

АНИМАЦИЯ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Ю. И. Рыжиков, А. И. Михайлин (Санкт-Петербург)

Квалифицированная и продуктивная работа в области имитационного моделирования, хотя бы и на GPSS, требует четкого осознания принципов построения моделей и прежде всего – логики и динамики соответствующих схем. Как показывает опыт преподавания одного из авторов доклада (и изучения другим) соответствующей дисциплины, их усвоение достигается далеко не сразу и дается с заметным трудом. Представляемая разработка имеет целью придать базовой схеме моделирования многоканальной системы обслуживания $GI/G/n/R$, иллюстрирующей общие принципы, максимальную наглядность, сохраняемую в процессе самоподготовки обучаемых – курсантов Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского.

Модель предназначена для расчета стационарного распределения числа заявок в системе и моментов распределения времени ожидания начала обслуживания. Она используется для ознакомления с принципами разработки имитационных моделей и в лабораторной работе по экспериментальной проверке законов сохранения. В разработанной анимации приводимая ниже схема накладывается на «военно-прикладной фон» – зимний пейзаж космодрома Плесецк с n -канальным стартовым комплексом подготовки к запуску. В связи с методической установкой на уяснение работы модели стартовый комплекс представлен предельно упрощенно – ангарами, причем занятые подсвечиваются, открывая лежащую внутри ракету. Кроме того, на экран выводятся значения управляющих переменных модели – таймера T ; общего числа заявок r ; момента прибытия очередной заявки Z ; моментов завершения текущего обслуживания $\{e_i\}$ и наиболее раннего из них E и т. п.

В соответствии с логикой работы модели в пошаговом или автоматическом режиме подсвечивается ее очередной блок, изменяются (и также подсвечиваются) некоторые управляющие переменные, продвигается очередь. Соответственно меняется и «фон». При прибытии заявки к ангару на тележке подвозится ракета, которая (в зависимости от наличия свободных ангаров) поступает «на обслуживание» или остается в очереди. При завершении обслуживания ракета ставится вертикально и с ревом (бьет язык пламени) устремляется вверх. Модель же выполняет продвижение очереди, если таковая имеется.

Поскольку целью моделирования является определение моментов распределения времени *ожидания* начала подготовки, при выборке на подготовку заданного числа ракет моделирование заканчивается, и на экран выдаются оценки упомянутых моментов, распределение числа заявок в системе и количество отказов (длина очереди ограничивается).

Модель допускает настройки по числу каналов, коэффициенту загрузки, типам распределения длительности обслуживания (регулярное, равномерное и эрлангово до 4-го порядка включительно), предельному числу выбранных заявок, максимальной длине очереди, пошаговым задержкам в автоматическом режиме. Переключатель настроек и режимов опять же в целях усиления «военно-прикладной направленности» выполнен в виде стартового ключа пульта запуска.

