

УЧЕБНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ ПОСОБИЯ И ПРОГРАММНЫЕ ТРЕНАЖЕРЫ ПО КОМПЬЮТЕРНОМУ И ИМИТАЦИОННОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ И ОБЪЕКТОВ

А.Р. Исхаков, Р.Ф. Маликов (Уфа)

Актуальность использования имитационного и компьютерного моделирования в различных отраслях производства, а также в областях сферы знаний возрастает с каждым годом. Причин бума достаточно много: это и развитие и появление новых программных систем, позволяющих максимально приблизить разработанные модели к реальным объектам; возможности современной имитационной и компьютерной оценки и экспертизы на необходимость строительства того или иного объекта производства; возможности компьютерных систем по моделированию, позволяющих добывать новые знания и другие.

Подготовка кадров в области математического, компьютерного, имитационного моделирования ведется в рамках дисциплин многих направлений ФГОС:

- 010000 – Математика и механика;
- 020000 – Компьютерные и информационные науки;
- 030000 – Физика и астрономия;
- 090000 – Информатика и вычислительная техника;
- и др.

В настоящее время существуют достаточное количество учебников и учебных пособий по математическому, компьютерному и имитационному моделированию, рекомендованных УМО ВО по многим направлениям ФГОС. Сведения об этих учебных пособиях можно найти в Интернете с помощью поисковых систем.

С целью оказания помощи в освоении основ аналитического и имитационного компьютерного моделирования и создания фонда задач по моделированию нами были разработаны и изданы ряд учебных и электронных пособий [1-4]. Часть этих работ выложены в открытом доступе на сайте Национального общества имитационного моделирования [http:// simulation.su](http://simulation.su) или в Интернете.

Целью данной работы является представление информации о новых практико ориентированных учебных пособиях, и об актуальных разработках электронных и программных тренажеров различных систем в области компьютерного и имитационного моделирования, направленных на формирование научно-исследовательских компетенций будущих инженеров информационных систем.

В первой книге «Компьютерное моделирование динамических систем в среде Rand Model Designer» [5] даны основные сведения по среде визуального компьютерного моделирования динамических систем Anydynamics. Рассмотрены технологии разработки компьютерных моделей динамических и гибридных систем. Приведена методология исследования линейных и нелинейных динамических систем. Показаны возможности исследования сложных нелинейных динамических систем. В практикуме представлены лабораторные работы, представленные по принципу от «простого к сложному».

Вторая книга посвящена освоению технологий дискретно-событийных моделирования в мастерской имитационного моделирования GPSS Studio [6] и формированию научно-исследовательских компетенций инженеров на основе цифровых технологий моделирования [7].

В первой главе практикума даны основные сведения по системе программирования GPSS и среде моделирования GPSS Studio. Представлена парадигма об уровнях имитационного моделирования, согласно которой выработаны

методические рекомендации по разработке имитационных моделей и проведению имитационных исследований (производственных процессов, транспортных сетей, систем массового обслуживания, информационных процессов в узлах компьютеров и вычислительных сетей) в среде GPSS Studio.

Во второй главе практикума для формирования научно-исследовательской компетентности студентов на основе имитационного моделирования представлены разработки имитационных моделей в виде лабораторных работ для *учебно-познавательного моделирования*. Эти модели не совсем сложны по объему и логике, достаточно просты в разработке. Построение одной учебной модели укладываются в рамки учебного процесса в форме лабораторных и практических занятий. Эти модели являются прототипами для построения учебных моделей для других классов СМО и подобных объектов и систем. Здесь на алгоритмах построения этих учебно-познавательных моделей студенты знакомятся с основными методологиями и информационными системами и технологиями имитационного моделирования, приобретают знания и навыки разработки моделей в среде имитационного моделирования GPSS Studio.

В третьей главе приведены три примера по *учебно-исследовательскому моделированию* в среде имитационного моделирования GPSS Studio. Приведены задачи для учебно-исследовательского моделирования информационных процессов в узлах компьютера и вычислительных сетях. Здесь разработка одной имитационной установки (модели) занимает несколько занятий, либо такого рода задачи выполняются в рамках курсовой работы по моделированию на 3 курсе и курсового проектирования на 4 курсе. Здесь происходит обучение не по готовым разработкам, ученик самостоятельно проектирует и разрабатывает имитационные модели по аналогии для других классов СМО и аналогичных или подобных объектов и систем.

