizatsionnotehnologicheskii-i-pedagogicheskii-aspekty> (дата обращения: 25.11.2019).

162. Фридман, Л. М. Теоретические основы методики обучения математике: учебное пособие / Л. М. Фридман. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Едиториал УРСС, 2005. – 248 с.

163. Хеннер, Е. К. Вычислительное мышление / Е. К. Хеннер // Образование и наука. – 2016. – № 2. С. 18–33.

164. Хеннер, Е. К. Сопоставительный анализ целей изучения информатики в общем образовании / Хеннер Е. К. // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – Том 14. – № 2 (2018). – С. 501–507.

165. Холмогорова, Е. И. Изучение курса «Численные методы» в вузе / Е. И. Холмогорова // Ученые записки ЗабГГПУ. Серия: Физика, математика, техника, технология. – 2010. – С. 139–141.

166. Холодная, М. А. Когнитивные стили. О природе индивидуального ума / М. А. Холодная. Изд. 2-е – СПб.: Питер, 2004. – 384 с.

167. Хуторской А. В. Ключевые компетенции как компонент личностно-ориентированной парадигмы образования // Народное образование. – № 2. – 2003. – С. 58–64.

168. Чельшкова, М. Б. Теория и практика конструирования педагогических тестов: учебное пособие / М. Б. Чельшкова. – М.: Логос, 2002. – 432 с.

169. Черниговская, Т. В. Чеширская улыбка кота Шредингера: язык и сознание / Т. В. Черниговская – М.: Языки славянской культуры, 2013. – 448 с.

170. Чижик, В. П. Инновационные способы активизации познавательной деятельности студентов при проведении лекционных занятий / В. П. Чижик // СТЭЖ. – 2011. – № 14. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-sposoby-aktivizatsii-poznavatelnoy-deyatelnosti-studentov-pri-provedenii-lektsionnyh-zanyatiy> (дата обращения: 29.11.2019).

171. Шарохина, Е. В. Педагогика: конспект лекций / Е. В. Шарохина, О. О. Петрова, О. В. Долганова. – М.: Эксмо, 2008. – 160 с.

172. Шаталов, В. Ф. Учить всех, учить каждого / В. Ф. Шаталов // Педагогический поиск. – М., 1987. – С. 159–167.

173. Шершнева, В. А., Педагогическая модель развития компетентности выпускника вуза / В. А. Шершнева, Е. Перехожева // Высшее образование в России. – 2008. – № 1. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/pedagogicheskaya-model-razvitiya-kompetentnosti-vypusknika-vuza> (дата обращения: 01.12.2019).

174. Шкерина, Л. В., Моделирование математической компетенции бакалавра – будущего учителя математики // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В. П. Астафьева. – 2010. – № 2. – С. 97-102.

175. Эрдниев, П. М. Системность знаний и укрупнение дидактической единицы / П.М. Эрдниев // Сов. Педагогика. – 1975.– № 4. – С. 72–80.

176. Эрдниев, П. М. УДЕ как технология обучения / П. М. Эрдниев. – М.: Просвещение, 1992. – 287 с.

177. Якиманская, И. С. Разработка технологии личностно-ориентированого обучения / И. С. Якиманская // Вопросы психологии. – 1995. – № 2. – С. 37–38.

178. Яненко, Н. Н. Численный анализ. Теория приближения функций: учеб. пособие / Н. Н. Яненко, Ю. И. Шокин. – Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т, 1980. – 83 с.

179. Янченко, И. В. Смешанное обучение в вузе: от теории к практике / И. В. Янченко // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 5. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://www.science-education.ru/pdf/2016/5/25417.pdf> (дата обращения: 27.11.2019).

180. Ястреб, Н. А. Вычислительный поворот в философии / Н. А. Ястреб // Философские проблемы информационных технологий и киберпространства. – 2015. – № 1 (9). – С. 85–95. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: [http://cyberspace.pglu.ru/upload/iblock/3e3/6\\_yastreb.pdf](http://cyberspace.pglu.ru/upload/iblock/3e3/6_yastreb.pdf) (дата обращения: 28.11.2019).

181. Bart, M. Flipped classroom survey highlights benefits and challenges. – 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.facultyfocus.com/articles/blended-flipped-learning/flipped-classroom-survey-highlights-benefits-and-challenges/> (дата обращения: 25.04.2018). <http://www.facultyfocus.com/topic/articles/blended-flipped-learning>.



182. Bergmann, J. Flip your classroom: reach every student in every class every day. – Washington. – DC: International society for technology in education, 2012. – 112 p. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://journal.homocyberus.ru/2-2017> (дата обращения: 25.11.2019).

183. Bishop, J. A controlled study of the flipped classroom with numerical methods for engineers: Doctoral dissertation // Retrieved from ProQuest Dissertations and Theses. – 2013. – Publication No. 3606852. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://digitalcommons.usu.edu/etd/2008/> (дата обращения: 28.11.2019).

184. Clark, Renee. Kaw, Autar. Lou, Yingyan. Scott, Andrew and Besterfield-Sacre, Mary. Evaluating Blended and Flipped Instruction in Numerical Methods at Multiple Engineering Schools // International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning. – 2018. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://doi.org/10.20429/ijsofl.2018.120111> (дата обращения: 28.11.2019).

185. Exploring Computational Thinking (ECT). [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://edu.google.com/resources/programs/exploring-computational-thinking/#> (дата обращения: 28.11.2019).

186. Extension of a review of flipped learning. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://flippedlearning.org/wp-content/uploads/2016/07/Extension-of-Flipped-Learning-Lit-Review-June2014.pdf> (дата обращения: 25.03.2018).