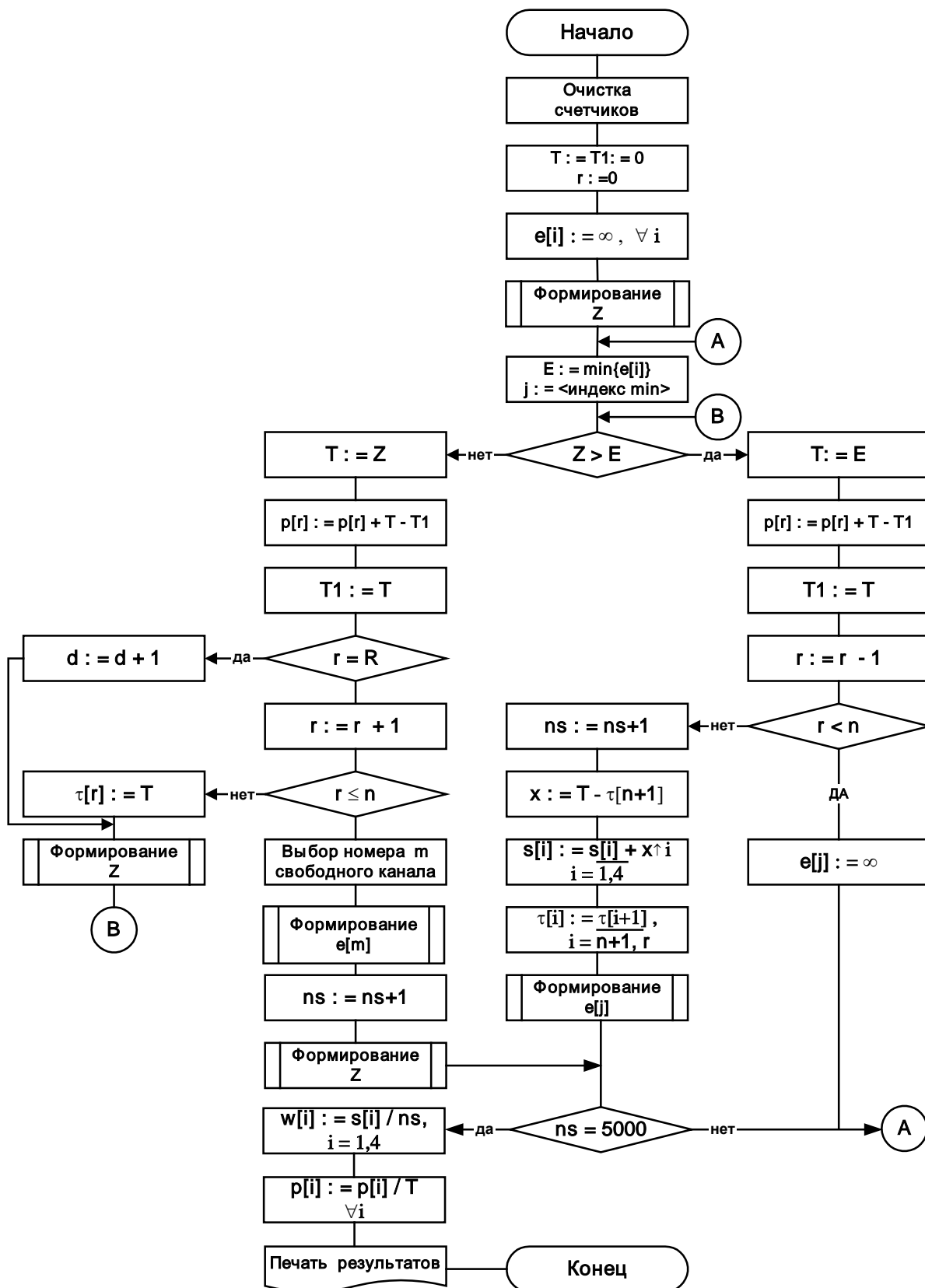


Рис. 1. Структурная схема базовой имитационной модели

Пользователь, заинтересованный только в получении результатов, может запустить чисто «счетный» режим работы модели – с отключенной анимацией.

Анимация разрабатывалась в среде Macromedia Flash. В процессе разработки была поставлена и частично решена задача накопления приемов решения типовых проблем и написания сценариев, которые предполагается использовать в дисциплине «Компьютерная графика». Демонстрация анимации курсантам младших курсов, обучаемым компьютерному моделированию, заметно оживила их интерес к обеим упомянутым дисциплинам.

Разработчикам имитационных моделей, ориентированных на специализированные приложения, безусловно стоит использовать аналогичные возможности для усиления эмоционального воздействия конечного продукта на заказчиков.

Осознав с помощью анимации принципы построения имитационных моделей, курсанты в составе бригад могут приступить к самостоятельной разработке структурных схем. Перечислим некоторые варианты с указанием *впервые* возникающих в них специфических особенностей:

Кольцевая система очередей. Здесь очереди с независимыми источниками заявок обслуживаются «по кругу» согласно одному из вариантов дисциплины:

- по одной заявке из каждой непустой очереди;
- до исчерпания заявок, скопившихся в текущей очереди к моменту начала ее обслуживания;
- до исчерпания текущей очереди.

