**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4**

ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

## Структура модели СМО (Q-схемы)

Для детального ознакомления с технологией машинной имитации рассмотрим Q-схему достаточно общего вида (рис.Л4.1). Q-схема содержит три фазы обслуживания и источник заявок*.*

Первая фаза содержит 2 однотипных канала К11 и К12 и общий входной накопитель заявок Н1. В случае заполнения накопителя Н1 заявки источника получают отказ (дисциплина отказа заявкам на входе фазы I).

Вторая фаза также содержит два однотипных канала К21,К22 и общий входной накопитель Н2. В случае заполнения накопителя Н2 заявки блокируются в первой фазе. Это означает, что если какой -либо канал К21 или К22 в некоторый момент модельного времени завершил обслуживание заявки и в этот момент каналы второй фазы заняты и накопитель заполнен, то обслуженная заявка не покидает систему, что имеет место в случав отказа, а блокируется в канале первой фазы. Заявка сохраняется каналом первой фазы до тех пор, пока в накопителе Н2 не освободится по крайней мере одна позиция.

Третья фаза содержит только один канал К31 и накопитель Н3 емкостью, равной нулю. При занятом канале К31 заявки блокируются во второй фазе.

Для описания имитационной модели Q-схемы введем следующие переменные:

tn - текущее значение модельного времени;

tm -время появления очередной заявки на выходе источника;

tkj -время окончания обслуживания каналом j k-й фазы К очередной заявки;

Zkj (tn) - состояние канала j фазы k в момент t;

Li - емкость накопителя i-й фазы;

Zi - состояние накопителя i-й фазы;

N1 - количество потерянных заявок;

N3 - количество обслуженных системой заявок;

P - вероятность отказа (потери) заявки системой;

∆t - интервал продвижения модельного времени в сплошном моделировании.

Каждый из каналов Q-схемы может находиться в следующих состояниях:

1) канал свободен (0);

2) канал занят обслуживанием (1);

3) канал заблокирован (хранит уже обслуженную заявку)(2). Текущее состояние Z накопителя Н равно количеству заявок, хранящемуся в накопителе в текущий момент модельного времени t.

## Алгоритм моделирования Q-схемы

Процедура моделирования начала обслуживания заявки каждым элементарным каналом Кij - сводится к следующему.

Выполняется обращение к генератору случайных чисел. Генератор формирует интервал обслуживания заявки каналом Кij, закон распределения , длительности которого должен соответствовать закону F распределения времени обслуживания заявок каналом Кij. Вычисляется время окончания обслуживания tij=tn+τij, где tn - текущий момент модельного времени. Канал Кij переходит в состояние "занят обслуживанием".

Когда модельное время достигает значения tij, соответствующего моменту завершения обслуживания каналом Кij, моделируется процесс передачи заявки с выхода канала Кij в накопитель Нi+1 следующей фазы или в каналы фазы i+1, если ёмкость Li+1 накопителя Н1+1 равна нулю. Если фаза i+1 может принять заявку, то канал Kij переводится в состояние "свободен". В этом случае количество заявок в накопителе Нi+1 фазы i+1 увеличивается на 1, а канал Кij может принять заявку из накопителя Нi своей фазы. Канал Кij переходит в состояние "занят обслуживанием", а количество заявок в накопителе Нi уменьшается на единицу. Если фаза i+1 заявку принять не может (накопитель и каналы заняты обслуживанием заявок), канал Кij переводится в состояние "заблокирован".

Укрупнённая схема алгоритма моделирования Q-схемы, построенного по принципу последовательного просмотра состояний модели через фиксированный временной интервал ∆t, представлена на рис.Л4.2. Такой метод управления модельным временем называется моделированием с постоянным шагом и состоит в том, что после каждого просмотра состояния модели, модельное время tn увеличивается на интервал ∆t. Наращивание модельного времени tn = tn + ∆t выполняется блоком 10. Момент завершения моделирования Q-схемы может быть зафиксирован по числу просмотров N, по длине интервала времени моделирования Т или по количеству обслуженных заявок N1. Проверка соответствующих условий выполняется блоком 3.