187. Future Work Skills 2020 Report [SR–1382A]. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: [http://www.iftf.org/uploads/media/SR-1382A\\_UPRI\\_future\\_work\\_skills\\_sm.pdf](http://www.iftf.org/uploads/media/SR-1382A_UPRI_future_work_skills_sm.pdf) (дата обращения: 25.11.2019).

188. Hu, Chenglie. Computational Thinking – What It Might Mean and What We Might Do About It. ITiCSE. – 2011. – Pp. 223–227. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://people.cs.vt.edu/~kafura/CS6604/Papers/CT-What-It-Might-Mean.pdf> (дата обращения: 25.11.2019).

189. Kaczmarczyk, Lisa. Doplick, Renee. Rebooting the Pathway to Success Preparing Students for Computing Workforce Needs in the United States. – 2014. – 141

р. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: [http://pathways.acm.org/ACM\\_pathways\\_report.pdf](http://pathways.acm.org/ACM_pathways_report.pdf).

190. Keane, G. Carr, M. Carroll, P. An Integrated Approach to Teaching Numerical Methods to Engineering Students / 2nd International Technology Education and Development Conference. – Valencia, 2008. – 11 p. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://docplayer.net/29476895-An-integrated-approach-to-the-teaching-of-numerical-methods-to-engineering-students.html>.

191. 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.

192. Marta Caligaris et al. A first experience of flipped classroom in numerical analysis // Procedia Social and Behavioral Sciences 217, 2016. – Pp. 838 – 845. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/journal/procedia-social-and-behavioral-sciences/vol/217/suppl/C?page=2> (дата обращения: 28.11.2019).

193. Mike Sharples, Anne Adams, Rebecca Ferguson, Mark Gaved, Patrick McAndrew, Bart Rienties, Martin Weller, Denise Whitelock. Exploring new forms of teaching, learning and assessment, to guide educators and policy makers / Open University Innovation Report 3. Innovating Pedagogy, 2014. – 43 p. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: [http://www.openuniversity.edu/sites/www.openuniversity.edu/files/The\\_Open\\_University\\_Innovating\\_Pedagogy\\_2014\\_0.pdf](http://www.openuniversity.edu/sites/www.openuniversity.edu/files/The_Open_University_Innovating_Pedagogy_2014_0.pdf) (дата обращения: 28.11.2019).

194. Papert, S. An exploration in the space of mathematics educations. Int J Comput Math Learn 1(1). – 1996. – Pp. 95–123. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2FBF00191473.pdf>.

195. Report of a Workshop on The Scope and Nature of Computational Thinking. – 2014. – 114 p. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: [gasstationwithoutpumps.wordpress.com/2010/08/12/algorithmic-vs-computational-thinking](http://gasstationwithoutpumps.wordpress.com/2010/08/12/algorithmic-vs-computational-thinking) (дата обращения 19 апреля 2016 г.).

196. See, S. & Conry, J. Flip My Class! A faculty development demonstration of a flipped-classroom // Currents in Pharmacy Teaching and Learning. – 2014. – Pp. 585–588.

197. SEFI Math working group. Mathematics for the European Engineer / SEFI HQ. – 2002. – 54 p. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://sefi.htw-aalen.de/Curriculum/sefimarch2002.pdf>.

198. Sorva Juha, Lönnberg Jan, Malmi Lauri. Students' ways of experiencing visual program simulation. – 2013. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://doi.org/10.1080/08993408.2013.807962> (дата обращения: 28.11.2019).

199. Walsh, K. Flipped Classroom Panel Discussion Provides Rich Insights into a Powerful Teaching Technique. – 2013. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://www.emergingedtech.com/2013/06/flipped-classroom-panel-discussion-provides-rich-insights-into-a-powerful-teaching-technique/> (дата обращения: 28.11.2019).

200. Wing, J. Computational Thinking. Communications of the ACM. – 2006. – Vol. 49(3) – Pp. 33–35. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://www.cs.cmu.edu/~15110-s13/Wing06-ct.pdf> (дата обращения: 25.11.2019).

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Объем и содержание дисциплины «Численные методы»

#### Объем дисциплины:

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. часов)	Семестр	
		5	6
<i>Общая трудоемкость дисциплины</i>	8 (288)	4 (144)	4 (144)
<i>Контактная работа с преподавателем:</i>	3,89 (140)	2 (72)	1,89 (68)
занятия лекционного типа	1,94 (70)	1 (36)	0,94 (34)
практические работы	1,94 (70)	1 (36)	0,94 (34)
<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i>	3,11 (112)	2 (72)	1,11 (40)
Промежуточная аттестация	1 (36)	(Зачёт)	1 (36) (Экзамен)

#### Содержание теоретической части дисциплины «Численные методы»

##### 1. Введение.

1.1. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент.

Численные методы как раздел современной математики. Роль компьютерно-ориентированных численных методов в исследовании сложных математических моделей.

1.2. Классификация погрешностей. Абсолютная и относительная погрешности

числа и функции. Прямая и обратная задачи теории погрешностей.

Неустойчивые алгоритмы. Особенности машинной арифметики. Задачи вычислительной алгебры. Прямые и итерационные методы.

