# ОП.14 **Основы функционирования UNIX - систем**

ЗАНЯТИЕ 02

# Основы организации UNIX

Рассмотрим основные принципы, на которых базируется операционная система UNIX:

1. Операционная система должна быть **максимально надежной** — это означает, в первую очередь, что система должна **сохранять работоспособность** при **возникновении** каких-либо **неисправностей** (отказы в работе аппаратных средств, ошибки в функционировании программного обеспечения).

# Основы организации UNIX

В более узком смысле **надежность означает**, что система должна по возможности обеспечивать некоторый **минимальный уровень функционирования** при возникновении неисправностей, а также способность к быстрому восстановлению. Например, при отказе **одного из жестких дисков** система должна выполнить ряд **восстановительных операций**, чтобы оставаться **в работоспособном состоянии** и обеспечивать работу пользователей — при этом самым существенным является **минимизация потерь** критически важных данных пользователей.

# Основы организации UNIX

Принципиально **избежать отказов нельзя** — аппаратные средства имеют свойство **давать сбои**, а приложения пользователя, впрочем, как и программные модули самой системы, могут содержать ошибки. Важным является то, с какими "**потерями**" система выходит из этой ситуации. **Самым неприятным** следствием сбоя в работе может быть потеря критически **важных данных пользователей**, поэтому способность быстрого **восстановления системы после сбоев**, включая восстановление целостности данных, является **наиболее существенным** критерием при оценке надежности.

# Основы организации UNIX

Операционная система UNIX изначально проектировалась как **отказоустойчивая система**.

Несмотря на некоторые различия в программной архитектуре, во всех современных UNIX-системах предусмотрены базовые механизмы, гарантирующие **высокий уровень надежности**.

# Основы организации UNIX

Вот основные из них:

- **разделение программного кода операционной системы и пользовательских приложений**. В практическом плане это означает, что **большая часть** программного кода операционной системы, включая драйверы устройств и системные сервисы, а также системные области данных и стека, **изолирована от пользовательского программного** кода и реализована в форме *ядра*.

# Основы организации UNIX

Если, например, **пользовательский процесс** попытается напрямую, минуя стандартные вызовы операционной системы, **обратиться к жесткому диску**, то механизмы защиты ядра **не позволят выполнить эту операцию**, поскольку могут быть разрушены важные дисковые структуры, что сделает систему неработоспособной.

Доступ **пользовательских приложений** к ресурсам системы возможен только посредством определенных стандартных функций, **предоставляемых системой** UNIX специально для этих целей.

# Основы организации UNIX

- использование **механизмов безопасности** для доступа пользовательских процессов к ресурсам операционной системы.

Каждый процесс **может обращаться** только к тем ресурсам (файлам и устройствам), для которых **система предоставляет ему доступ**. При этом каждому пользовательскому процессу назначается **индивидуальный уровень привилегий**, определяющий, какие операции и с какими ресурсами процесс может выполнять;

# Основы организации UNIX

- использование механизмов **резервного копирования** и **восстановления данных**, включая **полное восстановление** системы.

# Основы организации UNIX

UNIX является **многопользовательской ОС**, обеспечивая возможность одновременной работы нескольких пользователей в одной системе. Поскольку пользователи, работающие в системе, могут использовать **один и тот же ресурс одновременно**, например, дисковый файл, система предусматривает **механизмы разделения доступа** к общим ресурсам. То есть, одни пользователи могут **читать и записывать данные** в файл, в то время как другие могут только **читать** данные из файла или вообще не иметь доступа к данным.

# Основы организации UNIX

Операционные системы, допускающие работу в таком режиме, называются ***многопользовательскими***.

Операционная система UNIX выполняет **множество процессов одновременно**, включая как системные, так и пользовательские процессы.

Операционная система управляет процессом в течение **всего жизненного цикла**, от начала создания и до его уничтожения.

# Основы организации UNIX

В UNIX **все ресурсы**, к которым может иметь доступ процесс, являются ***объектами файловой системы***. Такой **единый подход** лежит в основе построения и функционирования файловой системы UNIX.

