**1 Введение. Основные понятия СМО.**

**Заявка на обслуживание**-, то, что требует клиент.

**Состояние**- «картина» в какой-либо момент.

Эти картины дискретны.

Состояния в каждый момент случайны.

**Теория очередь**- раздел [теории вероятностей](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%BE%D1%8F%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%B9), целью исследований которого является рациональный выбор структуры системы обслуживания и процесса обслуживания на основе изучения потоков, требований на обслуживание, поступающих в систему и выходящих из неё, длительности ожидания и длины очередей.

**Проблема в СМО:** так поток клиентов случайный, то в самой системе может быть то очередь, то никого.

**Теория массового обслуживания -** наука, устанавливающая закономерности между потоками обслуживания, каналами обслуживания и их производительностью, правилами работы СМО и общей эффективностью работы СМО.

**Показатель эффективности работы СМО -** усредненные характеристики.

**Канал**- элемент СМО, который обслуживает заявку. В каждый момент времени в канале 1 заявка.

**Накопитель(буфер)-** число мест для ожидания заявок.

**Длительность обслуживания**- время задержки в канале .

**2. Основные компоненты модели СМО.**

**Парадигмы СМО**

1 Все клиенты одинаковы (однородная масса- поток клиентов).

2 Необходимо разделить системы с ожиданием, если эта сеть предусмотрена. СМО без ожиданий.

3. Если пришла заявка в с-му, все каналы заняты, очередь невозможна- отказ в обслуживание.

4. Бесконечное число мест в очереди (рынок, торговля).

5 В смо есть механизм обслуживания – это одна операция. Фаза обслуживания.

6. Обслуживание выполняет прибор- канал.

В Смо есть входной поток заявок и выходной поток обслуживаний.

**Скорость-(интенсивность)-** среднее кол-во обслуженных заявок в ед. времени.

7. Заявки обслуживаются группами – системы с параллельным групповым обслуживанием.

8. На работу СМО влияют св-ва входных, выходных потоков , дисциплина очереди –правила по которому из очереди выбирается заявка.

* FIFO- первый пришел, первый ушел
* LIFO – последний пришел, первый обслужился.
* СЛУЧАЙНЫЙ ОТБОР ЗАЯВОК.

9 **Приоритет в выборе заявок** – особый порядок выбора заявки.

10. Допустимая величина буфера(очереди) .

11. **Открытые СМО**\_ если кол-во источников очень большое и работа СМО не влияет на их работу.

**Емкость источника**- кол-во заявок, которые могут выйти из источника.

Бихевеоральные характеристики.

**ДБ**- дисциплина буферезации (правило занесения заявок в накопитель).

**ДО-** правила выбора заявок для обслуживания в канале.

**3. Модели массового обслуживания. Основные упрощения.**

При моделировании реальных систем с дискретным характером функционирования широкое применение находят базовые модели в виде СМО

**1. По числу мест в накопителе СМО делятся на системы:**

• без накопителя, в которых заявка, поступившая в систему и заставшая все обслуживающие приборы занятыми обслуживанием более высокоприоритетных заявок, получает отказ и теряется; такие системы **называются СМО с отказами;**

• **с накопителем ограниченной ёмкости (СМО с потерями**), в которых поступившая заявка теряется, если она застает накопитель заполненным до конца;

• **системы с накопителем неограниченной ёмкости (СМО без потерь)**, в которых для любой поступившей заявки всегда найдется место в накопителе для ожидания.

**По количеству обслуживающих приборов СМО делятся на:**

• одноканальные содержащие один прибор П; • многоканальные содержащие K обслуживающих приборов П1,...,ПK (K > 1).

**По количеству классов (типов) заявок, поступающих в СМО:**

• с однородным потоком заявок (рис.3.5,а, б, в); заявки одного класса,

• с неоднородным потоком заявок (рис.3.5,г) поток заявок нескольких классов.

В СМО заявки относятся к разным классам в том случае, если они различаются хотя бы одним из следующих факторов:  **длительностью обслуживания; приоритетами.**

В зависимости от **характера процессов поступления и обслуживания заявок в сети СеМО**

• **стохастические**, в которых процессы поступления и/или обслуживания заявок носят случайный характер, то есть интервалы времени между поступающими заявками и/или длительности их обслуживания в узлах представляют собой случайные величины, описываемые соответствующими законами распределений;

**• детерминированные**, в которых интервалы времени между поступающими заявками и длительности их обслуживания в узлах являются детерминированными величинами.

**По виду зависимостей, связывающих интенсивности потоков заявок в разных узла**х,

Линейные/ нелинейные, если эти зависимости линейные/нелинейными.

