

## РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

УДК 004.4+004.9

DOI: 10.22213/2413-1172-2025-1-110-119

### Моделирование программного и технического обеспечения элементов информационных систем

**В. И. Фрейман**, доктор технических наук, доцент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

*В статье рассматриваются результаты разработки и применения моделей элементов и устройств информационных (телекоммуникационных, информационно-управляющих и вычислительных) систем, реализованных различными способами и инструментариями моделирования. Обосновано применение моделирования для нескольких целей: изучение основ построения, исследование технологий и протоколов, практическая реализация основных алгоритмов и технических решений. Раскрыты особенности и возможности рассматриваемых подходов и сред моделирования в образовательной, научно-исследовательской и инженерной деятельности. Предложена классификация способов моделирования: аналитическое (математическое), программное, визуальное, схемотехническое, проанализированы их особенности и области эффективного применения. Показаны иллюстрирующие примеры реализации моделей с использованием как инструментариев моделирования, так и интегрированных сред разработки технического и программного обеспечения информационных систем. Для этого автором использованы лицензионные (например, Matlab, Labview) и свободно распространяемые (например, Scilab) среды моделирования, включая встроенные в них компоненты программного и визуального моделирования, а также среды разработки реального программного и технического обеспечения информационных систем.*

**Ключевые слова:** модель, моделирование, программное обеспечение, виртуальный лабораторный стенд, Scilab, IDE, информационно-управляющие системы, телекоммуникационные системы, вычислительные системы.

#### Введение

Информационные (телекоммуникационные, информационно-управляющие и вычислительные) системы широко распространены во всех отраслях мировой экономики [1]. Поэтому наблюдается устойчивый рост интереса к изучению информационных и телекоммуникационных (инфокоммуникационных [2]) технологий в рамках всех ступеней образования, особенно в сфере высшего образования [3]. Следовательно, на высшие учебные заведения, реализующие программы подготовки специалистов в области разработки элементов и устройств, а также проектирования и эксплуатации систем и сетей, ложится большой груз ответственности [4, 5]. Они должны решать достаточно сложные с научной, технической и методической точек зрения задачи обеспечения высокого уровня освоения профессиональных компетенций на фоне стремительно изменяющихся и обновляющихся информационных и коммуникационных технологий [6, 7].

При изучении любой системы передачи информации особенно важно дать представление о базовых принципах ее построения и функционирования, об основных процессах преобразования информации. Это объясняется тем, что все они в той или иной степени востребованы в самых современных технологиях, обеспечивающих сбор, преобразование, передачу и обработку информации [8]. Поэтому от того, насколько глубоко обучающиеся усваивают базовые принципы, напрямую зависит уровень освоения специальных знаний, умений и навыков (владений), а также успешность профессиональной деятельности [9].

Наиболее качественным и эффективным способом изучения является исследование программного и технического обеспечения элементов, систем и сетей, построенных на реальном (промышленном) оборудовании, с применением современных средств управления и контроля [10]. Однако их использование для изучения именно базовых принципов функционирования

неэффективно, поскольку аппаратура и специализированное программное обеспечение, как правило, не адаптированы для образовательного процесса. Поэтому задачи изучения основ построения и работы телекоммуникационных, информационно-управляющих и вычислительных систем можно успешно решить с помощью систем моделирования [11].

На практике применяются разные виды моделирования, например, физическое, аналитическое, математическое, алгоритмическое, схемотехническое или их комбинации. Физическое моделирование является наиболее точным, но труднореализуемым, поскольку необходимо разрабатывать и внедрять в образовательный процесс специализированные лабораторные стенды или использовать промышленное оборудование и программное обеспечение. Поэтому основным элементом платформы реализации работ по изучению и последующей практической реализации программного и технического обеспечения становится *виртуальный лабораторный стенд*, построенный на базе какого-либо пакета (среды) моделирования [12].

Как правило, для решения одной и той же исследовательской или инженерной задачи можно использовать разные виды моделирования. Эффективность предлагаемого подхода заключается в применении разных способов и инструментов моделирования для решения одной задачи. Сопоставление результатов моделирования позволяет говорить об адекватности моделей друг другу и объекту моделирования. Полученные решения (например, схемотехнические или программные) могут быть адаптированы для практического применения в соответствующих системах автоматизации проектирования.

**Цель** данной статьи – обзор и анализ различных подходов к моделированию при обучении, исследовании и практической реализации элементов и устройств телекоммуникационных, информационно-управляющих и вычислительных систем.

### **Краткий анализ возможностей сред моделирования и их пакетов расширения**

Для построения виртуальных стендов наиболее органично подходят пакеты моделирования MatLab (MathWorks) [13], Scilab [14], Tinkercad [15], LabView (National Instruments) и др. Они включают модули, позволяющие организовать математическое (программное), визуальное и схемотехническое моделирование достаточно большого количества процессов, устройств

и систем. Пакеты имеют внешние интерфейсы, например COM, DDE, Web, которые позволяют им взаимодействовать с другими приложениями. Также в их состав, как правило, включен интерфейс взаимодействия с внешними приложениями, написанными на языках С, Фортран, Java и др. [16]. Данные, созданные в пакетах моделирования, можно импортировать и экспортить в другие среды моделирования и проектирования, например, использующие язык VHDL [17]. Таким образом, можно сделать вывод о высокой эффективности применения пакетов моделирования в качестве платформы лабораторных практикумов в широком диапазоне научных и технических вопросов.

