

Голанова Анна Викторовна

Кандидат педагогических наук, доцент,
Ленинградский государственный
университет имени А. С. Пушкина
(Пушкин, Россия)
E-mail: a.golanova@lengu.ru

Golanova Anna Viktorovna

PhD in Pedagogy, Associate Professor,
Pushkin Leningrad State University
(Pushkin, Russia)
E-mail: a.golanova@lengu.ru

Голикова Екатерина Ивановна

Кандидат педагогических наук, доцент,
Ленинградский государственный
университет имени А. С. Пушкина
(Пушкин, Россия)
E-mail: e.golikova@lengu.ru

Golikova Ekaterina Ivanovna

PhD in Pedagogy, Associate Professor,
Pushkin Leningrad State University
(Pushkin, Russia)
E-mail: e.golikova@lengu.ru

**ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ
ИНФОРМАТИКИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ
ОСНОВ КОМПЬЮТЕРНОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**ORGANIZATION OF INDEPENDENT
WORK FOR FUTURE COMPUTER
SCIENCE TEACHERS IN STUDYING
COMPUTER MODELING BASICS**

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы обучения основам компьютерного моделирования будущих учителей математики и информатики. Выполнен анализ школьных учебников по информатике и ИКТ и элементов содержания, посвященных вопросам моделирования, проверяемых на основном и едином государственных экзаменах. Приведены принципы отбора содержания, отобрано содержание обучения, описана технология организации самостоятельной работы.

Ключевые слова: модель, моделирование, компьютерное моделирование, система компьютерной математики, единый государственный экзамен по информатике и ИКТ, контрольные измерительные материалы, тематический план, самостоятельная работа

Abstract. The article considers the questions of teaching computer modeling basics for future teachers of mathematics and computer science. The authors have analysed school textbooks on computer science and ICT and content elements on the issues of modeling that are tested in the major and unified state exams; have given the principles of content selection, conveyed the content of training and described the technology of organizing independent work.

Keywords: model, modeling, computer modeling, computer mathematics system, Unified State Exam in Computer Science, control measuring materials, thematic plan, independent work

Введение

Изучение задач естествознания, техники, механики, физики, математики и других отраслей научных знаний показывает, что их решение сводится к моделированию процессов и рассмотрению зависимостей в ходе работы с ними. Моделирование яв-

ляется одним из методов познания окружающего мира. Построение и анализ компьютерных моделей способствуют развитию мировоззрения, формированию информационной культуры будущих учителей математики и информатики.

Одно из необходимых умений, которым должен обладать учитель математики и информатики, – владение «основными математическими компьютерными инструментами: визуализации данных, зависимостей, отношений, процессов, геометрических объектов; вычислений – численных и символьных; обработки данных (статистики); экспериментальных лабораторий (вероятность, информатика)»¹.

В связи с этим в учебных планах бакалавров, обучающихся по направлению 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), профиль – Информатика и математика, присутствует дисциплина, посвященная изучению основ компьютерного моделирования.

Одной из задач, стоящих перед будущим учителем математики и информатики, является выработка у обучаемых практических навыков построения и наглядного представления математических моделей реального объекта или процесса, компьютерного моделирования в своей профессиональной деятельности, использования систем компьютерной математики в качестве инструментов компьютерного моделирования для построения компьютерных моделей объектов и процессов, определения или предсказания их свойств.

Основная часть

В содержание школьного курса информатики включены вопросы, посвященные основам моделирования.

Проанализируем федеральный перечень учебников по информатике и ИКТ, рекомендуемых к использованию при реализации имеющих государственную аккредитацию образовательных программ основного общего и среднего общего образования² (см. табл. 1).

¹ Приказ Министерства труда и социального развития РФ от 18.10.2013 № 544н (с изменениями от 05.08.2016) «Об утверждении профессионального стандарта “Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)”». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_155553/ (дата обращения: 21.01.2020).

² Федеральный перечень учебников, рекомендованных к использованию при реализации программ общего образования. – URL: <http://fpu.edu.ru/fpu/> (дата обращения: 21.01.2020).

Анализ учебников общего образования

Авторы и название учебника	Класс	Темы
1	2	3
Босова Л. Л., Босова А. Ю. Информатика	6	§ 9. Информационное моделирование – Модели объектов и их назначение – Разнообразие информационных моделей § 10. Знаковые информационные модели – Словесные описания – Научные описания – Художественные описания – Математические модели. § 11. Табличные информационные модели – Правила оформления таблицы – Таблица типа «объекты – свойства» (ОС) – Таблица типа «объекты – объекты – один» (ООО) – Вычислительные таблицы – Решение логических задач с помощью нескольких таблиц § 12. Графики и диаграммы – Зачем нужны графики и диаграммы? Наглядное представление процессов изменения величин Наглядное представление соотношения величин. § 13. Схемы – Многообразие схем – Информационные модели на графах – Использование деревьев при решении задач
Босова Л. Л., Босова А. Ю. Информатика	9	Глава 1. Моделирование и формализация § 1.1. Моделирование как метод познания 1.1.1. Модели и моделирование 1.1.2. Этапы построения информационной модели 1.1.3. Классификация информационных моделей § 1.2. Знаковые модели 1.2.1. Словесные модели 1.2.2. Математические модели 1.2.3. Компьютерные математические модели § 1.3. Графические информационные модели 1.3.1. Многообразие графических информационных моделей 1.3.2. Графы 1.3.3. Использование графов при решении задач § 1.4. Табличные информационные модели 1.4.1. Представление данных в табличной форме 1.4.2. Использование таблиц при решении задач § 1.5. База данных как модель предметной области 1.5.1. Информационные системы и базы данных 1.5.2. Реляционные базы данных

