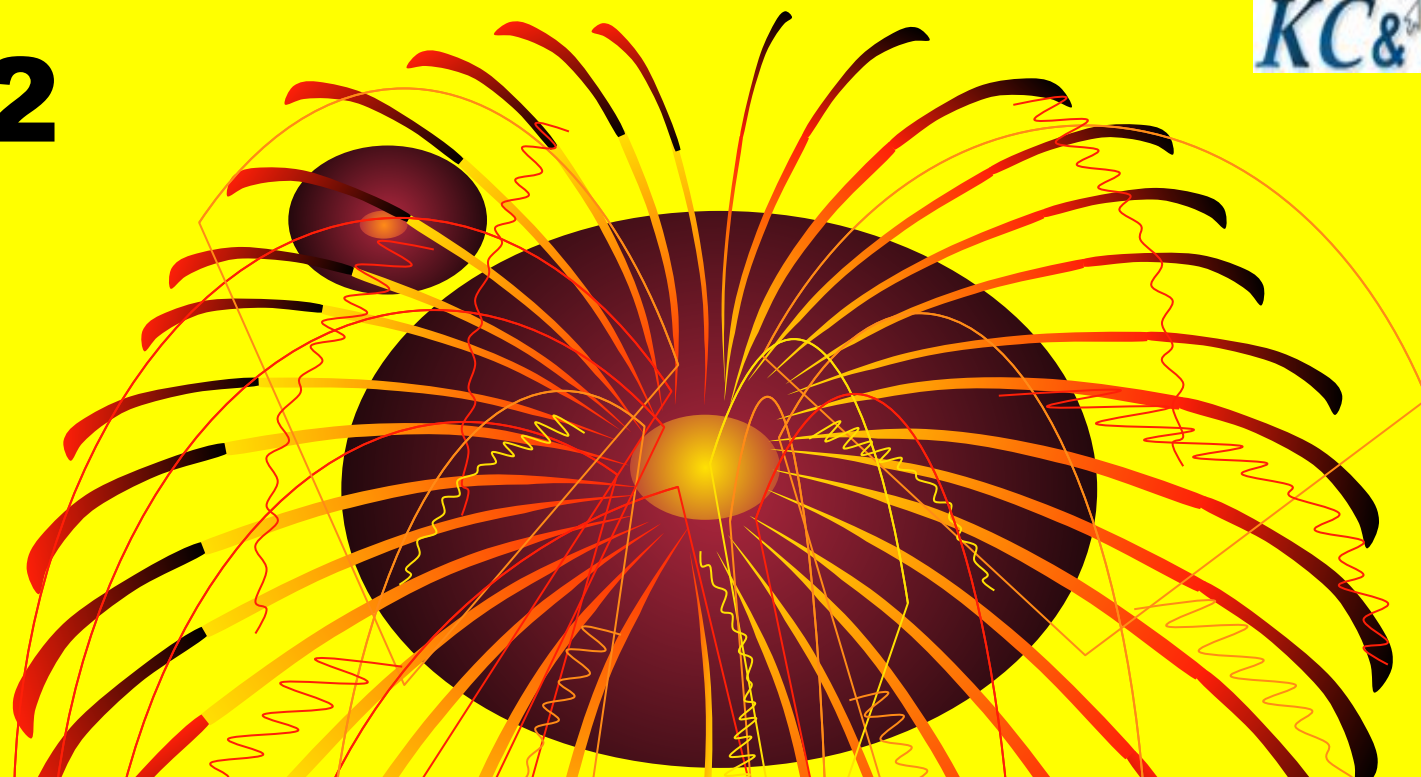


# Лекция **2**

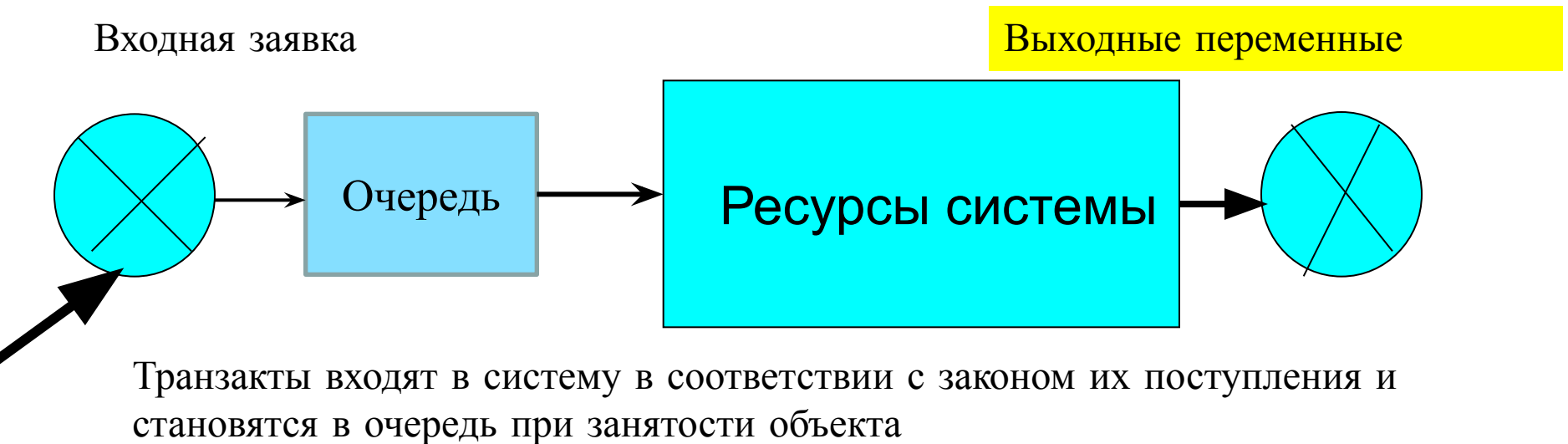


Моделирование систем

Доц. Бабалова Ирина Филипповна

**2017** год

Система моделирует поведение реального объекта (СМО) продвижением транзакта в пространстве состояний ресурсов системы



**Поведение объекта - ресурса – это взаимодействие статических объектов с динамическими объектами и отражение результатов этого взаимодействия в информационных объектах. Рассмотрим способы отображения поведения всех компонент в системе GPSS.**

# Параметры СМО для построения модели

1. Характеристики входного потока заявок
2. Дисциплина формирования очереди и правило выбора заявок из очереди
3. Законы обслуживания заявок
4. Параметры выходного потока заявок
5. Режим работы СМО

**Параметры ресурсов системы только временные:  
Твхода, Твыхода, Тобслуживания, Точереди.**

Описание поведения системы обеспечивается временными характеристиками ресурсов.

Следовательно, только временные характеристики позволят нам оценить характеристики любой сложной системы.

# Входные потоки в СМО

Любая система, в которой поток требований на обслуживание встречает ограниченные средства для обработки, это система массового обслуживания

Входной поток заявок описывает заявки, поступающие на обслуживание

Единицей измерения потока является интенсивность

Интенсивность  
поступления заявок

$$\lambda = \frac{1}{t_{вх}}$$

Для случайных событий  $t_{вх}$  определяется через математическое ожидание случайной величины

## Теорема о максимальном потоке

**Максимальный** поток равен минимальной пропускной способности по всем сечениям СМО.

**Сечение** - это множество каналов передачи требований, удаление которых приводит к разрыву всех возможных путей потоков от начальной до конечной точек пути.

# Законы обслуживания заявок

По аналогии со входными потоками есть два типа законов обслуживания: детерминированные или случайные.