Рассмотрим основные возможности инструментов моделирования [18].

*Встроенные языки программирования* (например, m-script для Matlab) позволяют реализовывать программы различной сложности и функциональности – от простейших математических функций до дифференциальных уравнений и матриц. В них предусмотрены различные виды вывода информации, в том числе графический.

*Модули визуального моделирования* (например, Matlab Simulink и Scilab XCos) позволяют построить модели огромного количества устройств и систем различного физического принципа действия: электрического, механического, пневматического и др. Наряду с моделями элементарных устройств в их состав включены библиотеки, позволяющие использовать уже готовые достаточно сложные устройства для исследования на уровне системы [19].

*Пакеты расширения* (например, Matlab Signal Processing Toolbox) обеспечивают необычайно широкие возможности по созданию программ обработки сигналов для современных научных и технических приложений. В пакете используется разнообразная техника фильтрации и новейшие алгоритмы спектрального анализа. Пакет содержит модули для разработки новых алгоритмов обработки сигналов, разработки линейных систем и анализа временных рядов, большое количество различных функций задания периодических и непериодических сигналов во временной области. Программа обработки сигналов SPTool предоставляет пользователю графическую среду для просмотра графиков сигналов и их спектров, что для решения поставленной задачи означает возможность наблюдения и анализа различных видов сигнала во временной и частотной областях. Кроме того, в состав пакета входят три графических среды:

синтеза и анализа фильтров – FDATool, обработка сигналов – SPTool, синтеза и анализа весовых (оконных) функций – WinTool.

В некоторых пакетах имеются *примеры моделей* (Matlab Demos, Scilab), представляющих собой готовые виртуальные платформы для изучения принципов построения, основных преобразований и проведения исследований систем различной физической природы и технологий. Они позволяют вносить необходимые коррекции для адаптации к поставленным конкретным задачам исследования [20].

Лабораторный или исследовательский практикум строится, как правило, из расчетной, экспериментальной и практической частей. В первой части обучающиеся по выбранному индивидуальному варианту должны выполнить необходимые расчеты, построить нужные схемы, промоделировать их работу, построить графики и диаграммы и др. Во второй части сначала обучающиеся проектируют в среде моделирования устройство или систему, а затем исследуют ее по выбранным исходным данным. В третьей части предлагается выполнить практическую реализацию в подходящей системе автоматизации проектирования (например, написать программу, разработать схему и др.). Результаты аналитического, программного, визуального и/или схемотехнического моделирования и проектирования сравниваются друг с другом. Совпадение результатов свидетельствует о правильном выполнении расчетов и построении адекватной модели и проекта. По результатам оформляется отчет с описанием расчетной части, порядка выполнения и выводами. Таким образом, моделирование является важной частью последующих этапов разработки и проектирования устройств, систем и сетей.

### **Основные подходы к моделированию, исследованию и реализации устройств информационных систем**

Выделим следующие виды моделирования:

- аналитическое, или математическое (расчеты, схемы, таблицы, графики и др.)
  - программное (специальные инструменты – Matlab m-script, Scilab SciNotes или интегрированные среды разработки на языках C/C++/C#, Java, JavaScript, Python);
  - визуальное (Matlab Simulink, Scilab XCos);
  - схемотехническое (Autodesk Tinkercad).
- Аналитическое (математическое) моделирование* подразумевает выполнение *расчетов* параметров и характеристик исследуемых процессов, устройств или систем. Например, для помехоустойчивого кодирования это параметры

кодов, вероятностные показатели достоверности передачи, правила расчета проверочных символов, таблицы для декодирования и реализации корректирующих свойств и др. Также могут быть разработаны схемы, например, кодирующих и декодирующих устройств, для их дальнейшей реализации. Тогда, по возможности, они должны быть верифицированы. Например, для контроля правильности построения цифровых схем (для рассмотренного ниже примера) заполняются таблицы переходов и выходов. Это позволяет сравнить результат работы схемы с эталоном, обычно определяемом на этапе расчетов.

Области применения математического моделирования:

- изучение закономерностей поведения и преобразования сигналов, объектов, процессов;
- построение и исследование зависимостей и взаимовлияния параметров;
- подготовка расчетных соотношений для дальнейшего программного моделирования;
- исследование правильности функционирования по схемам элементов и устройств; разработка алгоритмов функционирования и др.

*Пример 1.* Рассмотрим аналитическое моделирование на примере циклических БЧХ-кодов. Оно включает следующие этапы.

1. Расчет параметров (длина, выбор порождающего полинома  $g(x)$ , рис. 1, a).
2. Кодирование при помощи порождающего полинома  $g(x)$ .
3. Построение схемы кодера и таблицы переходов и выходов (рис. 1, b, c).
4. Декодирование (определение и анализ синдрома).
5. Построение схемы декодера и заполнение таблицы переходов и выходов.

