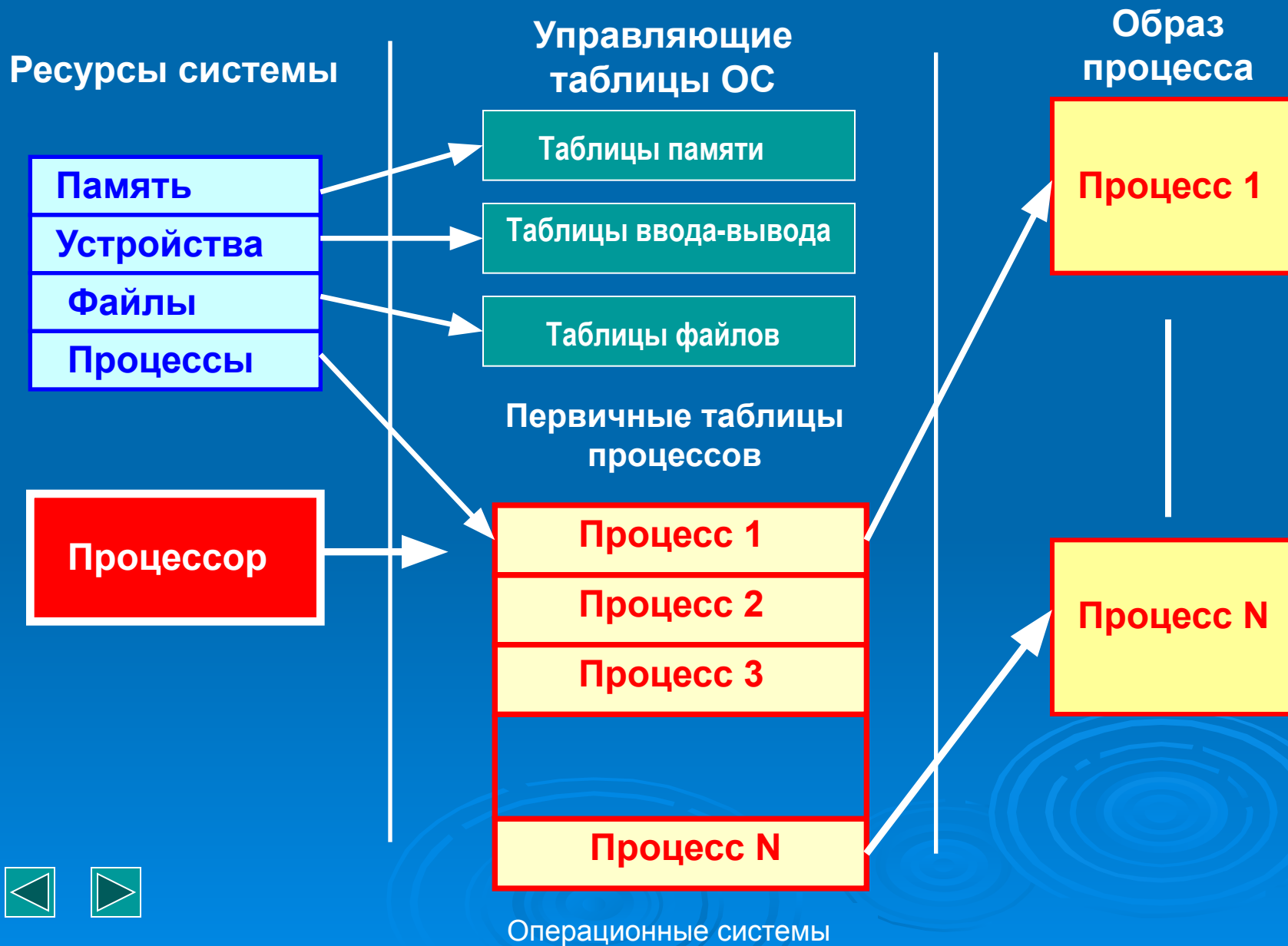
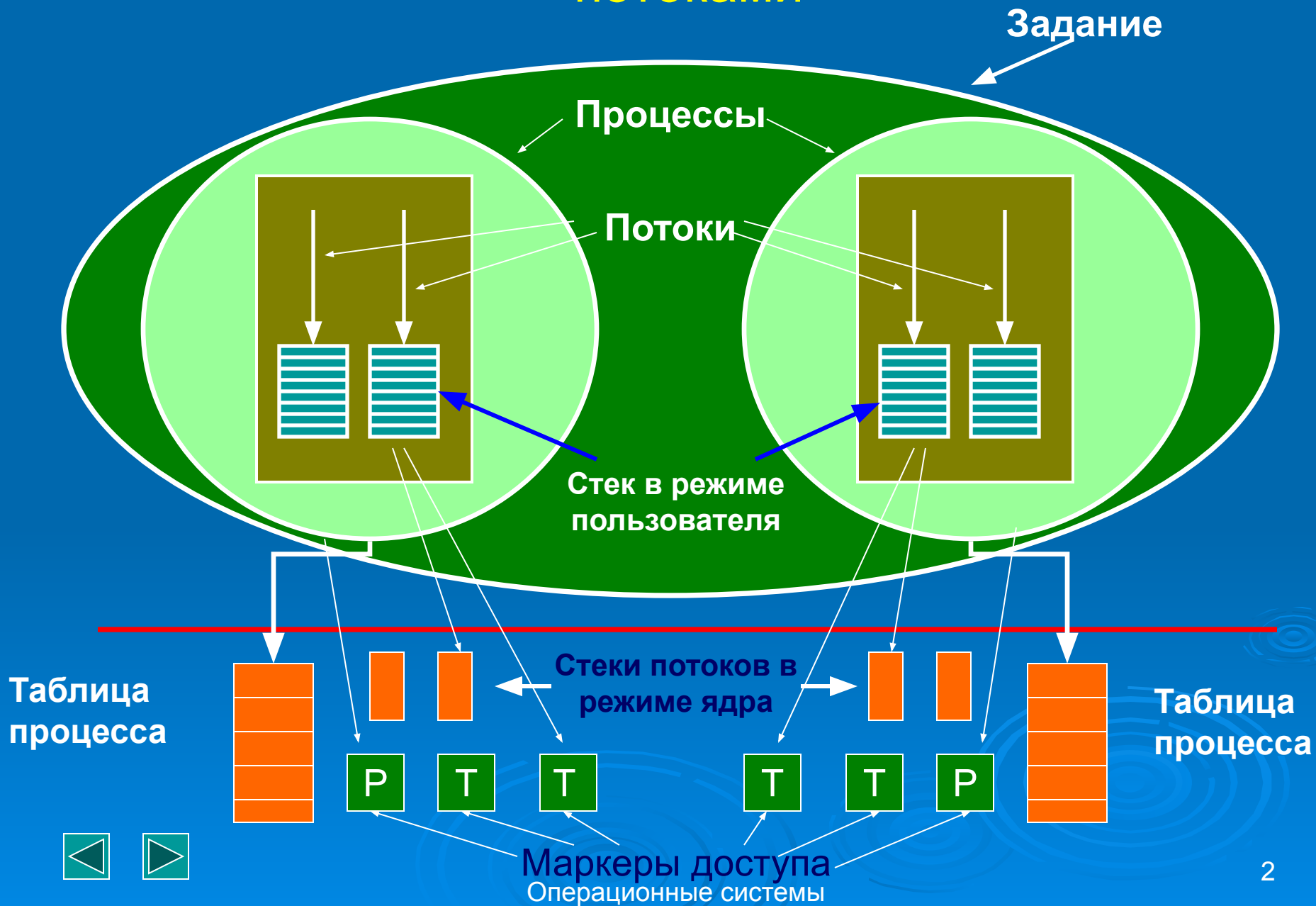
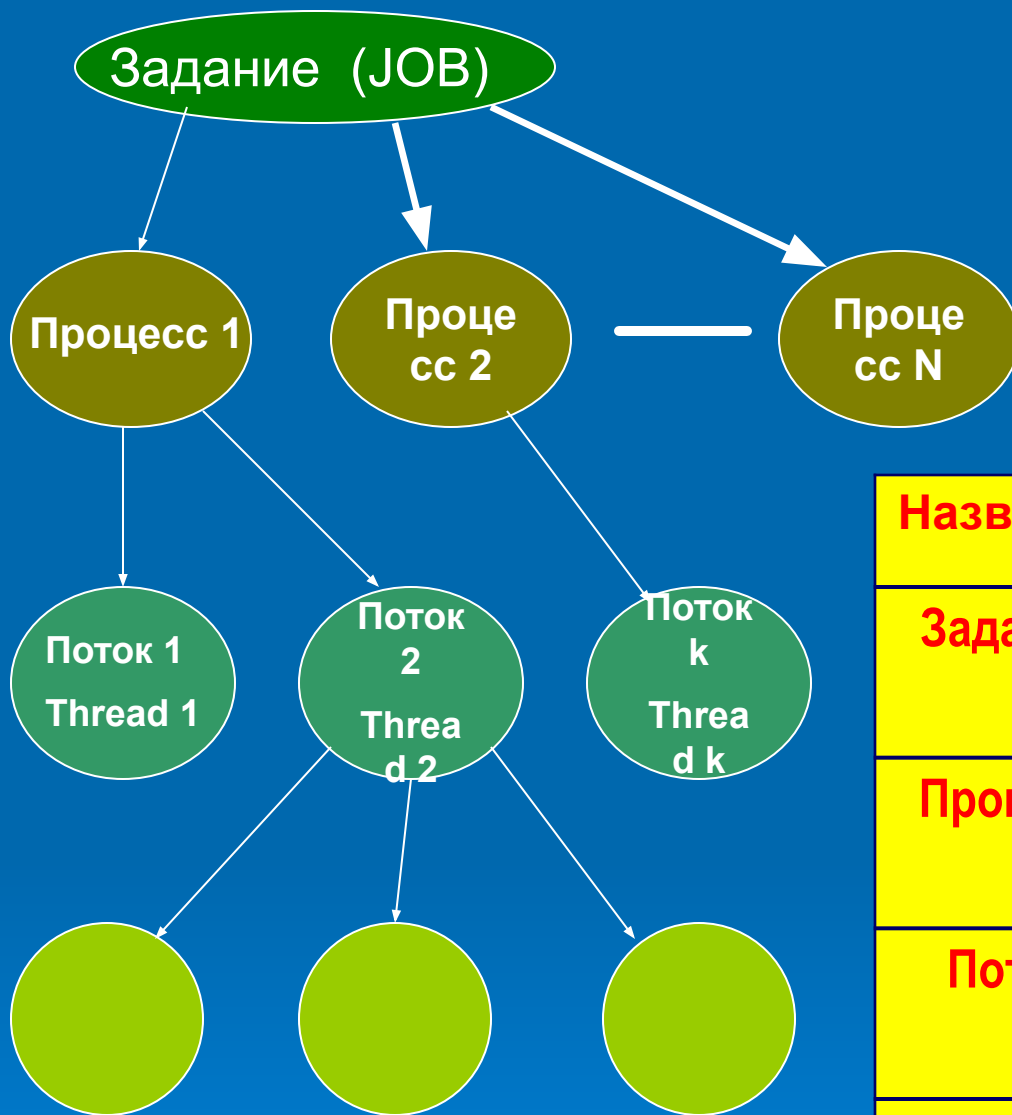