$$t_{\text{обсл}} = \frac{1}{\mu}$$

, где  $\mu$  называется  
интенсивностью обслуживания  
заявок

**Формирование законов обслуживания обеспечивается:**

## **1. Организацией системы обслуживания :**

- Одноканальная система
- Многоканальная система
- Многофазная система типа конвейера

## **2. Законами обслуживания заявок:**

- Абсолютный приоритет заявок
- Относительный приоритет заявок
- Беспriorитетное обслуживание

$$\lambda_{\text{ВЫХ}} = \min(\lambda, t\mu)$$

В формуле использованы обозначения:

$t$  – количество устройств обслуживания,

$\mu$  - интенсивность обслуживания заявок в устройствах,

$\lambda$

- интенсивность входного потока заявок

При анализе СМО, покидающие систему заявки, определяют работоспособность системы.

Только часть заявок может быть обработана за время работы системы.

Остальные, поступившие в систему заявки, остаются в ней.

<b>C1</b>	Текущее значение условного модельного времени
<b>M1</b>	Время жизни транзакта <b>C1 - T</b> <sub>входа</sub>
<b>AC1</b>	Абсолютное модельное время
<b>PR</b>	Приоритет транзакта - <b>[ 0 - 127 ]</b>
<b>Pj</b>	<b>J</b> - ый параметр транзакта
<b>MPj</b>	Смещение от текущего времени
<b>XN1</b>	Номер транзакта
<b>MBj</b>	Признак синхронизации (при работе с блоком <b>Match</b> )
<b>CC</b>	Количество транзактов в списке пользователя
<b>CM</b>	Максимальное число транзактов в списке пользователя
<b>CA</b>	Среднее число транзактов в списке пользователя

# Устройства (Facilities)

Все многообразие ресурсов любой СМО представляется тремя типами устройств

SEIZE	Занято	PREEMPT	Занято
RELEASE	Свободно	RETURN	Захвачено
			Свободно

LOGIC Переключатель в двух состояниях SET или RESET

Все устройства единичной емкости. Приоритет транзакта анализируется только в типе устройства PREEMPT.