В четвертой главе представлены примеры по *научно-исследовательскому моделированию*. В этих работах представлен небольшой укороченный анализ предметной области, проект имитационной модели, реализация имитационной модели в среде имитационного моделирования GPSS Studio и некоторые результаты машинных экспериментов. Эти разработки были проведены в рамках выпускных квалификационных работ на уровне бакалавриата. Разработанные модели достаточно сложны и функциональны и имеют научную значимость и практическую ориентированность при соответствующей доработке имитационных моделей с заказчиками проектов.

Третья книга [8] посвящена освоению методологии мультиагентного моделирования на основе среды имитационного моделирования NetLogo. Программный комплекс NetLogo является узкоспециализированным программным обеспечением для разработки многоагентных систем. Учебное пособие состоит из двух глав. Первая глава знакомит с программным комплексом NetLogo компании Center of Connected Learning MIT, с историей возникновения его языка программирования и пользовательским интерфейсом приложения NetLogo в составе данного комплекса. Вторая глава направлена на формирование профессиональной компетенции по разработке программных тренажеров на базе многоагентной системы. Особенностью второй главы является полное описание разработки программного тренажера по оптимальному решению одной из актуальных задач военного дела. Приложение учебного пособия содержит полный код программного тренажера.

Четвертое пособие [9] посвящено проектированию и управлению разработкой имитационных моделей как программных проектов сложных информационных систем.

Второе важное направление, по которому мы ведем целенаправленную работу – это разработка компьютерных тренажеров в виде электронных пособий, программных имитационных моделей.

К компьютерным тренажерам мы относим:

- компьютерные игры для отработки реакции, для развития стратегического мышления;
- электронные пособия – тренажеры для обучения школьников разного возрастного уровня по разным предметам и дисциплинам;
- электронные пособия – учебные тренажеры для студентов по дисциплинам учебной программы;
- программные тренажеры, используемые многократно для решения и анализа ситуационных задач;
- тренажерные комплексы для обучения вождению автомобиля, вертолета, самолета.

Программный тренажер – это разработанная согласно проекту компьютерная имитационная модель реального объекта, явления, процесса, позволяющая многократно проводить компьютерные эксперименты по оптимизации, по обучению и закреплению знаний, по получению новых знаний и управляющих решений по объекту исследования.

Разработка программных тренажеров сложных объектов требуют инженерного подхода к решению, что заключается в проектировании объекта в виде информационной системы, использовании теории управления программными проектами [9]. В учебных и электронных пособиях [5, 6, 10, 11] приведены технологии и методы разработки имитационных и компьютерных моделей сложных систем в виде программных тренажеров.

Программный тренажер в NetLogo [8] один из примеров по оптимальному решению одной из актуальных задач военного дела.

Технологии разработки электронных пособий – учебных тренажеров описаны в разных источниках [12, 13]. В данной работе мы представляем электронное пособие «Компьютерное моделирование динамических систем в среде RMD» (рис. 1) в качестве учебного электронного тренажера.