*Программное моделирование* позволяет изучить и создать алгоритмы реализации основных процедур и функций (например, для задач обеспечения помехоустойчивости это кодирование – расчет избыточных символов и формирование кодового вектора, и декодирование – исправление и/или обнаружение ошибок). Они могут быть реализованы на языке программирования, доступном в выбранной среде моделирования. Например, для Scilab это оригинальный встроенный язык программирования, для обработки которого используется компилятор MinGW и интегрированная среда разработки (IDE) – редактор SciNotes. Результат выполнения программы для контроля и отладки может быть 1) выведен в командное окно; 2) отображен в диалоговых окнах (типа Message Box); 3) сохранен в файлах на диске.

$$m^T = n^T - k^T = 2^h - 1 - Sh; \quad m \leq 2^h - 1 - Sh; \quad g(x) = \text{НОК} m_i(x) = \prod_{i=1}^S m_{2i-1}(x).$$

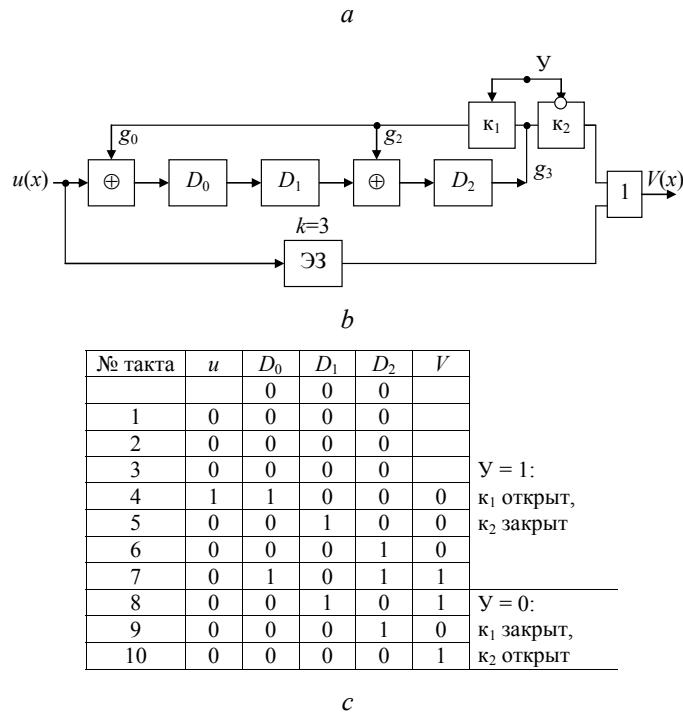


Рис. 1. Пример расчетных формул (а), схемы (б) и таблицы переходов и выходов (с)

Fig. 1. Examples of formulas (a), circuits (b) and inputs and outputs table (c)

Область применения программного моделирования:

- проверка правильности работы алгоритмов;
- проведение экспериментальных исследований;
- сбор и обработка данных для представления зависимостей в виде таблиц, графиков, диаграмм;
- отладка процедур и функций для их практической реализации и др.

**Пример 2.** Рассмотрим программное моделирование на примере алгоритмов помехоустойчивого кодирования избыточных кодов, реализованных с помощью IDE Scilab SciNotes (рис. 2).

Алгоритмы могут быть реализованы в виде функций, максимально адаптированных (по номенклатуре и типу входных и выходных переменных) для их последующей реализации в выбранном аппаратном и/или программном базисе (процессор, микроконтроллер, программируемая логика и др.). Для этого придется переписать тело функции при помощи соответствующего языка программирования, не меняя логику преобразований, отработанную при моделировании. Программное моделирование может быть выполнено в той же самой IDE, при помощи которой реализуется рабочее программное

обеспечение (например, для популярных языков программирования C, Java, Python это Microsoft Visual Studio, Qt, Code::Blocks, Eclipse и др.). Это позволяет свести к минимуму дальнейшее преобразование модели в рабочий код. При этом встроенные средства отладки позволяют эффективно локализовать и исправлять ошибки. Поддержка средств автоматизации тестирования (Selenium, TestingWhiz, UFT, Ranorex и др.) помогает выполнить повысить скорость и качество разработки.