## 2.1. Концепция процессов и потоков. Задания, процессы, потоки (нити), волокна



# Взаимосвязь между заданиями, процессами и потоками





**Волокна (Fibers)  
(нити)**

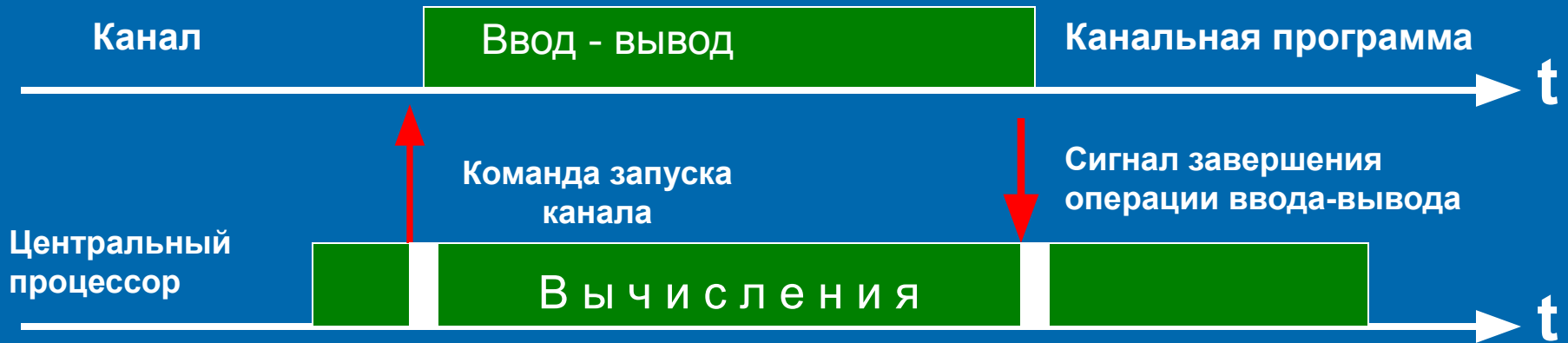
## Объекты

Название	Описание
<b>Задание</b>	<b>Набор процессов с общими квотами и лимитами</b>
<b>Процесс</b>	<b>Контейнер для ресурсов и потоков</b>
<b>Поток</b>	<b>Исполнение кода в процессе</b>
<b>Волокно (нить)</b>	<b>Облегченный поток, полностью управляемый в пространстве пользователя</b>

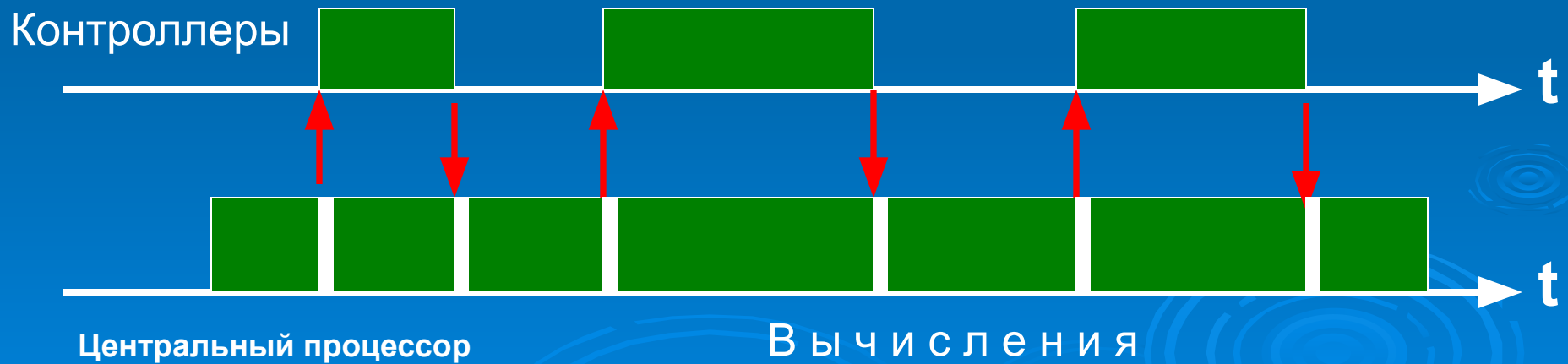


## 2.2. Мультипрограммирование. Формы многопрограммной работы

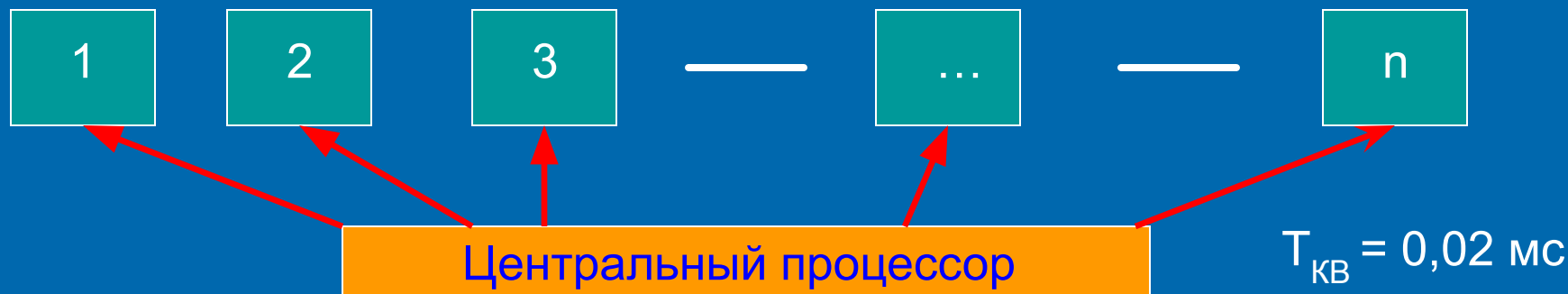
### 2.2.1. Мультипрограммирование в системах пакетной обработки



### Операции ввода - вывода



## 2.2.2. Мультипрограммирование в системах разделения времени



## 2.2.3. Мультипрограммирование в системах реального времени

1. Управление техническими объектами, технологическими процессами, системами обслуживания и т. п.
2. Фиксированный набор заранее разработанных задач.
3. Жесткие ограничения на время обслуживания.
4. Режим типа запрос – ответ.

## 2.2.4. Мультипроцессорная обработка

1. Операционные системы: Windows NT/2000/2003, Sun Solaris 2/x, Santa Cruz Operations Open Server 3.x, OS/2 и др.
2. Симметричная архитектура и асимметричная архитектура.



## 2.3.2. Роль процессов, потоков и волокон в мультипрограммировании

1. Отдельный процесс не может быть выполнен быстрее, чем в однопрограммном режиме.
2. Сложно создать программу, реализующую параллелизм в рамках одного процесса.
3. Стандартные средства современных ОС не позволяют создать для одного приложения несколько процессов для параллельных работ.
4. Многопоточная обработка позволяет распараллелить вычисления в рамках одного процесса.
5. Многопоточная (multithreading) обработка эффективна в многопроцессорных вычислительных системах.
6. Использование аппарата волокон (Windows 2000) повышает эффективность мультипрограммирования за счет сокращения переключения процессов, но увеличивает трудоемкость разработки приложений.



## 2.3. Управление процессами и потоками

### 2.3.1. Основные функции управления процессами и потоками

1. Создание процессов и потоков.
2. Обеспечение процессов и потоков необходимыми ресурсами.
3. Изоляция процессов.
4. Планирование выполнения процессов и потоков.
5. Диспетчеризация потоков.
6. Синхронизация процессов и потоков.
7. Завершение и уничтожение процессов и потоков.

### События, приводящие к созданию процессов:

1. Инициализация (загрузка) ОС.
2. Запрос процесса на создание дочернего процесса.
3. Запрос пользователя на создание процесса (например, при входе в систему в интерактивном режиме).
4. Инициирование пакетного задания.
5. Создание операционной системой процесса какой-либо службы.



## 2.4. Создание процессов и потоков. Модели процессов и потоков

### 2.4.1. Процессы и их модели

Образ процесса: программа, данные, стек и атрибуты процесса

Информация	Описание
Данные пользователя	Изменяемая часть пользовательского адресного пространства (данные программы, пользовательский стек и модифицируемый код)
Пользовательская программа	Программа, которую нужно выполнить
Системный стек	Один или несколько системных стеков для хранения параметров и адресов вызова процедур и системных служб
Управляющий блок процесса	Данные, необходимые ОС для управления процессом: 1) дескриптор процесса, 2) контекст процесса





# Дескриптор процесса содержит:

1. Информацию по идентификации процесса  
(идентификатор процесса, идентификатор пользователя, идентификаторы родительского и дочерних процессов).
2. Информацию по состоянию процесса
3. Информацию, используемую для управления процессом



# Информация по состоянию и управлению процессом

- Состояние процесса, определяющее его готовность к выполнению (выполняющийся, готовый к выполнению, ожидающий события, приостановленный);
- Данные о приоритете (текущий, по умолчанию, максимально возможный);
- Информация о событиях – идентификация события, наступление которого позволит продолжить выполнение процесса;
- Указатели, позволяющие определить расположение образа процесса в оперативной памяти и на диске;
- Указатели на другие процессы (находящиеся в очереди на выполнение);
- Флаги, сигналы и сообщения, имеющие отношение к обмену информацией между двумя независимыми процессами;
- Данные о привилегиях, определяющие прав доступа к определенной области памяти или возможности выполнять определенные виды команд, использовать системные утилиты и службы;
- Указатели на ресурсы, которыми управляет процесс;
- Сведения по использованию ресурсов и процессора;
- Информация, связанная с планированием.



# КОНТЕКСТ ПРОЦЕССА

- Содержимое регистров процессора, доступных пользователю (обычно 8 – 32 регистра и до 100 регистров в RISC – процессорах);
- Содержимое счетчика команд;
- Состояние управляющих регистров и регистров состояния;
- Коды условия, отражающие результат выполнения последней арифметической или логической операции (например, равенство нулю, переполнение);
- Указатели вершин стеков, хранящие параметры и адреса вызова процедур и системных служб.

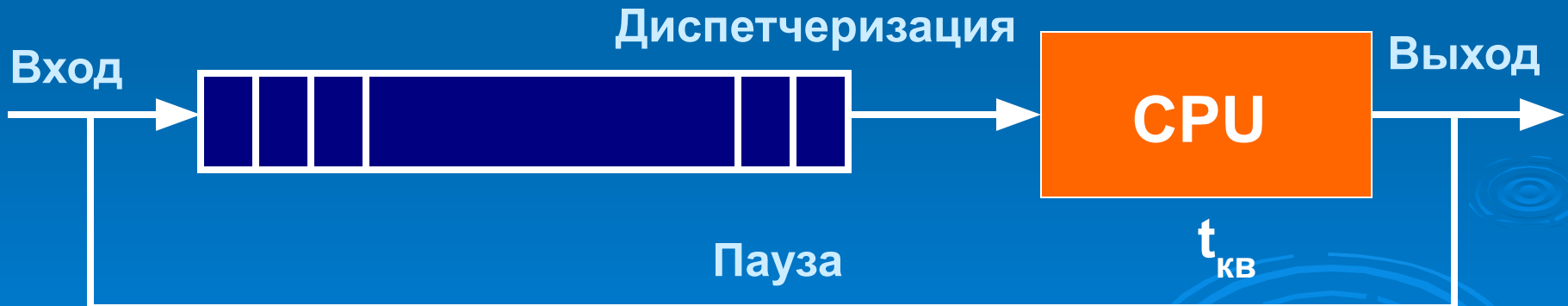
Значительная часть этой информации фиксируется в виде слова состояния программы PSW (program status word – EFLAGS в процессоре Pentium).