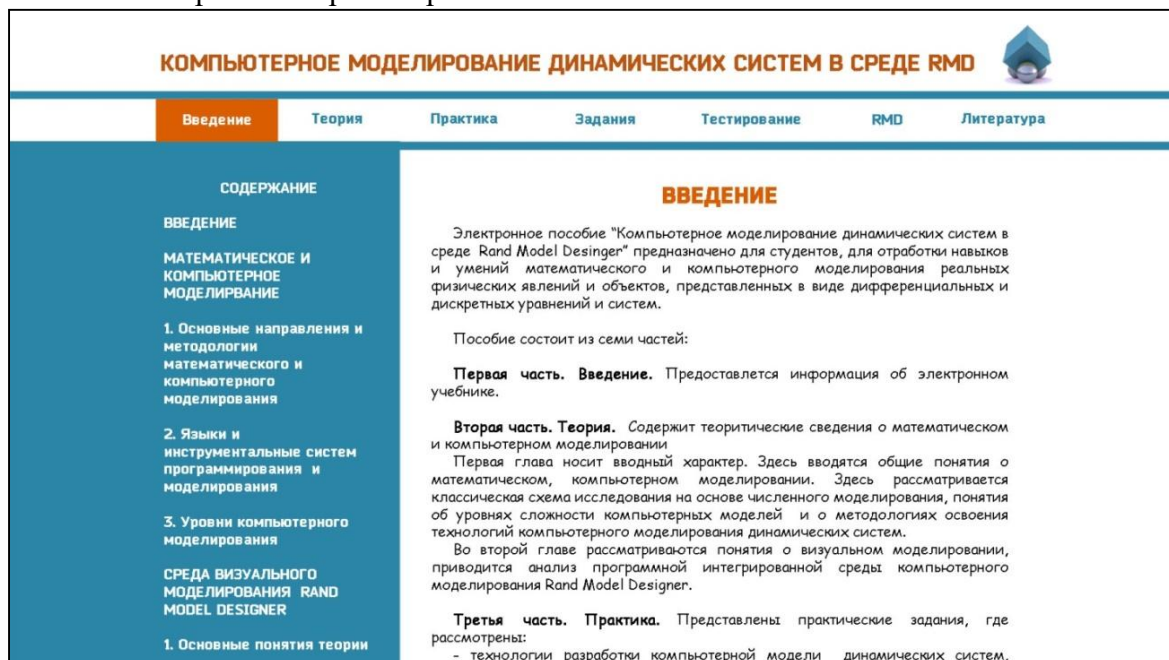


Рис.1. Дизайн интерфейса главной страницы электронного пособия

Структура электронного тренажера имеет семь основных блоков: «Введение», «Теория», «Практика», «Задания для самостоятельного решения», «Тестирование», «RMD», «Литература». В блоке «Введение» расположен вступительный текст, а также содержание электронного пособия. Блок «Теория» содержит теоретические основы и разделен на два пункта «Математическое и компьютерное моделирование» и «Среда визуального моделирования в среде RMD», которые имеют еще несколько подпунктов. В блоке «Практика» содержатся практические работы, где пользователю представлено последовательное решение этих работ. Блок разделен на главы:

- Глава 1. Моделирование динамических систем;
- Глава 2. Моделирование гибридных систем;
- Глава 3. Моделирование нелинейных динамических систем.

В каждой главе содержатся по несколько практических работ, по которым проводится тренинг. В блоке «Задачи для самостоятельного решения» приведены задачи по каждой главе из практики, которые пользователь должен решить самостоятельно. Блок «Тестирование» предназначен для тестов, где пользователь может проверить свои знания и навыки по теме. В блоке «RMD» будет располагаться информация о программном продукте Rand Model Designer и ссылка на его установочный файл. В блоке «Литература» содержится литература, на основе которой будет построено электронное пособие. В разделе «Практика» приведены различные примеры пошагового построения компьютерных моделей динамических, гибридных и нелинейных систем в среде RMD [5, 10].

Ранее нами были разработаны имитационные модели в виде программных тренажеров [14, 15]. Ниже на рис. 2 представлен программный тренажер в виде имитационной модели, разработанный в среде GPSS-Studio. Эта имитационная модель является тренажером для проведения работ по оптимизации изготовления силикатного кирпича на кирпичном заводе [16].