Работа вспомогательных блоков - ввода исходных данных *I,* установки начальных условий 2, обработки *II* и вывода результатов моделирования 12 - не отличается по своей сути от аналогичных блоков, используемых в алгоритмах вычислений на ЭВМ. Поэтому остановимся более детально на работе той части моделирующего алгоритма, которая отражает специфику моделирования подхода (блоки 4-9). Детализированные схемы алгоритмов этих блоков приведены на рис Л4.3 - рис Л4.8. На этих и последующих схемах моделирующих алгоритмов Q-схем приняты следующие обозначения: ZN(1) = z , Z(i, J) = zij, TM=tm, TN=tn, T(i,J) = tij, LO(I) =Li, PO = P.

Процедура формирования времени завершения обслуживания заявок каналами Кij оформлена в виде подрограммы WORK (T(K,J)). Процедура генерирует, tkj - длительность интервала обслуживания очередной заявки и формирует время завершения обслуживания t(K,j) = tn+ Tkj. Окончание обслуживания заявки в некотором канале Кij в момент времени tn может вызвать процесс распространения изменений состояний элементов ("особых состояний") системы в направлении противоположном движению заявок в системе, поэтому все Н (накопители) и К (каналы) системы должны просматриваться при моделировании, начиная с обслуживающего канала последней фазы по направлению к накопителю 1-й фазы.

## Алгоритм формирования очередного состояния Q-схемы

Рассмотрим реализацию основных блоков моделирующего алгоритма. Это блоки 9, 8..... 4, которые имитируют формирование заявок источником и их обслуживание в каналах 1-й, 2-й и 3-й фаз модели.

Рассмотрим состояние модели Q-схемы на стационарном участке моделирования. Пусть после очередного выполнения блока 10 модельное время приняло значение tn.

Блок 4 (рис.Л4.3) имитирует завершение обслуживания заявок каналом К31 третьей фазы. Блок 4.1 проверяет состояние канала К31 и, если канал находится в состоянии "занят обслуживанием" ("1"), то в блоке 4.2 проверяется время Т31 завершения обслуживания каналом К31. Если это время меньше или совпадает с текущим модельным временем tn, то это означает, что в момент tn на выходе К31 появляется очередная заявка. В этом случае в блоке 4.3 увеличивается на 1 количество обслуженных заявок N3, а в блоке 4.4 канал К31 переводится в состояние "свободен" ("0").

Блок 5 (рис.Л4.4), имитирует завершение обслуживания заявок каналами 2-й фазы и передачу обслуженных заявок в 3-ю фазу. Блоки 5.1, 5.9 и 5.10 составляют цикл просмотра каналов 2-й фазы. Блоки 5.2 и 5.З проверяют состояние и время завершения обслуживания заявки каждым из каналов. Если для некоторого канала j его состояние Z2j=0, т.е. он находится в состоянии "занят обслуживанием" или "заблокирован", T2j<=Tn, то это означает, что канал K2j хранит ранее заблокированную заявку ( Z2j = 2 и Т2j < Тn) или именно в момент Тn он завершил обслуживание (T2j = Tn, Z2j < 1). B этих случаях блок 5.4 проверяет состояние канала 3.1 3-й фазы. Если этот канал не свободен (Z31≠0), то блок 5.5 переводит канал Kij в состояние "заблокирован" (или подтверждает ранее установленное состояние "заблокирован"). Если Z31=0, то блок 5.6 формирует новое время завершения обслуживания заявки каналом К31, блок 5.7 переводит канал К31 в состояние "занят обслуживанием", а блок 5.8 освобождает канал K2j.

Блок 6 (рис.Л4.5) имитирует процесс передачи заявок из накопителя Н2 второй фазы в каналы К21, К22. Блоки 6.1, 6.7, 6.8 составляют цикл просмотра состояния каналов второй фазы. Блок 6.2 проверяет состояние накопителя Н2. Если накопитель Н2 содержит хотя бы одну заявку (ZN(2)≠0), выполняется переход к блоку 6.3, который проверяет состояние очередного канала 2-й фазы. Если j-й канал свободен (Z(2,j)=0), то в блоке 6.4 вычисляется время завершения обслуживания заявки каналом K2j, блок 6.5 переводит канал К2j в состояние "занят обслуживанием", а блок 6.6 уменьшает на единицу количество заявок в накопителе Н2. Если при выполнении блока 6.2 оказывается, что накопитель Н2 заявок не содержит (ZN(2)=0), то выполняется переход к блоку 7.