Состояние всех типов устройств отражается в их стандартных числовых и логических атрибутах:

( Сча и Сла)

Атрибуты можно извлечь из модели только информационными блоками или параметрами транзактов



# Стандартные атрибуты устройств

## СЧА

## СЛА

Атрибут	Значение	Атрибут	Значение
<b>Fj</b>	<b>True/False</b>	<b>Uj</b>	<b>True/False</b>
<b>FTj</b>	Среднее время пребывания транзакта в устройстве	<b>Nuj</b> инверсия Место для формулы.	<b>False/True</b>
<b>FRj</b>	Загрузка устройства	<b>Ij—Индикатор прерывания</b>	<b>True/False</b> захвачено
<b>FCj</b>	Число вхождений транзакта в устройство	<b>NIj</b> Инверсия прерывания	<b>False / True</b>

Пример вычисления загрузки устройства:

$$FR_j = E * \frac{\sum_{i=1}^{E_j} t_i}{C1} * 1000$$

# Формирование очереди

## Правило выбора заявок из очереди

- 1. FIFO - LIFO.** Правило выбирается на основании функционирования системы
- 2. Случайный выбор.** Вводится некоторая случайная функция или датчик случайных чисел (**Random(t)**)
- 3.** По значениям параметров типа длина заявки, приоритет заявки
- 4.** По времени пребывания в очереди или по установленной граничной длине очереди
- 5.** Очередь с ограничением мест ожидания типа буфера обмена

# Очереди

## Формат блока QUEUE A, B

**A** - имя очереди, **B** - количество единиц, на которое может изменяться очередь. По умолчанию **B** равно 1  
Транзакт всегда входит в очередь.

Парный блоку очереди блок **DEPART A,B** фиксирует выход из очереди, когда освобождается блок, задерживающий транзакт.

**Стандартные атрибуты очереди:**

<b>Qj</b>	Текущая длина очереди
<b>QMj</b>	Максимальная длина очереди
<b>QAj</b>	Средняя длина очереди
<b>QCj</b>	Общее число вхождений транзактов в очередь
<b>QZj</b>	Количество вхождений с нулевым временем ожидания
<b>QTj</b>	<b>Среднее время пребывания транзакта в очереди</b>
<b>QXj</b>	Среднее время пребывания в очереди транзактов с ненулевым временем ожидания

## Определение загрузки ресурсов и длины очереди

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

### 1. Определение загрузки устройства

Загрузка устройства не может быть **>1**.

При загрузке  $\rho > 1$  всегда есть очередь.

### 2. Прогнозируемая длина очереди:

$$q = \frac{(\lambda_{вх} - \lambda_{вых})}{2} * T$$

В формуле переменные:

 $\lambda_{вх}$ 

и

 $\lambda_{вых}$ 

определяют интенсивность входных и выходных воздействий.

Очередь можно вычислить только в том случае, когда

$$T_{вх} < T_{вых}$$

$T$  – это время моделирования.

КС&Т

# Изменение параметров транзакта

## Блок ASSIGN A, B [,C]

Операнд A – номер параметра транзакта, имя, целое число, выражение, СчА

Операнд B – изменение параметра

Операнд C – модификатор функции. Значение операнда B умножается на значение модификатора функции и заносится в операнд A

ASSIGN 2, 40

ASSIGN 4+, Q8

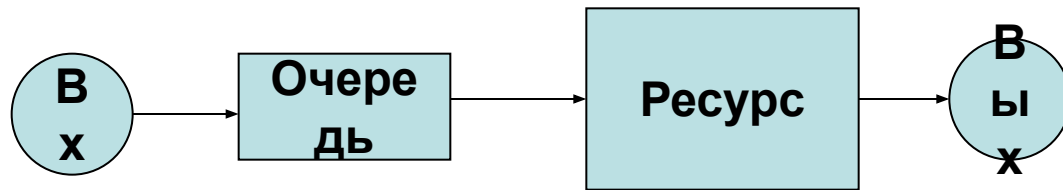
ASSIGN Prm, 10,(Exponential(2,0,40)+34.5); запись смещения

ASSIGN 5,2,Fn\$Fexp

Любому активному транзакту можно изменить значения параметров. Эти значения будут передаваться блокам модели при движении транзакта, пока транзакт не будет уничтожен.

# Простейшая задача моделирования

Дана СМО с одним входом и одним ресурсом для обслуживания. Время поступления заявок на обслуживание –  $T_{вх}$ . Время обслуживания ресурсом  $T_{обсл}$ . Определить среднее время обработки заявок, среднюю длину очереди и количество обработанных заявок за время обслуживания.



