

**ФОРМИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ БАКАЛАВРОВ ПРИ
РАЗРАБОТКЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В СРЕДЕ GPSS STUDIO****Е.А. Хакимова, К.С. Ткачева, А.Р. Усманова, Р.Ф. Маликов (Уфа)**

Одно из направлений развития исследовательских технологий в настоящее время – это использование цифровых технологий моделирования и инструментальных сред, для создания аналитических и имитационных цифровых двойников реальных объектов и процессов в промышленности, в экономике, в бизнесе.

Цифровых технологий и средств разработки цифровых двойников реальных объектов и процессов на сегодняшний день разработано достаточно много, каждый из этих инструментальных средств моделирования ориентирован на определенную методологию. Невозможно сразу начинать моделировать какой-либо процесс, для этого необходимо специальное обучение способам, приемам и технологиям компьютерного имитационного моделирования и разработки цифровых двойников. Изучение и освоение методик и систем разработки цифровых двойников является одним из важных образовательных задач подготовки инженеров на сегодняшний день.

Инженер, приступая к решению производственной задачи, должен знать основы производственных процессов, подходы и методы решения сложных процессов и систем, должен быть компетентен в области разработки и использования информационных систем моделирования. Среди множества сред аналитического и статистического анализа и моделирования базовыми являются: Maple, MATLAB, Statistica, Deductor и другие [1-2].

При обучении моделированию сложных систем в России используются инструментальные среды разработки имитационных моделей: Arena, AnyLogic, приложения системы MATLAB: Simulink и SimEvents и др. [2-3]

Для моделирования систем массового обслуживания и производственных процессов может быть использована методология дискретно-событийного моделирования, разработанная Джеффри Гордоном в 1960 году. Гордоном были созданы 5 первых версий языка имитационного моделирования: GPSS (1961), GPSS II (1963), GPSS III (1965), GPSS/360 (1967) и GPSS V (1971). Компанией Minuteman Software под руководством С. Кокса был разработан версия языка GPSS/PC для персональных компьютеров. Модернизацией и расширением возможностей инструментария GPSS занимались многие компании и фирмы, в последние годы существенный вклад в этот процесс внесла компания ООО "Элина-Компьютер" [4]. История этого процесса такова, в 2002 году было подписано соглашение между компанией Minuteman Software разработчиком среды GPSS World и ООО "Элина-Компьютер" о продвижении этой среды в России. В 2010 году была начата разработка расширенного редактора GPSS World, позволяющего осуществлять имитационные исследования на основе языка GPSS на принципиально новом технологическом уровне. К концу 2012 г. была завершена разработка второй еще более функциональной и мощной версии расширенного редактора GPSS World. Новая версия редактора GPSS была выпущена в 2018 году, под названием GPSS Studio имеющего статус студии, т.е. мастерской с инструментом имитационного исследования дискретно-событийных процессов. Студенческую версию GPSS Studio v.1.5 можно скачать по ссылке <http://elina-computer.ru>. Для более детального ознакомления с возможностями GPSS - Studio можно воспользоваться учебниками авторов инструментального средства [5].

В условиях модернизации образовательного процесса современное информационное общество нуждается в подготовке кадров, владеющих цифровыми технологиями моделирования. Как обучать этим технологиям? Создание учебных и электронных интерактивных пособий намного упростило бы освоение среды разработки имитационных моделей в учебном процессе.

Имеется много работ по критериям и оценке сформированности исследовательских компетенций [6-8] (см. также ссылки в них). Однако вопросы формирования исследовательских компетенций на основе цифровых технологий моделирования до сих пор актуальны.

В данной статье приводится информация о методических материалах позволяющие сформировать исследовательские компетенции как:

- умение видеть проблему, осознавать ее;
- умение сформулировать цели на основе осознания проблемы;
- умение вычленить задачи;
- умения подбора методов и средств для решения поставленной задачи;
- и др.[6] .

Одним из важных задач для формирования исследовательских компетенций является обеспечение студентов специальными инструментальными и методическими средствами, в виде электронных и учебно-методических пособий.