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Поляков К. Ю., Еремин Е. А. Информатика	9	Глава 3. Моделирование § 13. Модели и моделирование § 14. Математическое моделирование § 15. Табличные модели. Диаграммы § 16. Списки и деревья § 17. Графы § 18. Игровые стратегии
Семакин И. Г., Залогова Л. А., Русаков С. В., Шестакова Л. В. Информатика	8	Глава II. Информационное моделирование § 6. Что такое моделирование § 7. Графические информационные модели § 8. Табличные модели § 9. Информационное моделирование на компьютере Дополнение к главе II 2.1. Системы, модели, графы 2.2. Объектно-информационные модели Глава IV. Табличные вычисления на компьютере § 25. Электронные таблицы и математическое моделирование § 26. Пример имитационной модели
Босова Л. Л., Босова А. Ю. Информатика. Базовый уровень	11	Глава 3. Информационное моделирование § 10. Модели и моделирование § 11. Моделирование на графах § 12. База данных как модель предметной области
Гейн А. Г., Ливчак А. Б., Сенокосов А. И. и др. Информатика (базовый и углубленный уровень)	10	Глава 1. Информатика как наука § 5. Информационное моделирование § 6. Системный подход в моделировании Глава 3. Моделирование процессов живой и неживой природы § 19. Моделирование физических процессов § 20. Компьютерное моделирование модели движения в среде с сопротивлением § 21. Моделирование процессов в биологии § 22. Границы адекватности модели § 23. Моделирование эпидемии гриппа § 24. Вероятностные модели § 25. Датчики случайных чисел и псевдослучайные последовательности § 26. Моделирование случайных процессов § 27. Метод Монте-Карло § 28. Еще раз об измерении количества информации Глава 4. Логико-математические модели § 29. Понятие модели искусственного интеллекта § 34. Реляционные модели § 38. Базы знаний и экспертные системы § 39. Реляционные модели экспертной системы Глава 5. Информационные модели в задачах управления § 45. Задача о лесопарке § 49. Глобальные модели

1	2	3
Гейн А. Г., Сенокосов А. И. Информатика (базовый и углубленный уровни)	11	Глава 1. Информационная культура общества и личности § 6. Моделирование – краеугольный камень информационного мировоззрения § 7. Информационные модели в задачах управления § 8. Модель экономической задачи Глава 7. Игры и стратегии § 60. Игра как модель управления
Калинин И. А., Самылкина Н. Н. Информатика (углубленный уровень)	10	Глава 3. Модель и моделирование § 11. Модель и моделирование § 12. Системы § 13. Моделирование § 14. Имитационное моделирование § 15. Управление и управляемые системы
Макарова Н. В., Нилова Ю. Н., Титова Ю. Ф. и др. Информатика (базовый уровень) (в 2 частях)	10–11	Глава 1. Информационная картина мира 1.4. Информационная модель объекта Глава 7. Информационное моделирование в программных средах общего назначения 7.1. Этапы моделирования 7.2. Моделирование в среде графического редактора 7.3. Моделирование в среде текстового процессора 7.4. Моделирование в среде табличного процессора 7.5. Информационные модели в базах данных
Поляков К. Ю., Еремин Е. А. Информатика (базовый и углубленный уровни) (в 2 частях).	11	Глава 2. Моделирование § 6. Модели и моделирование § 7. Игровые модели § 8. Модели мышления § 9. Этапы моделирования § 10. Моделирование движения § 11. Математические модели в биологии § 12. Вероятностные модели
Семакин И. Г., Хеннер Е. К., Шеина Т. Ю. Информатика (базовый уровень)	11	Глава 3. Информационное моделирование § 16. Компьютерное информационное моделирование § 17. Моделирование зависимостей между величинами § 18. Модели статистического прогнозирования § 19. Моделирование корреляционных зависимостей § 20. Модели оптимального планирования.
Семакин И. Г., Хеннер Е. К., Шестакова Л. В. Информатика (углубленный уровень) (в 2 частях)	11	Глава 3. Компьютерное моделирование 3.1. Методика математического моделирования на компьютере 3.1.1. Моделирование и его разновидности 3.1.2. Процесс разработки математической модели 3.1.3. Математическое моделирование и компьютеры 3.2. Моделирование движения в поле силы тяжести 3.2.1. Математическая модель свободного падения тела 3.2.2. Свободное падение с учетом сопротивления среды 3.2.3. Компьютерное моделирование свободного падения 3.2.4. Математическая модель задачи баллистики

