

**ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ИМИТАЦИОННОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ НА МЛАДШИХ КУРСАХ ВУЗА****Г.К. Сосновиков, Л.А. Воробейчиков (Москва)**

Имитационное моделирование (ИМ) как инструмент исследования сложных систем применяется давно и преподается в различных вузах. При этом наиболее распространенным подходом является дискретно-событийный, который ориентирован на исследование широкого класса сложных систем, представимых в виде систем массового обслуживания. Развитию и широкому распространению этого подхода в значительной степени способствовало наличие систем ИМ, основанных на языке GPSS [1;2;3].

История преподавания ИМ в Московском техническом университете связи (МТУСИ) восходит к 80-м годам прошлого века. В это время на кафедре вычислительной математики и программирования (ныне – кафедре информатики) были разработаны курс и учебное пособие по изучению среды и языка GPSS/PC для слушателей факультета повышения квалификации преподавателей [4;5]. Указанный курс в порядке эксперимента читался также студентам 5-го курса. После нескольких лет преподавания был накоплен соответствующий опыт, который, к сожалению, в связи с определенными событиями в стране долго не был востребован.

Особенности направлений подготовки и учебных планов в МТУСИ пока делают невозможным изучение основ ИМ на старших курсах. Авторы убеждены, что основные положения ИМ можно излагать и на младших курсах.

С 2006 года преподавание основ ИМ было возобновлено для студентов младших курсов на базе студенческой версии GPSS World. В настоящее время курс преподается в рамках дисциплин «Основы моделирования вычислительных систем» и «Основы моделирования систем инфокоммуникации» для направлений подготовки «Информатика и вычислительная техника» и «Информационные системы и технологии». Было разработано учебное пособие по курсу [6], издана книга [7].

Преподавание основ ИМ на младших курсах МТУСИ имеет следующие особенности:

- отсутствие у студентов знаний об объектах предметной области (системы инфокоммуникации и вычислительные системы);
- отсутствие у студентов базовой подготовки в области математической статистики и теории планирования эксперимента, необходимой для полноценного изучения и применения методов имитационного статистического моделирования.

Эти особенности определили содержание и последовательность изложения материала. В качестве объектов моделирования рассматриваются формализованные модели систем массового обслуживания (СМО) и простейшие, известные и понятные студентам объекты (магазины, парикмахерские, АЗС и т.п.), а вопросы планирования имитационных экспериментов и статистической обработки их результатов затрагиваются в самом общем виде. Упор в преподавании ИМ делается на изучении среды GPSS World и средств конструирования GPSS-моделей.

Теоретическая часть курса по основам ИМ содержит следующие разделы:

1. Моделирование как метод научных исследований. Модели массового обслуживания. Общие принципы имитационного моделирования. Моделирующий алгоритм. Статистические аспекты имитационного моделирования.
2. Основные объекты GPSS–модели. Логика работы системы. Операторы языка. Основные блоки GPSS.
3. Моделирование одноканальных и многоканальных СМО с ожиданием и отказами.
4. Моделирование СМО смешанного типа с различными дисциплинами обслуживания.

5. Моделирование сетей массового обслуживания. Косвенная адресация.

В практическую часть курса для изучения среды GPSS World и закрепления теоретического материала включены следующие темы:

6. Ознакомление с интерфейсом пользователя. Практическая работа в среде.

7. Изучение средств наблюдения за процессом моделирования и отладки.

8. Изучение средств отображения и интерпретация результатов моделирования.

9. Моделирование СМО с ожиданием.

10. Моделирование СМО с отказами.

11. Моделирование СМО смешанного типа с различными дисциплинами обслуживания.

12. Моделирование сетей массового обслуживания.

Первые три темы ориентированы на изучение среды GPSS World, реализованы в форме практических занятий обучающего типа (без индивидуальных заданий) и рассчитаны на 5 занятий. На остальных 4 занятиях студентам предлагаются индивидуальные задания для разработки GPSS-моделей СМО соответствующего типа.

Как показал опыт нескольких последних лет, современные студенты легко осваивают среду моделирования, и количество занятий обучающего типа может быть без ущерба сокращено. В то же время работа по моделированию смешанных СМО включает в себя слишком большое количество различных дисциплин обслуживания и приемов конструирования моделей. В результате каждому студенту доставался лишь один тип СМО, а освоение приемов моделирования остальных не контролировалось.