Для удобства записи  
времени сделаем целыми

$$T_{вх} = [3, 1 \div 7] \quad T_{обсл} = [5 \div 8]$$

```

GENERATE 505,195
  Savevalue 3,c1
  Savevalue 3-,x4
  Savevalue 4,c1
tabulate tab2
  Assign 5,c1
QUEUE Qevm
SEIZE EVM
DEPART Qevm
  
```

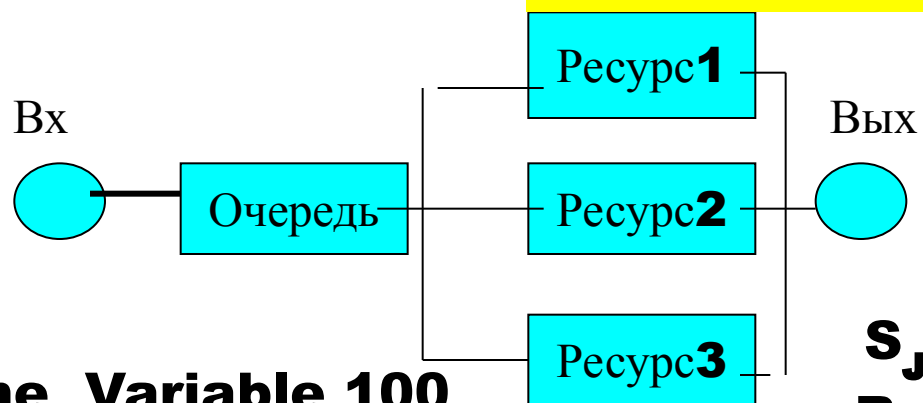
```

ADVANCE 650,150
RELEASE EVM
  Savevalue 2,c1
  Savevalue 2-,x1
  Savevalue 1,c1
  Tabulate TAB1
TERMINATE
TAB1 table x2,10,30,50
Tab2 Table x3,10,20,60
GENERATE 1000000
TERMINATE 1
  
```

# Блок ENTER - LEAVE - накопитель

Связанные блоки: **STORAGE, EQU.**

<метка>**ENTER**<имя>, <количество занимаемых единиц памяти>



Параметры всех ресурсов одинаковы

Стандартные числовые атрибуты

Time Variable 100  
**STOR1 STORAGE 3**

$S_j$  - число занятых ячеек  
 $R_j$  - число свободных ячеек

$SR_j$  - коэффициент использования  
 $ST_j$  - среднее время пребывания заявки в одной единице памяти

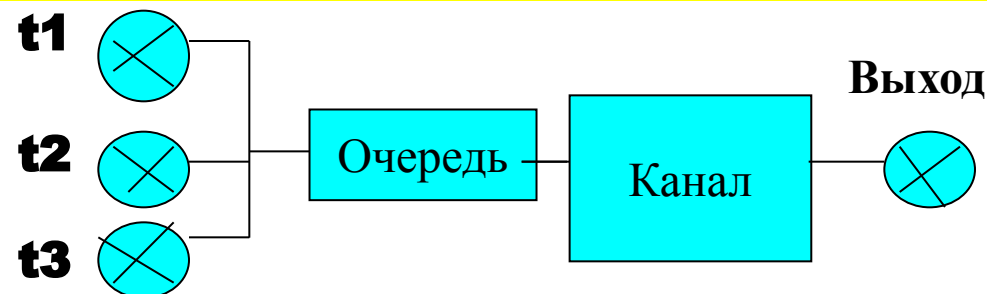
**Enter STOR1**  
**Advance V\$time**  
**Leave STOR1**

**F - full**  
**E - empty**

СЛА	пусто	Частично занято	занято
SE	1	0	0
SNE	0	1	1
SF	0	0	1
SNF	1	1	0

**Пример.** На входе ВС три типа заявок. Каждая заявка проходит канал за разное время:  **$t_1=50$ ,  $t_2=100$ ,  $t_3=40$ .**

**Интенсивность поступления заявок по экспоненциальному закону с  $\lambda=0.5$  с<sup>-1</sup>. Канал может хранить и передавать не более трех сообщений. Заявки, не попавшие на обработку, должны быть удалены.**



Canal Storage 3

GENERATE(Exponential(3,0,20))

ASSIGN 1,50 TRANSFER

,QQchan GENERATE

(Exponential(2,0,20)) ASSIGN 1,100

TRANSFER ,QQchan

GENERATE (Exponential(1,0,20))

ASSIGN 1,40

QQchan QUEUE Qchan

GATE SNF Chanal, Out

**Определить загрузку**

**канала и параметры очереди**

ENTER Chanal

DEPART Qchan

Mark 3

ADVANCE P1

LEAVE Chanal

tabulate tab1

TERMINATE

Out SAVEVALUE xx+,1

TERMINATE

tab1 Table MP3,20,20,5

GENERATE 100000

TERMINATE 1



# Анализ результатов моделирования:

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.
ChANAL	3	0	0	3	4225	1	2.655	0.885

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME
QChAN	10496	10496	14721	4225	5219.353	35455.156