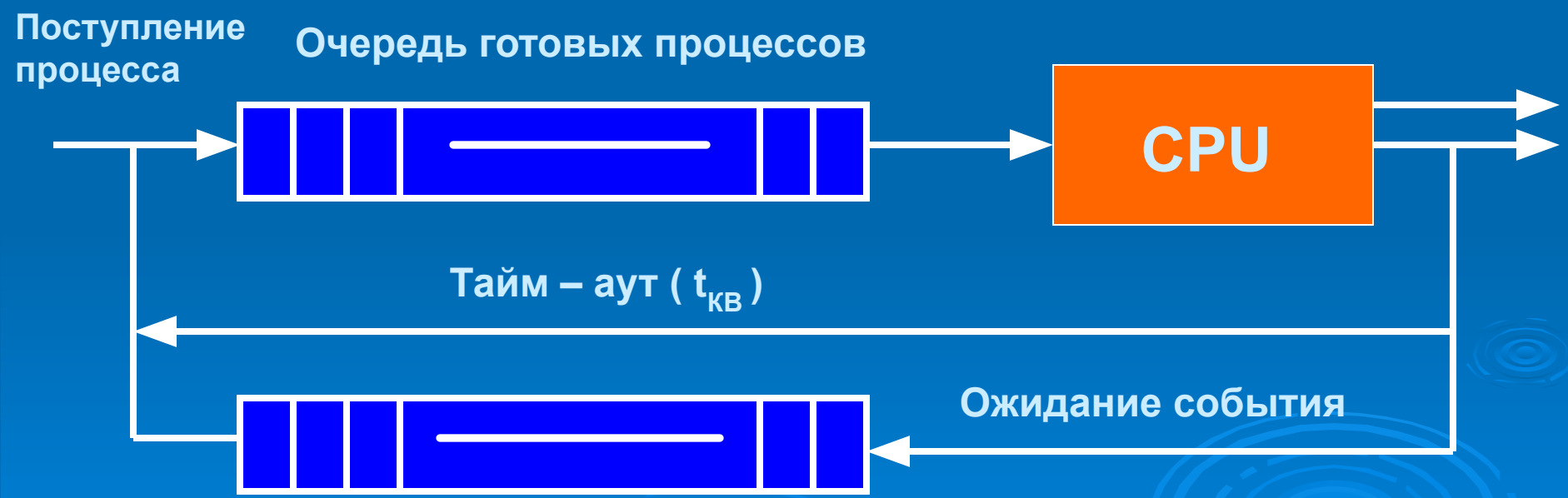
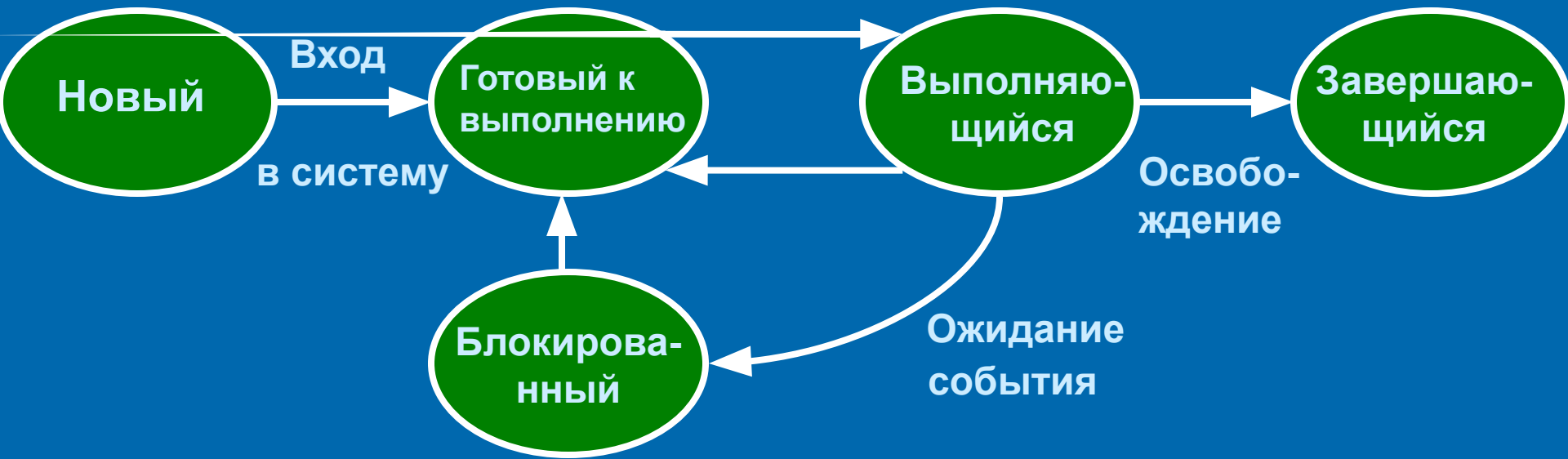


# Простейшая модель процесса



Граф состояний и переходов





## 2.4.2. Потоки и их модели

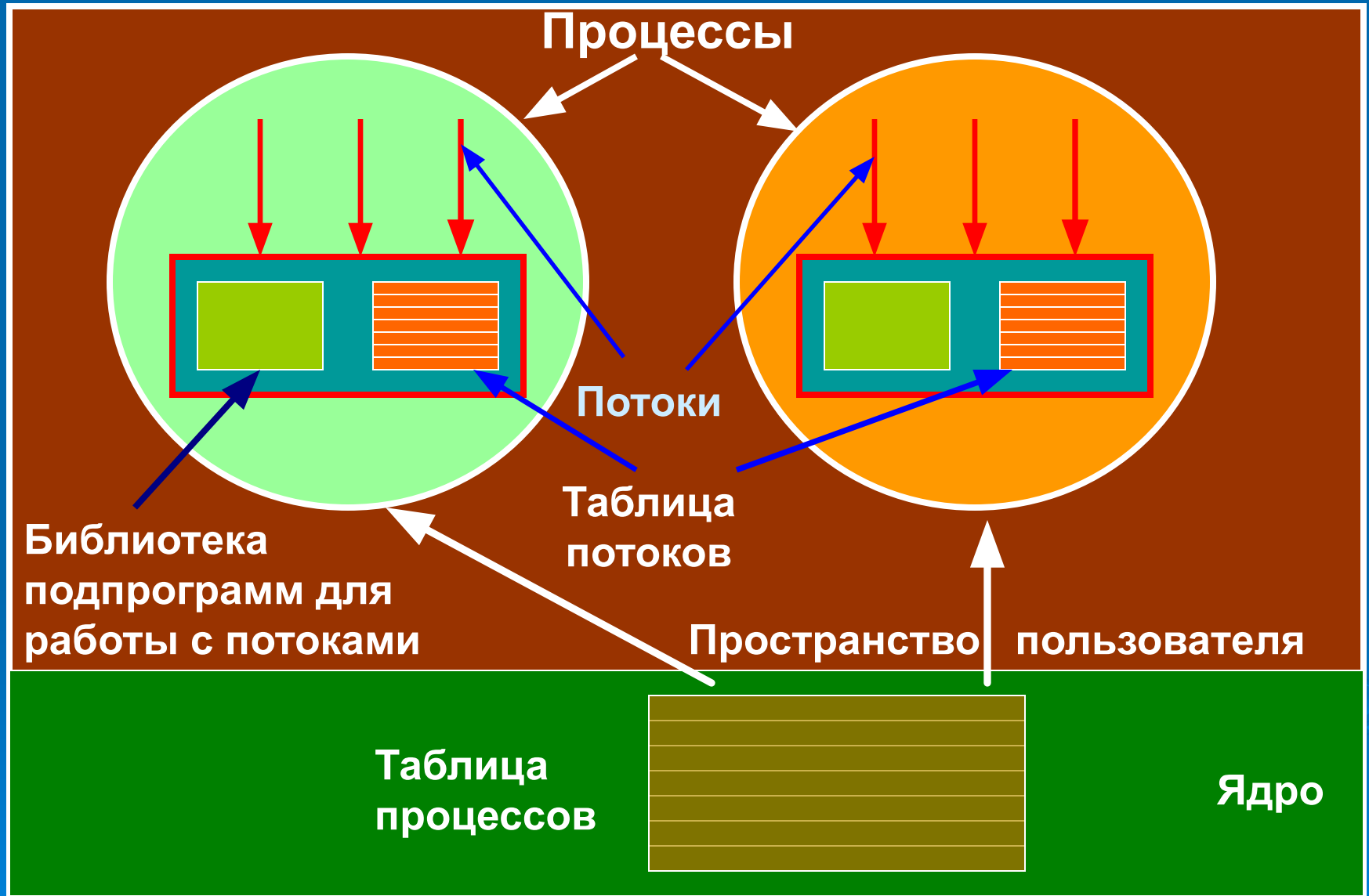
Описатель потока: блок управления потоком и контекст потока (в многопоточной системе процессы контекстов не имеют).

### Способы реализации пакета потоков:

- ❑ в пространстве пользователя (user – level threads – ULT);
- ❑ в ядре (kernel – level threads – KLT).



# Поток на уровне пользователя (в пользовательском пространстве)



# Поток на уровне пользователя

## ДОСТОИНСТВА:

- можно реализовать в ОС, не поддерживающей потоки без каких-либо изменений в ОС;
- высокая производительность, поскольку процессу не нужно переключаться в режим ядра и обратно;
- ядро о потоках ничего не знает и управляет однопоточными процессами;
- имеется возможность использования любых алгоритмов планирования потоков с учетом их специфики;
- управление потоками возлагается на программу пользователя.





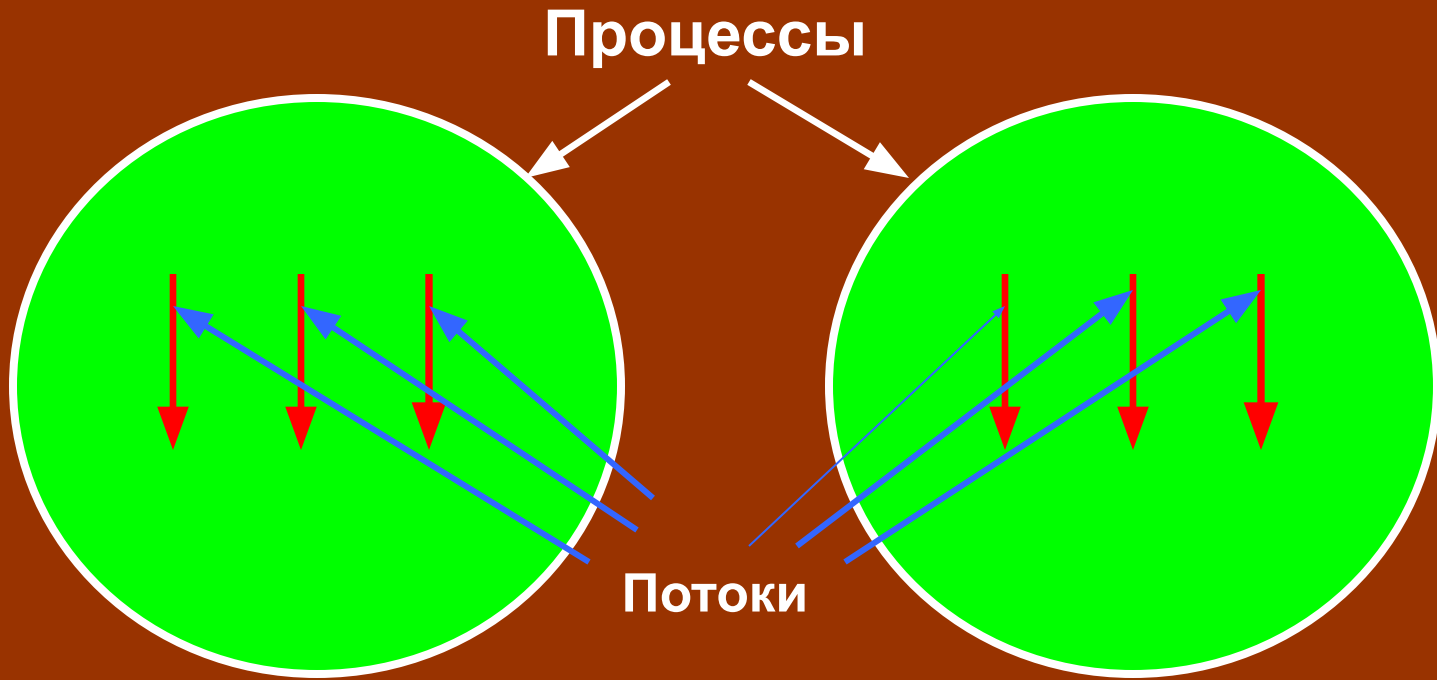
# Поток на уровне пользователя

## НЕДОСТАТКИ:

- ❑ системный вызов блокирует не только работающий поток, но и все потоки того процесса, к которому он относится;
- ❑ приложение не может работать в многопроцессорном режиме, так как ядро закрепляет за каждым процессом только один процессор;
- ❑ при запуске одного потока ни один другой поток в рамках одного процесса не будет запущен пока первый добровольно не отдаст процессор;
- ❑ внутри одного потока нет прерываний по таймеру, в результате чего невозможно создать планировщик по таймеру для поочередного выполнения потоков.



# Поток на уровне ядра



Пространство пользователя

Ядро

Таблица  
процессов

Таблица  
потоков



# Поток на уровне ядра

## ДОСТОИНСТВА:

- возможно планирование работы нескольких потоков одного и того же процесса на нескольких процессорах;
- реализуется мультипрограммирование в рамках всех процессов (в том числе одного);
- при блокировании одного из потоков процесса ядро может выбрать другой поток этого же (или другого процесса);
- процедуры ядра могут быть многопоточными.