##### 2. Численные методы линейной алгебры.

- 2.1. Метод исключения неизвестных (метод Гаусса) решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Схема единственного деления. Метод Гаусса с выбором главного элемента. LU – разложение матрицы. Методы вращений, квадратного корня.
  - 2.2. Векторные и матричные нормы. Согласованность норм. Обусловленность СЛАУ. Число обусловленности матрицы. Вычисление определителей. Обращение матриц.
  - 2.3. Ортогональные преобразования. Матрицы вращения и отражения. QR- и HR- разложения матриц. Метод ортогонализации. Метод отражений.
  - 2.4. Метод прогонки решений СЛАУ с трехдиагональной матрицей. Устойчивость. Корректность. Варианты метода прогонки. Возможность распараллеливания расчетов.
  - 2.5. Итерационные методы. Стационарные. Нестационарные. Теоремы сходимости. Метод Якоби. Метод Гаусса-Зейделя. Каноническая форма итерационных методов. Сходимость.
  - 2.6. Метод простой итерации. Сходимость. Метод релаксации. Сходимость. Метод наискорейшего спуска. Метод минимальных невязок. Метод сопряженных градиентов.
  - 2.7. Метод Якоби решения полной проблемы собственных значений для симметричной матрицы. QR- метод. Уточнение собственных чисел и векторов. Оценки собственных чисел. Теоремы Гершгорина.
  - 2.8. Полная и частичная проблема собственных значений. Прямые и итерационные методы. Степенной метод вычисления максимального по модулю собственного числа. Метод скалярных произведений. Методы исчерпывания.
3. *Методы решения нелинейных уравнений и систем.*

3.1. Вычисление корней нелинейных уравнений. Отделение корней. Метод деления отрезка пополам. Метод хорд. Методы простой итерации, Ньютона. Модификации метода Ньютона. Сходимость. Метод Вегстейна.

3.2. Решение систем нелинейных уравнений. Методы простой итерации, Зейделя, Ньютона. Сходимость.

#### 4. *Аппроксимация.*

4.1. Интерполяция. Существование и единственность обобщенного интерполяционного многочлена. Интерполирование алгебраическими многочленами. Интерполяционные полиномы Лагранжа и Ньютона. Оценка погрешности интерполяции.

4.2. Многочлены Чебышева. Оптимизация погрешности интерполяции. Сходимость интерполяционного процесса. Сплайн-интерполирование. Построение кубического сплайна.

4.3. Наилучшее приближение в линейном нормированном пространстве. Существование и единственность элемента наилучшего приближения. Многочлен наилучшего приближения. Наилучшее приближение в гильбертовом пространстве. Метод наименьших квадратов. Аппроксимация функций многих переменных.

#### 5. *Численное интегрирование и дифференцирование.*

5.1. Интерполяционные квадратурные формулы. Квадратурные формулы прямоугольников, трапеций, Симпсона. Погрешность. Правило Рунге оценки погрешности.

5.2. Квадратурные формулы наивысшей алгебраической степени точности. Построение. Погрешность. Устойчивость. Интегрирование функций специального вида.

5.3. Формулы численного дифференцирования. Оценка погрешности. Некорректность. Регуляризация. Понятие сеточной функции. Простейшие операторы конечных разностей.

6. *Численные методы решения задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.*

6.1. Методы решения задачи Коши. Решение с помощью формулы Тейлора. Основные понятия и определения. Аппроксимация. Устойчивость. Сходимость. Теорема В. С. Рябенского – П. Лакса. Явный метод Эйлера. Его модификации.

6.2. Одношаговые методы. Методы Рунге-Кутты. Устойчивость. Сходимость. Методы с контролем погрешности на шаге. Многошаговые методы. Методы Адамса. Сходимость. Итерационный метод прогноза-коррекции. Метод неопределенных коэффициентов построения схем повышенной точности.

6.3. Исследование на устойчивость. Нуль-устойчивость. А-устойчивость. Явление жесткости. Методы Розенброка, Гира.

6.4. Краевые задачи. Методы сведения краевой задачи к задаче Коши. Методы стрельбы, дифференциальной прогонки. Метод конечных разностей. Проекционные, вариационные и проекционно-разностные методы (коллокации, Галеркина, Ритца, наименьших квадратов, конечных элементов).

6.5. Проекционные, вариационные и проекционно-разностные методы (коллокации, Галеркина, Ритца, наименьших квадратов, конечных элементов).

7. *Численные методы решения задач для уравнений математической физики.*

7.1. Методы построения разностных схем. Основные понятия метода сеток. Аппроксимация, сходимость, устойчивость. Связь между устойчивостью и сходимостью.

7.2. Разностные схемы для одномерного уравнения теплопроводности с постоянными коэффициентами. Гармонический анализ. Необходимое

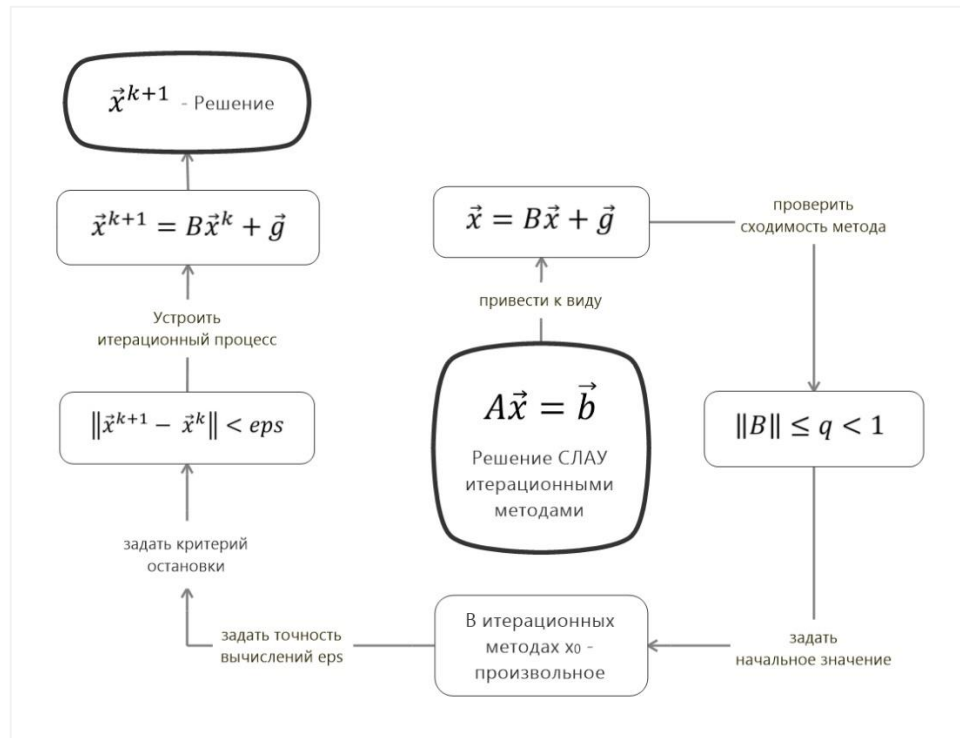
условие устойчивости. Доказательство устойчивости для явной и неявной схем.