*Визуальное моделирование* дает возможность изучать процессы преобразования, передачи, обработки и отображения информации в наглядном и удобном для восприятия виде. Для этого используется специальный инструментарий моделирования, в котором имеется набор функциональных блоков. Они могут иметь физические аналоги устройств (например, логические элементы, триггеры), формирователей сигналов (например, генераторы), измерительных приборов (например, осциллограф, вольтметр) и др. Также среди них присутствуют логические блоки (например, задержка, таблица), в том числе с возможностью реализации пользовательского кода. Такая широкая номенклатура функциональных блоков дает возможность мо-

делировать как простые, так и очень сложные с точки зрения физического принципа действия, количества элементов и связей, уровней вложенности и др. устройства и системы. По результатам визуального моделирования могут быть предложены решения по практической реализации компонентов, в частности, их аппа-

ратной платформы. Визуальное моделирование распространено не только на изучение устройств и физических процессов (механических, электрических, химических и др.), но и технологических процессов, поскольку могут промоделировать компоненты производственных линий и др.

```

CRC_декодер Меггита.sce (E: Мои документы\Фото\для STUDY\УЧБА\ЛАБ\Работы\курс ТИКИС (Теория и практика кодирования в информационных сист
CRC_декодер Меггита.sce

105 ux = poly(flipdim(U, 2), "x", "c");
106 [rx, qx] = pdiv(ux*poly([zeros(1, k - 1], "x", "c"), gx); //с
107 rx = poly(abs(modulo(coeff(rx), 2)), 'x', 'c'); //п
108 r = [coeff(rx) zeros(1, k - length(coeff(rx)))]; //д
109 V = [U flipdim(r, 2)]; //E
110 //V = [0,0,0,1,0,1,1]; //Вектор кода на передаче, сс
111
112 //Вычисление дополнительного полинома и связей для деко
113 if DecodingMode == cPrivate then //для схемы разделъ
114   k = k - 1; g = gt; gx = gxt;
115 end
116 d = zeros(1, k + t + 1); //Заготовка для дол
117 d(length(d)) = 1; //x^(k+t)
118 dx = poly(d, "x", "c");
119
120 [dx, qx] = pdiv(dx, gx); //с
121 dx = poly(abs(modulo(coeff(dx), 2)), 'x', 'c'); //п
122 d = [coeff(dx) zeros(1, k - length(coeff(dx)) + 1)]; //д
123
124 dg = zeros(1, length(g));
125 !dg = zeros(1, length(g));
126 d!g = zeros(1, length(g));
127 for i = 1:length(g)
128   dg(i) = And(!g(i), d(i));
129   !dg(i) = And(!g(i), Not(d(i)));
130   d!g(i) = And(Not(g(i)), d(i));
131 end
132 if DecodingMode == cPrivate then //для схемы разделъ
133   k = k + 1;
134 end
135

```

a

b

Рис. 2. Пример программы (a) и результата моделирования (b)

Fig. 2. The example of program (a) and simulation result (b)

Область применения визуального моделирования:

- наглядное представление изучаемых объектов и процессов;
- проверка правильности функционирования алгоритмов;
- подтверждение выявленных закономерностей и зависимостей;
- отработка структурных и подобных схем их последующей практической реализации.

**Пример 3.** Схема кодирующего устройства БЧХ-кода (рис. 3, a) и результат моделирования на регистраторе типа осциллографа (рис. 3, b).

*Схемотехническое моделирование* максимально приближает модели к их последующей практической реализации в выбранном аппаратно-программном базисе. Часто такие програм-

мные модули встраиваются в системы автоматизированного проектирования (САПр, CAD). Они позволяют провести симуляцию работы разрабатываемого устройства или системы для отладки и верификации, поскольку используют характеристики конкретного устройства – микроконтроллера, программируемой логической интегральной схемы – ПЛИС, FPGA и др.

Область применения схемотехнического моделирования: реализация основных проектно-конструкторских решений в техническом базисе (аппаратном, программном, аппаратно-программном), совпадающем или приближенном к реальному.

**Пример 4.** Схема включения микроконтроллера Arduino с внешними устройствами (рис. 4, a) и его управляющая программа (рис. 4, b).