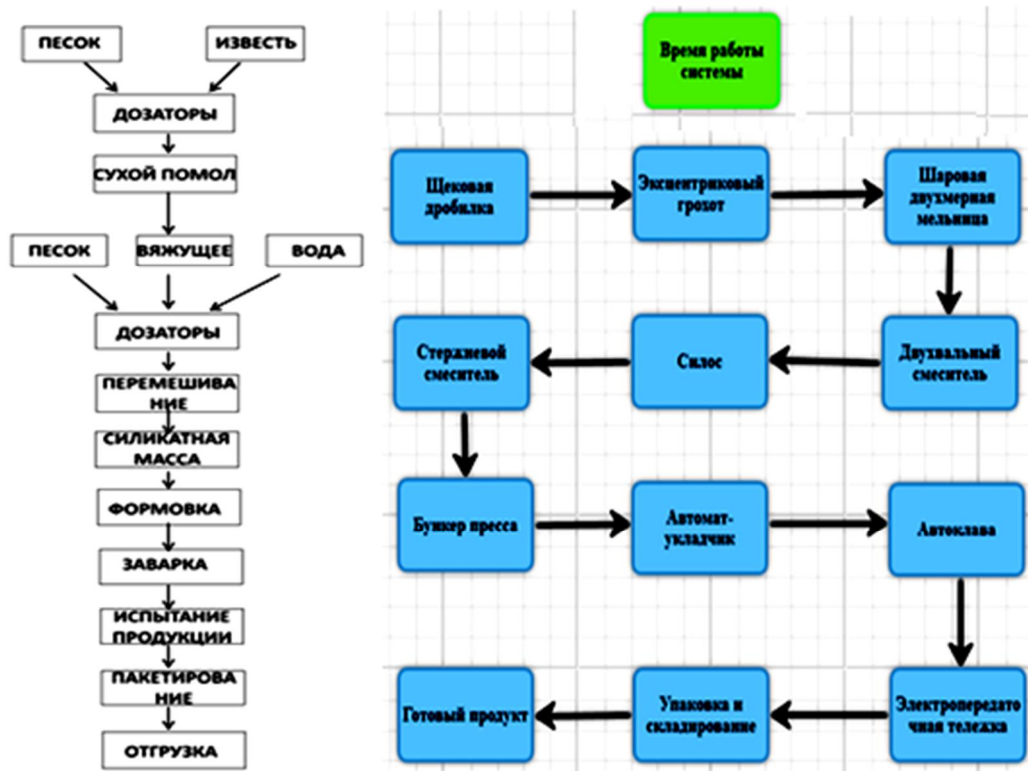


Рис. 2. Этапы производства силикатного кирпича и структурная схема имитационной модели технологического процесса его изготовления

Имитационная модель построена из 13 типовых элементных блоков (ТЭБов), которым даем названия в следующей последовательности:

- щековая дробилка;
- эксцентриковый грохот (с временем дозирования от 2 до 4 ед.);
- шаровая двухкамерная мельница;
- двухвальный смеситель;
- силос;
- стержневой смеситель;
- бункер пресса;
- автомат укладчик;
- автоклава;
- электропередаточная тележка;
- упаковка и складирование;
- готовый продукт;
- время работы системы.

В каждом ТЭБ прописаны GPSS модели типа:

QUEUE TEB_2

SEIZE STAGE_2

DEPART TEB_2

ADVANCE 3,1

RELEASE STAGE_2

Интерфейс окна «Ввода данных» позволяет обрабатывать различные возможные исходные параметры для имитационной модели (рис. 3). Эти данные определяют времена этапов производства силикатного кирпича. Динамика показателей по этапам технологического процесса позволяет отслеживать процесс изготовления силикатного кирпича. В результате выполнения данной работы было разработана компьютерная установка «Производство силикатного кирпича» в виде имитационной модели и проведены тестовые эксперименты, по которым можно сделать выводы, что самими загруженными этапами является: дробление, помол, вылеживание и усреднение, и запаривание. У каждого этапа выявили среднее время, на котором создается силикатный кирпич. Самым большим показателем является процесс запаривания, который составил 647,71 единиц времени.

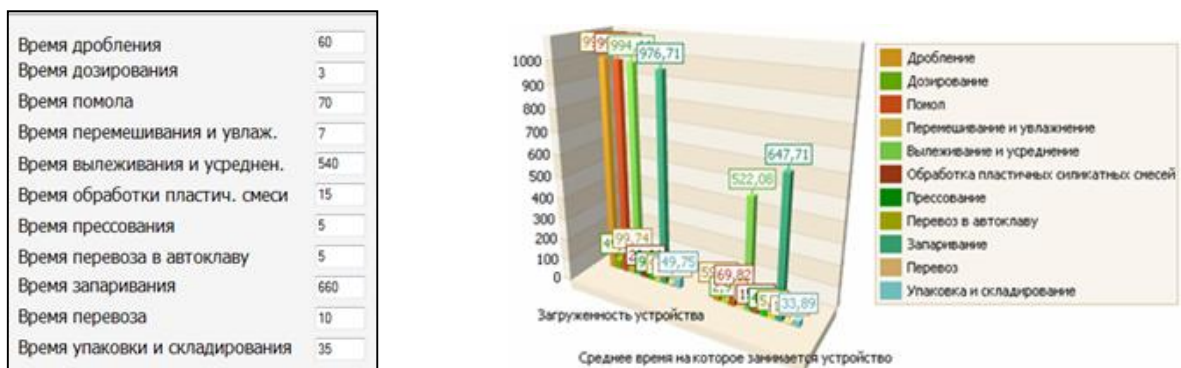


Рис. 3. Форма ввода данных и ролик динамики показателей

Таким образом, в работе представлены учебные пособия, разработанные нами для освоения методологий моделирования динамических систем, дискретно-событийных процессов и многоагентных систем.

