

Дисциплина «Имитационное моделирование экономических процессов»

Специальность №08080165 «Прикладная информатика (в экономике)»

Институт информатики, инноваций и бизнес систем

Кафедра информатики, инженерной и компьютерной графики

Старший преподаватель Кийкова Е.В.

# Тема 5 Модели массового обслуживания

# СОДЕРЖАНИЕ

1. Ключевые понятия
2. Учебный материал
3. Вопросы для самопроверки
4. Рекомендуемая литература

# КЛЮЧЕВЫЕ ПОНЯТИЯ

- ◆ Входящий поток требований
- ◆ Дисциплина постановки в очередь
- ◆ Правила обслуживания
- ◆ Выходящий поток
- ◆ Дискретно-событийное моделирование
- ◆ Системы с одним устройством обслуживания
- ◆ Многоканальные системы массового обслуживания

## Основные задачи лекции

- ◆ Раскрыть основные понятия, связанные с системами массового обслуживания (СМО).
- ◆ Рассмотреть основы дискретно-событийного моделирования СМО
- ◆ Рассмотреть виды СМО.

# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

С системами массового обслуживания (СМО) мы встречаемся повседневно. Любому из нас приходилось когда-то ждать обслуживания в очереди (например, в магазине, на автозаправке, в библиотеке, кафе и т. д.). Аналогичные ситуации возникают при потребности воспользоваться телефонной связью или выполнить свою программу на компьютере. Более того, любое производство можно представить как последовательность систем обслуживания. К типичным системам обслуживания относят также ремонтные и медицинские службы, транспортные системы, аэропорты, вокзалы и другие.

# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

Особое значение приобрели такие системы при изучении процессов в информатике. Это, прежде всего, компьютерные системы, сети передачи информации, ОС, базы и банки данных. Системы обслуживания играют значительную роль в повседневной жизни. Опыт моделирования разных типов дискретных событийных систем свидетельствует о том, что приблизительно 80% этих моделей основаны на СМО.

# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

Что же характеризует эти системы как СМО? Такие системы можно описать, если задать:

- ◆ входящий поток требований или заявок, которые поступают на обслуживание;
- ◆ дисциплину постановки в очередь и выбор из нее;
- ◆ правило, по которому осуществляется обслуживание;
- ◆ выходящий поток требований;
- ◆ режимы работы.

# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

**Входящий поток.** Для задания входящего потока требований необходимо описать моменты времени их поступления в систему (закон поступления) и количество требований, которое поступило одновременно. Закон поступления может быть детерминированный (например, одно требование поступает каждые 5 мин) или вероятностный (требования могут появляться с равной вероятностью в интервале  $5 \pm 2$  мин). В общем случае входящий поток требований описывается распределением вероятностей интервалов времени между соседними требованиями.



# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

Классическая теория массового обслуживания рассматривает так называемый пуассоновский (простейший) поток требований. Для этого потока число требований  $k$  для любого интервала времени распределено по закону Пуассона:

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}, k \geq 0, t \geq 0$$

где  $\lambda$  - интенсивность потока требований (число требований за единицу времени).

# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

**Дисциплины постановки в очередь и выбора из нее** определяют порядок постановки требований в очередь, если заняты устройства обслуживания, и порядок выбора из очереди, если освобождается обслуживающее устройство. Простейшая дисциплина допускает постановку в очередь в порядке поступления требований. Такую дисциплину называют **«раньше поступил - раньше обслужился»** (в англоязычной литературе FIFO First In-First Out), например, очередь к телефону-автомату.

# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

Организация очереди по правилу **«последний поступил - первый обслужился»** (в англоязычной литературе LIFO Last In-First Out) допускает, что на обслуживание выбираются последние требования из очереди. Это правило также называется **«стеком»** или **«магазином»**.

Правило выбора из очереди может быть *случайным* (RANDOM).

Возможна также организация выбора из очереди *по параметрам* (например, мужчины в очереди пропускают женщин вперед).

# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

На очередь могут накладываться **ограничения по длине очереди или по времени пребывания в ней**. Например, если в очереди находится более трех требований, то новое требование, которое поступило, покидает систему; или, если время пребывания в очереди более двух минут, то требование покидает систему.