Для освоения среды моделирования GPSS – Studio и формирования исследовательских компетенций при разработке имитационных моделей нами было подготовлены два пособия:

Первое пособие – это практикум по дискретно-событийному моделированию в среде GPSS-World в виде учебно-методического пособия, в котором разработано более 20 учебных имитационных моделей по методологии дискретно-событийного моделирования [9]. Каждый из этих учебных моделей может быть модернизирован в плане разработки получения статистических характеристик и различного вида графиков динамики соответствующих процессов и систем массового обслуживания.

Это учебное пособие было издано 2017 году, для освоения версии расширенного редактора GPSS World. Структура учебного пособия была построена согласно уровням имитационного моделирования, т.е. сложности разработки имитационных моделей[10]. Эти уровни моделирования согласуются с уровнями сформированности [7,8] исследовательских компетенций.

Базовый уровень	Учебное моделирование
Учебно-исследовательский уровень	Учебно-исследовательское моделирование
Научно-исследовательский уровень	Научно-исследовательское моделирование

В первой главе пособия приведены основные понятия, используемые при моделировании систем массового обслуживания, информация об операторах языка GPSS, об инструментальной среде моделирования GPSS World.

Во второй главе излагается парадигма об уровнях имитационного моделирования. Согласно этой парадигме разработаны методические рекомендации для первого уровня сложности разработки моделей в виде лабораторных работ по GPSS - World. Выполняя эти работы, студенты строят модели, знакомятся с основными методологиями и информационными системами и технологиями компьютерного моделирования, приобретает знания и навыки разработки моделей в среде GPSS World. Этот уровень разработки является учебно-познавательным. На данном уровне, создаваемые имитационные модели являются не сложными по объему и логике, простыми в разработке, мы определяем их как типовые. Построение такой модели укладываются в рамки учебного процесса в форме лабораторных и практических занятий. Модели данного вида являются прототипами построения учебных моделей для других объектов и систем.

Третья глава посвящена разработке имитационных моделей на уровне учебно-исследовательского моделирования сложных систем в среде GPSS World. Здесь разрабатываются модели более высокого уровня, и задачи для разработки имитационных установок для моделирования узлов и элементов вычислительных сетей [11]. Разработка одной имитационной модели (цифрового двойника) достаточно сложной системы может занимать несколько занятий или выполняться в рамках курсовой работы по моделированию на 3 курсе и курсового проектирования на 4 курсе. При такой разработке происходит первичное формирование научно-исследовательских навыков «ученика». Здесь идет обучение не по готовым разработкам, а по самостоятельно проектируемым и разрабатываемым учеником имитационных моделей по аналогии с другими классами СМО и аналогичными или подобными объектами и системами.

В четвертой главе приведены разработки имитационных моделей на уровне квалификационной выпускной работы. Здесь представляется научно-исследовательская работа, разработчик демонстрирует компетентность в области разработки имитационных моделей (цифровых двойников) сложных систем массового обслуживания и производственных процессов [9, 11-12].

В связи с тем, что в 2018 году была выпущена новая версия редактора GPSS, под названием GPSS-Studio имеющего статус студии, актуальность пособия [9] снизилась. Практикум может быть использован в качестве ориентира для постановки задач по разработке имитационных моделей в новой версии интерактивной среды моделирования GPSS-Studio.

Второе пособие представляет интерактивное электронное учебное пособие (ЭУП) по имитационному моделированию в среде GPSS Studio.

Преимущество инструментальной среды GPSS Studio в том, что разработанная в данной среде имитационная модель позволяют исследовать любую сложную организационно-техническую производственную систему при различных сценариях в процессе его проектирования, функционирования и модернизации. Это позволяет выявить «узкие места» в работе технологического процесса, например, керамического производства и выработать рекомендации по оптимизации и устранению причин неэффективной работы реальной моделируемой системы.

В основу контента электронного пособия положен практикум по дискретно-событийному моделированию [9] с лабораторными работами, адаптированными для среды моделирования GPSS Studio. Была разработана структурно-логическая модель электронного пособия, определяющая основные страницы в его составе и навигацию между ними (рис. 1).