UNIX рассматривает дисковые файлы программ или данных, принтеры, жесткие диски, терминальные линии и т. д. как **объекты файловой системы**, доступ к которым осуществляется с помощью системных вызовов.

# Основы организации UNIX

Такой механизм очень удобен, поскольку позволяет использовать **единый программный интерфейс** как для работы с **файлами данных**, так и с **устройствами**, независимо от физической природы объектов.

Кроме этого, можно использовать единые подходы для **установки атрибутов безопасности** для объектов файловой системы.

# Основы организации UNIX

Перечисленные особенности UNIX делают ее очень **удобной средой** для функционирования **пользовательских приложений** и позволяют легко переносить ее на разные аппаратные платформы.

Посмотрим, как отображены вышеперечисленные **возможности** операционной системы UNIX в ее **программной архитектуре**:

# Основы организации UNIX

# Основы организации UNIX

Основой операционной системы UNIX является ***ядро***, которое взаимодействует, с одной стороны, с **аппаратными средствами**, а с другой стороны обеспечивает работу **пользовательских программ**.

**Часть функций** операционной системы выполняется ***системными процессами***, реализованными, как правило, в форме ***процессов-серверов***, более известных под названием ***"демон"*** (daemon), и его основная функция — **выполнение запросов** на обслуживание клиентских процессов.

# Основы организации UNIX

Уровень **интерфейса системных вызовов** отвечает за **взаимодействие** программ пользователя и операционной системы.

Ни одна программа пользователя **не может получить доступ** к ресурсам системы иначе, как посредством **системных вызовов**.

В качестве **примеров** системных вызовов можно привести низкоуровневые функции **ввода/вывода**, такие как `open ()`, `read ()`,`write ()` и `close ()`.

# Основы организации UNIX

Системные вызовы обеспечивают выполнение целого **ряда операций**:

- трансляции операций пользователя в запросы к драйверам устройств;
- создания, запуска и уничтожения процессов;
- ввода/вывода;
- доступа к файлам и дисковым устройствам;
- поддержки терминальных устройств.

# Основы организации UNIX
## Ядро

***Ядро*** операционной системы UNIX **отвечает** за выполнение **базовых функций системы**:

- управление процессами;
- управление файловой системой;
- управление устройствами ввода/вывода;
- Управление безопасностью системы.

**Функционирование** операционной системы в основном **определяется ядром**.

# Основы организации UNIX
## Ядро

Во многих версиях операционной системы UNIX ядро реализовано в виде большого исполняемого дискового файла, который запускается в момент инициализации системы — так называемое ***монолитное ядро***.

Монолитное ядро включает **все необходимые модули** для работы, в том числе и **драйверы устройств**.

Для **изменения функциональности** такого ядра, например, при необходимости **включить новый драйвер** устройства, исходный текст ядра нужно полностью **перекомпилировать**.

# Основы организации UNIX
## Ядро

***Модульное ядро*** содержит базовые компоненты, необходимые для загрузки системы, при этом **дополнительные модули** программного кода (обычно это драйверы устройств) загружаются в оперативную память и **подключаются к ядру динамически**, по мере необходимости, например, при включении аппаратного устройства.

Такие дополнительные модули реализованы в виде загружаемых модулей ядра.

# Основы организации UNIX
## Ядро

**Преимуществом модульного ядра** является то, что базовый модуль ядра имеет небольшой размер, **быстрее загружается** и требует меньше ресурсов операционной системы.

В то же время **монолитное ядро работает чуть быстрее**, поскольку не требуется переключений контекста выполняемых процессов (что имеет место в случае загрузки/выгрузки дополнительных модулей) и дополнительной синхронизации, как при использовании отдельных модулей.

# Основы организации UNIX
## Ядро

В **большинстве** современных операционных систем UNIX используется **комбинированный тип ядра**, которое, обладая широким диапазоном функциональности, допускает загрузку дополнительных модулей во время работы операционной системы и **сочетает преимущества** модульного и монолитного ядра.