## НЕДОСТАТКИ:

Необходимость двукратного переключения режима пользователь – ядро, ядро – пользователь для передачи управления от одного потока к другому в рамках одного и того же процесса.



## 2.5. Планирование заданий, процессов и потоков

### 1. Виды планирования

Вид планирования	Выполняемые функции
Долгосрочное	Решение о добавлении задания (процесса) в пул выполняемых в системе
Среднесрочное	Решение о добавлении процесса к числу процессов полностью или частично размещенных в основной памяти
Краткосрочное	Решение о том, какой из доступных процессов (потоков) будет выполняться процессором
Планирование ввода-вывода	Решение о том, какой из запросов процессов (потоков) на операцию ввода-вывода будет выполняться свободным устройством ввода-вывода

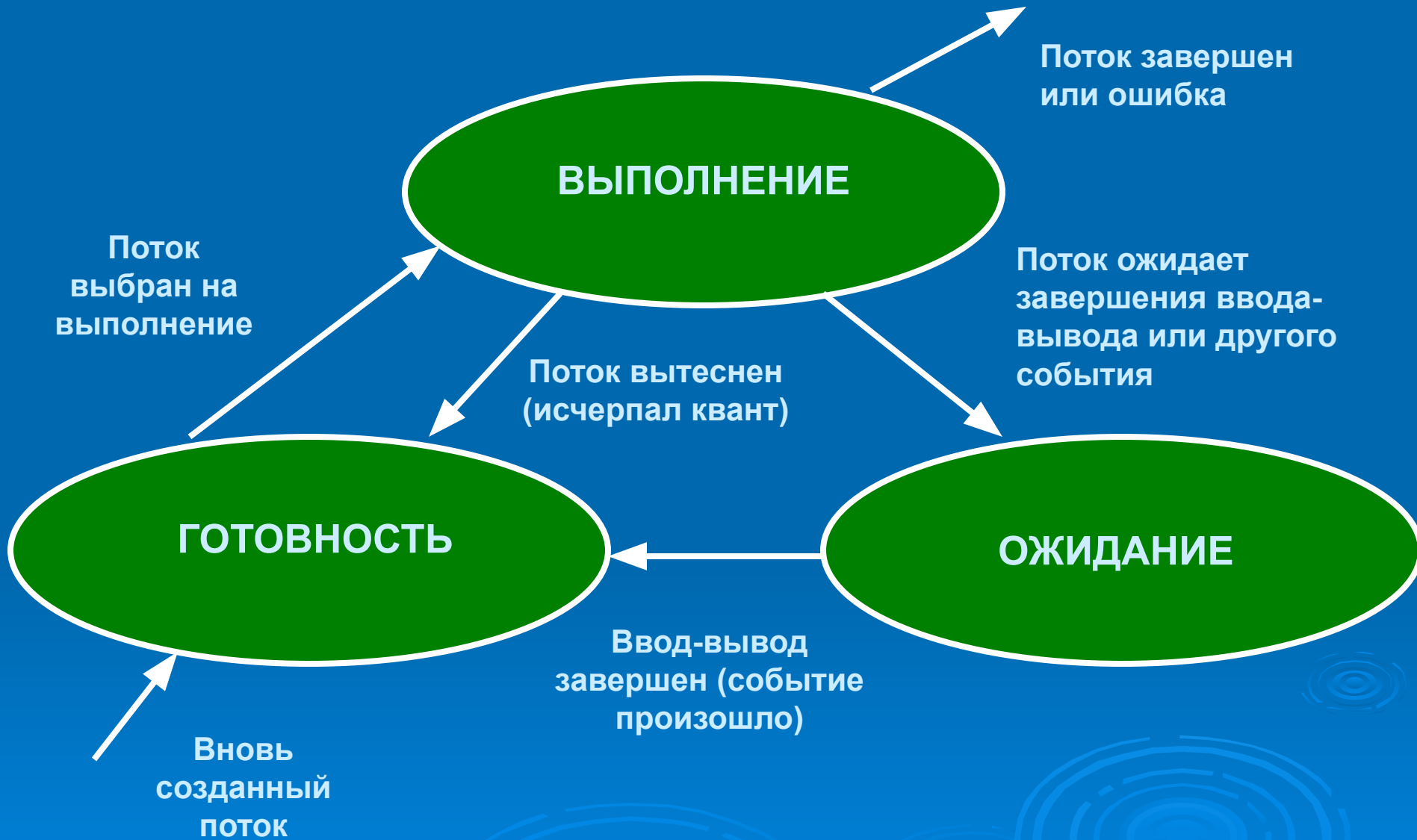


# Схема планирования с учетом очередей заданий (процессов)





# Типичный граф состояния потока



# Алгоритмы планирования потоков

## 1. Невытесняющие (non-preemptive)

- ❑ планирование распределяется между ОС и прикладными программами;
- ❑ необходимость частых передач управлений ОС, в противном случае возможна монополизация процессора приложением;
- ❑ зависания приложений могут привести к краху системы

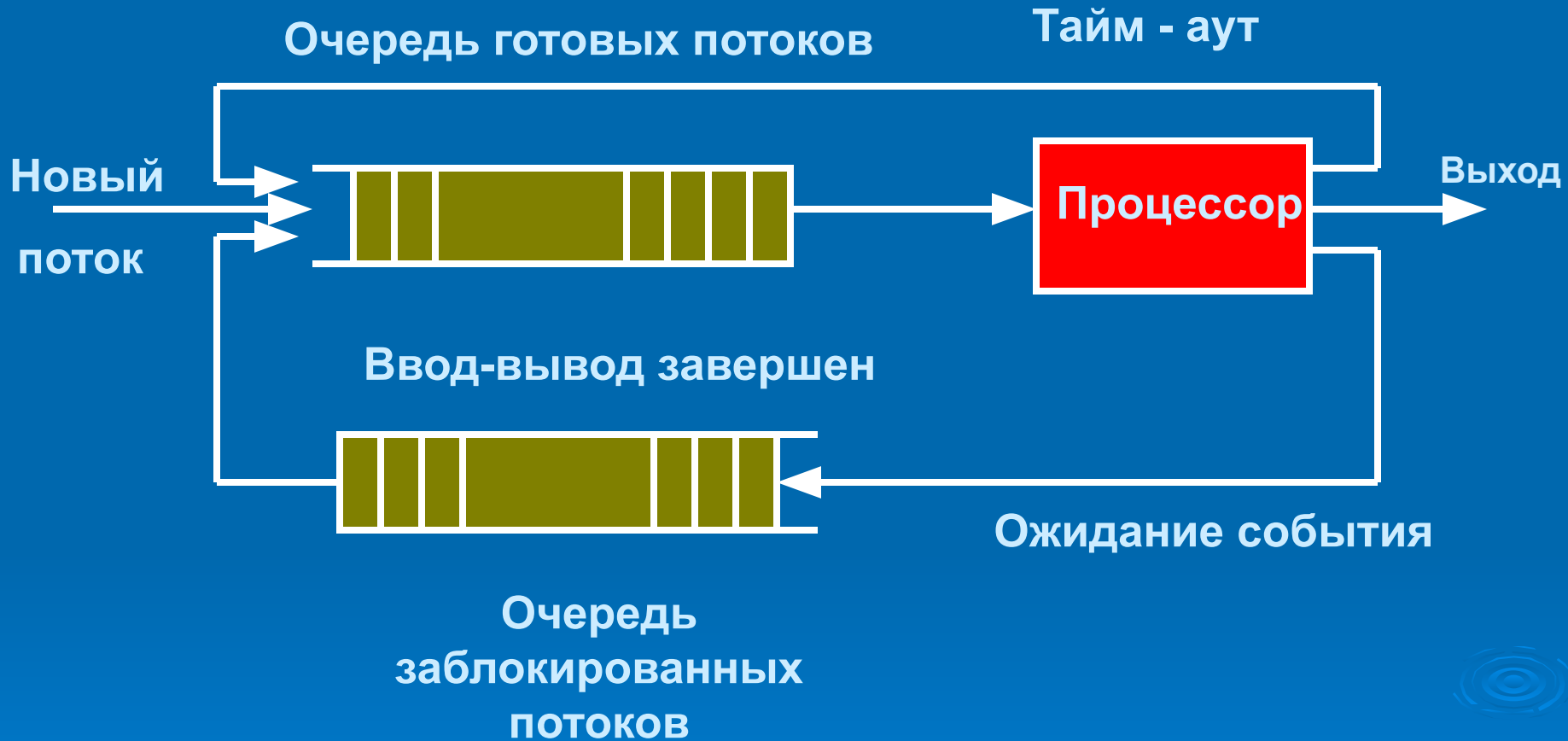
## 2. Вытесняющие (preemptive)

- ❑ функции планирования сосредоточены в ОС;
- ❑ планирование на основе квантования процессорного времени;
- ❑ планирование на основе приоритетов потоков: статических, динамических, абсолютных, относительных, смешанных;