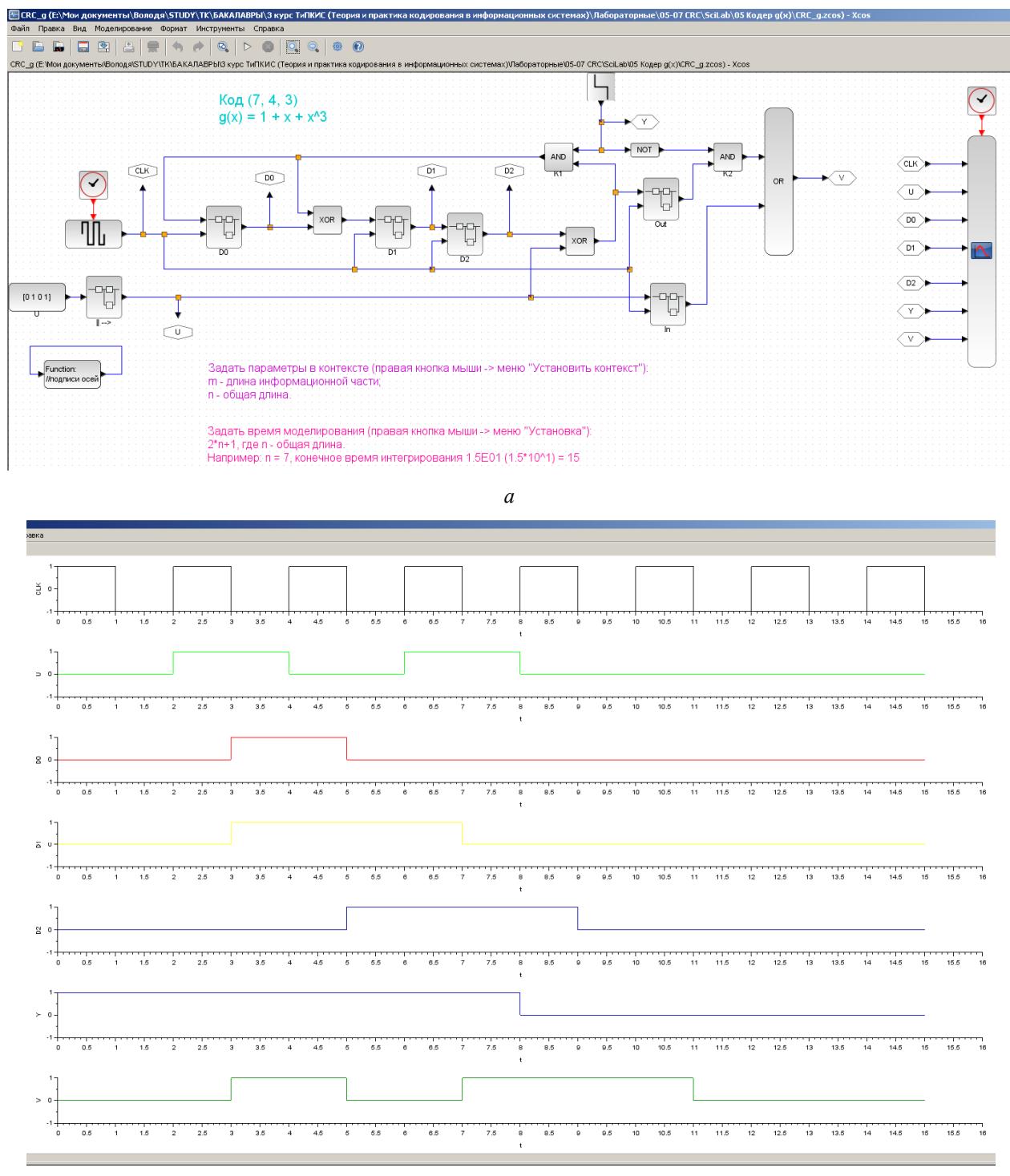


Рис. 3. Схема (а) и результат моделирования (б)

Fig. 3. Circuit (a) and simulation result (b)

Схемотехническое моделирование может быть выполнено и на физическом макете. Это позволяет максимально воспроизвести функции и возможности разрабатываемого устройства, выполнить отладку и тестирование, внести коррекцию в проект при необходимости. Как правило, для создания физического макета исполь-

зуются те же средства (САПр, IDE), что и для моделирования.

Рассмотренные выше примеры затрагивают один из важных аспектов построения современных систем передачи информации – помехоустойчивое кодирование. Автором разработан пакет программных и визуальных моделей: уст-

ройств кодирования, декодирования и двоичного канала связи (исследуется модель канала связи с независимыми ошибками, места ошибок задаются вручную для исследования корректирующих свойств анализируемого кода). Реализация выполнена в следующих средах моделирования:

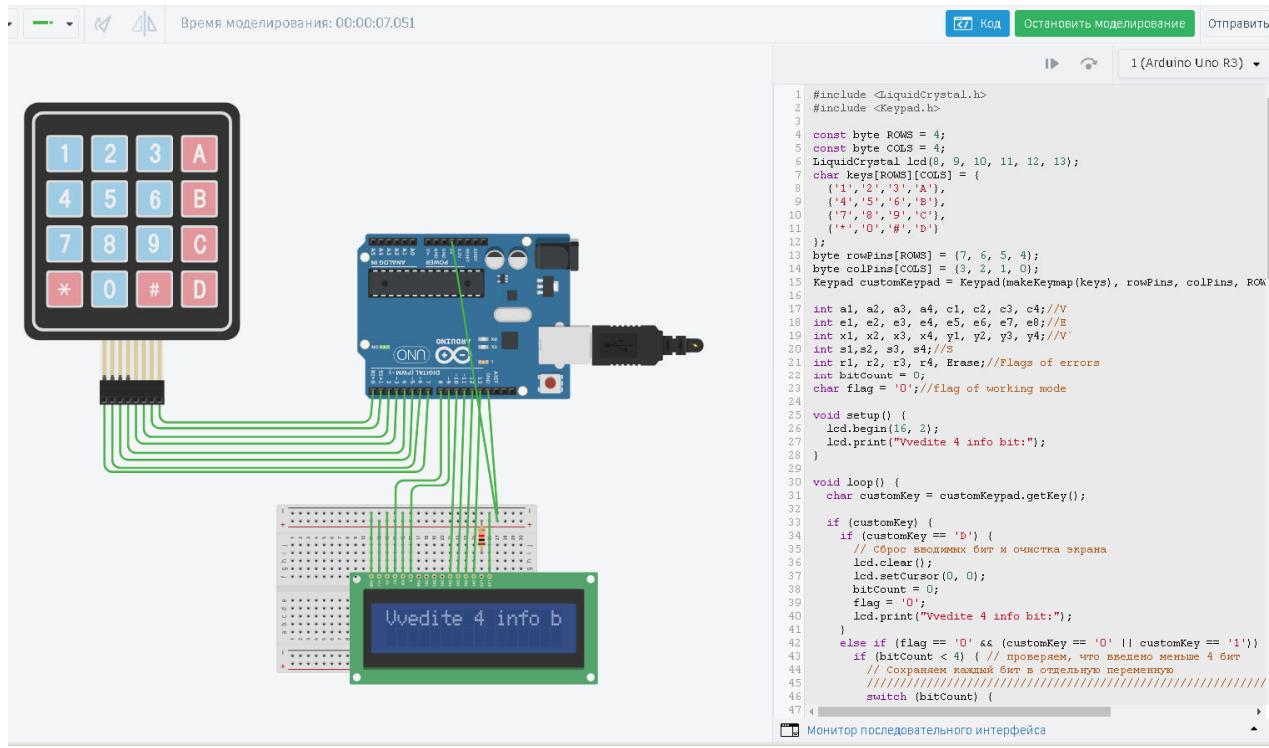


Рис. 4. Пример схемы включения микроконтроллера Arduino UNO R3 (а) и рабочая программа для него в среде Tinkercad (б)

Fig. 4. The example of Arduino UNO R3 microcontroller connection diagrams (a) and Tinkercad software project (b)

Разработанные модели применяются для изучения, исследования и практической реализации процедур помехоустойчивого кодирования. С использованием аналогичного подхода к моделированию предлагается решать широкий спектр вопросов анализа и построения элементов и устройств телекоммуникационных, информационно-управляющих и вычислительных систем.

### Выводы

В статье проанализирован и обобщен практический опыт автора в области применения различных видов и сред моделирования при разработке, исследовании и реализации программного и технического обеспечения элементов и устройств телекоммуникационных, информационно-управляющих и вычислительных систем.

Mathworks MatLab (m-script, Simulink);  
Scilab (Scinotes, XCos);

на языках C, JavaScript и Python (для реализации в Web-браузере или desktop-приложениях);

Tinkercad (для реализации в микроконтроллере Arduino или подобных).

Предложен комбинированный подход, который заключается в применении разных видов моделирования, для решения одной или разных исследовательских задач, показаны особенности и ограничения его использования. Обосновано применение виртуальных лабораторных стендов, которые наиболее эффективны для синтеза и анализа моделей элементов, систем и сетей. Их использование делает процесс исследования более доступным, наглядным, масштабируемым, чем применение для указанных целей промышленных сред разработки или физических моделей.

Выполнены обзор и анализ наиболее часто применяемых в научных исследованиях и инженерной практике сред моделирования и пакетов расширения. Это дает возможность наиболее полно и эффективно использовать их воз-

можности применительно к видам моделирования, которые планируется использовать при решении конкретной проектно-конструкторской или научно-исследовательской задачи.

Предложена классификация видов моделирования, приведены примеры реализующих их сред моделирования. Сформулированы области применения, что позволит исследователю определить, для каких задач какой вид моделирования предпочтительнее использовать. Для каждого из них проиллюстрированы подходы к реализации виртуальных лабораторных стендов на примере изучения, исследования и практической реализации помехоустойчивого кодирования как одной из важнейших процедур обеспечения достоверности передачи данных между устройствами любых информационных систем. Для подтверждения предложенного автором подхода (комбинирования разных видов моделирования) представлены модели, разработанные автором с помощью сред моделирования из числа ранее описанных в работе.

Для разработки и отладки рабочих схем и программного обеспечения в современных интегрированных средах разработки предлагается применять фрагменты моделей (функции, структуры данных, алгоритмы, фрагменты схем и др.), адаптированные с учетом выбранных языков программирования, сред разработки и систем автоматизированного проектирования. Представлен авторский опыт в решении задач рассматриваемого класса.