Очередь может быть с ограниченным количеством мест ожидания в ней - это так называемый **буфер** (например, бункер, в который поступают заготовки раньше, чем они будут обработаны станком).

# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

**Правила обслуживания** характеризуются длительностью обслуживания (распределением времени обслуживания), количеством требований, которые обслуживаются одновременно и дисциплиной обслуживания. Время обслуживания бывает детерминированным, или заданным вероятностным законом распределения.

# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

Обслуживание может организовываться с помощью одного устройства - это так называемые **системы с одним устройством (каналом) обслуживания** - или с несколькими идентичными устройствами обслуживания, например, если установлено несколько кабин с телефонами-автоматами. Системы с идентичными устройствами обслуживания называют **многоканальными системами**.

Устройства обслуживания могут быть объединены в последовательную цепочку. Это **многофазные системы обслуживания**, в которых требования последовательно проходят несколько фаз обслуживания, перед тем как покинуть систему.

**Дисциплины обслуживания определяют:**

- ◆ при каких условиях прекращается обслуживание требований;
- ◆ как выбирается для обслуживания следующее требование;
- ◆ что делать с частично обслуженным требованием.

# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

Различают дисциплины обслуживания **бесприоритетные** и **приоритетные**. При **бесприоритетном** обслуживании порядок обслуживания определяется дисциплиной выбора из очереди, например, FIFO.

При **приоритетном** обслуживании требованию задается некоторый параметр, который определяет его **приоритет**. Этот параметр может задаваться в числовом виде (*статический приоритет*) или в виде функции, которая зависит от времени пребывания в системе (*динамический приоритет*).



# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

Дисциплины обслуживания могут быть с относительными или абсолютными приоритетами.

*Относительный приоритет* предусматривает, что поступление требования с более высоким приоритетом не прерывает обслуживания менее приоритетного требования (обслуживание без прерывания). Из требований с одинаковыми приоритетами могут организовываться очереди.

# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

При использовании *абсолютного приоритета* появление требования с более высоким приоритетом прерывает обслуживание менее приоритетного требования (обслуживание с прерыванием). Прерванные требования могут или оставлять систему обслуживания, или снова становиться в очередь для дообслуживания.

# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

**Выходящий поток** - это поток требований, которые покидают систему, причем требования в нем могут быть как обслуженные, так и не обслуженные. Структура выходящего потока может иметь большее значение для многофазных систем, где этот поток становится входящим для следующей фазы обслуживания. Распределение требований в выходящем потоке во времени зависит от плотности входящего потока и характеристик работы устройств обслуживания.

# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

По практическим соображениям часто приходится изучать режимы работы СМО. Например, устройства обслуживания время от времени могут выходить из строя (режим отказа), в особенности, если с помощью этих систем описывается некоторый производственный или информационный процесс. Есть еще один режим – блокирование обслуживания, - который связан с временным прерыванием процесса обслуживания или с замедлением его.

# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

Для СМО любого вида справедлив закон Литтла: для любого распределения времени между двумя событиями поступления требований, любого распределения времени их обслуживания, любого количества устройств обслуживания и любой дисциплины обслуживания среднее количество требований  $\bar{N}$  в СМО определяется через интенсивность поступления и среднее время пребывания требований в системе  $T$ , то есть:

$$\bar{N} = \lambda T$$

## Основы дискретно-событийного моделирования СМО

Определим основные понятия и термины, используемые, в моделировании.

**Система** - множество объектов (например, людей и машин), которые взаимодействуют одновременно для достижения одной или большего количества целей.

# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

**Модель** - абстрактное представление системы, обычно содержит структурные, логические или математические отношения, которые описывают систему в терминах состояний, объектов и их свойств, множеств, процессов, событий, действий и задержек.

**Состояние системы** - множество переменных, которые содержат всю информацию, необходимую для описания свойств системы в любое время.

# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

**Объект** - любой элемент или компонент в системе, который должен быть представлен в модели в явном виде (например, обслуживающее устройство, клиент, машина).