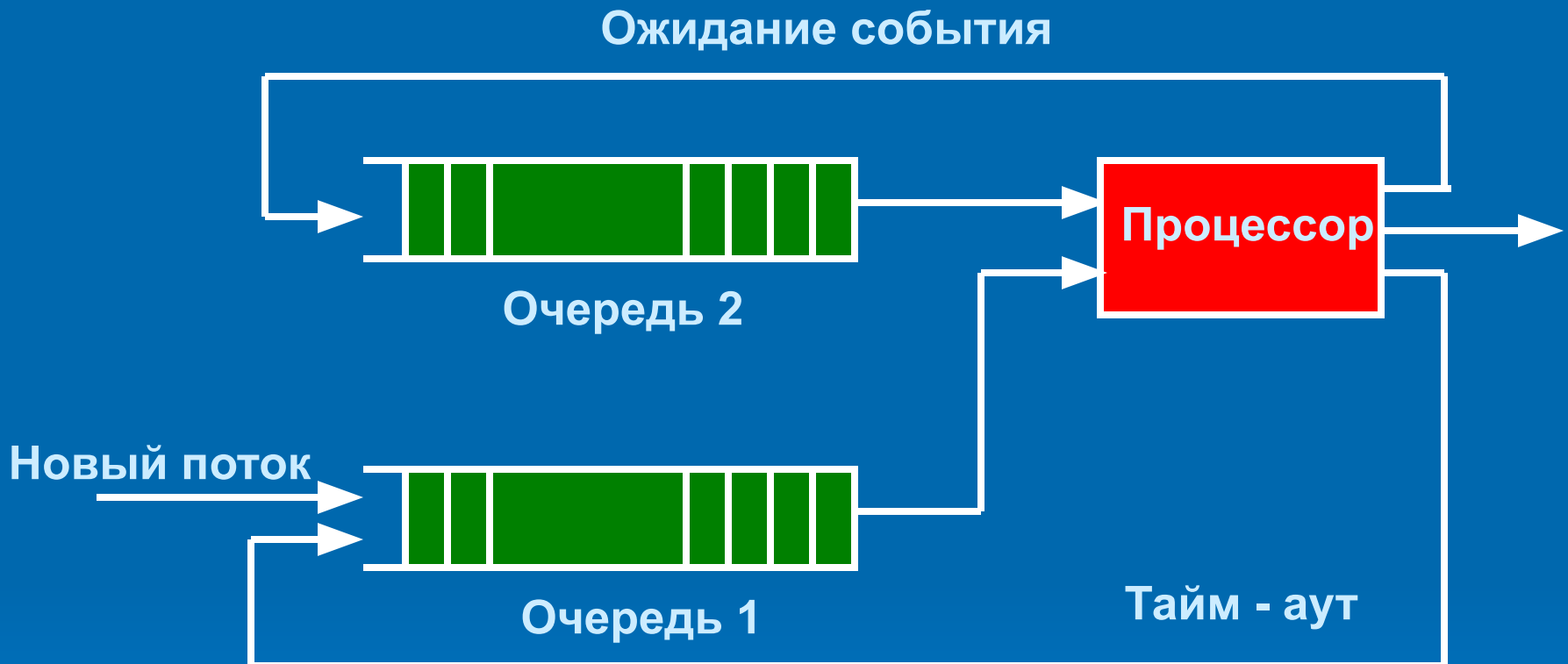




# Простейший алгоритм планирования, реализующий состояния потока по кадру 27



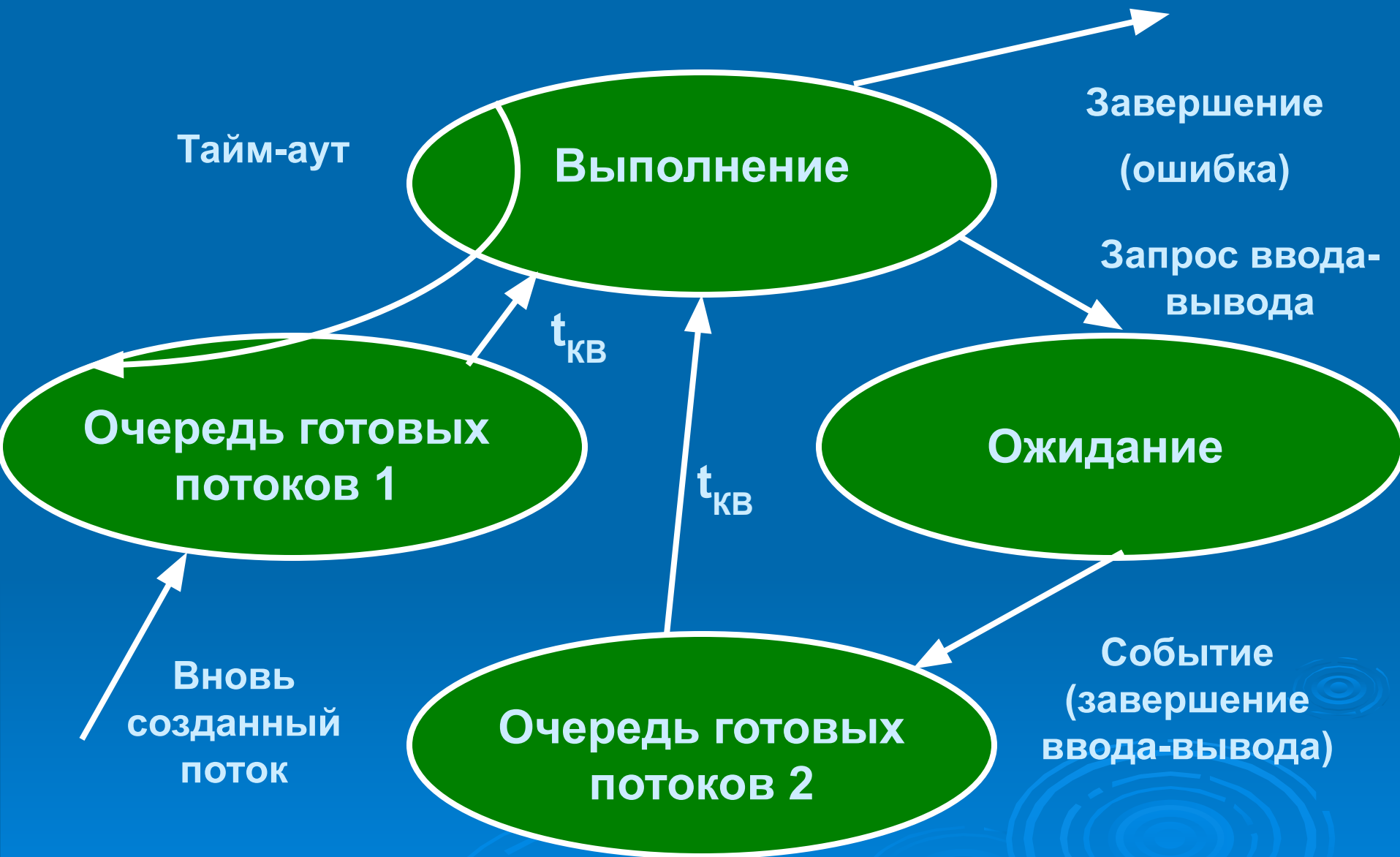
# Алгоритм планирования, реализующий предпочтения потокам с интенсивным вводом-выводом



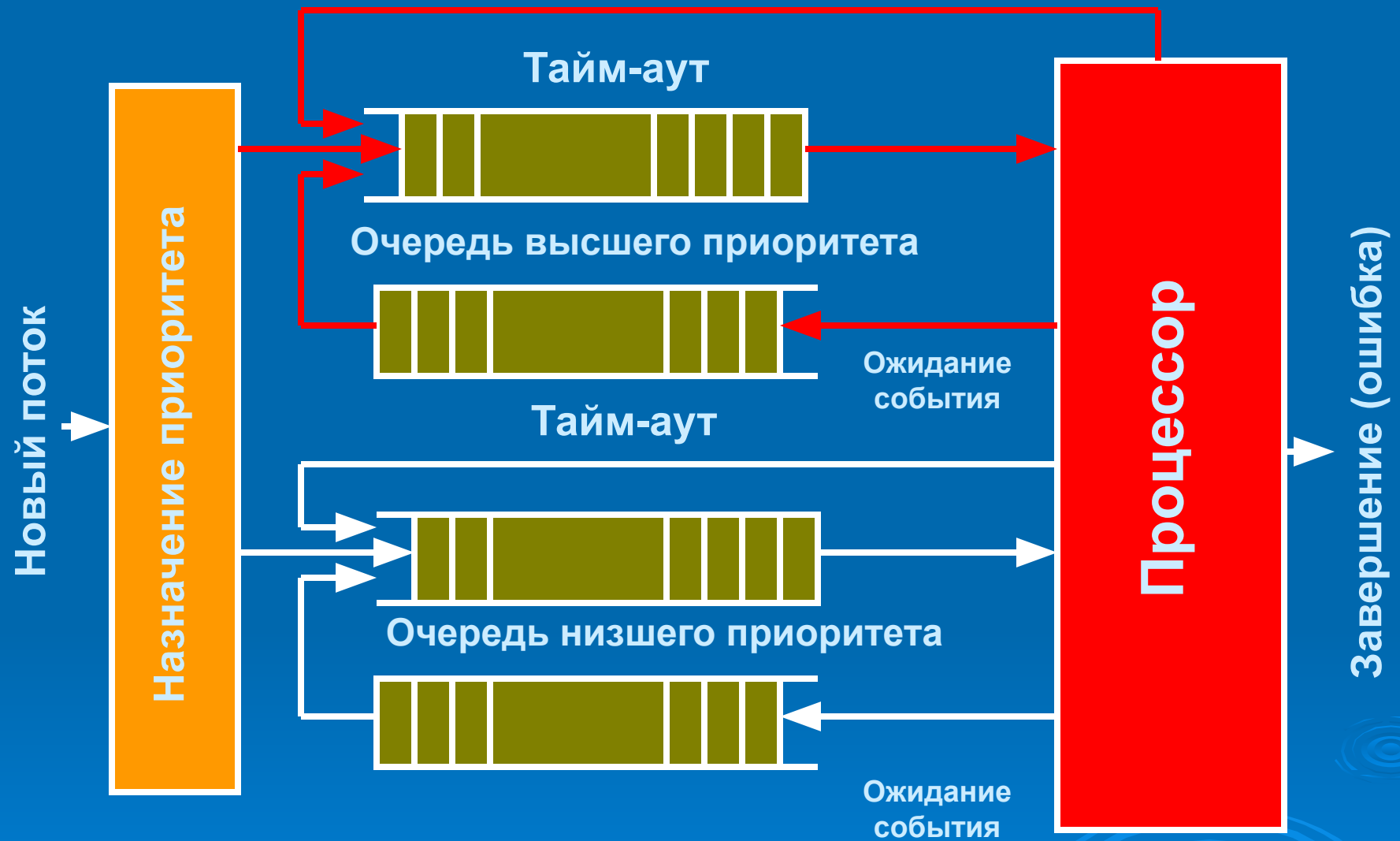
1. Переключение контекстов потоков связано с потерями процессорного времени.
2. С увеличением времени кванта ухудшается обслуживание пользователей.
3. В алгоритмах, основанных на квантовании, ОС не имеет никаких сведений о характеристиках решаемых задач.



# Граф состояния потока

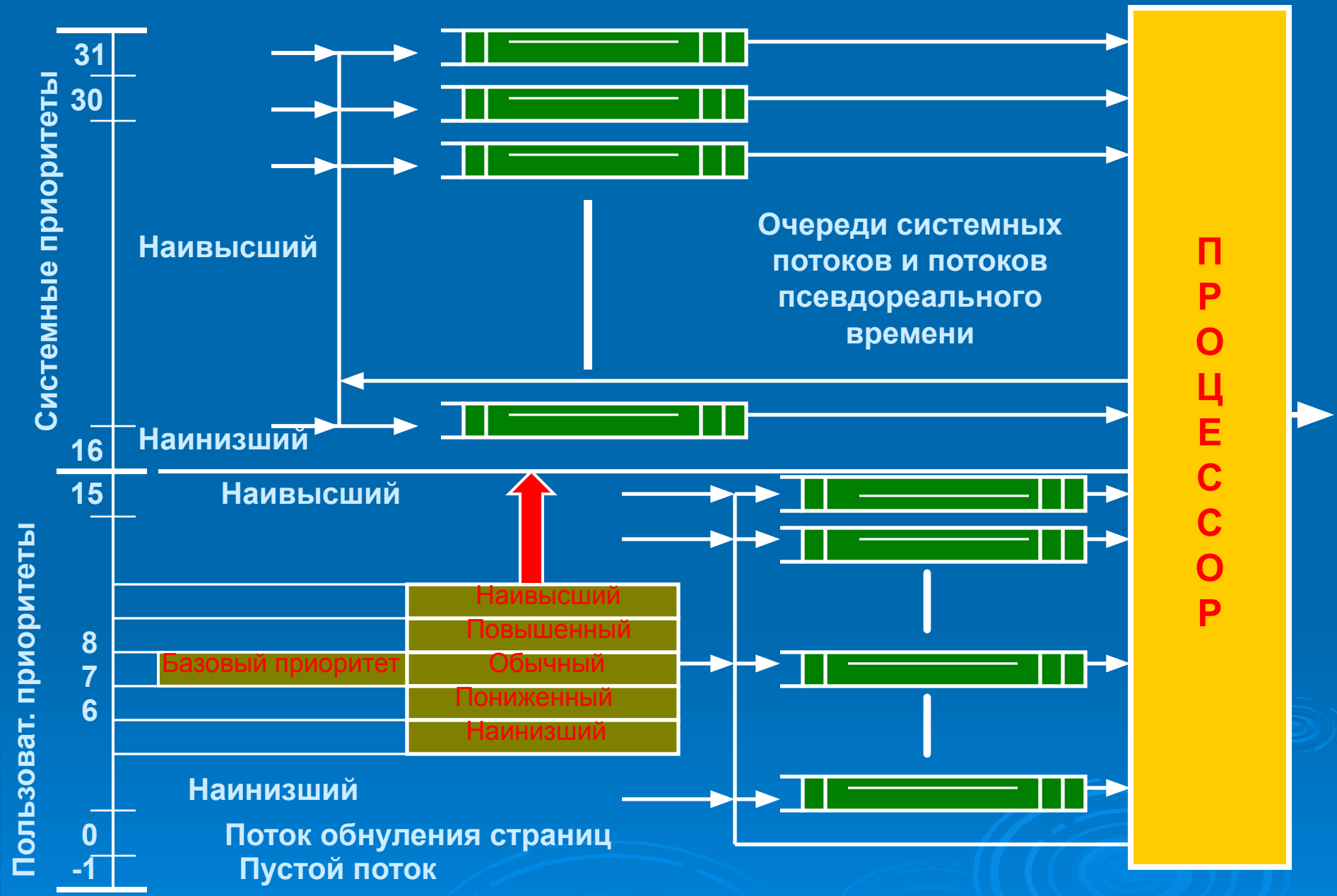


# Алгоритмы приоритетного планирования



Приоритетное переключение с квантованием





## Изменение базового приоритета потока

### Увеличение приоритета

- + 1 – завершение ввода-вывода по диску;
  - + 2 – для последовательной линии;
  - + 6 – клавиатура;
  - + 8 – звуковая карта;
  - + 2 – снимается блокировка по семафору (для потока переднего плана);
  - + 1 - снимается блокировка по семафору (для потока непереднего плана);
- приоритет 15 на 2 кванта процессора, если готовый к выполнению поток простаивает более некоторого директивного времени.