В связи с этим в настоящее время практическая часть курса изменена:

- количество занятий по изучению среды сокращено до 3;
- работа по моделированию СМО смешанного типа разделена на 3 занятия;
- моделирование систем с ограниченной длиной очереди;
- моделирование систем с ограниченным временем ожидания;
- моделирование систем с различными дисциплинами обслуживания;
- все работы по изучению средств моделирования дополнены вторым индивидуальным заданием; таким образом, каждая из этих работ содержит два задания: формальное (в терминах СМО) и неформальное (в терминах общего описания моделируемого объекта).

При приеме зачетов и экзаменов по курсу в качестве одного из вопросов студентам предлагалась задача по моделированию объекта, формализуемого в виде совокупности 2–3 элементарных СМО. При этом выявилось, что основную трудность для студентов вызывает процесс декомпозиции объекта на известные ему СМО. Необходим инструмент, позволяющий строить модель не сразу, по наитию, а поэтапно, от структурной схемы всей модели до элементарных типовых элементов.

Такой инструмент – среда моделирования GPSS STUDIO [9]. Это среда моделирования помогает быстро и качественно строить сложные GPSS-модели дискретно-событийных систем на основе иерархической структурной схемы модели – графического представления процесса последовательной декомпозиции.

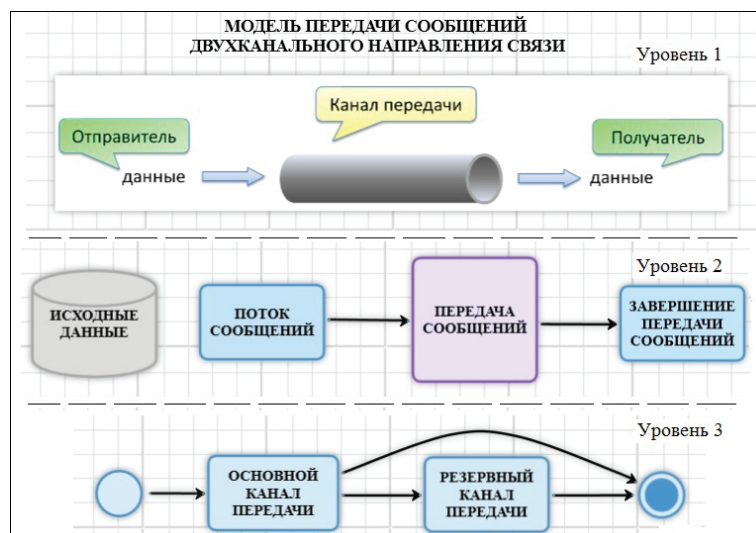
Авторы доклада отдают себе отчет в том, что в массовом порядке на практических занятиях на младших курсах использовать этот инструмент весьма проблематично. Наиболее предпочтительным видом занятий с использованием GPSS STUDIO представляется курсовая работа, выполняемая студентами в семестре, следующем за семестром с изучением основной дисциплины.

Предлагается следующее содержание и объем курсовой работы:

- задание к работе содержит описание моделируемого объекта из произвольной предметной области, известной и понятной студенту;
- моделируемый объект декомпозируется в 2–3 системы массового обслуживания известного студенту типа;
- заданы неизменяемые значения параметров и перечень исследуемых характеристик объекта;
- целью моделирования является оценка исследуемых характеристик объекта при заданных значениях его параметров (одиночный эксперимент);
- конструирование GPSS-модели производится в среде GPSS STUDIO путем разработки структурной схемы модели и последовательной декомпозиции объекта до уровня элементарных ТЭБов [9];
- имитационный эксперимент проводится также в среде GPSS STUDIO с использованием ее средств.

Предполагается, что изучение среды GPSS STUDIO в объеме, требуемом для выполнения работы, проводится студентом самостоятельно, с использованием специально подготовленного разработчиками курса учебно-методического пособия, и в рамках консультаций с преподавателем.

Приведем пример [8] типового задания к курсовой работе и использования технологии GPSS STUDIO для разработки и конструирования имитационной модели.