- 7.3. Разностные схемы для уравнений с переменными коэффициентами и нелинейных уравнений параболического типа. Пример интегро-интерполяционного метода построения разностных схем. Исследование на устойчивость. Принцип замороженных коэффициентов.
- 7.4. Экономичные схемы решения многомерных задач для уравнения теплопроводности. Схема попеременных направлений. Схемы расщепления. Схема Дугласа-Ганна. Устойчивость. Сходимость.
- 7.5. Разностные схемы для уравнений эллиптического типа. Принцип максимума. Устойчивость и сходимость разностной задачи Дирихле для уравнения Пуассона.
- 7.6. Методы решения сеточных уравнений для эллиптических задач. Метод установления. Метод простой итерации. Метод итерации с чебышевскими параметрами. Метод Якоби, Зейделя, верхней релаксации. Использование быстрого преобразования Фурье.
- 7.7. Дискретизация волнового уравнения. Схемы бегущего счета для линейного уравнения переноса. Устойчивость. Монотонность. Число Куранта.
- 7.8. Квазилинейное уравнение переноса. Разрывные решения. Обобщенные решения. Методы построения сеточных уравнений. Консервативная разностная схема. Схемная вязкость. Схемы Лакса, Лакса-Вендрофа, Мак-Кормака. Метод С. К. Годунова.
- 7.9. Элементы теории устойчивости разностных схем. Операторные уравнения. Условия устойчивости двухслойных и трехслойных разностных схем.
- 7.10. Интегральные уравнения Фредгольма и Вольтера первого и второго рода. Квадратурный метод решения. Обзор других методов. Некорректные интегральные уравнения. Регуляризация по Тихонову. Квадратурно-итерационный метод построения резольвент.

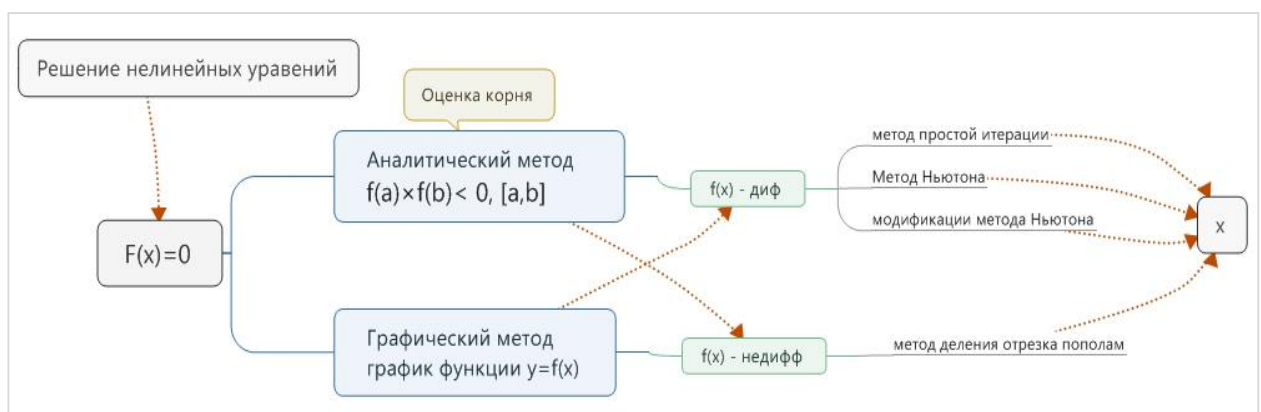


## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

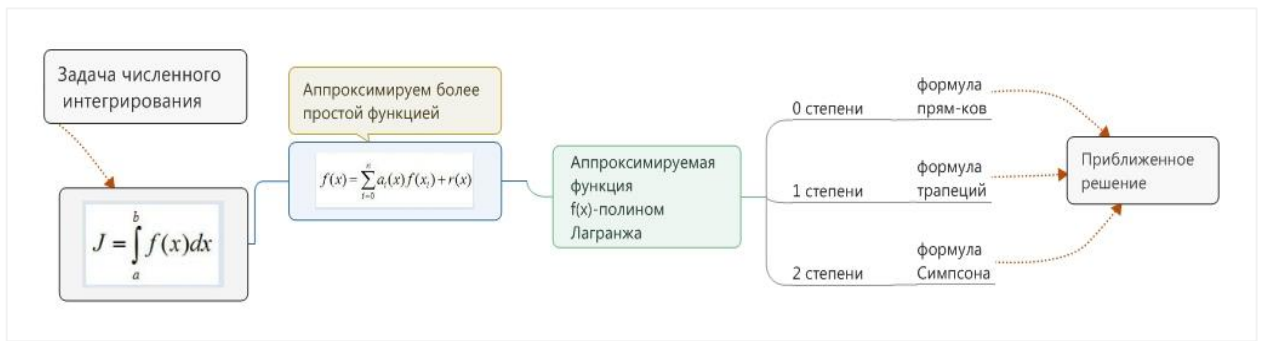
### Примеры ментальных карт, созданных студентами