### Уменьшение приоритета

- 1 – если полностью использован квант времени процессора (многократно, вплоть до базового приоритета).



## Работоспособные процессы (потoki)



## Неработоспособные процессы (потoki)

# 2.6. Взаимодействие и синхронизация процессов и потоков

## 2.6.1. Проблемы взаимодействия и синхронизации

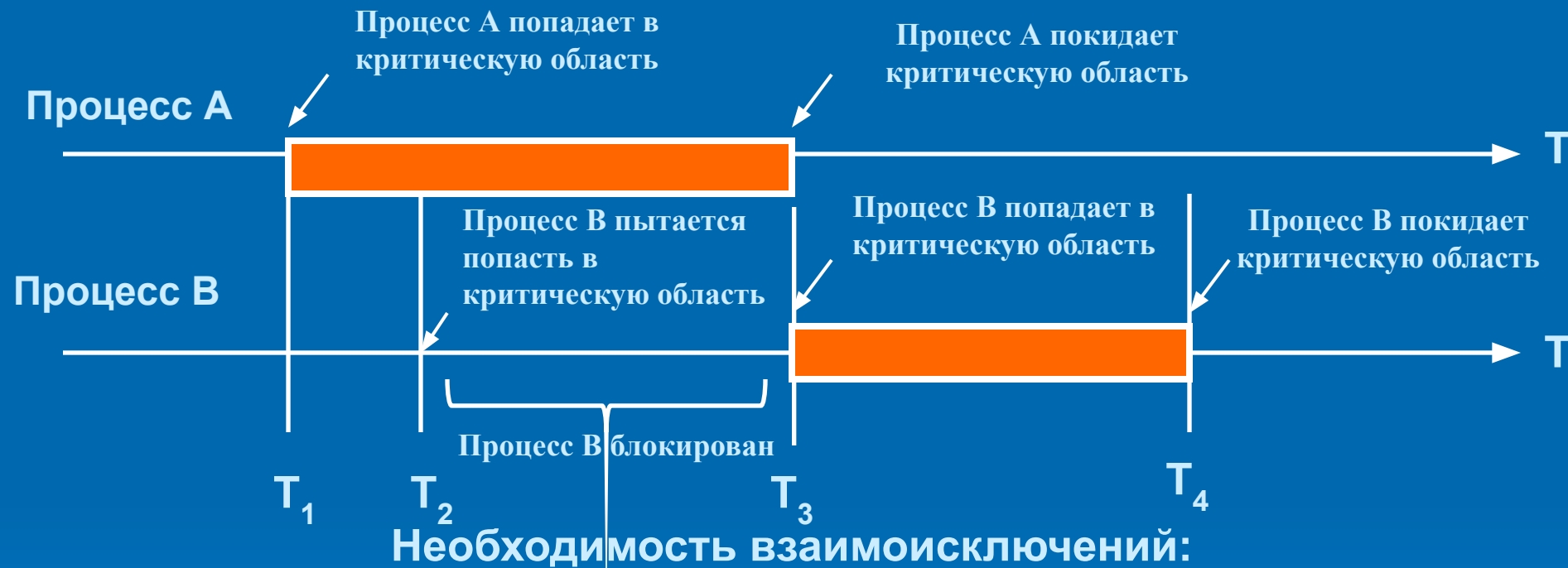
Степень осведомленности	Взаимосвязь	Влияние одного процесса на другой	Потенциальные проблемы
Процессы не осведомлены друг о друге	Конкуренция	<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Результат работы одного процесса не зависит от действий других.</li> <li>❑ Возможно влияние одного процесса на время работы другого.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Взаимоисключения</li> <li>❑ Взаимоблокировки</li> <li>❑ Голодание</li> </ul>
Процессы косвенно осведомлены о наличии друг друга	Сотрудничество с использованием разделения	<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Результат работы одного процесса может зависеть от информации, полученной от других.</li> <li>❑ Возможно влияние одного процесса на время работы другого.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Взаимоисключения</li> <li>❑ Взаимоблокировки</li> <li>❑ Голодание</li> <li>❑ Синхронизация</li> </ul>
Процессы непосредственно осведомлены о наличии друг друга	Сотрудничество с использованием связи	<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Результат работы одного процесса зависит от информации, полученной от других процессов.</li> <li>❑ Возможно влияние одного процесса на время работы другого.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Взаимоблокировки (расходуемые ресурсы)</li> <li>❑ Голодание</li> </ul>





## 2.6.2. Конкуренция процессов в борьбе за ресурсы

Конкуренция – ситуация, когда два или более процессов требуют доступ к одному и тому же ресурсу (принтеру, файлу и т.п.), называемому критическим. Часть программы, использующая критический ресурс, называется критической секцией.



1. Процессы не должны одновременно находиться в критических областях.
2. В программе не должно быть предположений о скорости или количестве процессов.
3. Процесс, находящийся вне критической области, не может блокировать другие процессы.
4. Невозможна ситуация, в которой процесс вечно ждет попадания в критическую область.



## Взаимоблокировки (тупики, deadlock)

Группа процессов находится в тупиковой ситуации, если каждый процесс из группы ожидает события, которое может вызвать только другой процесс из этой же группы



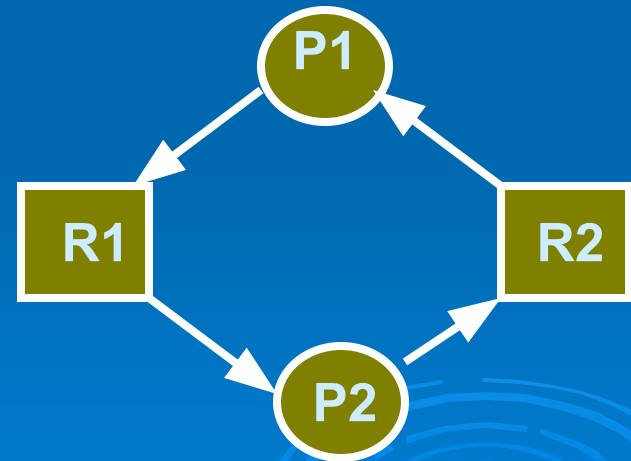
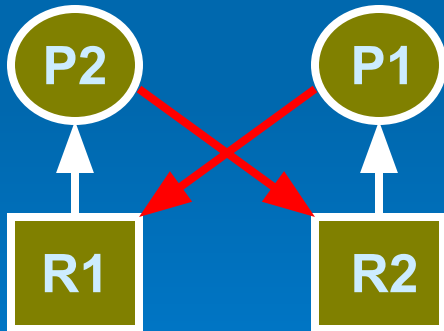
Процесс



Ресурс



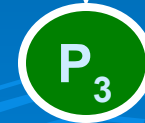
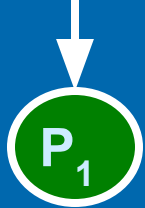
Исходное  
распределение  
ресурсов



Тупиковая ситуация



# Проблема “голодание”



Активный

Блокированные

Блокированные

Активный

Активный

Блокированные

Блокированные

Активный



### 2.6.3. Сотрудничество с использованием разделения

Процессы, взаимодействующие с другими процессами без наличия явной информации о друг друге, обращаются к разделяемым переменным, к совместно используемым файлам или базам данных.

Проблемы: взаимоисключение, взаимоблокировка, голодание.

Дополнительно: синхронизация процессов для обеспечения согласованности данных

Пример: пусть должно выполняться  $a = b$  при начальном значении  $a = b = 1$

1-й вариант: процессы выполняются последовательно

P1:  $a = a + 1$ ;  $b = b + 1$ ; P2:  $b = 2 * b$ ;  $a = 2 * a$ ;

2-й вариант: процессы прерывают друг друга

P1:  $a = a + 1$ ; прерывание; P2:  $b = 2 * b$ ; прерывание;

P1:  $b = b + 1$ ; прерывание; P2:  $a = 2 * a$ ;

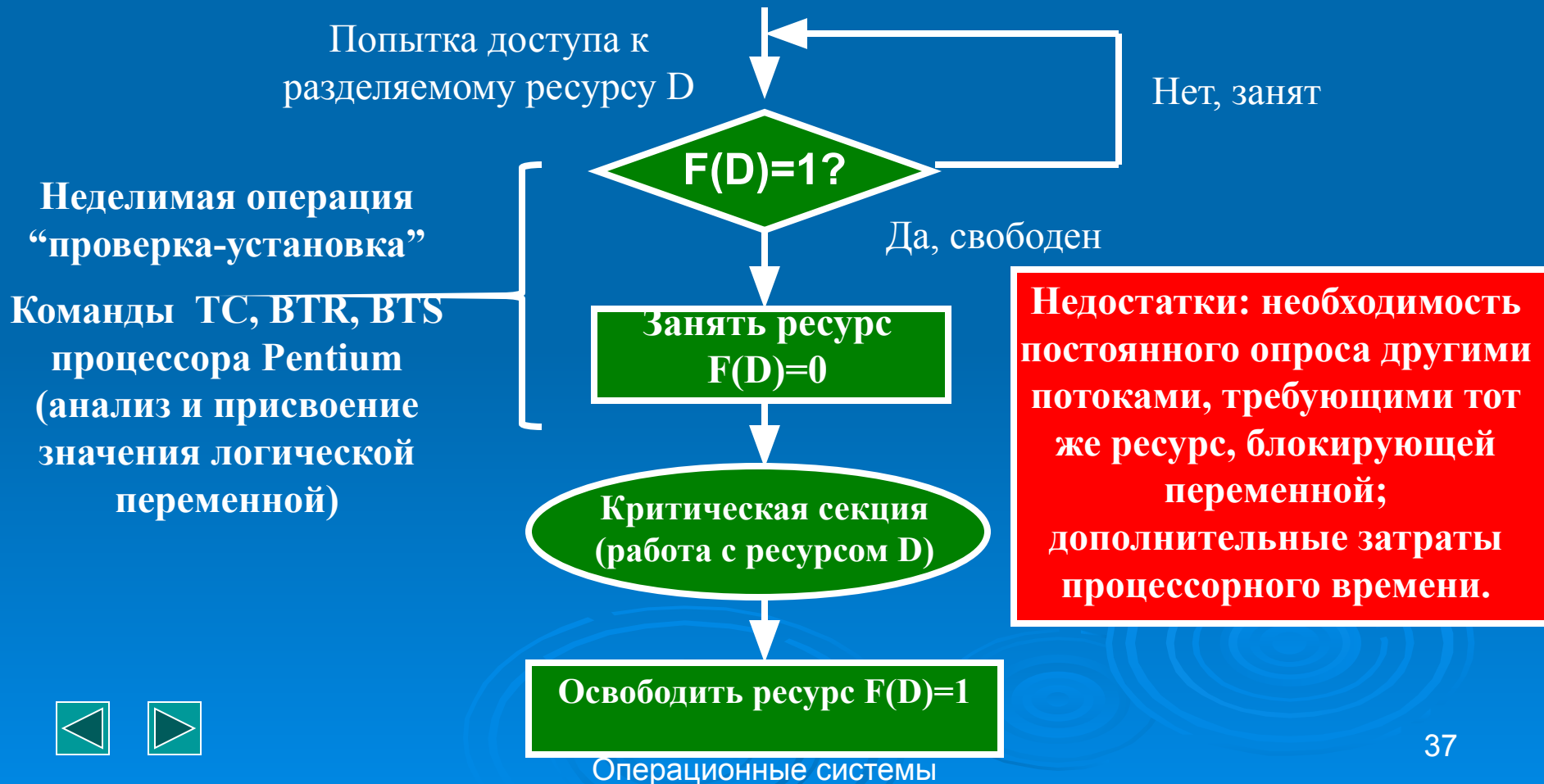
Согласование нарушено:  $a = 4$ ,  $b = 3$

Ситуации, в которых два или более процессов обрабатывают разделяемые данные (файлы) и конечный результат зависит от скоростей процессов (потоков), называются **ГОНКАМИ**.