1	2	3
Семакин И. Г., Хеннер Е. К., Шестакова Л. В. Информатика (углубленный уровень) (в 2 частях)	11	3.2.5. Численный расчет баллистической траектории 3.2.6. Расчет стрельбы по цели в пустоте 3.2.7. Расчет стрельбы по цели в атмосфере 3.3. Моделирование распределения температуры 3.3.1. Задача теплопроводности 3.3.2. Численная модель решения задачи теплопроводности 3.3.3. Вычислительные эксперименты в электронной таблице по расчету распределения температуры 3.3.4. Программирование решения задачи теплопроводности 3.3.5. Программирование построения изолиний 3.3.6. Вычислительные эксперименты с построением изотерм 3.4. Компьютерное моделирование в экономике и экологии 3.4.1. Задача об использовании сырья 3.4.2. Транспортная задача 3.4.3. Задачи теории расписаний 3.4.4. Задачи теории игр 3.4.5. Пример математического моделирования для экологической системы 3.5. Имитационное моделирование 3.5.1. Методика имитационного моделирования
Семакин И. Г., Хеннер Е. К., Шестакова Л. В. Информатика (углубленный уровень) (в 2 частях)	11	3.5.2. Математический аппарат имитационного моделирования 3.5.3. Генерация случайных чисел с заданным законом распределения 3.5.4. Постановка и моделирование задачи массового обслуживания 3.5.5. Расчет распределения вероятности времени ожидания в очереди
Угринович Н. Д. Информатика (базовый уровень)	11	Глава 2. Моделирование и формализация 2.1. Моделирование как метод познания 2.2. Системный подход в моделировании 2.3. Формы представления моделей 2.4. Формализация 2.5. Основные этапы разработки и исследования моделей на компьютере 2.6. Инструменты программирования для разработки и исследования моделей 2.6.1. Понятие массивов Практическая работа 2.1. Исследование процесса изменения температуры средствами программирования с использованием заполнения массива 2.6.2. Другие составные типы данных 2.6.3. Использование массивов данных в разработке моделей Практическая работа 2.2. Проведение исследования на упорядочение и поиск экстремальных значений потока информации о температуре воздуха 2.6.4. Использование элементов графики в разработке моделей

1	2	3
Угринович Н. Д. Информатика (базовый уровень)	11	Практическая работа 2.3. Проектирование простого графического редактора 2.6.5. Исследование математических моделей Практическая работа 2.4. Графическое решение уравнения Домашний проект. Графическое решение уравнения 2.6.6. Оптимизационное моделирование в экономике Практическая работа 2.5. Построение и исследование оптимизационной модели Домашний проект. Оптимизация раскроя 2.7. Исследование интерактивных компьютерных моделей 2.7.1. Исследование физических и астрономических моделей Практическая работа 2.6. Построение и исследование модели «Бросание мячика в стенку» Домашний проект. Построение и исследование модели «Бросание мячика в стенку» 2.7.2. Исследование химических моделей Практическая работа 2.7. Построение и исследование модели «Распознавание волокон» 2.7.3. Исследование биологических моделей Практическая работа 2.8. Построение и исследование модели «Популяция»

По результатам проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

1. Вопросы моделирования изучаются в основном в 10–11 классах.
2. В большинстве учебников рассматриваются понятия «моделирование», «модель», приводятся классификация моделей по различным основаниям и примеры моделей.
3. Наиболее полно раздел «Моделирование» представлен в следующих учебниках: Семакин И. Г., Хеннер Е. К., Шестакова Л. В. «Информатика (углубленный уровень). 11 класс» (в 2 частях); Угринович Н. Д. «Информатика (базовый уровень) 11 класс».

Приведем перечень элементов содержания, посвященных вопросам моделирования, проверяемых на ОГЭ по информатике и ИКТ: использование стандартных графических объектов и конструирование графических объектов; диаграммы, планы, карты; простейшие управляемые компьютерные модели.

Рассмотрим перечень элементов содержания, посвященных вопросам моделирования, проверяемых на ЕГЭ по информатике и ИКТ: информационная модель реального объекта и процесса и ее соответствие объекту и целям моделирования; математические модели; использование сред имитационного моделирования для проведения компьютерного эксперимента.

Приведенный перечень элементов содержания позволяет утверждать, что в контрольно-измерительных материалах ОГЭ и ЕГЭ по информатике и ИКТ встречается достаточно большое количество заданий, связанных с моделированием.

Таким образом, обучение основам компьютерного моделирования будущих учителей математики и информатики является актуальной задачей.

При отборе содержания обучения основам компьютерного моделирования авторы руководствовались общедидактическими принципами: наглядности обучения, доступности, сознательности и активности, необходимости учета соотношения науки и учебного предмета, а также специальными принципами: использования различных программных средств для реализации компьютерных моделей, знакомства с моделями деятельности, которые позволят обучаемым получить определенные навыки в области компьютерного моделирования.

Приведем примерный тематический план обучения основам компьютерного моделирования.

Тема 1. Методология моделирования

Понятие «модель». Виды моделей. Назначение моделей. Моделирование как метод познания. Виды моделирования. Цели и задачи моделирования. Основные этапы моделирования.

Тема 2. Классификация моделей

Подходы к классификации моделей. Различные классификации моделей. Компьютерная модель. Абстрактные модели и их классификация. Информационные модели. Виды информационных моделей. Примеры информационных моделей. Построение информационных моделей.

Тема 3. Формы представления моделей. Формализация. Оценка моделей

Основной тезис формализации. Формализация различных типов информации. Виды формализации. Место формализации в постановке задачи. Анализ и интерпретация модели. Требования, предъявляемые к модели. Количественные и качественные оценки моделей.

Тема 4. Компьютерные математические модели

Понятия «математическая модель» и «математическое моделирование». Классификация математических моделей. Компьютерные модели. Имитационные модели. Вычислительный эксперимент. Этапы вычислительного эксперимента. Реализация этапов вычислительного эксперимента при решении задач на компьютере.

Тема 5. Статические модели

Геометрическое моделирование. Балансовые модели в экономике: модель Леонтьева, модель международной торговли.