**SAVEVALUE VALUE**  
**XX 10496.000**

Аналитическое определение параметров модели

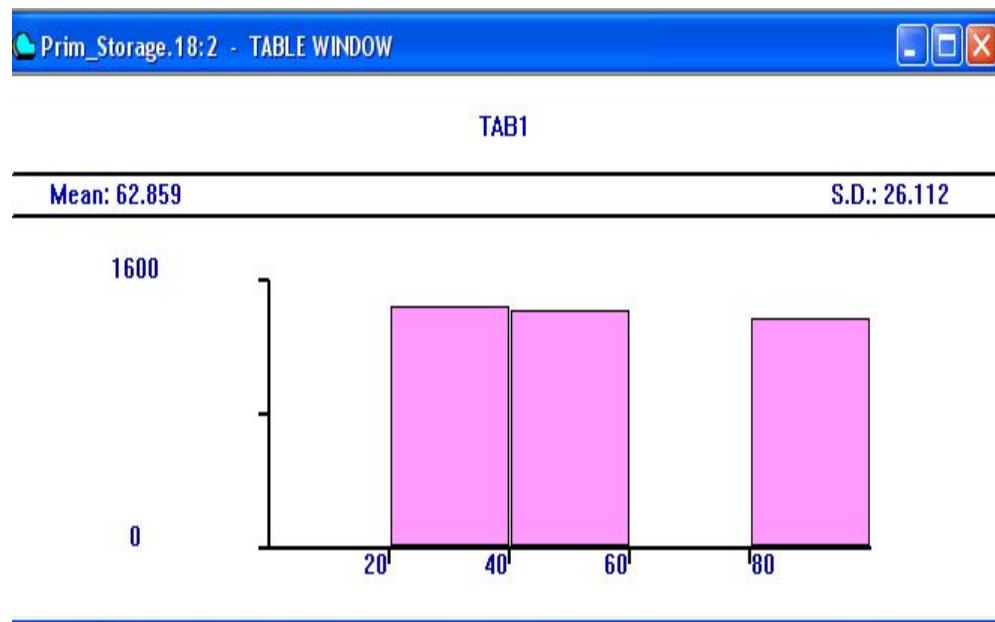
Расчет длины очереди

теоретически определён только для одноканальных устройств. Приведём характеристики к одноканальному варианту системы и найдём приблизительные загрузку и длину очереди:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad L = \frac{(\lambda - \mu)}{2} * T_{\text{мод}}$$

Расчет длины очереди возможен только для одноканальных устройств.

$$L = ((40 + 50 + 100) / 3 - 20 / 3) / 2 * 10^5 = 4222$$



## Лабораторная работа №2

### Исследование характеристик заданной схемы

#### Условие задачи.

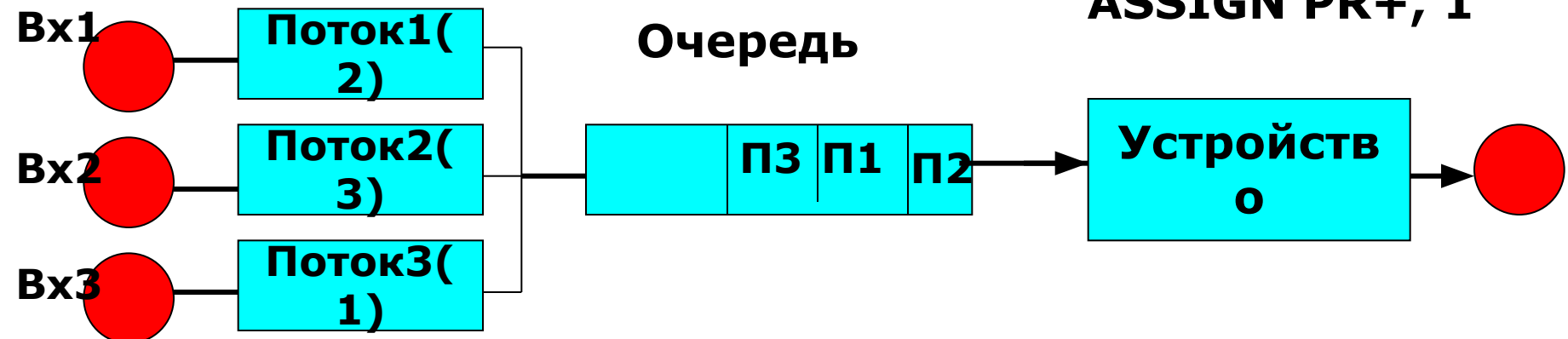
Базовая схема для моделирования состоит из терминала пользователя, одного канала передачи данных к ЭВМ и ЭВМ. Заявки на выполнение заданий поступают в интервале  $[a, b]$  с указанным в варианте законом распределения. Время передачи заявок находится в диапазоне  $[e, f]$ . Время обработки заданий в интервале  $[c, d]$ . Закон времён обработки сообщений задан в варианте задания. Время обслуживания в канале постоянно и равно  $t$  при движении ответа к терминалу.

- Написать программу модели на языке GPSS World. Теоретически рассчитать длины очередей к каналу и ЭВМ, загрузку канала и оценку времен ожидания канала и ЭВМ.
- Набрать программу в системе моделирования GPSS World. Запустить модель. Проверить в окнах работоспособность модели. Получить листинг результатов моделирования.
- Сравнить полученные результаты с расчетными значениями.
- Обеспечить оптимальную загрузку всех устройств базовой схемы ( $\rho < 1$ ).
- Выбрать такие параметры устройств, чтобы длины очередей не превышали диапазона значений 5 -10 единиц. Проверить моделированием полученные значения.