В линейных СеМО, , **интенсивность потока заявок в узел j связана с интенсивностью потока заявок в узел i линейной зависимостью:** λ j = α ij λi ,

где α ij – коэффициент пропорциональности, показывающий, во сколько раз отличаются интенсивности потоков заявок в узел j и в узел i,( j = ,1 n).

**Коэффициент передачи** >0. - среднее число попаданий заявки в данный узел за время ее нахождения в сети. Например, если коэффициент передачи узла СеМО равен 3, то это означает, что любая заявка за время нахождения в сети в среднем 3 раза побывает на обслуживании в данном узле. Значение коэффициента передачи, равное 0,25, будет означать, что в среднем только одна заявка из четырёх попадёт на обслуживание в данный узел, а три другие обойдут данный узел стороной.

**Нелинейность СеМО** обусловлена: **потерей заявок в сети(**из-за ограниченной емкости накопителей в узлах);  **размножением заявок в сети**,( формировании нескольких новых заявок после завершения обслуживания некоторой заявки в одном из узлов сети).

**Разомкнутая (открытая) СеМО (РСеМО)** содержит 1 и более внешних независимых источников заявок, которые генерируют заявки в сеть независимо от числа заявок, находящихся в сети . Одновременно может находиться любое число заявок( от 0 до бесконечности.) С РСеМО связана внешняя среда, из которой поступают заявки в сеть и в которую они возвращаются после обслуживания в сети.

**Замкнутая (закрытая) СеМО (ЗСеМО**) не содержит независимых внешних источников заявок и характеризуется тем, что в ней циркулирует постоянное число заявок М.

**Время пребывания заявок в ЗСеМО** - промежуток времени между двумя соседними моментами прохождения заявки через нулевой узел.

**Замкнуто-разомкнутая СеМО (комбинированная**) комбинация ЗСеМО и РСеМО, в которую, кроме постоянно циркулирующих в сети **\* M заявок**, из внешнего независимого источника поступают заявки такого же или другого класса, при этом суммарное число заявок в сети \* M ≥ M .

**Среднее время пребывания требования в системе** https://studfiles.net/html/2706/960/html_PGKlLrAj1m.ZM79/img-9wwZCt.png

**6. Марковский процесс с дискретными состояниями и непрерывным временем. Система уравнений Колмогорова**

Случайный процесс называется **марковским**, если вероятность перехода системы в новое состояние зависит только от состояния системы в настоящий момент и не зависит от того, когда и каким образом система перешла в это состояние.

Марковские процессы делятся на два класса:

· дискретные марковские процессы (марковские цепи);

· непрерывные марковские процессы.

**Дискретной марковской цепью** называется случайный процесс, при котором смена дискретных состояний происходит в определенные моменты времени.

**Непрерывным марковским процессом** называется случайный процесс, при котором смена дискретных состояний происходит в случайные моменты времени.

Марковская цепь называется **однородной**, если переходные вероятности http://ok-t.ru/helpiksorg/baza3/1043549769868.files/image804.gif от времени не зависят, то есть от шага к шагу не меняются. В противном случае, то есть если переходные вероятности  http://ok-t.ru/helpiksorg/baza3/1043549769868.files/image816.gif зависят от времени и марковская цепь называется **неоднородной**.

S1- исправлено; S2- вышел из строя S3- ожидает осмотра S4- осмотр S5- ремонт S6 –списание

Вероятность того, что система перешла из состояния i в состояние j **Pij.**

Формула позволяет получить вероятность, если известно начальное условие P0

**Pi(k)=∑Pj(k-1) \*Pij** -вероятность i-го состояния в j момент.

Пусть рассматривается система S имеющая n возможных состояний s1, s2,, sn

Вероятность i-го состояния – вероятность Pi(t) того, что в момент t система находится в состоянии si/ Для любого момент суммы всех вероятностей = 1

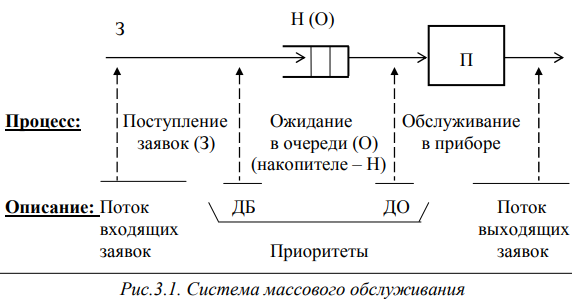
Имея размеченный граф состояний можно найти все вероятности pi(t) как функцию времени. Для этого составляют уравнение Колмогорова ( неизвестные функции – вероятности состояний). Вероятность двух вариантов

**25 Основные понятия СеМО**

**Узел Семо** - СМО. **Структура Семо-** Граф. **Система массового обслуживания (СМО**) – математический (абстрактный) объект, содержащий один или несколько приборов **П** (каналов), обслуживающих заявки **З**, поступающие в систему и накопитель в котором находятся заявки, образующие очередь **О** и ожидающие обслуживания . **Заявка** – объект, поступающий в СМО и требующий обслуживания в обслуживающем приборе. Совокупность заявок, распределенных во времени, образуют **поток заявок**.