Тема 6. Оптимизационные модели

Оптимизационные модели. Модель задачи линейного программирования. Задачи нелинейного программирования.

Тема 7. Динамические модели

Дифференциальные уравнения как динамические модели реальных процессов. Модели в различных предметных областях. Моделирование динамических систем.

Представим примерную тематику лабораторных работ по дисциплине «Компьютерное моделирование».

Лабораторная работа № 1. Простые и сложные проценты.

В данной лабораторной работе обучаемые знакомятся с формулами простых и сложных процентов, учатся использовать эти формулы при решении практических задач в системах компьютерной математики.

Лабораторная работа № 2. Погашение кредитов. Балансовое и обобщенное балансовое уравнения.

В данной лабораторной работе обучаемые знакомятся с механизмом погашения кредита, балансовым уравнением, обобщенным балансовым уравнением и учатся решать задачи, используя балансовое и обобщенное балансовое уравнения в системах компьютерной математики.

Лабораторная работа № 3. Модель Леонтьева.

В данной лабораторной работе обучаемые знакомятся с моделью межотраслевого баланса и учатся определять объемы конечной продукции всех отраслей, зная объемы валовой продукции и величины валовой продукции каждой отрасли, а также величины объемов конечной продукции в системах компьютерной математики.

Лабораторная работа № 4. Модель международной торговли.

В данной лабораторной работе обучаемые знакомятся с линейной моделью обмена, позволяющей найти такие величины национальных доходов торгующих стран, чтобы международная торговля была сбалансированной; учатся реализовывать данную модель в системах компьютерной математики.

Лабораторная работа № 5. Оптимизационные модели

В данной лабораторной работе обучаемые знакомятся с задачами линейного и нелинейного программирования и их реализацией в системах компьютерной математики.

Лабораторная работа № 6. Аналитическое и численное решение дифференциальных уравнений первого порядка.

В данной лабораторной работе обучаемые знакомятся с приемами решения дифференциальных уравнений первого порядка и нахождением аналитического и численного решений дифференциальных уравнений в системах компьютерной математики.

Лабораторная работа № 7. Решение физических задач, приводящих к дифференциальным уравнениям первого порядка.

В данной лабораторной работе обучаемые знакомятся с моделированием физических процессов различной природы с применением теории дифференциальных уравнений, учатся реализовывать построенные математические модели в системах компьютерной математики.

Лабораторная работа № 8. Решение задач на нахождение семейства кривых.

В данной лабораторной работе обучаемые знакомятся с понятиями «касательная», «подкасательная», «поднормаль», учатся вычислять угловой коэффициент касательной к кривой в точке, длину подкасательной и поднормали в системах компьютерной математики.

На мировом и российском рынках наиболее широкое распространение получили системы компьютерной математики: Scilab, Maxima, Maple, Matcad, Matlab, Mathematica.

В качестве основных критериев при выборе системы компьютерной математики для реализации математических моделей, построенных при решении задач лабораторных работ, были выбраны:

- 1) наличие лицензии GNU, предоставляющей возможность свободного использования программного средства;
- 2) возможность функционирования под управлением различных операционных систем;

3) возможность реализации символьных вычислений.

Наиболее подходящими по заявленным критериям являются системы Scilab, Maxima. Более полный обзор данных систем и список критериев для их выбора рассмотрен авторами в статье «Готовность педагога к использованию систем компьютерной математики в учебном процессе»¹.

Изучение дисциплины «Компьютерное моделирование» предполагает большой объем самостоятельной внеаудиторной работы обучающихся, так как выделяемого на изучение дисциплины количества аудиторных часов явно недостаточно для освоения предлагаемого содержания в полном объеме.

Самостоятельная работа – это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия².

Различают три уровня самостоятельной учебной деятельности студентов³:

1) *репродуктивный (тренировочный)* – самостоятельные работы выполняются по предлагаемому преподавателем образцу;

2) *реконструктивный* – в процессе выполнения самостоятельных работ требуется поиск альтернативных или модернизация существующих решений; выполнение аналитической работы, составление планов, рефератов;

3) *творческий, поисковый* – самостоятельная работа требует анализа проблемной ситуации, получения новой информации; выбор средств и методов решения.

На первом уровне самостоятельная работа обучающегося организуется следующим образом. К каждой лабораторной работе предлагается набор демонстрационных примеров с подробным описанием решения типовых задач. После их изучения предусматривается набор заданий для самостоятельного выполнения. Данные задания должны быть выполнены аналогично образцам, предложенным в демонстрационных примерах.

Так, в лабораторной работе № 7 представлен следующий демонстрационный пример с решением в системах Maxima и Scilab.

Задача. Найти кривую, проходящую через точку (1,5), если поднормаль ее в каждой точке равна 8.

Найдем общее решение построенного дифференциального уравнения в Maxima:

```
rez:ode2('diff(y,x)=8/y, y, x);
```

$$\frac{y^2}{16} = x + \%c.$$

¹ Голанова А. В., Голикова Е. И. Готовность педагога к использованию систем компьютерной математики в учебном процессе // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2019. – № 1 (88). – С. 144–153.

² Луковцева А. К. Психология и педагогика: курс лекций. – URL: http://bookap.info/genpsy/lukovtseva_psihologiya_i_pe-dagogika_kurs_lektsiy/gl49.shtml (дата обращения: 20.01.2020).