# Анализ приоритетов транзактов

В блоке **GENERATE** операнд **E** назначает приоритет планируемому транзакту. Блок **PRIORITY** назначает приоритет активному транзакту. **PRIORITY 2**

**ASSIGN PR+, 1**



Приоритет в очереди. Для блока **SEIZE** приоритет транзакта учитывается только при формировании очереди в соответствии со значением приоритета транзакта в блоке **GENERATE** или назначением приоритета в блоке **PRIORITY**. Приоритет у активного транзакта хранится в параметре **PR**. Учтите, что формирование очереди всегда учитывает время прихода транзакта.

# Прерывания для одноканальных устройств

Прерывание работы устройства транзактом с большим приоритетом может быть выполнено только в блоке PREEMPT (выгрузить, приобрести преимущество).

**PREEMPT A [,B] [,C][,D][,E]**

**RETURN A**

**A - имя захватываемого устройства**

**B - приоритет {PR}**

**C - имя блока, к которому должен быть направлен прерванный транзакт**

**D – Номер параметра транзакта, в который будет записано время дообслуживания прерванного транзакта**

**E – Режим удаления прерванного транзакта**

# Многоуровневые прерывания

## **PREEMPT A [,B] [,C][,D][,E]**

Формат блока для организации многоуровневых прерываний

Операнды C, D, E блока PREEMPT реализуют режимы:

### **1. Режим без дообслуживания PREEMPT CPU, PR, MET,, RE**

Транзакт с меньшим приоритетом отстраняется от дальнейшего обслуживания. Он может вернуться на обслуживание, но время его задержки в блоке ADVANCE будет полным, без учета предыдущей задержки.

### **2. Режим прерывания с дообслуживанием PREEMPT CPU, PR, MET,1**

Время дообслуживания транзакта с меньшим приоритетом сохраняется в параметре транзакта P1. При освобождении ресурса транзакт входит в него со временем P1.

Проверка возможности входа в блок PREEMPT выполняется блоком GATE

**Пример. Процессор решает большую фоновую задачу. Короткий запрос снимает фоновую задачу и возвращает процессор после ее завершения. Определить число прерываний фоновой задачи и среднее время ее решения.**

**GENERATE 200,50 ; Сегмент 1**

**QUEUEQQEVM**

**SeizeEVM**

**DEPART QQEVM**

**SAVEVALUE ddd+,1**

**MARK 8**

**ADVANCE 180,60**

**Release EVM**

**TABULATE TAB8**

**TERMINATE**

**Tab10 Table MP10,10,10,10**

**TAB8 Table MP8,200,50,10**

**Сегмент 3 GENERATE 100000**

**TERMINATE 1**

**GENERATE 100,20,,,1; Сегмент 2**

**Preempt EVM,PR**

**SAVEVALUE xxx+,1**

**Mark 10**

**Advance 20,6**

**Return EVM**

**TABULATE Tab10**

**Terminate**

Программа модели  
сформирована из трёх  
сегментов.

I. Считаем, что быстродействие устройств  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ .

Загрузка устройств -  $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_i$ . Производительность  $i$ -го устройства

$R_i = \rho_i * \omega_i$  ( произведение загрузки на быстродействие ).

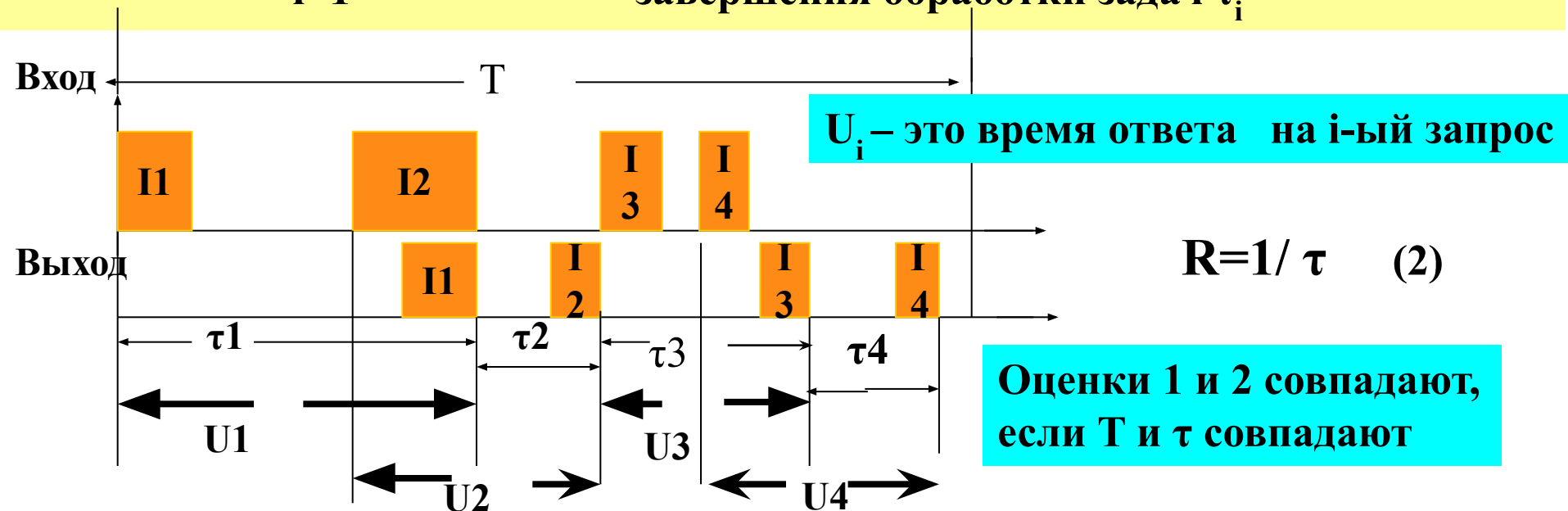
$R_i$  учитывает сбои в работе устройств, простои и профилактику. Для работающих систем оценка производительности определяется как число решаемых задач ко времени их решения:

**$R = n / T$  (1)** , где  $n$  – количество решаемых задач за время  $T$  работы.

II. Введем обозначение для среднего времени работы ресурса:

$$\tau = 1/n * \sum_{i=1}^n \tau_i$$

На временной диаграмме рассмотрим времена завершения обработки задач  $\tau_i$



## Определение оптимального времени поступления заявок в заданной конфигурации ВС.

Условие задачи.

Базовая схема для моделирования состоит из  $N$  терминалов пользователя, одного канала передачи данных к серверу и сервера. Заявки на выполнение заданий поступают в интервале  $[a, b]$  с указанным в варианте законом распределения.

На терминале заявки формируются за время  $[k, v]$ .

Заявки со всех терминалов поступают в канал передачи данных единичной ёмкости, но обрабатывающий приоритет заявок.

Если канал занят очередь к каналу превышает  $L$  единиц, то заявки возвращаются на соответствующий терминал и пытаются снова пройти канал.

Время передачи заявок по каналу находится в диапазоне  $[e, f]$ .

Время обработки заданий на сервере определено в интервале  $[c, d]$ . Ёмкость сервера  $2 * N$ . Закон времён обработки сообщений задан в варианте задания.

После обработки заявки на сервере должно быть отправлено сообщение на соответствующий терминал. Приоритет ответа должен быть самым высоким из всех заявок. Определить длины очередей к каналу и серверу, среднее время обработки заявок, количество попыток повторной передачи заявок, количество необработанных заявок.