Основным назначением электронного ресурса «Электронное пособие по GPSS Studio» является его использование для автоматизации разработки дискретно-событийных имитационных моделей и проведения имитационных исследований в среде GPSS Studio, а также непосредственное применение в учебном процессе [13].

На рис.1 приведен пользовательский интерфейс электронного учебного пособия. Слева расположено меню электронного пособия.

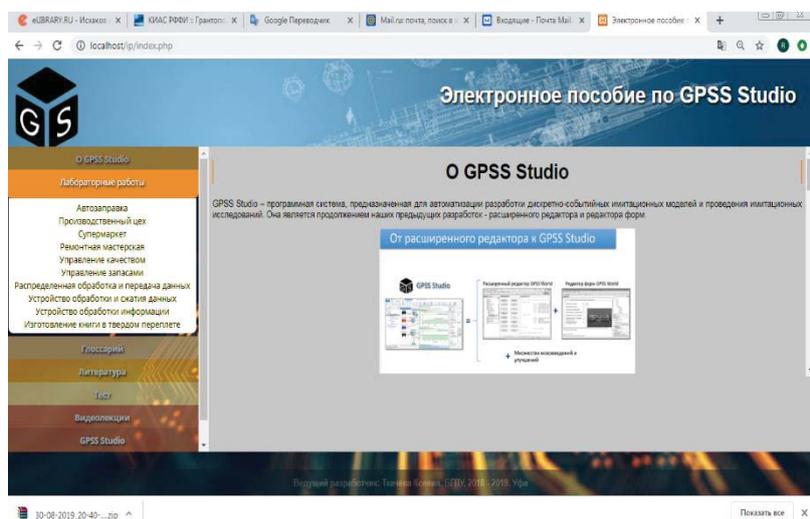


Рис. 1. Пользовательский интерфейс электронного пособия

"О среде GPSS Studio" представляет собой вводную часть, описывающую данную среду моделирования, возможности и технологии работы в данной среде.

Меню "Лабораторные работы" содержит 10 лабораторных работ.

"Тесты" содержат три проверяющих теста для оценки знаний студентов.

"Глоссарий" содержит основные термины среды GPSS Studio.

"Литература" содержит ссылки на полезную литературу, которая может применяться при подробном изучении среды моделирования.

Лабораторные работы представляют собой пошаговую инструкцию по разработке имитационной модели. В результате выполнения этих инструкций в конечном итоге студент приходит к построению имитационной модели. На рис. 2-6 приведены основные этапы разработки и исследования на имитационной модели «Автозаправка» из пункта меню **Лабораторные работы**.