³ Гончарова Ю. А. Организация самостоятельной работы студентов: методические рекомендации для преподавателей. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2007. – 28 с.

Воспользовавшись условием задачи, найдем частное решение дифференциально-го уравнения:

```
ic1(rez,x=1,y=5);
```

$$\frac{y^2}{16} = \frac{16x+9}{16}.$$

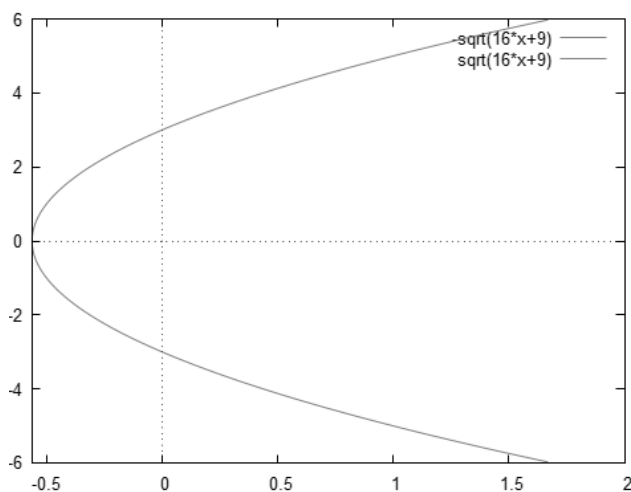
Выразим y :

```
solve(%, y);
```

```
[ y = -sqrt(16*x+9) , y = sqrt(16*x+9) ].
```

Построим график найденного решения:

```
wxplot2d([-sqrt(16*x+9),sqrt(16*x+9)],[x,-0.5625,2],[y,-6,6])$.
```



Построим график найденного решения в Scilab:

```
x=-0.6:0.1:2;
```

```
tt=[];i=1;t=-0.6;
```

```
while t<2.1
```

```
    tt(i)=sqrt(16*t+9);
```

```
    t=t+0.1;
```

```
    i=i+1;
```

```
end;
```

```
xx=tt';
```

```
tt1=[];i=1;t=-0.6;
```

```
while t<2.1
```

```
    tt1(i)=-sqrt(16*t+9);
```

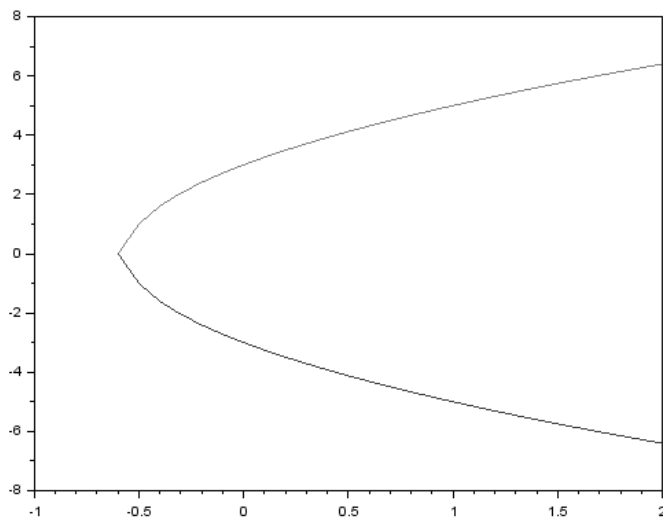
```
    t=t+0.1;
```

```
    i=i+1;
```

```
end;
```

```
xx1=tt1';
```

```
plot(x,xx,x,xx1);
```



В данной лабораторной работе обучаемым могут быть предложены следующие задания для самостоятельного выполнения:¹

1. Найти кривую, проходящую через точку $(-1;-2)$, если поднормаль ее в каждой точке равна 2.

2. Найти такую кривую, чтобы в каждой ее точке подкасательная равнялась удвоенной абсциссе.

3. Найти кривую, проходящую через точку $(2;3)$ и обладающую тем свойством, что отрезок любой ее касательной, заключенный между координатными осями, делится пополам в точке касания.

На втором уровне студентам предлагается провести анализ школьных учебников по информатике и ИКТ, входящих в федеральный перечень. В результате проведенного анализа они должны определить понятийный аппарат, выявить типы рассматриваемых задач компьютерного моделирования и описать алгоритмы их решения.

Работа над данным заданием осуществляется в несколько этапов.

Для определения понятийного аппарата компьютерного моделирования студентам необходимо заполнить таблицу (см. табл. 2):

Таблица 2

Понятийный аппарат

Информация об учебнике	Понятие	Определение понятия

После заполнения таблицы студенты должны ответить на следующие вопросы:

1. Какие понятия компьютерного моделирования рассматриваются во всех школьных учебниках?

2. В каком учебнике понятийный аппарат компьютерного моделирования представлен наиболее полно / практически не представлен / не представлен совсем?

¹ Зайцев В. Ф., Петрушенко А. А., Швецкий М. В. Дифференциальные уравнения (структурная теория, практикум). – Санкт-Петербург: Интерлайн, 2008. – 596 с.