Дополнительных рекомендаций требует только второй вариант: следует запоминать момент начала обслуживания очереди и сравнивать его с моментами прибытия заявок. Для выбора следующей очереди после i -й при $i = k$ принимается $i = 1$.

Система с относительным приоритетом. Моделируется неоднородный рекуррентный поток заявок. Момент прибытия ближайшей заявки и ее тип определяются аналогично освобождению каналов в базовой модели. Накопление моментов распределения времени ожидания ведется отдельно по каждому типу заявок.

Система с динамическим приоритетом. В общей очереди размещаются паспорта заявок с указанием их типов и моментов прибытия. В момент завершения обслуживания начинается просмотр очереди с вычислением текущего диспетчерского приоритета каждой заявки и его сравнением с текущим максимумом. При необходимости значение максимума и его координата обновляются. По окончании просмотра «максимальная» заявка выбирается в канал, а следующая за ней часть очереди уплотняется.

Многоуровневая система очередей с квантованным одноканальным обслуживанием. Здесь появляется новый тип события – исчерпание кванта текущего обслуживания. Соответственно заявка перемещается в конец следующей очереди, где она будет дожидаться предоставления большего кванта.

Моделирование длины периода непрерывной занятости (ПНЗ). При прибытии в n -канальную систему заявки, увеличивающей их текущее количество до n , фиксируется начало ПНЗ – значение таймера. При завершении обслуживания и уменьшении текущего числа заявок до $n-1$ отмечается окончание ПНЗ и к счетчикам добавляются последовательные степени его длительности (для вычисления моментов). К счетчику числа ПНЗ добавляется единица.

Одноканальная система с абсолютным приоритетом. Случайное время обслуживания для новой заявки генерируется в момент ее прибытия. Тип вновь прибывшей заявки сравнивается с типом обслуживаемой и определяется необходимость прерывания. Прерванная заявка помещается в голову очереди своего приоритета с временем обслуживания, равным разности между расчетным моментом завершения его и текущим значением таймера (режим дообслуживания). Возможны варианты генерации времени обслуживания в момент приема в канал (независимо от кратности захода) или сохранения первоначально сформированной длительности. Все три варианта рассмат-

риваются в теории очередей [1]. В паспорт заявки может быть внесен раздел кратности прерываний, куда при каждом прерывании добавляется единица. Статистика накапливается при нормальном завершении обслуживания. Просмотр очередей для выбора следующей заявки начинается с номера, соответствующего типу обслуженной (при наличии более приоритетных заявок она была бы прервана).

Многоканальная система, приоритет с прерываниями. Здесь новая проблема – выбор прерываемого канала. Целесообразно иметь список занятых каналов, упорядоченный по убыванию приоритетов обслуживаемых заявок (при равных приоритетах – по возрастанию моментов прибытия в систему): в этом случае приоритет вновь прибывшей заявки достаточно сопоставить с обслуживаемой в последнем канале. Такая технология требует переупорядочения списка при прерывании и при выборе заявки из очереди после завершения обслуживания

Предполагается, что каждая бригада, вооруженная схемой базовой модели и осознавшая ее, самостоятельно придет к этим решениям или им аналогичным. Практические занятия подобного рода учат студентов *думать* и способствуют усвоению ими *фундаментальных* идей имитационного моделирования.

Литература

1. **Конвей Р.В., Максвелл В.Л., Миллер Л.В.** Теория расписаний/пер. с англ. – М.: Наука, Физмат, 1975. – 360 с.
2. **Рыжиков Ю.И.** Имитационное моделирование систем массового обслуживания. – Л.: ВИККИ им. А.Ф. Можайского, 1991. – 111 с.