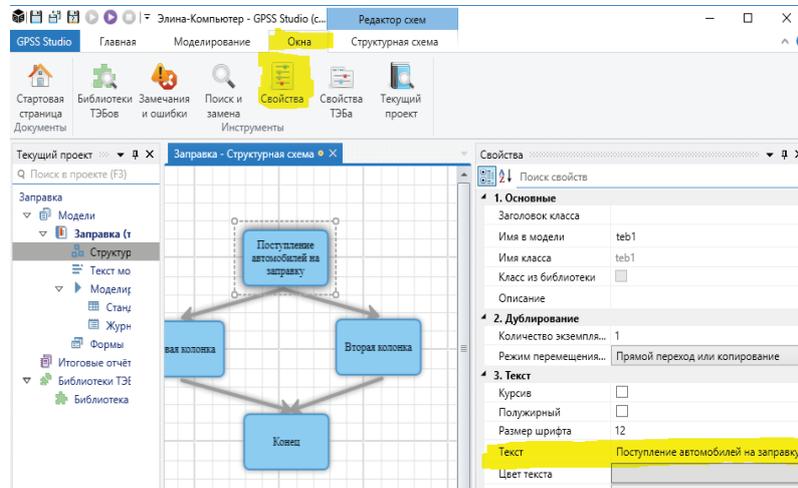


Рис.2. Разработка проекта имитационной модели из типовых элементарных блоков

```

*****
* Имитационная модель: «»
*****

* ТЭБ «Поступление автомобилей на заправку»
GENERATE (Exponential(1,0,6.5))
QUEUE teb1_Zapravka
TRANSFER BOTH,Kol_1,Kol_1,Kol_2,Kol_2

* Выход №1
teb1_autoGenerated_output1 SPLIT 1,Kol_1,Kol_1

* ТЭБ «Вторая колонка»
Kol_2,Kol_2
SEIZE Kol_2,Kolonka_2
DEPART teb1_Zapravka
ADVANCE 13,4
RELEASE Kol_2,Kolonka_2

* ТЭБ «Конец»
teb4_Next
SAVEVALUE teb4_Ave_Queue,QT$teb4_Zapravka
TERMINATE 480
GENERATE 1
TERMINATE 1
START 1

* ТЭБ «Первая колонка»
Kol_1,Kol_1
SEIZE Kol_1,Kolonka_1
DEPART teb1_Zapravka
ADVANCE 10,2,5
RELEASE Kol_1,Kolonka_1
TRANSFER ,teb4_Next
    
```

Рис.3. Разработка программы имитационной модели в типовых элементарных блоках (ТЭБ)

Рис.4. Разработка интерфейса ввода данных имитационной модели

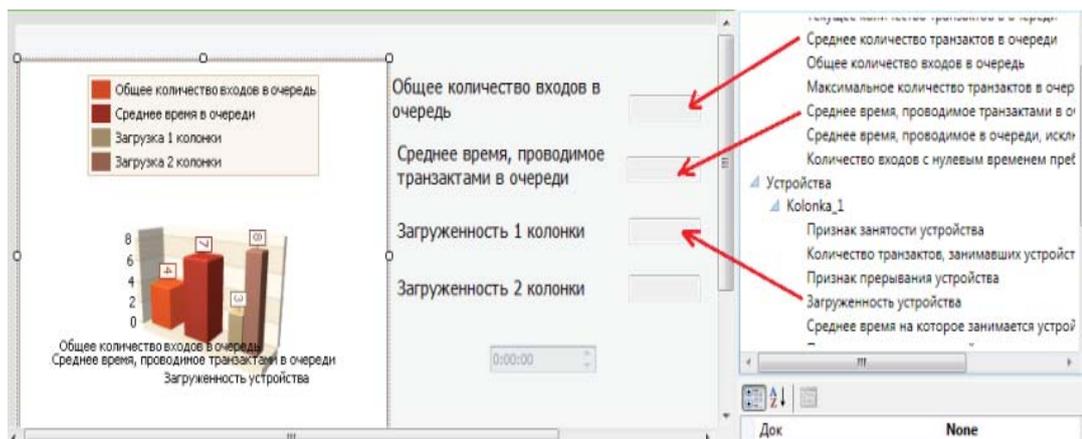


Рис.5. Разработка интерфейса выходных данных

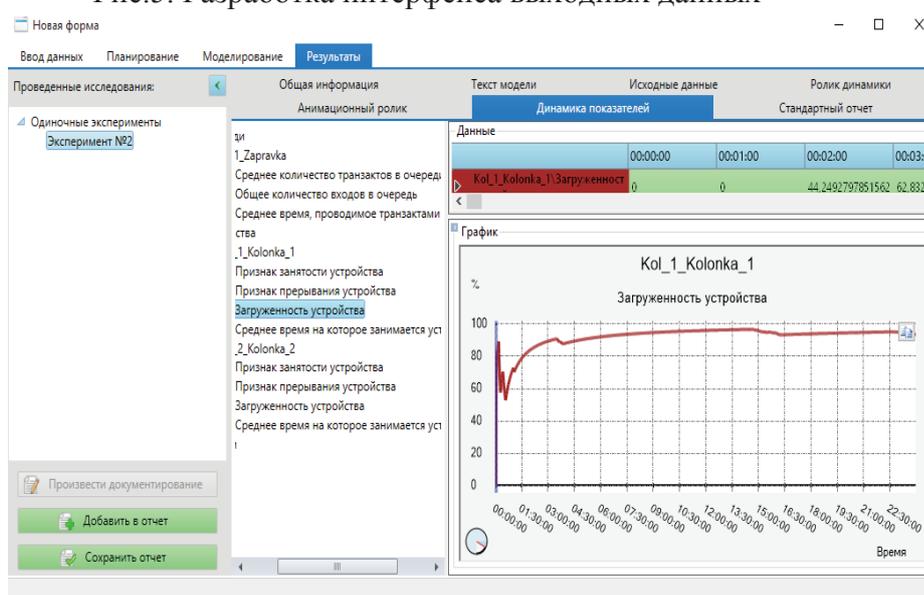


Рис.6. Результат эксперимента по динамике загруженности работы колонки СМО «Автозаправка»