Для выявления основных типов задач компьютерного моделирования и алгоритмов их решения студентам необходимо заполнить таблицу (см. табл. 3):

Таблица 3

Типология задач и алгоритмы их решения

Информация об учебнике	Название и / или формулировка задачи	Вид модели	Алгоритм решения задачи

После заполнения таблицы студенты должны ответить на следующие вопросы:

1. Задачи, связанные с построением каких видов моделей, рассматриваются в школьных учебниках чаще всего / реже всего?
2. В каком учебнике типология задач представлена наиболее полно / наименее полно?
3. Соответствуют ли рассматриваемые в учебниках типы задач заданиям, представленным в КИМ ОГЭ (ЕГЭ) по информатике и ИКТ?
4. Какой из учебников можно рекомендовать для подготовки к сдаче ЕГЭ по информатике и ИКТ по разделу «Моделирование»?

На третьем уровне студентам требуется выполнить индивидуальное творческое задание, заключающееся в построении и реализации математической модели предложенной физической задачи.

Работа над творческим заданием осуществляется в несколько этапов.

На *первом этапе* необходимо построить математическую модель выбранной физической задачи. Отметим, что в предложенных физических задачах математическая модель представляет собой обыкновенное дифференциальное уравнение первого порядка.

На *втором этапе* требуется найти общее и частное решение дифференциального уравнения, воспользовавшись данными задачи, и ответить на ее вопрос. На данном шаге не предполагается использование программных средств для решения задачи.

На *третьем этапе* необходимо найти общее и частное решение дифференциального уравнения в системе компьютерной математики Maxima и проверить полученный на втором этапе результат.

На *четвертом этапе* предлагается найти численное решение задачи в системах компьютерной математики Maxima и Scilab, оценить погрешность полученных решений.

На *пятом этапе* требуется построить графики точного и численного решения поставленной задачи, сформулировать выводы на основе полученных результатов.

Рассмотрим реализацию каждого из описанных выше этапов на примере.

1 этап

Вес летчика с парашютом составляет 85 кг. Сопротивление воздуха при спуске парашюта пропорционально квадрату его скорости (коэффициент пропорциональности $k = 400$). Определите скорость спуска в зависимости от времени и установите максимальную скорость спуска.

На парашютиста действует сила тяжести $\vec{P} = m\vec{g}$, позволяющая ему приближаться к земле, и сила сопротивления воздуха, противостоящая силе тяжести.

По условию задачи сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости парашютиста и равна коэффициенту пропорциональности, т. е. $k = \frac{F_{con}}{v^2}$. От-

сюда сила сопротивления воздуха равна: $F_{con} = -kv^2$.

Таким образом, сила, оказываемая на парашютиста в момент полета, равна: $F = mg - kv^2$.

Поскольку парашютист снижается с некоторым ускорением, то по второму закону Ньютона сила, оказываемая на него, равна: $F = m \frac{dv}{dt}$.

В результате можно установить зависимость скорости спуска от времени полета: $m \frac{dv}{dt} = mg - kv^2$. Полученная математическая модель представляет собой обыкновенное дифференциальное уравнение первого порядка с разделяющимися переменными.

2 этап

Для нахождения общего решения разделим переменные:

$$\frac{dv}{mg - kv^2} = \frac{dt}{m}.$$

Проинтегрируем обе части полученного дифференциального уравнения:

$$\int \frac{dv}{mg - kv^2} = \int \frac{dt}{m};$$

$$-\frac{1}{2k\sqrt{\frac{mg}{k}}} \cdot \ln \left| \frac{\frac{v}{\sqrt{\frac{mg}{k}}} - 1}{\frac{v}{\sqrt{\frac{mg}{k}}} + 1} \right| + C = \frac{t}{m}.$$

Выразим v :

$$v = \sqrt{\frac{mg}{k}} \cdot \frac{C \cdot e^{2t \cdot \sqrt{\frac{kg}{m}}} - 1}{C \cdot e^{2t \cdot \sqrt{\frac{kg}{m}}} + 1}.$$

Найдем частное решение уравнения, исходя из условия задачи. Допустим, что в начальный момент времени парашютист начинает прыжок с самолета, следовательно, в момент времени $t = 0$ скорость летчика $v = 0$, т. е. $v(0) = 0$.

$$0 = \sqrt{\frac{mg}{k}} \cdot \frac{C \cdot e^{2t \cdot \sqrt{\frac{kg}{m}}} - 1}{C \cdot e^{2t \cdot \sqrt{\frac{kg}{m}}} + 1};$$

$$\frac{C-1}{C+1} = 0. \text{ Следовательно, } C = 1.$$

Получим уравнение относительно v :

$$v = \sqrt{\frac{mg}{k}} \cdot \frac{e^{2t \cdot \sqrt{\frac{kg}{m}}} - 1}{e^{2t \cdot \sqrt{\frac{kg}{m}}} + 1}.$$

Максимальная скорость летчика при спуске будет вычисляться, как:

$$v_{\max} = \lim_{t \rightarrow \infty} \left(\sqrt{\frac{mg}{k}} \cdot \frac{e^{2t \cdot \sqrt{\frac{kg}{m}}} - 1}{e^{2t \cdot \sqrt{\frac{kg}{m}}} + 1} \right) = \sqrt{\frac{mg}{k}}.$$

Подставляя известные величины в уравнение, получим:

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{mg}{k}} = \sqrt{\frac{85000 \cdot 980}{400}} \approx 456 \frac{\text{см}}{\text{с}} \approx 4,56 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

3 этап

Найдем общее решение дифференциального уравнения в Maxima:

`rez:ode2('diff(v,t)=(85000*980-400*v^2)/85000, v, t);`

$$-\frac{85 \log\left(\frac{v - 35\sqrt{170}}{v + 35\sqrt{170}}\right)}{28\sqrt{170}} = t + \%c.$$

Найдем частное решение дифференциального уравнения при $t=0$ и $v=0$.

