

---

**ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ GPSS  
WORLD С РАСШИРЕННЫМ РЕДАКТОРОМ  
ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ В ВУЗЕ****И.М. Якимов, Ю.Г. Старцева (Казань)****Введение**

В Казанском национально исследовательском университете им. А.Н. Туполева курс моделирования с ориентацией на язык GPSS введен в 1976 году, что позволило накопить большой опыт в обучении этому языку [1]. В то же время. появление систем имитационного моделирования (ИМ) с обеспечением ввода графических структур моделируемых систем и анимацией вывода результатов, таких как Avena [2] и AnyLogic, бросает вызов системе GPSS WORLD [4] и ставит вопрос о практическом использовании этой системы в образовательном процессе. Хотя наш опыт говорит о высокой степени усвоения принципов ИМ и конструкции GPSS студентами. В 2012 г. появилась новая система – расширенный редактор системы GPSS WORLD [5] По нашему мнению, графические и интерактивные возможности этой системы уже сопоставимы с передовыми системами ИМ, а моделирующие возможности языка известны и признаны всеми.

**Изменения методики обучения**

По сравнению с классическим подходом в изучении моделирования на GPSS World, расширенный редактор привнес множество новым методических и технологических особенностей при разработке курса. В качестве основных таких особенностей, хотелось бы выделить следующие изменения:

1. Наличие сетевой и интернет версии, интерактивной справки, общей базы данных (моделей и результатов) позволяет использовать распределенное удаленное обучению языку. Процесс обучения становится более доступным и приобретает интенсивный характер. Особенно это касается проведения лабораторных работ, выполнения курсовых и дипломных проектов;

2. База данных редактора позволяет организовать и сохранять модели, эксперименты и результаты исследований в соответствии со структурой, которая пользователю (студенту) привычна и удобна. В то же время, имеется возможность анализа результатов работы каждого студента преподавателем со своего компьютера (домашнего, стационарного или мобильного);

3. Принципиально новые возможности создания моделей по технологии «сверху-вниз». Т.е. сначала строится многоуровневая графическая схема модели и только потом автоматически из нее формируется текст модели. Это позволяет лучше понять и описать модель, более четко поставить цель и задачи исследования. Каждый уровень иерархии дает возможность уточнять и детализировать эти задачи, вводить параметры модели и формулировать ее показатели;

4. Построение различных библиотек типовых элементарных блоков (ТЭБ) позволяет сделать специализированные направления в курсе. Например, для экономистов можно создать один набор этих элементов, для технологов совсем другой. Из созданных заранее элементов (ТЭБ), можно как из «кирпичиков» собирать модель в определенной этой библиотекой предметной области. И это даже дает возможность обучения моделированию без изучения самого языка GPSS, что очень важно для далеких от программирования специалистов;

5. Для любой созданной модели можно быстро создать удобный и полнофункциональный интерфейс по вводу данных в модель, организации планирования экспериментов и анализу результатов. Причем все эти диалоги можно построить по языку и сути максимально приближенными к предметной области. А затем модель и созданное вокруг нее интерактивное окружение позволяет создать независимое имитационное приложение для проведения исследования.

Обучение с применением этих и многих других возможностей расширенного редактора является новшеством в курсах дисциплины «Моделирование систем», создаваемых авторами для различных специальностей.

### Пример создания курса по ИМ

Рассматривается курс по дисциплине «Моделирование систем». За основу при создании этого курса принято учебное пособие одного из авторов доклада [1], в котором подробно рассмотрены 55 имитационных моделей на языке GPSS WORLD, отражающих его основные возможности. Все они переведены в систему GPSS WORLD с расширенным редактором и их предлагается изучать следующим образом. Сначала последовательно создавать и детализировать графическую структурную модели. Потом изучить принципы создания модели из структурной схемы. Далее проектировать диалоги и формировать имитационное приложение.

Вначале в расширенном редакторе системы GPSS WORLD создана библиотека ТЭБ, ориентированная на разработку имитационных моделей, содержащихся в учебном пособии [1]. Для этого был проведен анализ всех моделей и были выделены наиболее часто встречающиеся характерные конструкции моделей для создания типовых элементов. В итоге получилась библиотека, содержащая 50 таких элементов. При необходимости имеющаяся библиотека может пополняться дополнительными ТЭБ.

Библиотека ТЭБ в расширенном редакторе служит для хранения и использования текстов типовых элементарных блоков. В библиотеке ТЭБ представляется как некоторый логически законченный элемент, который обладает интерфейсом (входами и выходами) и имеет модель на языке GPSS WORLD. Каждый вход элемента представляет собой метку блока модели. А модель задает логику работы ТЭБ.