Ментальная карта по теме «Решение СЛАУ итерационными методами»



Ментальная карта по теме «Решение нелинейных уравнений»



Ментальная карта по теме «Численное интегрирование»



Ментальная карта по теме «Вычисление собственных чисел и собственных векторов»

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Примеры работы элементов визуальной симуляции работы алгоритмов

На начальном этапе студент может задать свои входные параметры или воспользоваться предлагаемым примером.

Метод вращений для решения полной проблемы собственных чисел

Размер матрицы  
3

$$A = \begin{bmatrix} 4 & 1 & -1 \\ 1 & 4 & -1 \\ -1 & -1 & 4 \end{bmatrix}$$

Значение погрешности  $\epsilon$   
0.001

Найти собственные числа

Примеры  
3 на 3

Демонстрируется один из шагов работы алгоритма. Автоматически генерируется метаграфическая подсветка элементов, текстовые комментарии, формулы для вычислений.

Метод вращений для решения полной проблемы собственных чисел

Ввести другую матрицу и величину погрешности

Шаг 4 из 30

← Предыдущий | Следующий →

В начало | В конец

Максимальный по модулю недиагональный элемент находится в 1-й строке и 2-м столбце.

$$A^{(1)} = \begin{pmatrix} 4 & 1 & -1 \\ 1 & 4 & -1 \\ -1 & -1 & 4 \end{pmatrix}$$

Вычислим значения, необходимые далее.

$$k = \sqrt{1 - \frac{(2 \cdot a_{1,2}^{(1)})^2}{(a_{1,1}^{(1)} - a_{2,2}^{(1)})^2 + (2 \cdot a_{1,2}^{(1)})^2}}$$

$$c \equiv \cos \varphi_1 = \sqrt{\frac{1+k}{2}}$$

$$s \equiv \sin \varphi_1 = \sqrt{\frac{1-k}{2}}$$

## Метод Ньютона

Решаем уравнение  $f(x) = 0$ .Начальное приближение  $x_0$ Количество разбиений  $N$ 

Входные данные:

$$f(x) = x^3 + 4x - 3$$

[Примеры](#)[Пример № 2](#) ▾

На каждом шаге метода Ньютона на графике строится новая касательная и ищется новое приближение  $x_i$ .

## Метод Ньютона

Шаг 3 из 12

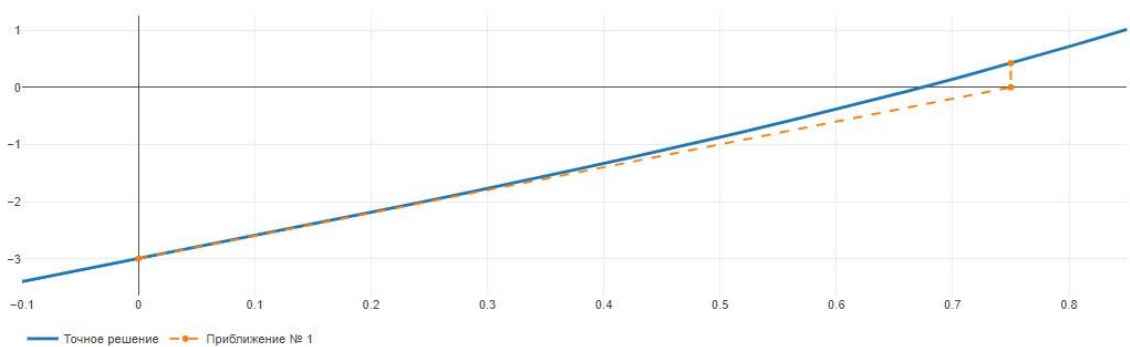
[← Предыдущий](#) | [Следующий →](#)[В начало](#) | [В конец](#)

Приближение № 1

$$x_1 = x_0 - \frac{f(x_0)}{f'(x_1)} = 0,75$$

$$f(x_1) = 0,421875$$

$n$	$x_n$	$f(x_n)$
0	0	-3
1	0,75	0,421875



## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### Примеры вопросов, выносимых на входное тестирование

