# 15. Принципы построения алгоритмов моделирования СМО

Реализация технологий имитационного моделирования применительно к задачам исследования СМО состоит:

* в построении алгоритмов и программных модулей, реализующих **генерацию случайных потоков событий**;
* в построении **моделирующих алгоритмов** и программных модулей, описывающих функционирование отдельных элементов (каналов, накопителей), а также СМО в целом;
* в многократном воспроизведении входных потоков и общего процесса обслуживания, а также в статистической обработке получаемых данных в интересах оценки показателей эффективности данного типа СМО.

Рассмотрим особенности построения моделирующих алгоритмов СМО **на базе Q-схем**.

Моделирование систем, формализуемых на базе Q-схем, можно провести, используя либо пакеты прикладных программ, созданных на базе алгоритмических языков общего назначения, либо специализированные языки имитационного моделирования.

Элементы ИМ принято разделять на активные, пассивные и активно-пассивные.

**Активными** элементами модели называются такие, смена состояния которых обусловлена только их внутренними свойствами.

**Пассивными** называются такие элементы, которые изменяют свои состояния только под воздействием активных элементов, а в общем случае любых внешних факторов.

К **активно-пассивным** элементам относятся такие, которые в одном из своих состояний могут быть активными, а в других – пассивными.

В моделях СМО:

* активные элементы – источники ***И***,
* пассивные элементы – накопители ***Н***,
* активно-пассивные элементы – каналы обслуживания ***К***.

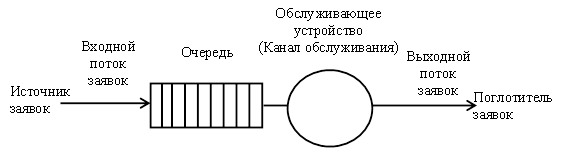
**Модульный принцип** построения алгоритмов:

* Блоки модели системы, имеющие аналогичные функции, обычно представляются в виде отдельных программных модулей (подпрограмм).
* Работа каждого такого модуля имитирует работу всех однотипных блоков.
* Количество модулей, по крайней мере, не превосходит количества блоков модели.

**Формализация на базе Q-схемы:**

Формализуя какую-либо реальную систему с помощью **Q-схемы**, необходимо построить структуру такой системы.

В качестве элементов структуры будем рассматривать элементы трех типов:



И – источники, Н – накопители и К – каналы обслуживания заявок.

**Исходное описание системы** определяется составом элементов и собственными внутренними параметрами:

* количество источников входных потоков заявок

и их интенсивности

* + количество фаз обслуживания заявок
  + количество накопителей в каждой фазе

и емкости накопителей (предельные размеры очереди):

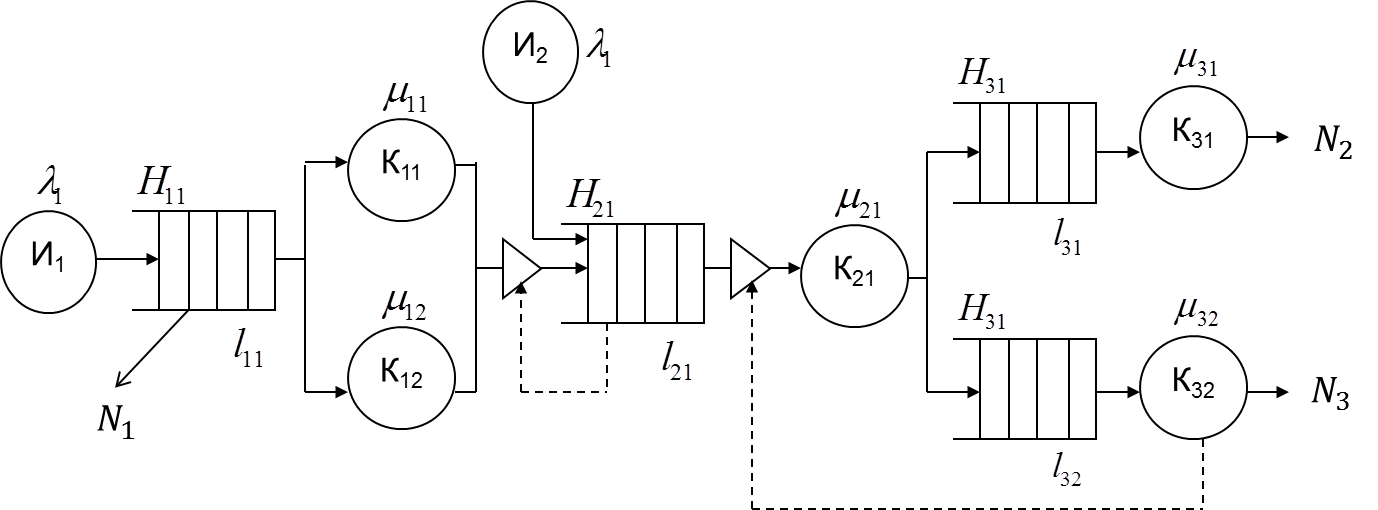
* количество каналов обслуживания в каждой фазе

и интенсивности потоков обслуживания каналов

Задаются также **связи** между элементами типа , , в виде оператора сопряжения элементарных приборов обслуживания.