Таким образом, мы представляем практикумы по дискретно-событийному моделированию в виде электронного [14] и учебно-методического [9] пособий, в которых представлены более 10 лабораторных работ по разработке имитационных моделей на основе методологии дискретно-событийного моделирования GPSS. Каждый из этих учебных имитационных моделей может быть модернизирован в плане новой разработки и получения статистических характеристик и различного вида графиков динамики соответствующих процессов и систем массового обслуживания. Разработанные в пособиях имитационные модели построены в первом приближении, они могут быть уточнены и доработаны после анализа и обсуждения со специалистами в соответствующей отрасли производства. Эти инструментальные и учебно-методические пособия помогут на наш взгляд сформировать научно-исследовательские компетенции будущих инженеров до профессионального уровня на основе имитационного моделирования в среде GPSS-Studio.

В заключение авторы выражают благодарность проф. В.А.Малышеву за полезные дискуссии и техническую помощь.

Литература

1. Маликов Р.Ф. Основы систем компьютерного моделирования: учеб. пособие. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2008. - 265с.
2. Маликов Р.Ф. Основы математического моделирования. – М.: Горячая линия – Телеком, 2010. – 368 с.

3. Маликов Р.Ф. Основы разработки компьютерных моделей сложных систем. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2012. – 256с. <http://simulation.su/static/ru-manuals.html#> [Электронный ресурс] (дата обращения 27.02.2019).
4. Официальный сайт компании "Элина-Компьютер": <http://elina-computer.ru> [Электронный ресурс] (дата обращения 27.02.2019).
5. Девятков В. В., Девятков Т.В., Федотов М.В. Имитационные исследования в среде моделирования GPSS-Studio: учеб. пособие. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА–М, 2018. –283 с.
6. Матвеев О.П. Оценка сформированности исследовательской компетентности студентов на основе теоретического анализа её структуры// Современные наукоемкие технологии. – 2016. –№ 6 (часть 2) – С. 385-389
7. Медведев П.Н., Сергеев А.Н., Сергеева А.В. Критерии и показатели сформированности проектно-технологической компетенции бакалавров.
8. Насырова Э. Ф., Розлован В. В. Критерии оценки уровней сформированности исследовательской компетенции студентов – будущих преподавателей//Вестник ТГПУ,2018. №6 , с. 176-181.
9. Маликов Р.Ф. Практикум по дискретно-событийному моделированию сложных систем в расширенном редакторе GPSS World. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2017. – 280с.
10. Усманова А.Р., Маликов Р.Ф. Формирование научно- исследовательских компетенций студентов на основе математического и компьютерного моделирования // Тенденции развития высшего образования в современном мире: материалы докладов Всероссийской научно-практической конференции. Под общей редакцией Г. А. Берулава. – Сочи-Москва, 2018. – С. 162-168.
11. 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.
12. 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.
13. Усманова А.Р., Маликов Р.Ф. [Разработка имитационных моделей производственных процессов и систем в среде GPSS-Studio](#) // В сборнике: [Современные технологии композиционных материалов](#) / Материалы IV Всероссийской научно-практической молодежной конференции с международным участием, отв. редактор: У.Ш. Шаяхметов. – Уфа, 2019. – С. 324-330.
14. Ткачева К.С., Маликов Р.Ф. Электронное пособие по моделированию производственных систем в среде GPSS-STUDIO. Материалы Всероссийской (с международным участием) студенческой научно-практической конференции «Наука 2020». – Уфа, 2019. С.33-40.