<p>Вопрос 1</p> <p>Пока нет ответа</p> <p>Балл: 1,0</p> <p>Отметить вопрос</p> <p>Редактировать вопрос</p>	<p>Собственные числа матрицы <math>\begin{pmatrix} 2 &amp; 1 \\ 2 &amp; 1 \end{pmatrix}</math>, равны</p> <p>Выберите один ответ:</p> <p><input type="radio"/> a. <math>\lambda = 1</math> и <math>\lambda = -2</math></p> <p><input type="radio"/> b. <math>\lambda = 1</math> и <math>\lambda = 2</math></p> <p><input type="radio"/> c. <math>\lambda = -1</math> и <math>\lambda = 2</math></p> <p><input type="radio"/> d. <math>\lambda = 0</math> и <math>\lambda = 3</math></p>
<p>Вопрос 2</p> <p>Пока нет ответа</p> <p>Балл: 1,0</p> <p>Отметить вопрос</p> <p>Редактировать вопрос</p>	<p>Обратной матрицей для матрицы <math>\begin{pmatrix} 1 &amp; 3 \\ -2 &amp; 4 \end{pmatrix}</math> будет</p> <p>Выберите один ответ:</p> <p><input type="radio"/> a. не существует</p> <p><input type="radio"/> b. <math>\frac{1}{10} \begin{pmatrix} 4 &amp; 2 \\ -3 &amp; 1 \end{pmatrix}</math></p> <p><input type="radio"/> c. <math>\frac{1}{10} \begin{pmatrix} 4 &amp; -3 \\ 2 &amp; 1 \end{pmatrix}</math></p> <p><input type="radio"/> d. <math>\frac{1}{10} \begin{pmatrix} 1 &amp; 2 \\ -3 &amp; 4 \end{pmatrix}</math></p>
<p>Вопрос 3</p> <p>Пока нет ответа</p> <p>Балл: 1,0</p> <p>Отметить вопрос</p> <p>Редактировать вопрос</p>	<p>Система уравнений <math>\begin{cases} 2x - 5y = 1; \\ 5x + 3y = 2. \end{cases}</math> является</p> <p>Выберите один ответ:</p> <p><input type="radio"/> a. совместной, определенной и сумма ее корней равна <math>\frac{12}{31}</math></p> <p><input type="radio"/> b. совместной, неопределенной</p> <p><input type="radio"/> c. совместной, определенной и сумма ее корней равна <math>\frac{14}{31}</math></p> <p><input type="radio"/> d. несовместной</p> <p><input type="radio"/> e. совместной, определенной и сумма ее корней равна <math>\frac{19}{31}</math></p>
<p>Вопрос 4</p> <p>Пока нет ответа</p> <p>Балл: 1,0</p> <p>Отметить вопрос</p> <p>Редактировать вопрос</p>	<p>Пусть на кривой функции <math>y = f(x)</math> задана точка P с координатами <math>(x_0, f(x_0))</math>. Тогда касательная, проведенная через точку P, пересечет ось OX в точке</p> <p>Выберите один ответ:</p> <p><input type="radio"/> a. <math>x_0 + \frac{f(x_0)}{f'(x_0)}</math></p> <p><input type="radio"/> b. <math>x_0 + \frac{f'(x_0)}{f(x_0)}</math></p> <p><input type="radio"/> c. <math>x_0 - \frac{f(x_0)}{f'(x_0)}</math></p> <p><input type="radio"/> d. <math>x_0 - \frac{f'(x_0)}{f(x_0)}</math></p>
<p>Вопрос 7</p> <p>Пока нет ответа</p> <p>Балл: 1,0</p> <p>Отметить вопрос</p> <p>Редактировать вопрос</p>	<p>Собственные числа матрицы <math>\begin{pmatrix} 1 &amp; 2 \\ -1 &amp; 4 \end{pmatrix}</math>, равны</p> <p>Выберите один ответ:</p> <p><input type="radio"/> a. <math>\lambda = 1</math> и <math>\lambda = 4</math></p> <p><input type="radio"/> b. <math>\lambda = 0</math> и <math>\lambda = 2</math></p> <p><input type="radio"/> c. <math>\lambda = 3</math> и <math>\lambda = 2</math></p> <p><input type="radio"/> d. <math>\lambda = 1</math> и <math>\lambda = 2</math></p>

Вопрос 12  
Пока нет ответа  
Балл: 2.0  
Отметить вопрос  
Редактировать вопрос

Какое из математических выражений реализует следующий код:

```
x:=5;
S:=1;
temp:=1;
k:=1;
while (k<100)do
begin
temp:=-temp*x*x/((2*k)*(2*k-1));
S:=S+temp;
k:=k+1;
end;
```

Выберите один ответ:

- a.  $\sum_{k=0}^{100} (-1)^k \frac{x^{2k}}{(2k)!}$
- b.  $\sum_{k=1}^{100} (-1)^{k+1} \frac{x^k}{k!}$
- c.  $\sum_{k=1}^{100} (-1)^k \frac{x^2}{2k}$
- d.  $\sum_{k=0}^{100} \frac{x^2}{2k}$

Вопрос 13  
Пока нет ответа  
Балл: 2.0  
Отметить вопрос  
Редактировать вопрос

Найти значение переменной x после выполнения следующего кода:

```
x:=0;
for var i := 1 to 5 do
if (i<=3) then x:=x+1
else x:=2*x;
writeln('x=', x);
```

Выберите один ответ:

- a. 16
- b. 3
- c. 7
- d. 5
- e. 12

Вопрос 15  
Пока нет ответа  
Балл: 1.0  
Отметить вопрос  
Редактировать вопрос

Элементы двумерного массива A размером 10\*10 первоначально были равны 1. Затем значения некоторых из них меняют с помощью следующего фрагмента программы:

```
for n:=1 to 4 do
for k:=1 to n+1 do
begin
A[n,k]:=A[n,k]-1;
A[n,k+1]:=A[n,k]-1;
end;
```

Сколько элементов массива в результате будут равны 0?

Ответ:

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

### Тест структуры интеллекта Амтхауэра

Немецкий психолог, специалист в области прикладной психологии и профессиональной диагностики Р.Амтхауэр уделял большое внимание анализу структуры интеллекта. Тесты Амтхауэра можно использовать для оценивания структуры интеллекта испытуемых в возрасте от 13 до 61 года. В данном исследовании использовались первые четыре субтеста:

1. *Дополнение предложений (логический отбор)*. Оценивается озникновение рассуждения, здравый смысл, акцент на конкретно-практическое, чувство реальности, сложившаяся самостоятельность мышления.
2. *Исключение слова*. Оценивается чувство языка, индуктивное речевое мышление, точное выражение словесных значений, способность чувствовать, проявляется повышенная реактивность, которая у взрослых относится к вербальному плану.
3. *Аналогии*. Оценивается способность комбинировать, подвижность и непостоянство мышления, понимание отношений, обстоятельность мышления, удовлетворенность приблизительными решениями.
4. *Обобщение*. Оценивается способность к абстракции, образование понятий, умственная образованность, умение грамотно выражать и оформлять содержание своих мыслей.