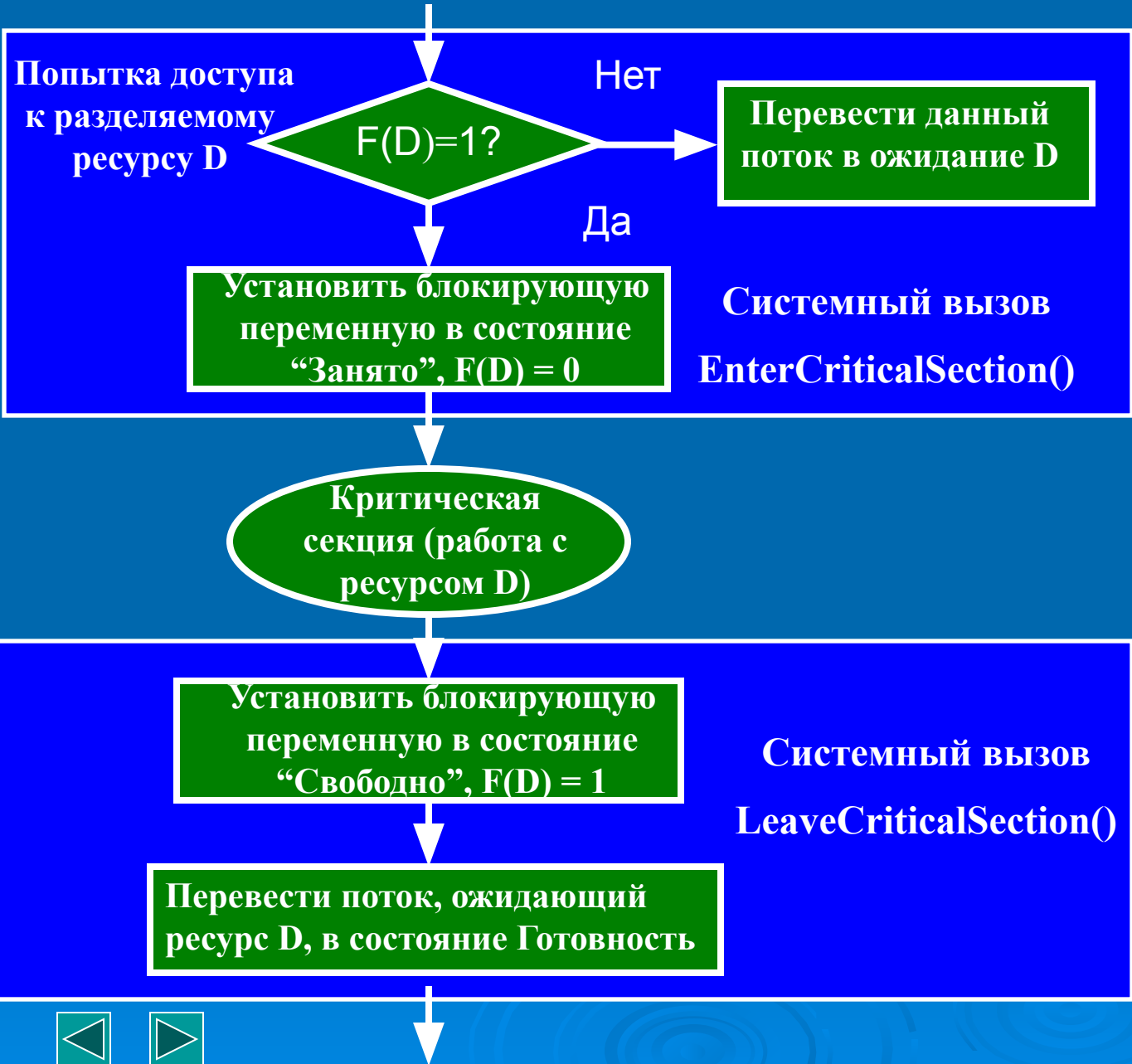


## 2.6.4. Методы взаимоисключений

1. **Запрещение прерываний при входе в критическую область** и разрешение прерываний после выхода из критической области. Достоинства: простота реализации. Недостатки: монополизация процессора, возможный крах ОС при сбое процесса, невозможность использования в многопроцессорных системах.
2. **Блокирующие переменные (программный подход)**



### 3.Использование системных функций входа в критическую секцию



**Достоинство:**  
исключается потеря времени процессора на циклическую проверку освобождения занятого ресурса.

**Недостаток:**  
растут накладные расходы ОС на по реализации функции входа в критическую секцию и выхода из нее



## 4. Семафоры Дийкстры (Dijkstra)

Семафор: переменная  $S$ , примитивы  $P$  (proberen – проверка; down) и  $V$  (verhogen – увеличение, up)

$V(S)$  – переменная  $S$  увеличивается на 1 единым действием. Выборка, наращивание и запоминание не могут быть прерваны. К переменной  $S$  нет доступа во время выполнения этой операции.

$P(S)$  – переменная  $S$  уменьшается на 1, если это возможно, составясь в области неотрицательных значений. Если  $S$  уменьшить невозможно, поток, выполняющий операцию  $P$ , ждет, пока это уменьшение станет возможным. Операция  $P$  неделима.

В частном случае семафор  $S$  может принимать двоичные значения 0 и 1, превращаясь в блокирующую переменную (двоичный семафор).

Операция  $P$  включает в себе потенциальную возможность перехода процесса, который ее выполняет, в состояние ожидания (если  $S = 0$ ).

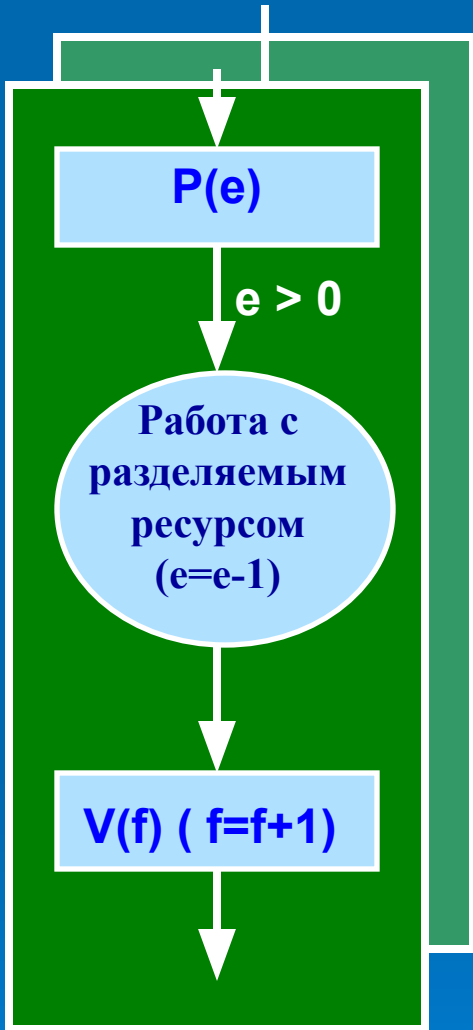
Операция  $V$  может при некоторых обстоятельствах активизировать процесс, приостановленный операцией  $P$ .

Для хранения процессов, ожидающих семафоры, используется очередь, работающая по принципу FIFO.

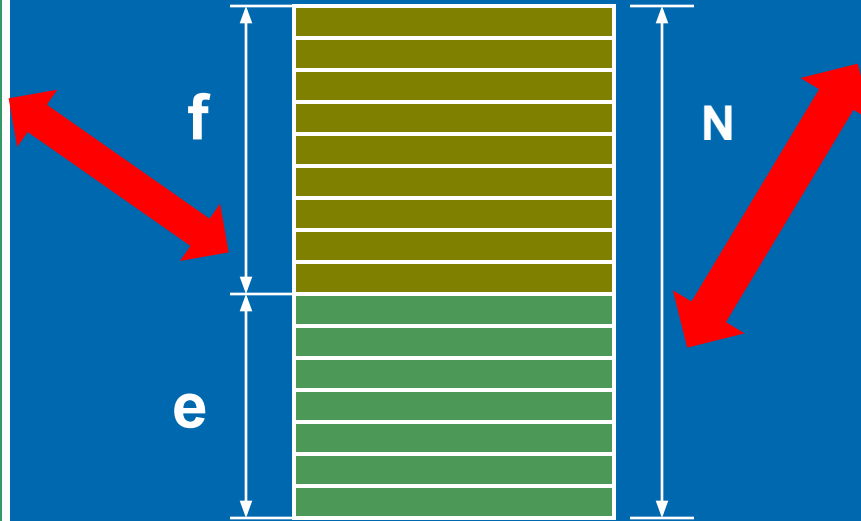


# Начальные значения семафоров

$$e = N; f = 0$$

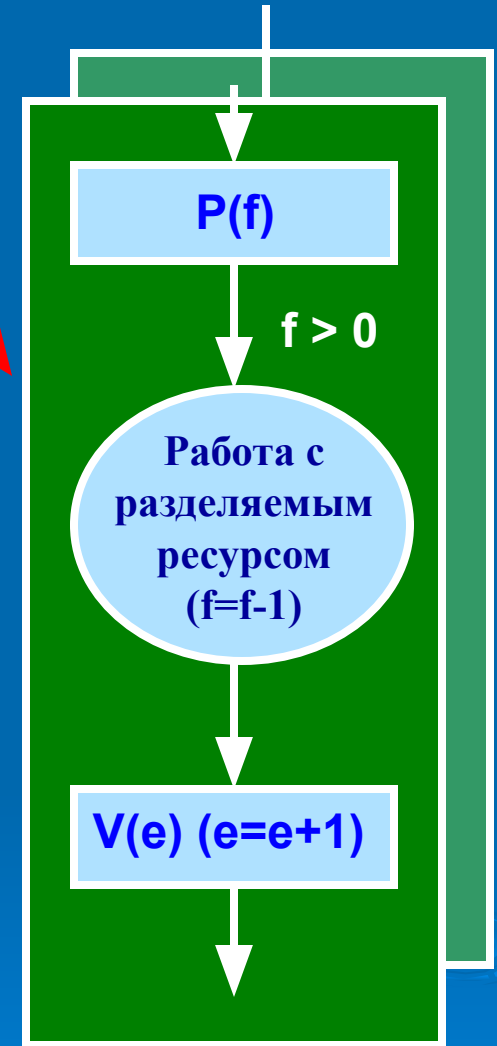


Потоки-писатели



Буферный пул

$e$  – пустые буферы,  
 $f$  – занятые буферы



Потоки-читатели





## 2.6.5. Взаимоблокировки (тупики)

### Условия возникновения взаимоблокировки (тупиковой) ситуации:

1. **Взаимное исключение.** Каждый ресурс в данный момент или отдан ровно одному процессу, или недоступен.
2. **Условие удержания и ожидания.** Процессы, в данный момент удерживающие полученные ранее ресурсы, могут запрашивать новые ресурсы.
3. **Отсутствие принудительной выгрузки ресурсов.** У процесса нельзя забрать принудительно ранее полученные ресурсы.
4. **Условие циклического ожидания.** Существует круговая последовательность из двух и более процессов, каждый из которых ждет доступа к ресурсу, удерживаемому следующим членом последовательности.