Блок 7 (рис.Л4.6) воспроизводит процесс передачи заявок из каналов 1-й фазы в накопитель и каналы 2-й фазы. Блоки 7.1, 7.15, 7.16 составляют цикл просмотра состояния каналов 1-й фазы. Если при выполнении блоков 7.2,7.3 оказывается, что некоторый канал К1j хранит заявку в состоянии "заблокирован" или выработал заявку в момент tn, выполняется переход к блокам 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, составляющим цикл просмотра состояния каналов 2-й фазы. Если в результате выполнения в цикле блока 7.5 находится некоторый канал К2i в состоянии "свободен" (Z(2,i)=0), то выполняются блоки 7.8, 7.9, 7.10. Эти блоки формируют время завершения обслуживания заявки каналом К2i, канал К2i переводится в состояние "занят обслуживанием", а канал К1j переводится в состояние "свободен".

Если в результате просмотра каналов 2-Й фазы все каналы оказываются занятыми, в блоке 7.11 проверяется состояние накопителя Н2 .Если накопитель содержит свободные позиции (ZN(2)<L(2)), выполняются блоки 7.12, 7.14, увеличивающие на 1 количество заявок в накопителе Н2 и переводящие канал Кij в состояние "свободен". Если накопитель Н2 полностью заполнен, выполняется блок 7.18, переводящий канал Kij в состояние "заблокирован".

Детальный алгоритм блока 8 приведен на рис. Л4.7. Блок имитирует процесс передачи заявок из накопителя Н1-й фазы в каналы 1-й фазы. Структура алгоритма полностью аналогична блоку 6.

Блок 9 (рис.Л4.8) воспроизводит поступление заявок из источника U на вход 1-й фазы. Если при выполнении 9.1 удовлетворяется Tm ≤ Тn, то это означает, что в момент tn на выходе источника сформирована очередная заявка. Блоки 9.2, 9.6, 9.7 составляют цикл просмотра состояния каналов 1-й фазы. Если в результате просмотра блок 9.3 обнаружит свободный канал К1j, выполняются блоки 9.4, 9.5. Они формируют время завершения обслуживания заявки Tij каналом Кij и переводят канал Кij в состояние "занят обслуживанием".

Если свободных каналов в 1-й фазе нет, то анализируется состояние накопителя Н (9.7). Если накопитель содержит свободную позицию (ZМ(1)<L(1)), блок 9.9 увеличивает на 1 количество заявок в накопителе. Если накопитель заполнен, блок 9.10 увеличивает на 1 количество заявок получивших отказ. Во всех случаях в блоке 9.11 вычисляется момент времени t поступления очередной заявки источника на вход системы.