`ic1(rez,t=0,v=0);`

$$-\frac{85 \log\left(\frac{v - 35\sqrt{170}}{v + 35\sqrt{170}}\right)}{28\sqrt{170}} = \frac{28\sqrt{170}t - 85 \log(-1)}{28\sqrt{170}}.$$

Выразим v :

`solve(%,v);`

$$v = \frac{\sqrt{170} \left(35 \% e^{\frac{28\sqrt{170}t}{85}} - 35 \right)}{\frac{28\sqrt{170}t}{85} \% e^{\frac{28\sqrt{170}t}{85}} + 1}.$$

Вычислим значение максимальной скорости:

Vmax:

```
limit((sqrt(170)*(35*%e^((28*sqrt(170)*t)/85)-35))/(%e^((28*sqrt(170)*t)/85)+1), t,inf)$;
Vmax, numer;
456.3441683641855.
```

4 этап

Найдем численное решение дифференциального уравнения методом Рунге-Кутта в Maxima:

```
s1:rk([(85000*980-400*v^2)/85000],[v],[0],[t,0,2,0.05]);
s2:rk([(85000*980-400*v^2)/85000],[v],[0],[t,0,2,0.025])$.
```

Оценим погрешность найденного решения по правилу Рунге:

```
mx:abs(s1[1][2]-s2[1][2])$
for i:1 thru length(s1) step 1 do
(if abs(s2[2*i-1][2]-s1[i][2])>mx then mx:abs(s2[2*i-1][2]-s1[i][2]))$
mx/15;
6.202738223540413*10-5.
```

Найдем численное решение дифференциального уравнения методом Рунге-Кутта в Scilab:

```
function z=F(t,v)
z=(85000*980-400*v^2)/85000
endfunction
v0=0;t0=0;
t1=0:0.05:2;
sol=ode("rkf",v0,t0,t1,F);
t2=0:0.025:2;
sol1=ode("rkf",v0,t0,t2,F).
```

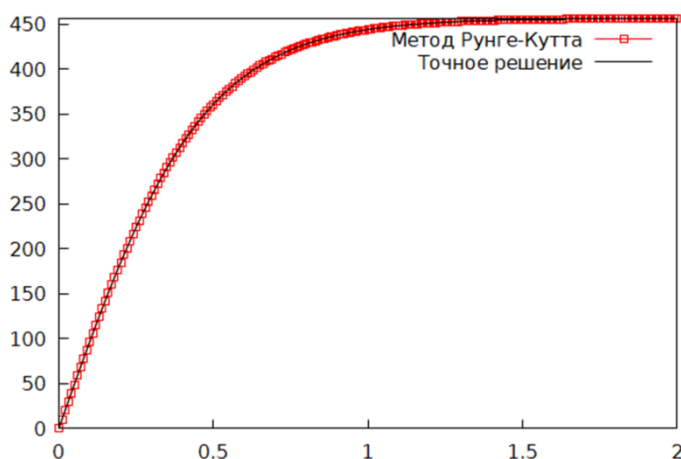
Оценим погрешность найденного решения по правилу Рунге:

```
mx=abs(sol(1)-sol1(1))
i=2;
while i<=length(sol)
if abs(sol1(2*i-1)-sol(i))>mx then mx=abs(sol1(2*i-1)-sol(i)); end;
i=i+1;
end;
disp(mx/15);
0.000001.
```

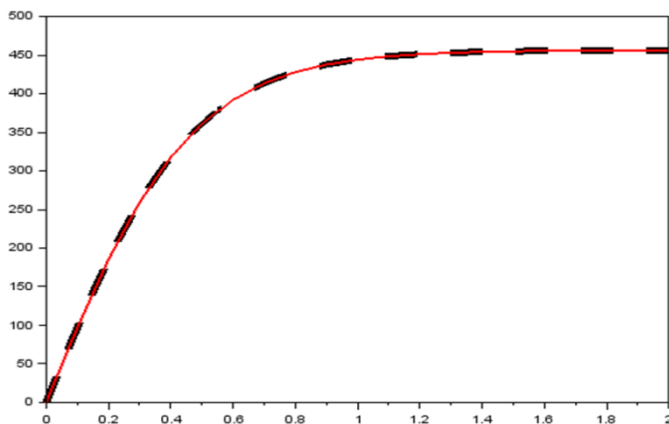
5 этап

Построим графики точного и численного решений в Maxima:

```
load(draw) $
wxdraw2d(point_type=square, point_size=1, points_joined=true, key="Метод Рунге-
Кутта", color=red, points(s1), key="Точное решение", color=black, explic-
it((sqrt(170)*(35*%e^((28*sqrt(170)*x)/85)-35))/(%e^((28*sqrt(170)*x)/
85)+1),x,0,2)) $.
```



Построим графики точного и численного решений в Scilab:



Выбранный способ организации самостоятельной работы обучающихся при изучении дисциплины «Компьютерное моделирование» позволил им освоить больший объем содержания. Совершенствуя навыки работы в системах компьютерной математики, студенты учатся самостоятельному построению и реализации компьютерной модели предложенной задачи, более тщательно прорабатывают предложенный теоретический материал, что приводит к лучшему его освоению. Это подтверждается результатами итоговой аттестации по дисциплине и результатами самооценива-

ния обучаемых. Процедура самооценивания проводится следующим образом: по завершении изучения каждой темы студенту предлагается самостоятельно оценить степень усвоения материала по пятибалльной шкале: 1 балл выставляется, если обучаемый знает основные определения и понятия темы; 3 балла – если может сформулировать основные теоретические положения темы, знает ее содержание; 5 баллов – если может не только сформулировать, но и доказать (объяснить, проиллюстрировать) основные теоретические положения темы. По результатам проведенных самооценок выяснилось, что больше половины студентов оценивают степень усвоения ими каждой темы не менее, чем 3 баллами, что говорит о достаточно хороших итоговых результатах обучения. По нашему мнению, получение таких результатов во многом связано с эффективной и грамотной организацией самостоятельной работы обучаемых.