**Свойство** или **атрибут** - свойства данного объекта (например, приоритет ожидающего клиента, маршрут процесса выполнения работ в цеху).



# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

**Список** - множество (постоянное или временное) связанных объектов, упорядоченное некоторым логическим способом (например, все клиенты, находящиеся в настоящее время в очереди ожидания, упорядочены по принципу «раньше прибыл, раньше обслужился» или по приоритету).

**Событие** - мгновенно возникающее изменение состояния системы (например, прибытие нового требования).

# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

**Уведомление о событии** - запись события, которое произойдет в потоке событий или в некотором будущем времени наряду с любыми связанными данными, необходимыми для обработки события (запись всегда включает тип события и время события).

**Список событий** - список намеченных будущих событий, упорядоченных по времени возникновения, известный также как список будущих событий (СБС).

# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

**Действие** - продолжительность времени указанного промежутка (например, время обслуживания или время между поступлениями заявок), для которого известно, когда оно начинается и заканчивается (хотя оно может быть определено в терминах статистического распределения).

**Задержка** - продолжительность времени неопределенного промежутка, для которого неизвестно заранее, когда он заканчивается (например, задержка клиента в очереди по правилу «последний пришел - первый обслужился», так как начало обслуживания зависит от будущих поступлений).

# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

**Модельное время** - неотрицательная возрастающая величина, отражающая течение времени в имитационной модели.

**Часы** - переменная, отражающая протекание времени моделирования, называется в примерах ЧАСЫ (CLOCK).

**Дискретно-событийное моделирование** - моделирование системы в дискретные моменты времени, когда происходят события, отражающие последовательность изменения состояний системы во времени. В дальнейшем такое моделирование будем называть имитационным. Рассматриваемые здесь системы динамические, то есть изменяются во времени. Поэтому состояние системы, свойства объекта и число активных объектов, параметров, действий и задержек - все они функции времени и постоянно изменяются в процессе моделирования.

## Системы с одним устройством обслуживания

Рассмотрим одноканальную (с одним устройством обслуживания) СМО, показанную на рис. 1.

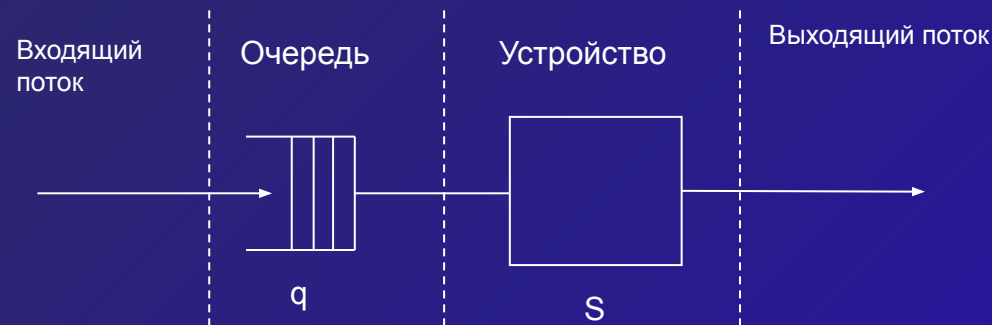


Рисунок 1 - Одноканальная СМО

# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

Для обозначения СМО используются три параметра:  $X/Y/Z$ , где  $X$  - распределение времени поступления;  $Y$  - распределение времени обслуживания;  $Z$  - число обслуживающих устройств.

В теории СМО некоторые аналитические решения были получены для систем вида  $D/D/1$ ,  $M/M/1$  и  $M/G/1$ . Для других значений параметров систем обслуживания аналитические решения не были получены, то есть эта проблема мотивирует использование моделирования.

# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

Самая известная модель - это так называемая СМО типа М/М/1, где М - марковские процессы распределения времени поступления и обслуживания с одним устройством. Например, в системе М/М/1 время между двумя поступлениями в систему требований и время обслуживания имеют экспоненциальные распределения. Такая СМО иногда используется как модель для одного процессора компьютерной системы или как стандартное устройство ввода-вывода (например, магнитный диск).



# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

Система  $D/D/1$  - детерминированная система, тогда как  $D/M/1$  - смешанная. Если о системе мало известно, это обозначается как  $G/G/m$ , то есть система с произвольными распределениями и  $m$  устройствами.

## Многоканальные системы массового обслуживания

Многоканальная СМО (с несколькими одинаковыми устройствами обслуживания) изображена на рис. 2. В отличие от одноканальных СМО многоканальные системы рассчитать сложнее. Теория массового обслуживания позволяет получать аналитические зависимости для расчетов характеристик работы многоканальных СМО в стационарном режиме работы, однако, эти зависимости можно получить только для системы  $M/M/m$ .

# УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

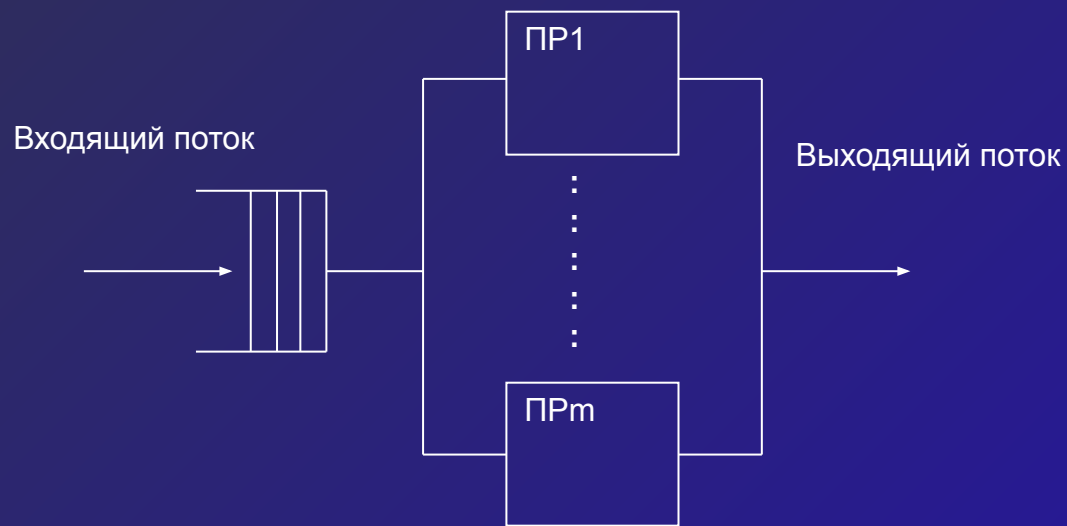


Рисунок 2 - Многоканальная СМО

# ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

- ◆ Дайте определение понятиям: СМО, входящий поток, выходящий поток.
- ◆ Правила обслуживания.
- ◆ Дисциплины постановки в очередь и выбора из неё.
- ◆ Дайте определение основным понятиям дискретно-событийного моделирования СМО.
- ◆ Классификация видов СМО.

# РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ◆ Гультяев А.К. Имитационное моделирование в среде Windos. – СПб.: КОРОНА принт, 2001. – 400 с.
- ◆ Кийкова Е.В., Лаврушина Е.Г. Имитационное моделирование экономических процессов. Учебное пособие.- Владивосток: ВГУЭС, 2007. -128 с.
- ◆ Томашевский В.Н., Жданова Е.Г. Имитационное моделирование в среде GPSS. – М.: Бестселлер, 2003. – 416 с.
- ◆ Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. Учебник для ВУЗов. - М.: Высшая школа, 2001.-344 с.

## Использование материалов презентации

Использование данной презентации, может осуществляться только при условии соблюдения требований законов РФ об авторском праве и интеллектуальной собственности, а также с учетом требований настоящего Заявления.

Презентация является собственностью авторов. Разрешается распечатывать копию любой части презентации для личного некоммерческого использования, однако не допускается распечатывать какую-либо часть презентации с любой иной целью или по каким-либо причинам вносить изменения в любую часть презентации. Использование любой части презентации в другом произведении, как в печатной, электронной, так и иной форме, а также использование любой части презентации в другой презентации посредством ссылки или иным образом допускается только после получения письменного согласия авторов.