#### Библиографические ссылки

1. Рочев К. В. Информационные технологии. Анализ и проектирование информационных систем. СПб. : Лань, 2022. 128 с.
2. Аджемов А. С. Телекоммуникации, инфокоммуникации – что дальше? М. : Медиа Паблишер, 2012. 140 с.
3. Уракова Е. А., Гусев Е. Н., Сидоров А. Н. Основные направления развития профессионального образования // Проблемы современного педагогического образования. 2021. № 70-3. С. 240–242.
4. Кон Е. Л., Фрейман В. И., Южаков А. А. Новые подходы к подготовке специалистов в области инфокоммуникаций // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2015. № 1 (25). С. 73–89.
5. Роберт И. В., Мухаметзянов И. Ш., Лопанова Е. В. Цифровая трансформация образования: теория и практика : монография. Омск : Омская гуманитарная академия, 2022. 180 с.
6. Элементы образовательной технологии 4.0 на примере дополненной реальности с использованием аватара антропоморфного стоматологического робота-симулятора / А. А. Байдаров, Р. А. Кокоулин, С. А. Сторожев, А. А. Южаков, С. Д. Арутюнов, Н. Б. Асташина // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2024. Т. 27, № 4. С. 79–89. DOI: 10.22213/2413-1172-2024-4-79-89
7. Кон Е. Л., Фрейман В. И., Южаков А. А. Оценка качества формирования компетенций студентов технических вузов при двухуровневой системе обучения // Сборник научных трудов SWORLD. 2012. Т. 9, № 3. С. 39–41.
8. Имитационное моделирование работы протокола маршрутизации Optimized Link - State Routing при передаче видеоданных с борта беспилотного воздушного судна с использованием различных моделей мобильности / Р. Э. Шибанов, И. А. Кайсина, А. И. Нистюк, А. В. Абилов // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2024. Т. 27, № 1. С. 113–120. DOI: 10.22213/2413-1172-2024-1-113-120
9. Коршунов Г. И., Фрейман В. И. Модели и методы оценки соответствия показателей качества продукции и результативности подготовки специалистов // Фундаментальные исследования. 2015. № 12. С. 1116–1120.
10. Tsvetkov V.Ya. (2012) Information Situation and Information Position as a Management Tool. *European Researcher. Series A*, vol. 36, iss. 12-1, pp. 2166-2170.
11. Andrejko P., Zakova K., Matisak J. (2023) Educational Interactive Models for Control Courses: 2023 6th Experiment@ International Conference (exp.at'23). Evora, Portugal, 2023. Pp. 37-38.
12. Фрейман В. И. Разработка учебно-методического комплекса дисциплины в соответствии с ФГОС нового поколения // Вестник Пермского государственного технического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2009. № 3. С. 47–50.
13. Zhiqiang C., Duzhesheng L., Krasnov A.Yu., Yanyu L. (2023) Trajectory tracking control for mobile robots with adaptive gain. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, vol. 23, no. 5, pp. 904-910.
14. Kumar S.P., Jisha P.K., Sashikumar G., Sabreesh S., Rai Sh., Tatvik Mahesha S.N. (2022) Simulation of power electronics of electrical systems in ev's using Sci-lab. *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 2225, no. 1, p. 012001.
15. Mohapatra B.N., Mohapatra R.K., Joshi J., Zamage Sh. (2020) Easy performance based learning of Arduino and sensors through Tinkercad. *International Journal of Open Information Technologies*, vol. 8, no. 10, pp. 73-76.
16. Hanks L., Lonergan C., Richardson K., Hasler J., Mathews P., Ige A. (2024) Analog High-Level Synthesis for Field Programmable Analog Arrays: 2024 IEEE Opportunity Research Scholars Symposium (ORSS), Atlanta, GA, USA, pp. 28-31.
17. Kour H., Jha R.K., Jain S. (2024) Green and Safe 6G Wireless Networks: A Hybrid Approach: 2024 IEEE Transactions on Green Communications and Networking, vol. 8, no. 4, pp. 1729-1741.

18. Айдагулова А. Р., Старцева О. Г. Использование отечественного программного обеспечения в образовательном процессе вуза // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Гуманитарные науки. 2023. № 10-2. С. 31–34.

19. Sayed M., Jeevakhan H., Kushwaha K. (2024) Simulation of Off-Axis Planar Undulator Radiation by Numerical Approach Using SCILAB-Xcos Model: 2024 IEEE Transactions on Plasma Science, vol. 52, no. 10, pp. 5296-5302.

20. Kushalkar R. (2022) Large Scale IoT Training using Arduino: 2022 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE), Hung Hom, Hong Kong, pp. 723-726.