**H1**

**N1**

**H2**

**I**

**II**

**III**

**N3**

Рис. Л4.1. Структура Q-схемы

**ВХОД**

**ВВОД**

**ИСХОДНЫХ ДАННЫХ**

**УСТАНОВКА НАЧАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ**

**ПРОВЕРКА ОКОНЧАНИЯ МОДЕЛИР.**

**Обслуживание заявки каналом 3-й фазы**

**Переход заявки из 2-й фазы в 3-ю**

**Обслуживание заявки каналом 2-й фазы**

**Переход заявки из 1-й фазы в накопитель 2-й фазы**

**Обслуживание заявки каналом 1-й фазы**

**Поступление заявки на вход Q-схемы**

**Переход к следующему моменту времени**

**Обработка результатов**

**Вывод результатов**

**ВЫХОД**

**ДА**

**НЕТ**

**1**

**2**

**3**

**4**

**5**

**6**

**7**

**8**

**9**

**10**

**11**

**12**

Рис. Л4.2. Укрупненный алгоритм модели Q-схемы

**4**

**Z(3,1)=1**

**N3=N3+1**

**Z(3,1)=0**

**T(3,1)=TN**

**5**

**НЕТ**

**НЕТ**

**ДА**

**ДА**

**4.1**

**4.2**

**4.3**

**4.4**

Рис. Л4.3 Блок-схема алгоритма блока 4

**5**

**WORK(T(3,1)**

**J(2,J)=2**

**Z(2,J)≠0**

**6**

**НЕТ**

**5.1**

**J=1**

**T(2,J)≤TN**

**Z(3,1)=0**

**Z(3,1)=1**

**Z(2,J)=0**

**J≥2**

**J=J+1**

**5.10**

**НЕТ**

**ДА**

**5.9**

**ДА**

**5.6**

**5.7**

**5.8**

**5.4**

**ДА**

**НЕТ**

**5.5**

**5.2**

**ДА**

**5.3**

Рис. Л4.4. Блок-схема алгоритма блока 5

**6**

**WORK(K(2,J))**

**ZN(2)>0**

**7**

**НЕТ**

**6.1**

**J=1**

**Z(2,J)=0**

**Z(2,J)=1**

**ZN(2)=ZN(2)-1**

**J≥2**

**J=J+1**

**6.8**

**НЕТ**

**ДА**

**6.7**

**6.5**

**6.6**

**6.4**

**ДА**

**НЕТ**

**6.2**

**ДА**

**6.3**

Рис. Л4.5. Блок-схема алгоритма блока 6

**7**

**J=1**

**Z(1,J)≠0**

**Z(1,J)≤TN**

**I=1**

**Z(2,I)≠0**

**I≥2**

**ZN(2)<L(2)**

**ZN(2)=ZN(2)+1**

**Z(1,J)=0**

**J≥2**

**WORK(K(2,I))**

**Z(2,I)=1**

**Z(1,J)=0**

**I=I+1**

**8**

**Z(1,J)=2**

**J=J+1**

**7.1**

**7.2**

**7.3**

**7.4**

**7.5**

**7.6**

**7.7**

**7.8**

**7.9**

**7.10**

**7.11**

**7.12**

**7.14**

**7.13**

**7.16**

**7.15**

**ДА**

**ДА**

**ДА**

**ДА**

**НЕТ**

**НЕТ**

**НЕТ**

**НЕТ**

**НЕТ**

**НЕТ**

**ДА**

**ДА**

Рис. Л4.6. Блок-схема алгоритма блока 7

**8**

**J=1**

**ZN(1)≠0**

**Z(1,J)≠0**

**WORK(K(1,J))**

**Z(1,J)=1**

**ZN(1)=ZN(1)-1**

**J=J+1**

**J≥2**

**9**

**ДА**

**НЕТ**

**НЕТ**

**НЕТ**

**8.1**

**8.2**

**8.3**

**8.4**

**8.5**

**8.6**

**8.8**

**8.7**

Рис. Л4.7. Блок-схема алгоритма блока 8.

**9**

**J=1**

**TM=TN**

**Z(1,J)=0**

**J=J+1**

**ДА**

**НЕТ**

**НЕТ**

**9.1**

**9.3**

**WORK(K(1,J))**

**Z(1,J)=1**

**J≥2**

**ДА**

**ZN(1)<L(1)**

**N1=N1+1**

**ZN(1)=ZN(1)+1**

**D(TM)**

**10**

**НЕТ**

**НЕТ**

**ДА**

**9.1**

**9.4**

**9.5**

**9.6**

**9.8**

**9.9**

**9.11**

**9.10**

**9.7**

Рис. Л4.8. Блок-схема алгоритма блока 9.

**ЗАДАНИЕ**

1. Написать программу, реализующую модель системы массового обслуживания, обеспечивающую следующие возможности пользователя:

* задание законов распределения интервалов времени обслуживания и потока входных заявок (равномерный, экспоненциальный и нормальный)
* задание длины очереди для первой и второй фазы обслуживания.

2. Провести имитационные эксперименты. Определить вероятности обслуживания заявок при изменении:

* законов распределения входного потока и времени обслуживания заявок;
* длины очередей к приборам обслуживания;
* соотношениях интенсивностей входных потоков и потоков обслуживания.

3. Сравнить полученные результаты с теоретическими положениями.