Далее из этих ТЭБ студент может, используя графический редактор конструировать модель. Для этого он должен последовательно выбирать нужные ТЭБ, соединять их и задавать необходимые данные. Таким образом строится графическая структурная схема модели.

Рассмотрим эту технологию на примере создания модели простой системы массового обслуживания «Генератор транзактов – очередь – устройство». Структура модели данного примера представлена на рис. 1.

В используемом ранее курсе изучения системы GPSS WORLD данный пример описывается с помощью стандартных операторов и/или PLUS-оператор. Это требует от студента глубоких знаний самого языка моделирования, его принцип работы и т.д.

Использование созданной вами библиотеки ТЭБ в расширенном редакторе позволяет строить модели не в виде текстового файла (программы), а в виде совокупности готовых ТЭБ. Студенту необходимо лишь разместить их на поле схемы, соединить и настроить параметры ТЭБ, в соответствии с условиями поставленной задачи.



Рис. 1. Структурная схема примера

На рис. 2 приведена структурная схема примера, полученная в расширенном редакторе.

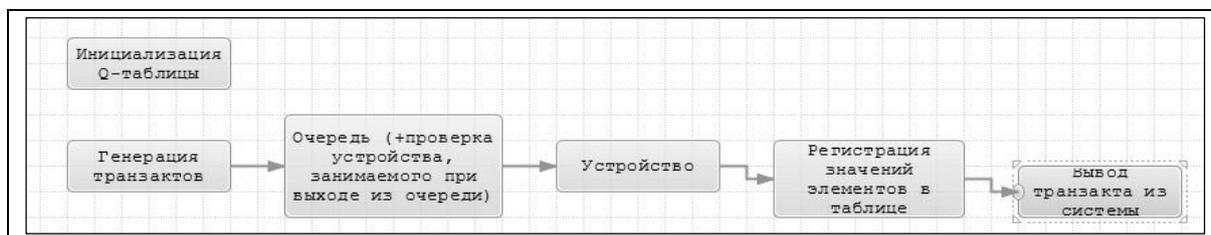


Рис.2. Структурная схема примера, сформированная в расширенном редакторе

В результате обработки структурной схемы и автоматической сборки, расширенный редактор сформирует модель системы. При необходимости углубленного изучения моделирования и языка GPSS World студент может ознакомиться с сформированным текстом модели (рис. 3).

```

* ТЭБ «Генерация транзактов»
* Операторы модели
GENERATE 10,6,...
* Выход №1 «»
TRANSFER_МЕТКА1_4
* ТЭБ «Очередь (+проверка устройства,
*занимаемого при выходе из очереди)»
* Операторы модели
МЕТКА1_4 QUEUE BUF,1
GATE NU PK
DEPART BUF
* Выход №1 «»
TRANSFER_МЕТКА1_5
* ТЭБ «Устройство»
* Операторы модели
МЕТКА1_5 SEIZE PK
ADVANCE (uniform (1,2,16)),
RELEASE PK
* Выход №1 «»
TRANSFER_autoLabel_1
* ТЭБ «Регистрация значений
*элементов в таблице»
* Операторы модели
TAB_6 TABLE M1,3,1,30
autoLabel_1 TABULATE TAB_6
* Выход №1 «»
TRANSFER_FINAL_7
* ТЭБ «Вывод транзакта из системы»
* Операторы модели
FINAL_7 TERMINATE 1
* ТЭБ «Инициализация Q-таблицы»
* Операторы модели
ОСНОВ_8 QTABLE BUF,0,2,10
TERMINATE

```

Рис. 3. Текст модели

Но это не обязательно. Можно для отдельных специальностей не давать язык GPSS, а обойтись изучением структурного описания моделей и состава и функций библиотеки ТЭБ.

В случае детального изучения языка необходимо рассмотреть возможности отладки моделей и вывод результатов. В частности, после завершения моделирования расширенный редактор выдаст отчет, который по содержанию не отличается от стандартного отчета системы GPSS WORLD, а отличается от него только более удобной, русифицированной формой представления материала. На рис. 4 приведен фрагмент этого отчета в части текста модели.