Кроме того, задаются дисциплины ожидания заявок в накопителях и их выбора на обслуживание в каналах , а также правила ухода заявок из и .

**Трехфазная Q-схема**



Описание -схемы:

* Количество источников заявок: . (Источники и дополнительно обозначены своими собственными параметрами и .)
* Имеется три фазы обслуживания .
* Количество накопителей в каждой фазе:

– -ый накопитель -ой фазы с емкостями .

* Количество каналов в каждой фазе:

– -ый канал -ой фазы с интенсивностями .

Связи в Q-схеме:

* сплошные линии отражают движение заявок;
* пунктирные линии – это управляющие связи –различные **блокировки обслуживающих каналов** (по входу или по выходу). (В них каналы изображены в виде треугольников.)

**Блокировка по входу** означает, что этот канал отключается от входящего потока заявок, а **блокировка по выходу** указывает, что заявка, уже обслуженная блокированным каналом, остается в этом канале до момента снятия блокировки (открытия канала). В этом случае, если перед накопителем нет такого канала, при его переполнении будут иметь место потери заявок, и помимо выходящего потока обслуженных заявок можно говорить о потоке потерянных заявок.

Рассматриваемая Q-схема имеет блокировку каналов по выходу в первой фазе и блокировку канала по входу во 2-ой фазе.

В качестве выходящих потоков могут быть рассмотрены три потока:

* потоки обслуженных заявок и из каналов и .
* поток необслуженных заявок из накопителя .

Если структура и параметры системы заданы, то требуется **определить перечень показателей эффективности**, которые должны быть оценены в ходе моделирования.

В данном примере имеется СМО смешанного типа, поэтому необходимо изначально предусмотреть возможность накопления данных для оценки требуемых показателей эффективности.

Для ИМ данной Q-схемы можно записать следующие переменные и уравнения:

**Эндогенная переменная** (исследуемый показатель эффективности):

– вероятность потери заявок.

**Экзогенные переменные**:

– интенсивность появления заявок

– интенсивность обслуживания заявок

**Параметры**:

– емкости накопителей

– число каналов в фазе

**Уравнение модели**:

N – общее число заявок, покинувших систему.

В соответствии с модульным принципом построения в ИМ необходимо организовать массивы состояний стандартных элементов.

1. Состояние **активных элементов *И*** – источников заявок

Где - время поступления очередной заявки от ,

- интенсивность потока от в момент

Смена состояний происходит мгновенно в момент выдачи очередной заявки.

1. Состояние **пассивных элементов *Н*** – накопителей.

Характеризует длину очереди. Переход из одного состояния в другое происходит мгновенно:

* при поступлении заявки на вход
* при выдаче заявки в канал обслуживания

В пограничных значениях не изменяется.

3. Состояние **активно-пассивных** **элементов** *К* – каналов обслуживания.

Каждый может быть в одном из двух состояний: «занят» и «свободен». В состоянии «занят» канал является активным, в состоянии «свободен» канал является пассивным.

Где = 1 в состоянии «свободен» и в состоянии «занят».

время начала обслуживания заявки, – время окончания, задается при альфе равном 0. – текущая интенсивность потока обслуживания для момента .

4. **Очередь заявок ОЗ каждой фазы**. Каждый элемент ОЗj является пассивным, и его состояние для j-ой фазы определяется величиной

Состояние изменяется (за исключением пограничных ситуаций) мгновенно при поступлении очередной заявки

или при освобождении канала фазы

5. **Очередь свободных каналов *ОК* каждой фазы обслуживания.** Элемент *ОКj* является пассивным, и его состояние для *j*-ой фазы характеризуется количеством свободных каналов.

Состояние изменяется (за исключением пограничных ситуаций) мгновенно при поступлении в фазу новой заявки

или при освобождении какого-либо канала фазы

Таким образом, в программе должны быть организованы пять типов стандартных модулей, состояния которых (и всей системы в целом) полностью описывается следующими массивами данных:

* Изложенные подходы отвечают задаче построения ИМ СМО классических типов на основе Q-схем с использованием универсальных языков программирования высокого уровня.
* В случае использования специализированных языка имитационного моделирования (например, GPSS) отпадает необходимость разработки моделирующего алгоритма, так как механизм модельного времени и просмотра состояний уже заложен в систему.