Мы также представляем электронное Интернет-пособие как учебный тренажер для освоения методологии динамических систем в среде Anydynamics, и методологию

разработки программных тренажеров в среде Netlogo для исследования ситуационных задач в военном деле.

Литература

1. **Маликов Р.Ф.** Практикум по компьютерному моделированию физических явлений и объектов. Учеб. пособие. – Уфа: Изд-во БашГПУ, 2004. 235 с.
2. **Маликов Р.Ф.** Основы разработки компьютерных моделей сложных систем: учеб. пособие. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2012. 256с.
3. **Маликов Р.Ф.** Основы математического моделирования. Учеб. пособие. – М: Изд-во «Горячая линия – Телеком», 2010. 348с.
4. **Маликов Р.Ф.** Практикум по имитационному моделированию сложных систем в среде AnyLogic: учебное пособие. – Уфа: Изд-во БашГПУ, 2013. 295с.
5. **Маликов Р.Ф.** Компьютерное моделирование динамических систем в среде Rand Model Designer: учебное пособие для вузов. – М.: Изд-во Юрайт, 2021. 210 с.
6. **Маликов Р.Ф., Усманова А.Р.** Практикум по дискретно-событийному моделированию сложных систем в среде GPSS Studio: практикум. Изд-е 2-е, переработанное. – Уфа: Изд-во БашГПУ, 2021. 395с.
7. **Усманова А.Р., Маликов Р.Ф., Исхаков А.Р.** Формирование научно-исследовательских компетенций инженеров на основе цифровых технологий моделирования // Инженерное образование, вып 26, 2019. С.56 – 65. <http://aeer.ru/ru/magazine26.htm>.
8. **Исхаков А.Р.** Разработка программного тренажера в среде многоагентного моделирования Netlogo: учеб. пособие. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2021. 48 с.
9. Управление программными проектами: учеб. пособие для вузов / Гвоздев В.Е. [и др.]; под редакцией Р.Ф. Маликова. – М.: Изд-во Юрайт, 2021. 167 с.
10. **Билалова Н.Р., Маликов Р.Ф.** Компьютерное моделирование динамических систем в среде Rand Model Designer. Электронное Интернет-пособие. Уфа, ИФМЦиН, 2021.
11. **Билалова Н.Р., Маликов Р.Ф.** Компьютерное моделирование динамических систем в среде Rand Model Designer // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2021). [Электронный ресурс]: труды Международной научно-технической конференции. – Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, 2021. С 534-537.
12. **Башмаков А.И., Башмаков И.А.** Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. – М.: ИИД «Филинь», 2003. 616 с.
13. **Беляев М.И., Гриншкун В.В., Краснова Г.А.** Технология создания электронных средств обучения. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: МГИУ, 2002. 304 с.
14. **Гяляуов Р.Р., Маликов Р.Ф.** Имитационное моделирование технологических процессов в полиграфическом производстве // В сборнике: Современные технологии композиционных материалов. Материалы II научно-практической молодежной конференции с международным участием. 2016. С.213-217.
15. **Гукасян К.А., Сулейманова А.К., Маликов Р.Ф.** Имитационное моделирование компьютерных узлов и коммуникационных систем [Электронный ресурс] // Труды Восьмой всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2017) (г. Санкт-Петербург, 18-20 октября 2017 г.). – СПб.: Изд-во ВВМ, 2017. С. 343 – 346.
16. **Садыкова А.З., Маликов Р.Ф.** Разработка имитационной модели технологического процесса производства силикатного кирпича // Современные технологии композиционных материалов. Материалы VI Всероссийской научно-практической молодежной конференции с международным участием. – Уфа: РИЦ, БашГУ, 2021. С. 281 – 285.