Выводы

Самостоятельная работа является неотъемлемой частью образовательного процесса. Она способствует развитию творческого потенциала, формированию навыков исследовательской и поисковой деятельности. В процессе выполнения заданий обучаемые приобретают навыки поиска и работы с источниками информации для получения новых теоретических знаний и приобретения необходимых практических умений.

Итоговые результаты обучения во многом зависят от организации самостоятельной работы студентов. Правильно организованная самостоятельная работа способствует развитию профессиональной компетентности будущего учителя математики и информатики, позволяет ему добиться лучших результатов при подготовке обучающихся к сдаче ОГЭ и ЕГЭ по информатике и ИКТ, приобрести навыки построения компьютерных моделей в различных предметных областях.

Литература

Голанова А. В., Голикова Е. И. Готовность педагога к использованию систем компьютерной математики в учебном процессе // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2019. – № 1 (88). – С. 144–153.

Гончарова Ю. А. Организация самостоятельной работы студентов: методические рекомендации для преподавателей. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2007. – 28 с.

Зайцев В. Ф., Петрушенко А. А., Швецкий М. В. Дифференциальные уравнения (структурная теория, практикум). – Санкт-Петербург: Интерлайн, 2008. – 596 с.

Луковцева А. К. Психология и педагогика: курс лекций. – URL: http://bookap.info/genpsy/lukovtseva_psihologiya_i_pe-dagogika_kurs_lektsiy/gl49.shtm (дата обращения: 20.01.2020).

Приказ Министерства труда и социального развития РФ от 18.10.2013 № 544н (с изменениями от 05.08.2016) «Об утверждении профессионального стандарта “Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)”». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_155553/ (дата обращения: 21.01.2020).

Федеральный перечень учебников, рекомендованных к использованию при реализации программ общего образования. – URL: <http://fpu.edu.ru/fpu/> (дата обращения: 21.01.2020).

References

Golanova A. V., Golikova E. I. Gotovnost' pedagoga k ispol'zovaniu sistem komp'iuternoi matematiki v uchebnom protsesse [Readiness of the teacher to use computer mathematics systems in the learning process]. *Vestnik Cherepovetskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Cherepovets State University], 2019, no. 1 (88), pp. 144–153.

Goncharova Iu. A. *Organizatsiia samostoiatel'noi raboty studentov: metodicheskie rekomendatsii dlia prepodavatelei* [Organization of students' independent work: methodological recommendations for teachers]. Voronezh: Voronezhskii gosudarstvennyi universitet, 2007. 28 p.

Zaitsev V. F., Petrushenko A. A., Shvetskii M. V. *Differentsial'nye uravneniia (strukturnaia teoriia, praktikum)* [Differential equations (structural theory, workshop)]. St Petersburg: Interlain, 2008. 596 p.

Lukovtseva A. K. *Psikhologiia i pedagogika: kurs leksii* [Psychology and Pedagogy: Lecture Course]. Available at: http://bookap.info/genpsy/lukovtseva_psihologiya_i_pedagogika_kurs_lektsiy/gl49.shtm (accessed: 20.01.2020).

Prikaz Ministerstva truda i sotsial'nogo razvitiia RF ot 18.10.2013 No. 544n (s izmeneniami ot 05.08.2016) "Ob utverzhdenii professional'nogo standarta 'Pedagog (pedagogicheskaiia deiatel'nost' v sfere doshkol'nogo, nachal'nogo obshchego, osnovnogo obshchego, srednego obshchego obrazovaniia) (vosпитatel', uchitel')'" [The order of the Ministry of Labour and Social Protection of the Russian Federation of 18.10.2013 of No. 544n (with amendment of 05.08.2016) "On the approval of the professional standard 'The Teacher (Pedagogical activity in the sphere of the preschool, primary general, basic general, secondary general education) (tutor, teacher)'"]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_155553/ (accessed: 21.01.2020).

Federal'nyi perechen' uchebnikov, rekomendovannykh k ispol'zovaniu pri realizatsii programm obshchego obrazovaniia [Federal list of textbooks recommended to use in implementing general education programs]. Available at: <http://fpu.edu.ru/fpu/> (accessed: 21.01.2020).

Для цитирования: Голанова А. В., Голикова Е. И. Организация самостоятельной работы будущих учителей информатики при изучении основ компьютерного моделирования // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2020. – № 3 (96). – С. 174–192. DOI: 10.23859/1994-0637-2020-3-96-15

For citation: Golanova A. V., Golikova E. I. Organisation of independent work for future computer science teachers in studying computer modeling basics. *Bulletin of the Cherepovets State University*, 2020, no. 3 (96), pp. 174–192. DOI: 10.23859/1994-0637-2020-3-96-15