Условие

Формализация заданной структуры  
через блоки системы моделирования

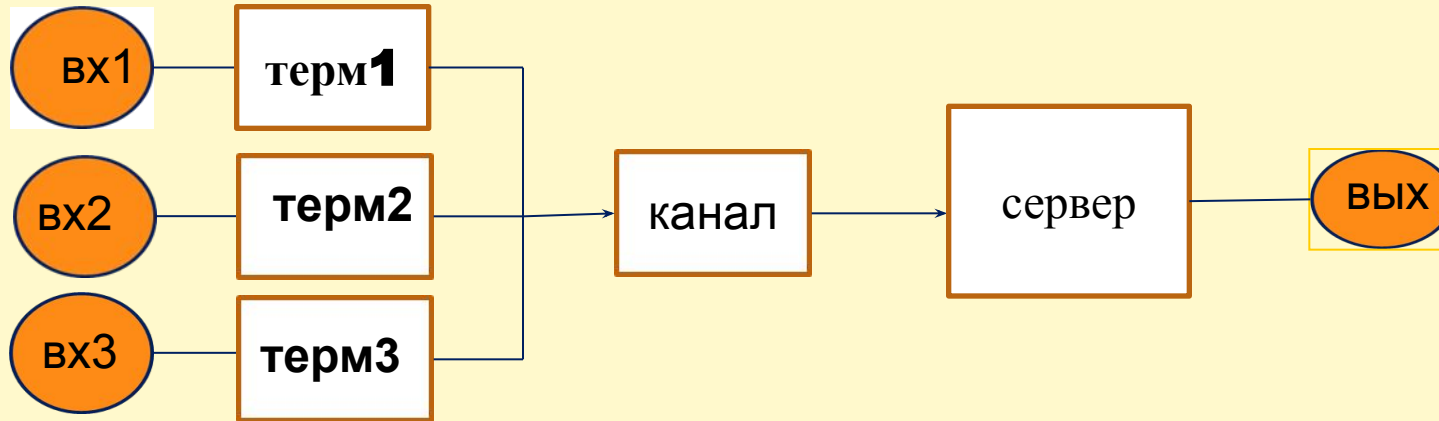
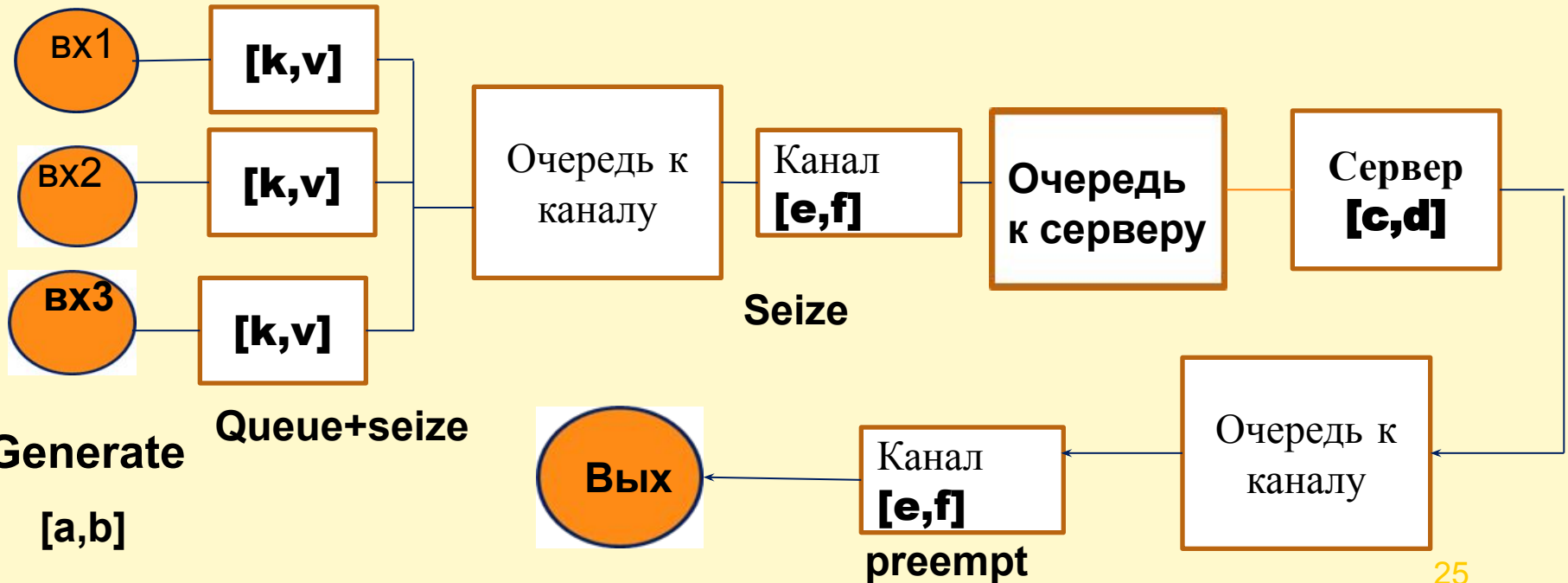


Схема модели



# **Вопросы к экзамену по курсу**

## **«Моделирование цифровых устройств»**

### **1. Определение и качества модели.**

**Классификация моделей. [ Л1 видеокурса ]**

### **2. Имитационное моделирование.**

**Описание сложной системы (СС). Реализация состояний в модели. [ Л1 видеокурса ]**

**3. Сложность цифровых устройств как объекта моделирования. Описание функционирования реального объекта для построения имитационной модели.**

**[Л2 видеокурса]**

**4. Состав системы Gpss World. Классификация Абстрактных объектов системы. Понятие транзакта. Атрибуты транзакта.[Л3 видеокурса]**

**5. Механизм управления количеством запусков модели. Визуализация процесса моделирования. [Л4 видеокурса]**

**КС&Т**

**6. Простейший поток и его свойства. Вычисление функций распределения через равномерно распределенные случайные числа. [Л5 видеокурса]**

**7. Аналитический расчёт параметров модели. Классификация устройств в системе моделирования. Атрибуты устройств и их использование в модели. [Л6, Л7 видеокурса]**

- 8. Понятие очереди в модели. Атрибуты. Правила работы с очередью. [Л7 видеокурса]**
- 9. Моделирование непрерывных и дискретных функций . Примеры для разных типов функций. [Л6 видеокурса]**
- 10. Управление движением транзактов в модели. Схемы переходов активных транзактов. [Л8 видеокурса]**
- 11. Управление движением транзактов по условиям и состоянию устройств. [Л9 видеокурса]**

**12. Логические устройства. Назначение и использование в модели. [Л9 видеокурса]**

**13. Организация многократного повторения работы модели. [Л10 видеокурса]**

**14. Блоки памяти. Атрибуты и свойства. Анализ работы блока памяти. [Л10 видеокурса]**

**15. Организация приоритетной обработки транзактов. Варианты прерываний.**

**[Л11 видеокурса]      **Успехов!****