Вопросы субтеста № 1 (Дополнение предложения)	Вопросы субтеста № 3 (Аналогии)
1. У дерева всегда есть ... а) листья; б) плоды; в) почки; г) корни; д) тень. 2. Комментарий – это ... а) закон; б) лекция; в) объяснение; г) следствие; д) намек. 3. Противоположностью предательства является ...	1. Школа – директор; кружок – ? а) председатель; б) член; в) руководитель; г) заведующий; д) посетитель. 2. Часы – время; термометр – ? а) прибор; б) измерение; в) ртуть; г) тепло; д) температура. 3. Искать – находить; размышлять – ? а) запоминать; б) приходить к выводу; в)

<p>а) любовь; б) тунеядство; в) хитрость; г) трусость; д) преданность.</p> <p>4. Женщины ... бывают выше мужчин. а) всегда; б) обычно; в) часто; г) никогда не; д) иногда.</p> <p>5. Обед не может состояться без ... а) стола; б) сервиза; в) пищи; г) воды; д) голода.</p> <p>6. Занятием, противоположным отдыху, является ... а) труд; б) забота; в) усталость; г) прогулка; д) тренировка.</p> <p>7. Для торговли необходимо иметь ... а) магазин; б) деньги; в) прилавок; г) товар; д) весы.</p> <p>8. Когда спор кончается взаимной уступкой, это называется ... а) конвенцией; б) компромиссом; в) развязкой; г) сговором; д) примирением.</p> <p>9. Человека, который плохо относится к новшествам, называют ... а) анархистом; б) либералом; в) демократом; г) радикалом; д) консерватором.</p> <p>10. Сыновья ... превосходят отцов по жизненному опыту. а) никогда не; б) часто; в) редко; г) обычно; д) всегда.</p> <p>11. При одинаковом весе больше всего белков содержит ... а) мясо; б) яйца; в) жир; г) рыба; д) хлеб.</p> <p>12. Соотношение выигрышей и проигрышей в лотерее дает возможность определить ... а) число участников; б) прибыль; в) цену одного билета; г) количество билетов; д) вероятность выигрыша.</p> <p>13. Тетя ... бывает старше племянницы. а) всегда; б) редко; в) почти всегда; г) никогда не; д) обязательно.</p> <p>14. Утверждение, что все люди честны ... а) ложно; б) хитро; в) абсурдно; г) верно; д) не доказано.</p> <p>15. Рост шестилетнего ребенка равен примерно ... см. а) 160; б) 60; в) 140; г) 110; д) 50.</p> <p>16. Длина спички ... см. а) 4; б) 3; в) 2,5; г) 6; д) 5.</p> <p>17. Не вполне доказанное утверждение</p>	<p>расследовать; г) петь; д) вспоминать.</p> <p>4. Круг – шар; квадрат – ? а) призма; б) прямоугольник; в) тело; г) геометрия; д) куб.</p> <p>5. Действие – успех; обработка – ? а) товар; б) труд; в) отделка; г) достижение; д) цена.</p> <p>6. Животное – коза; пища – ? а) продукт; б) еда; в) обед; г) хлеб; д) кухня.</p> <p>7. Голод – худоба; труд – ? а) усилие; б) усталость; в) энтузиазм; г) плата; д) отдых.</p> <p>8. Луна – Земля; Земля – ? а) Марс; б) звезда; в) Солнце; г) планета; д) воздух.</p> <p>9. Ножницы – резать; орнамент – ? а) вышивать; б) украшать; в) создавать; г) рисовать; д) выпиливать.</p> <p>10. Автомобиль – мотор; яхта – ? а) борт; б) киль; в) корма; г) парус; д) мачта.</p> <p>11. Роман – пролог; опера – ? а) афиша; б) программа; в) либретто; г) увертюра; д) ария.</p> <p>12. Ель – дуб; стол – ? а) мебель; б) шкаф; в) скатерть; г) гардероб; д) гарнитур.</p> <p>13. Язык – горький; глаз – ? а) зрение; б) красный; в) очки; г) свет; д) зоркий.</p> <p>14. Пища – соль; лекция – ? а) скука; б) конспект; в) юмор; г) беседа; д) язык.</p> <p>15. Год – весна; жизнь – ? а) радость; б) старость; в) рождение; г) юность; д) учеба.</p> <p>16. Решение – боль; превышение скорости – ? а) расстояние; б) протокол; в) арест; г) авария; д) сопротивление воздуха.</p> <p>17. Наука – математика; издание – ? а) типография; б) рассказ; в) журнал; г) газета «Вести»; д) редакция.</p> <p>18. Горы – перевал; река – ? а) лодка; б) мост; в) брод; г) паром; д)</p>
--	--