Структурная схема модели двухканального направления связи

Направление связи имеет два канала: основной и резервный. Если основной канал связи занят, то сообщения поступают на резервный канал и, в случае его занятости, ожидают освобождения в накопителе. Средний интервал времени между поступлением сообщений равен 10 с. Среднее время передачи сообщения по основному каналу составляет 8 с., по резервному – 12 с. Все временные интервалы имеют экспоненциальное распределение.

Требуется разработать GPSS-модель для имитации работы направления связи в течение 24 ч. Необходимо оценить коэффициенты загрузки основного и резервного каналов и число сообщений, переданных каждым из них, а также максимальное количество сообщений, ожидающих в накопителе.

Студент разрабатывает структурную схему модели (рисунок), формализовав основной канал передачи данных в виде одноканальной СМО с отказами, а резервный канал – в виде одноканальной СМО с неограниченным ожиданием. Создаются элементарные ТЭБы:

поток сообщений, основной канал передачи, резервный канал передачи и завершение передачи сообщений. После программирования элементарных ТЭБов на 2-м и 3-м уровнях схемы студент выполняет генерирование текста модели, запуск прогона модели и оценку результатов прогона.

В других заданиях по курсовому проектированию в качестве элементарных ТЭБов можно использовать уже ранее изученные GPSS-модели систем с ограниченной длиной очереди, с ограниченным временем ожидания, с разными дисциплинами обслуживания.

Разумеется, предлагаемое использование среды GPSS STUDIO в учебном процессе весьма ограничено, не раскрывает большинства ее возможностей и не претендует на полноту. В частности, не ставилась задача обучения студента технологии разработки законченных приложений, ориентированных на специалистов соответствующей предметной области. Однако даже такой первый шаг в ее использовании является практически значимым и послужит знакомству студентов с этим мощным и эффективным инструментом. Более же полное использование среды возможно в рамках научной работы студентов, а также в дипломном проектировании.

Выводы

1. Отсутствие у студентов младших курсов вуза знаний о предметной области, соответствующей направлению подготовки, приводит к необходимости использовать в учебном процессе в качестве объектов моделирования системы и сети массового обслуживания.

2. Из-за отсутствия у студентов младших курсов базовой подготовки в области математической статистики и теории планирования эксперимента вопросы планирования имитационных экспериментов и статистической обработки их результатов приходится затрагивать лишь в самом общем виде.

3. Для обучения студента процессу декомпозиции моделируемого объекта предлагается использовать среду GPSS STUDIO. Основой элементарных ТЭБов могут быть ранее изученные GPSS-модели. Представляется, что наиболее перспективным является применение среды GPSS STUDIO в курсовом проектировании.

Литература

1. **Шрайбер Т.Дж.** Моделирование на GPSS. М.: Машиностроение, 1980. 592 с.
2. GPSS/PC general purpose simulation. Reference Manual. - Minuteman software. P.O. Box 171. Stow, Massachusetts 01775, 1986.
3. **Кокс С.** Руководство пользователя по GPSS World / Пер. с англ. К.В.Кудашова, В.В. Девяткова; под общ. ред. В.В. Девяткова. Казань: Мастер Лайн, 2002. 384 с.
4. **Воробейчиков Л.А., Сосновиков Г.К.** Методические указания для слушателей ФПКП по моделированию систем и сетей связи на GPSS/PC. Ч. 1. Основы моделирования на GPSS/PC. М.: МТУСИ, 1993.
5. **Воробейчиков Л.А., Сосновиков Г.К.** Методические указания для слушателей ФПКП по моделированию систем и сетей связи на GPSS/PC. Ч. 2. Примеры моделирования на GPSS/PC. М.: МТУСИ, 1995.
6. **Сосновиков Г.К.** Практикум по имитационному моделированию в среде GPSS World. М.: МТУСИ, 2007.
7. **Сосновиков Г.К., Воробейчиков Л.А.** Компьютерное моделирование. Практикум по работе в среде GPSS World. М.: Форум, 2015. 108 с.
8. **Боев В.Д.** Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World: учеб. пособие. СПб.: БХВ-Петербург, 2004.
9. **Девятков В.В., Девятков Т.В., Федотов М.В.** Имитационные исследования в среде моделирования GPSS STUDIO: учеб. пособие, под ред. д-ра экон. наук В.В. Девяткова. М.: ИНФРА-М, 2017. 233 с.