Метка	Позиция блока	Тип блока	Кол-во тран. вошедших в блок	Кол-во тран. в блоке в конце моделирования	Кол-во тран. ожидающих выполнения спец.
	1	GENERATE	201	0	0
	2	TRANSFER	201	0	0
METKA1_4	3	QUEUE	201	1	0
	4	GATE	200	0	0
	5	DEPART	200	0	0
	6	TRANSFER	200	0	0
METKA1_5	7	SEIZE	200	0	0
	8	ADVANCE	200	0	0
	9	RELEASE	200	0	0
	10	TRANSFER	200	0	0
AUTOLABEL_1	11	TABULATE	200	0	0
	12	TRANSFER	200	0	0
FINAL_7	13	TERMINATE	200	0	0
	14	TERMINATE	0	0	0

Рис. 4. Блоки

При изучении ИМ без программирования на базе моделей курса были созданы имитационные приложения. Для каждой модели был создан специализированный диалог по вводу исходных данных, организации и проведению экспериментов. Детальные принципы конструирования этих диалогов должны быть представлены в форме изложения подсистемы – универсальный редактор форм.

Далее студент, используя имитационное приложение, может проводить реальное исследование. Пример проведения такого исследования показан на рис. 5–6.

Параметры генерации транзактов

Среднее время создания транзактов

Временной полуинтервал

Параметры устройства

время задержки на устройстве

Запустить серию экспериментов

Метод планирования экспериментов:

Автоматическое построение плана с использованием шага

Факторы    Целевые показатели    План серии экспериментов

Название	Шаг	Минимальное значение	Максимальное значение	Участует в эксперименте
Среднее время создания транзактов	1	8	15	<input checked="" type="checkbox"/>
Временной полуинтервала	1	5	9	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 5. Ввод исходных данных в модель и планирование экспериментов

Следует отметить, что все практические работы по курсу студент может делать удаленно, например, с домашнего компьютера, что существенно расширяет практические навыки и позволяет уделить изучению данного курса существенно большее время, нежели

во время практических занятий. И при этом не разрывается контакт преподавателя со студентами.

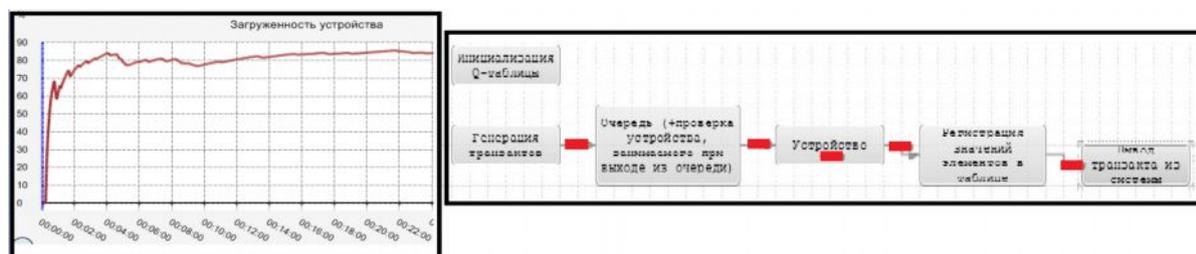


Рис. 6. График эксперимента и анимационный ролик

### Выводы

Таким образом, используя возможности расширенного редактора можно существенно видеоизменить процесс изучения курса ИМ в случае каждой конкретной специальности. В одних случаях углубленно изучая сам язык, в других – уделив больше внимания принципам моделирования с погружением в построение моделей соответствующих выбранной специальности.

Отметим основные достоинства использования расширенного редактора GPSS WORLD в учебном процессе в дополнение к классической системе изучения языка GPSS.

1. Разработанная библиотека ТЭБов покрывает потребности специализированных учебных курсов, что позволяет больше внимания уделить не языку, а принципам построения моделей.

2. Существенно, ускоряется процесс разработки моделей и проведения исследований студентами.

3. Графические структурные схемы, создаваемые в расширенном редакторе, позволяют качественно и углубленно описать моделируемый объект, сформулировать цель и задачи исследования.

В то же время хочется, чтобы авторы редактора сделали специализированный вариант редактора, ориентированный на учебный процесс, – создали базу знаний по ИМ, более гибкое управление учебным процессом со стороны преподавателей и т.д.

### Литература

1. **Якимов И.М.** Компьютерное моделирование: учеб. пособие. – Казань: Изд-во КНИТУ им. А.Н. Туполева. – 2008. – 220 с.
2. **Kelton W.D., Sadowski R.P., Sadowski D.A.** Simulation with Arena. McGraw-Hill, Boston, 2002. – 547 p.
3. **Карпов, Ю.Г.** Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 [Текст] / Ю.Г. Карпов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 400 с.
4. Руководство пользователя по GPSS WORLD / Пер. с англ. под ред. Девяткова В.В. – Казань: Изд-во «Мастер Лайн», 2002. – 384 с.
5. **Девятков В.В., Власов С.А., Исаев Ф.В., Федотов М.В.** Имитационные исследования с использованием GPSS WORLDORLD – новые возможности // Автоматизация в промышленности. – 2012. – № 7. – С. 3–8.