### References

1. Rochev K.V. (2022) [Information technologies. Analysys and design of information systems]. St. Petersburg: Lan' Publishing, 128 p. (in Russ.).
2. Adzhemov A.S. (2012) [Telecommunication, info-communication – what is the next?]. Moscow: Media Publisher, 140 p. (in Russ.).
3. Urakova E.A., Gusev E.N., Sidorov A.N. (2021) [General development directions of professional education]. *Problemy sovremennoj pedagogicheskogo obrazovaniya*, no. 70-3, pp. 240-242 (in Russ.).
4. Kon E.L., Frejman V.I., Yuzhakov A.A. (2015) [New approaches fo infocommunication specialists training]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Radiotekhnicheskie i infokommunikacionnye sistemy*, no. 1 (25), pp. 73-89 (in Russ.).
5. Robert I.V., Muhametzyanov I.Sh., Lopanova E.V. (2022) [Digital transformation of education: theory and practice]. Omsk: Omskaya Gumanitarnaya Akademiya, 180 p. (in Russ.).
6. Bajdarov A.A., Kokoulin R.A., Storozhev S.A., Juzhakov A.A., Arutjunov S.D., Astashina N.B. (2024) [Elements of Educational Technology 4.0 on the Example of Augmented Reality Using an Avatar of an Anthropomorphic Dental Robot Simulator]. *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova*, no. 27 (4), pp. 79-89. DOI: 10.22213/2413-1172-2024-4-79-89 (in Russ.).
7. Kon E.L., Frejman V.I., Yuzhakov A.A. (2012) [Evaluation quality assessment of technical universities students competencies in a two-layer education system]. *Sbornik nauchnyh trudov SWORLD*, vol. 9, no. 3, pp. 39-41 (in Russ.).
8. Shibanov R.Je., Kajtsina I.A., Nistjuk A.I., Abilov A.V. (2024) [Simulation Modeling of OLSR Routing Protocol Performance in Video Data Transmission from Unmanned Area Vehicle Using Various Mobility Models]. *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova*, no. 27 (1), pp. 113-120. DOI: 10.22213/2413-1172-2024-1-113-120 (in Russ.).
9. Korshunov G.I., Frejman V.I. (2015) [Models and methods for assessing the conformity of product quality indicators and the effectiveness of specialist training]. *Fundamental'nye issledovaniya*, no. 12, pp. 1116-1120 (in Russ.).
10. Tsvetkov V.Ya. (2012) Information Situation and Information Position as a Management Tool. *European Researcher. Series A*, vol. 36, iss. 12-1, pp. 2166-2170.
11. Andrejko P., Zakova K., Matisak J. (2023) Educational Interactive Models for Control Courses: 2023 6th Experiment@ International Conference (exp.at'23). Evora, Portugal, 2023, pp. 37-38.
12. Frejman V.I. (2009) [Development of a teaching and methodological complex of the discipline in accordance with the Federal State Educational Standard of the new generation]. *Vestnik Permskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Elektrotehnika, informacionnye tekhnologii, sistemy upravleniya*, no. 3, pp. 47-50 (in Russ.).
13. Zhiqiang C., Duzhesheng L., Krasnov A.Yu., Yanyu L. (2023) Trajectory tracking control for mobile robots with adaptive gain. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, vol. 23, no. 5, pp. 904-910.
14. Kumar S.P., Jisha P.K., Sashikumar G., Sabreesh S., Rai Sh., Tatvik Mahesha S.N. (2022) Simulation of power electronics of electrical systems in ev's using Scilab. *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 2225, no. 1, p. 012001.
15. Mohapatra B.N., Mohapatra R.K., Joshi J., Zamage Sh. (2020) Easy performance based learning of Arduino and sensors through Tinkercad. *International Journal of Open Information Technologies*, vol. 8, no. 10, pp. 73-76.
16. Hanks L., Lonergan C., Richardson K., Hasler J., Mathews P., Ige A. (2024) Analog High-Level Synthesis for Field Programmable Analog Arrays: 2024 IEEE Opportunity Research Scholars Symposium (ORSS), Atlanta, GA, USA, pp. 28-31.
17. Kour H., Jha R. K., Jain S. (2024) Green and Safe 6G Wireless Networks: A Hybrid Approach: 2024 IEEE Transactions on Green Communications and Networking, vol. 8, no. 4, pp. 1729-1741.
18. Ajdagulova A.R., Starceva O.G. (2023) [Use of domestic software in the educational process of the university]. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Gumanitarnye nauki*, no. 10-2, pp. 31-34 (in Russ.).
19. Sayed M., Jeevakhan H., Kushwaha K. (2024) Simulation of Off-Axis Planar Undulator Radiation by Numerical Approach Using SCILAB-Xcos Model: 2024 IEEE Transactions on Plasma Science, vol. 52, no. 10, pp. 5296-5302.
20. Kushalkar R. (2022) Large Scale IoT Training using Arduino: 2022 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE), Hung Hom, Hong Kong, pp. 723-726.

## Software and Hardware Simulation of Information Systems Elements

V.I. Freyman, DSc in Engineering, Associate Professor, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

*The article considers the results of development and application of models of information (telecommunication, information control and computing) system elements and devices, implemented by various methods and simulation tools. The application of simulation for several purposes is justified: studying the basics of development, technology and protocol research, practical implementation of basic algorithms and technical solutions. The features and capabilities of the considered approaches and simulation environments in educational, research and engineering activities are revealed. The classification of simulation methods is proposed: analytical (mathematical), software, visual, circuit, their features and areas of effective application are analyzed. Illustrative examples of the implementation of models using both simulation tools and integrated development hardware and software environments of information systems are shown. For this purpose, licensed (for example, Matlab, Labview) and freely distributed (for example, Scilab) simulation environments, including built-in software and visual simulation components, as well as development environments for real software and hardware of information systems, were used.*

**Keywords:** model, simulation, software, virtual laboratory stand, Scilab, IDE, information and control systems, telecommunication systems, computing systems.

Получено 07.02.2025

### Образец цитирования

Фрейман В. И. Моделирование программного и технического обеспечения элементов информационных систем // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2025. Т. 28, № 1. С. 110–119. DOI: 10.22213/2413-1172-2025-1-110-119

### For Citation

Freyman V.I. (2025) [Software and Hardware Simulation of Information Systems Elements]. *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova*, vol. 28, no. 1, pp. 110-119 (in Russ.). DOI: 10.22213/2413-1172-2025-1-110-119