**Обслуживающий прибор** (устройство, канал, линия) – элемент СМО, функцией которого является обслуживание заявок. В каждый момент времени в приборе на обслуживании может находиться только одна заявка.

**Обслуживание** – задержка заявки на некоторое время в обслуживающем приборе.

**Длительность обслуживания** – время задержки (обслуживания) заявки в приборе.

**Узел сети** представляет собой систему массового обслуживания.

**Источник** – генератор заявок, поступающих в сеть и требующих определенных этапов обслуживания в узлах сети.

Для упрощенного изображения СеМО используется граф СеМО. **Граф СеМО –** ориентированный граф, вершины которого соответствуют узлам СеМО, а дуги отображают переходы заявок между узлами, которые заданы в виде вероятностей передач. Путь движения заявок в СеМО называется **маршрутом.**

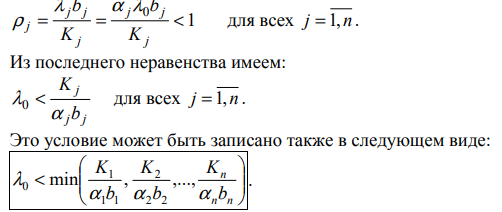
**29 Режимы функционирования СеМО. Установившийся режим, перегрузка сети.**

СеМО, как и СМО, может работать в **установившемся** и **неустанновившемся режимах (он**  может быть связан с началом работы системы (переходной режим), нестационарным характером потока заявок и обслуживания в приборе (нестационарный режим) и перегрузкой системы (режим перегрузки).

При использовании предположения о стационарности входящего потока заявок и длительностей обслуживания заявок в узлах **условие существования установившегося режима совпадает с условием отсутствия перегрузок.**

Перегрузки в разомкнутой СеМО отсутствуют, если каждый узел сети работает без перегрузок. Если же хотя бы один из узлов сети не справляется с нагрузкой, то длина очереди в этом узле начнет увеличиваться до бесконечности и, суммарное число заявок в РСеМО будет расти неограниченно.

Для того **чтобы в разомкнутой СеМО не было перегрузок, необходимо отсутствие перегрузок во всех узлах РСеМО, то есть загрузка ρ j любого узла j ( j = ,1 n) должна быть строго меньше 1**



Полученное условие налагает ограничение сверху на интенсивность поступления заявок в РСеМО из внешнего источника. **Узлы,** в которых указанное условие не выполняется, являются **перегруженными.** С течением времени это приводит к неограниченному росту числа заявок в сети, которые скапливаются в перегруженных узлах, имеющих накопители неограниченной ёмкости

В замкнутых СеМО. циркулирует постоянное число заявок, то в узлах сети не могут образовываться очереди бесконечной длины, следовательно, в **ЗСеМО всегда существует установившийся режим**. Даже если в сети имеется очень «медленный» узел, в котором по сравнению с другими узлами слишком долго обрабатываются заявки, то это может привести только к тому, что все заявки будут постоянно скапливаться в очереди перед данным узлом, однако их количество будет всегда конечно и в пределе равно числу циркулирующих в сети заявок. Загрузка такого «медленного» узла будет близка к единице, поскольку постоянное наличие очереди перед этим узлом обусловливает непрерывную работу приборов узла. Такой узел обычно представляет собой так называемое «**узкое место»** сети.

**30 Узловые и сетевые характеристики Семо. Формула Литтла.**

Характеристики СеМО делятся на два класса:

• узловые, описывающие эффективность функционирования отдельных узлов СеМО;

• сетевые, описывающие функционирование СеМО в целом.

Состав узловых характеристик СеМО, работающей в стационарном режиме, такой же, как и для СМО, и для узла j = ,1 n включает в себя следующие характеристики:

• нагрузка узла: 

• загрузка узла: 

• коэффициент простоя узла: η j = ρ j-1 ; • время ожидания заявок в узле: **wj ;**

• время пребывания заявок в узле: 

• длина очереди заявок узле: 

• число заявок в узле (в очереди и на обслуживании): 

**На основе узловых характеристик рассчитываются сетевые характеристики СеМО:**

• суммарная нагрузка во всех узлах, характеризующая среднее число заявок, одновременно находящихся на обслуживании во всех узлах сети: 