<p>называют ...</p> <p>а) двусмысленным; б) парадоксальным; в) гипотетичным; г) путанным; д) очевидным.</p> <p>18. Севернее всех названных городов расположен ...</p> <p>а) Новосибирск; б) Мурманск; в) Красноярск; г) Иркутск; д) Хабаровск.</p> <p>19. Предложение не существует без ...</p> <p>а) глагола; б) подлежащего; в) обращения; г) точки; д) слова.</p> <p>20. Расстояние между Москвой и Новосибирском составляет примерно ... км.</p> <p>а) 3000; б) 1000; в) 7000; г) 4800; д) 2100.</p>	<p>берег.</p> <p>19. Кожа – осязание; глаз – ?</p> <p>а) освещение; б) зрение; в) наблюдение; г) взгляд; д) смущение.</p> <p>20. Грусть – настроение; гнев – ?</p> <p>а) печаль; б) ярость; в) страх; г) аффект; д) прощение.</p>
<p>Вопросы субтеста № 2</p> <p>(Исключение лишнего)</p>	<p>Вопросы субтеста № 4</p> <p>(Обобщение)</p>
<p>1. а) писать; б) рубить; в) шить; г) читать; д) кровать.</p> <p>2. а) узкий; б) угловатый; в) короткий; г) высокий; д) широкий.</p> <p>3. а) велосипед; б) мотоцикл; в) поезд; г) трамвай; д) автобус.</p> <p>4. а) запад; б) курс; в) направление; г) путешествие; д) север.</p> <p>5. а) видеть; б) говорить; в) осязать; г) нюхать; д) слышать.</p> <p>6. а) прилечь; б) приподняться; в) присесть; г) прислониться; д) привстать.</p> <p>7. а) круг; б) эллипс; в) стрела; г) дуга; д) кривая.</p> <p>8. а) добрый; б) верный; в) отзывчивый; г) трусливый; д) честный.</p> <p>9. а) разделять; б) освобождать; в) связывать; г) резать; д) отличать.</p> <p>10. а) граница; б) мост; в) общество; г) расстояние; д) супружество.</p> <p>11. а) занавес; б) щит; в) невод; г) фильтр; д) стена.</p> <p>12. а) матрос; б) плотник; в) шофер; г) велосипедист; д) парикмахер.</p> <p>13. а) кларнет; б) контрабас; в) гитара; г) скрипка; д) арфа.</p> <p>14. а) отражение; б) эхо; в) деятельность; г) отзвук; д) подражание.</p> <p>15. а) учење; б) планирование; в) тренировка; г) отчет; д) рекламирование.</p>	<p>1. Яблоко, земляника – ?</p> <p>2. Сигарета, кофе – ?</p> <p>3. Часы, термометр – ?</p> <p>4. Нос, глаза – ?</p> <p>5. Эхо, зеркало – ?</p> <p>6. Картина, басня – ?</p> <p>7. Громко, тихо – ?</p> <p>8. Семя, яйцо – ?</p> <p>9. Герб, флаг – ?</p> <p>10. Кит, щука – ?</p> <p>11. Голод, жажда – ?</p> <p>12. Муравей, осина – ?</p> <p>13. Нож, проволока – ?</p> <p>14. Наверху, внизу – ?</p> <p>15. Благословение, проклятие – ?</p> <p>16. Похвала, наказание – ?</p>

- |   |  |
|---|--|
| <p>16. а) зависть; б) скупость; в) обжорство; г) скаредность; д) жадность.</p> <p>17. а) разум; б) вывод; в) решение; г) начинание; д) договор.</p> <p>18. а) тонкий; б) худой; в) узкий; г) дородный; д) короткий.</p> <p>19. а) горлышко; б) пробка; в) ножка; г) спинка; д) ручка.</p> <p>20. а) туманный; б) морозный; в) ветренный; г) хмурый; д) дождливый.</p> |  |
|---|--|

## ПРИЛОЖЕНИЕ Е

### Карта оценивания выполняемых практических работ

ФИО									
Номер практической работы				Методы:		1. _____ 2. _____			
<i>Оценка программы</i>									
Язык программирования	Правильность работы метода		Модульная реализация		Возможность обобщения		Использование ранее реализованных алгоритмов		
<i>Оценка ответа</i>									
Знание алгоритма реализованных методов	Знание основных идей других методов темы		Теоретическое обоснование полученных результатов		Правильные нестандартные подходы при реализации алгоритма		Умение строить тестовые задачи		
<i>Оценка ментальной карты</i>									
Теоретическая корректность	Технология представления		Количество уровней		Метаграфическая аранжировка		Связь с ранее составленными картами		

## ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

### Акт о внедрении в учебный процесс результатов диссертационной работы



Черепанова О. Н.

2019 г.

#### АКТ

о внедрении в учебный процесс

базовой кафедры вычислительных и информационных технологий результатов диссертационной работы Клуниковой Маргариты Михайловны на тему «Развитие вычислительного мышления студентов в процессе обучения дисциплине «Численные методы»»

Настоящим актом подтверждается, что результаты диссертационного исследования Клуниковой Маргариты Михайловны на тему «Развитие вычислительного мышления студентов в процессе обучения дисциплине «Численные методы»» внедрены в учебный процесс базовой кафедры вычислительных и информационных технологий по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки».

Разработаны и внедрены в образовательный процесс профессиональной подготовки будущих бакалавров методические материалы, способствующие формированию вычислительного мышления и профессиональной компетентности студентов, в том числе: рабочая программа по дисциплине «Численные методы», учебно-методические пособия «Численные методы», «Численное решение задач для обыкновенных дифференциальных уравнений», электронный он-лайн курс, созданный на базе LMS Moodle, и включающий в себя: когнитивные карты, визуальные симуляторы, лекции-тренажеры, тесты, тесты-тренажеры. В образовательном процессе применен диагностический комплекс для оценивания уровня развития вычислительного мышления в процессе изучения дисциплины «Численные методы».

Использование результатов диссертационной работы в целом повысило уровень предметной подготовки студентов по направлению «Математика и компьютерные науки» в 2017-2019 учебных годах.

Заведующий кафедрой ВиИТ,  
д.ф.-м.н., профессор,  
член-корреспондент РАН

В.В.Шайдуров