### Стратегии борьбы с взаимоблокировками:

1. Пренебрежение проблемой в целом.
2. Обнаружение и устранение взаимоблокировок (восстановление).
3. Недопущение тупиковых ситуаций с помощью аккуратного распределения ресурсов.
4. Предотвращать с помощью структурного опровержения одного из четырех условий, необходимых для взаимоблокировки



# Методы обнаружения взаимоблокировок

## 1. В системе один ресурс каждого типа.

Например, пусть система из семи процессов (A, B, C, D, E, F, G) и шести ресурсов (R, S, T, V, W, U) в некоторый момент соответствует следующему списку:

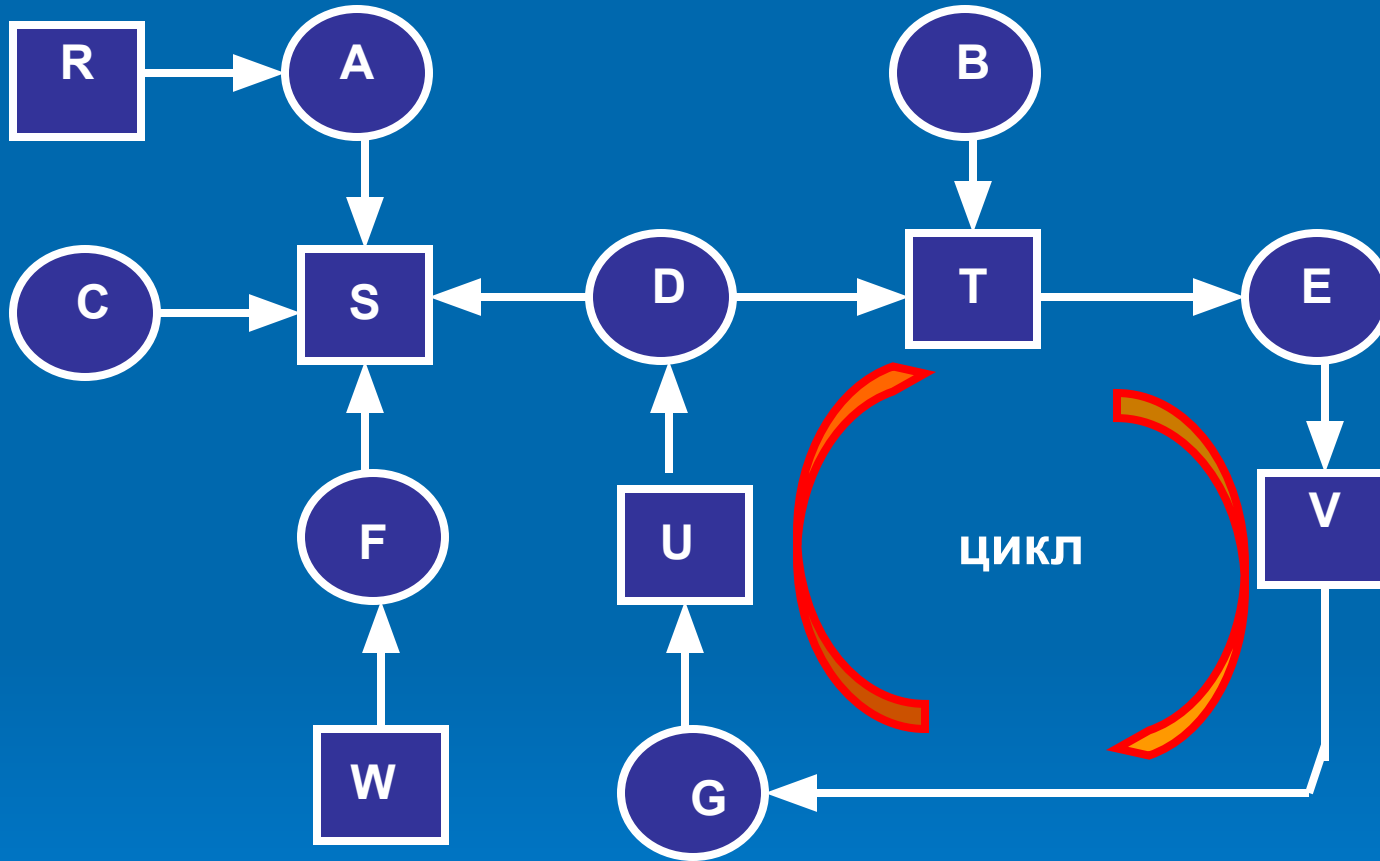
- ❑ Процесс A занимает ресурс R и хочет получить ресурс S.
- ❑ Процесс B ничего не использует, но хочет получить ресурс T.
- ❑ Процесс C ничего не использует, но хочет получить ресурс S.
- ❑ Процесс D занимает ресурс U и хочет получить ресурсы S и T.
- ❑ Процесс E занимает ресурс T и хочет получить ресурс V.
- ❑ Процесс F занимает ресурс W и хочет получить ресурс S.
- ❑ Процесс G занимает ресурс V и хочет получить ресурс U.

**ВОПРОС:** Заблокирована ли эта система и если да, то какие процессы в этом участвуют?

**ОТВЕТ МОЖНО ПОЛУЧИТЬ, ПОСТРОИВ ГРАФ РЕСУРСОВ И ПРОЦЕССОВ.**



# Граф ресурсов и процессов



## 2. В системе несколько ресурсов каждого типа.

$P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$  – множество процессов,  $n$  – число процессов;

$E = \{E_1, E_2, \dots, E_m\}$  – множество ресурсов,  $m$  – число типов ресурсов;

$A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$  – вектор свободных ресурсов;  $A_j \leq E_j, j = \overline{1, m}$ ;

$C = \{c_{ij} \mid i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}\}$  – матрица текущего распределения ресурсов;

$R = \{r_{ij} \mid i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}\}$  – матрица запрашиваемых ресурсов.

Существующие ресурсы

$$E = \{E_1, E_2, \dots, E_m\}$$

$$\begin{array}{cccc} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2m} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nm} \end{array}$$

Доступные ресурсы

$$A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$$

$$\begin{array}{cccc} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{array}$$

$$\sum_{i=1}^n c_{ij} + A_j = E_j, j = \overline{1, m}$$



# Алгоритм обнаружения тупиков

Основан на сравнении векторов ресурсов. В исходном состоянии все процессы не маркированы (не отмечены). По мере реализации алгоритма на процессы будет ставиться отметка, обозначающая, что они могут закончить свою работу, т. е. не находятся в тупике. После завершения алгоритма любой немаркированный процесс находится в тупиковой ситуации.

## Алгоритм

1. Ищется процесс  $P_i$ , для которого  $i$  – я строка матрицы  $R$  меньше вектора  $A$ , т. е.  $R_i \leq A_j$  или  $r_{ij} \leq A_j$ ,  $j = \overline{1, m}$ .
2. Если такой процесс найден, он маркируется, и далее прибавляется  $i$  - я строка матрицы  $C$  к вектору  $A$ , т.е.  $A_j := A_j + c_{ij}$ ,  $j = \overline{1, m}$ .  
Возврат к шагу 1.
3. Если таких процессов не существует, работа алгоритма заканчивается. Если есть немаркированные процессы, то они попали в тупик.



# Методы устранения тупиков

1. Принудительная выгрузка ресурсов. Изъятие ресурса у процесса, передача его другому процессу, а затем возврат ресурса таким образом, что исходный процесс этого “не замечает” (сложно и чаще всего невозможно).
2. Восстановление через “откат”. Процессы периодически создают контрольные точки, позволяющие запустить процесс с предыстории. При возникновении тупика процесс, занимающий необходимый ресурс “откатывается” к контрольной точке, после которой он получил ресурс. Если возобновленный процесс вновь попытается получить данный ресурс, он переводится в режим ожидания освобождения этого ресурса.
3. Восстановление путем уничтожения процессов.

**Недопущение тупиков путем безопасного распределения ресурсов. Подобные алгоритмы базируются на концепции безопасных состояний. Например, Дейкстрой был разработан алгоритм планирования, позволяющий избегать взаимоблокировок (алгоритм банкира).**



## 2.6.6. Синхронизирующие объекты ОС

Для синхронизации потоков, принадлежащих разным процессам, ОС должна предоставлять потокам системные объекты синхронизации.

К таким объектам относятся *события (event)*, *мьютексы (mutex – mutual exclusion – взаимное исключение)*, *системные семафоры* и др.

Объект-событие используется для того, чтобы оповестить потоки о том, что некоторые действия завершены.

Мьютекс (простейший двоичный семафор) используется для управления доступом к данным.

Семафоры используются для оповещения свершения последовательности событий.

Для синхронизации используются также “обычные” объекты ОС: файлы, процессы, потоки

Все объекты синхронизации могут находиться в сигнальном и несигнальном (свободном) состоянии. Поток с помощью системного вызова WAIT(X) может синхронизировать свое выполнение с объектом синхронизации X. С помощью системного вызова SET(X) поток может перевести объект X в сигнальное состояние. Кроме того, в ОС определен набор сигналов для логической связи между процессами, а также процессами и пользователями (терминалами).



## 2.7. Аппаратно-программные средства поддержки мультипрограммирования

### 2.7.1. Системы прерываний

#### Классы прерываний: внешние, внутренние, программные

1. Внешние прерывания – результат действий пользователя, сигналы от периферийных устройств компьютера и управляемых объектов.
2. Внутренние прерывания – результат появления аварийных ситуаций при выполнении инструкции программы.
3. Программные прерывания – результат выполнения запланированных в программе особых инструкций (системный вызов).

#### Принципы построения систем прерываний:

- аппаратная поддержка (контроллер прерываний, контроллер DMA, контроллеры внешних устройств, шины подключения внешних устройств, средства микропроцессора);
- векторный, опрашиваемый и комбинированный способы прерываний;
- приоритетный механизм обслуживания (с абсолютными и относительными приоритетами);
- маскирование прерываний;
- диспетчер прерываний и процедуры обслуживания прерываний.





# Последовательность действий при обработке прерываний

1. **Первичное аппаратное распознавание типа прерывание. Если прерывания запрещены, продолжается текущая программа. В противном случае вызывается диспетчер прерываний и в зависимости от поступившей в процессор информации (вектор прерывания, приоритет и др.) производится вызов процедуры обработки прерывания.**
2. **Сохраняется некоторая часть контекста прерванного потока, которая позволит возобновить его исполнение после обработки прерывания (обычно слово состояния процессора – регистр EFLAGS в Pentium, регистры общего назначения). Может быть сохранен и полный контекст, если ОС обслуживает прерывание со сменой процесса.**
3. **В счетчик команд загружается адрес процедуры обработки прерывания и устанавливается новое PSW, которое определяет привилегированный режим работы процессора при обработке прерывания.**
4. **Маскированием прерываний временно запрещаются прерывания, чтобы не образовалась очередь вложенных друг в друга потоков одной и той же процедуры.**
5. **После обработки прерывания ядром операционной системы, прерванный контекст восстанавливается (частично аппаратно – PSW, содержимое счетчика команд, частично программно – извлечение данных из стека), снимается обработка прерываний данного типа и работа потока возобновляется с прерванного места.**



## 2.7.2. Системные вызовы

Системный вызов позволяет приложению обратиться к ОС с просьбой выполнить то или иное действие, оформленное как процедура кодового сегмента ОС.

Реализация системных вызовов должна удовлетворять следующим требованиям:

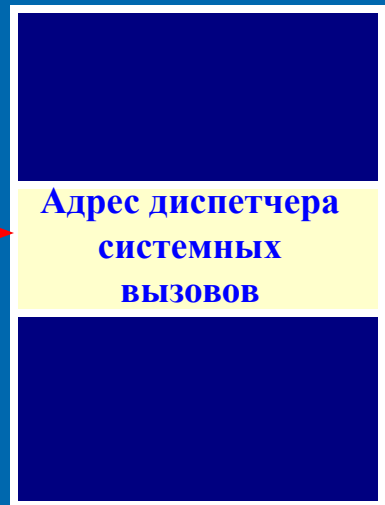
- обеспечивать переключение в привилегированный режим;
- обладать высокой скоростью вызова процедур ОС;
- обеспечивать по возможности единообразное обращение к системным вызовам для всех аппаратных платформ, на которых работает ОС;
- допускать простое расширение системных вызовов;
- обеспечивать контроль со стороны ОС за корректным использованием системных вызовов.

Возможные схемы обслуживания системных вызовов:

1. Децентрализованная – за каждым системным вызовом закреплен свой вектор прерываний. Достоинство – высокая скорость обработки системных вызовов, недостаток – разрастание таблицы векторов прерываний.
2. Централизованная – с помощью диспетчера системных вызовов.



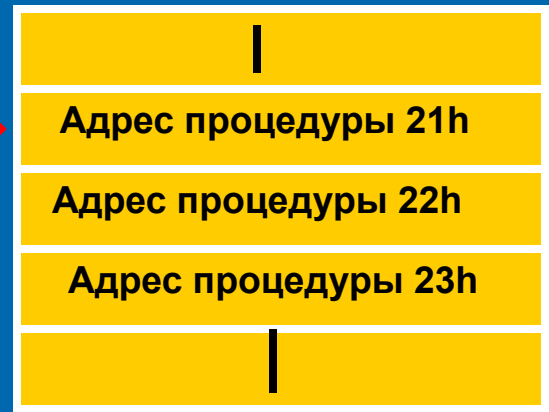
### Таблица прерываний системы



Вектор 80h  
Linux  
RQ=21h

INT 2Eh  
Pentium

### Виртуальное адресное пространство



## Централизованная схема обработки системных вызовов