# Основы организации UNIX
## Ядро

Еще одна **особенность** функционирования ядра современных UNIX-систем — возможность одновременного выполнения **нескольких потоков**.

Поток можно представить как **отдельный выполняющийся фрагмент** программного кода в рамках одного процесса.

При этом ядро управляет **синхронизацией** выполнения потоков.

В этом случае говорят о ***многопоточности ядра***, которая позволяет повысить эффективность функциониро вания как самого ядра, так и операционной системы в целом.

# Основы организации UNIX
## Ядро

Высокая **эффективность многопоточности** объясняется тем, что синхронизация отдельных потоков одного и того же процесса выполняется **с минимальными издержками** и требует значительно **меньше времени**, чем запуск отдельного процесса.

Большинство современных операционных систем UNIX **поддерживает выполнение** не только **отдельных потоков** ядра, но и **многопоточность** на уровне пользовательских программ, **повышая их производительность**.

# Основы организации UNIX
## Ядро

В этом случае многопоточные приложения выполняются как совокупность ***элементарных*** (lightweight) **процессов**, которые используют общее адресное пространство, общие страницы памяти и открытые файлы.

Естественно, что для получения выигрыша в производительности выполняющаяся программа должна поддерживать реализацию многопоточности.

# Основы организации UNIX
## Ядро

Еще одной **особенностью** ядра UNIX является и то, что оно функционирует в режиме ***невытесняющей многозадачности*** (non-preemptive multitasking).

Это означает, что система **не может прерывать** выполнение процесса, выполняющегося в режиме ядра.

# Основы организации UNIX
## Ядро

Ядро UNIX обеспечивает выполнение следующих **функций**:

- **синхронизация** процессов (создание, выполнение, остановка и завершение процессов);
- **планирование** приоритетов выполнения (выделяется интервал времени);
- **распределение** памяти выполняемым процессам — при этом каждому процессу выделяется определенный **объем памяти**.

# Основы организации UNIX
## Ядро

- **создание**, **изменение** и **удаление** файловых систем, расположенных на устройствах постоянного хранения информации (**выделение дискового пространства**), а также управление данными пользователей.
- **управление доступом** процессов к периферийным устройствам ввода/вывода, таким как терминалы, накопители на магнитных лентах и сетевое оборудование.

# Основы организации UNIX
## Ядро

Ядро операционной системы является **прозрачным** для пользовательской программы.

Это означает, что детали взаимодействия программы пользователя и операционной системы **скрыты от пользователя**.

Например, если программа пользователя обращается к какому-либо файлу и записывает в него данные, то ядро системы выполняет приблизительно такую последовательность действий:

1. **Определяет местоположение** файла на носителе.

# Основы организации UNIX
## Ядро

2. Получает **информацию о расположении** требуемых данных в физических секторах накопителя.

3. Определяет **место записи блока данных** в физическую область дискового пространства и т. д.

4. Наконец, ядро **вызывает драйвер** устройства и **передает** ему **параметры** и код операции (записи данных), после чего и выполняется **запись данных**.

# Основы организации UNIX
## Ядро
## Программы, процессы и потоки

***Программа*** или, по-другому, **приложение** представляет собой **исполняемый файл**, вызываемый операционной системой для выполнения.

***Процесс*** в UNIX, как и в других операционных системах, — это **выполняющийся образ** исполняемого файла.

В обычном смысле, когда мы говорим, что **"программа выполняется"** или **"программа завершилась"**, имеется в виду **процесс** или группа процессов.

# Основы организации UNIX
## Ядро
## Программы, процессы и потоки

---

Термин **"процесс"** — это ключевое понятие в UNIX.

В первом приближении процессом называют загруженный в память **двоичный образ дискового файла**.

Процессор интерпретирует его как **совокупность машинных инструкций**, **данных** и **стековых структур**.

**Работу** самой **операционной системы** можно представить как функционирование **совокупности процессов**. Например, при входе пользователя в операционную систему начинает выполняться процесс ***shell***, при запуске какой-либо команды, например, `ls -l`, также порождается процесс.

# Основы организации UNIX
## Ядро
## Программы, процессы и потоки

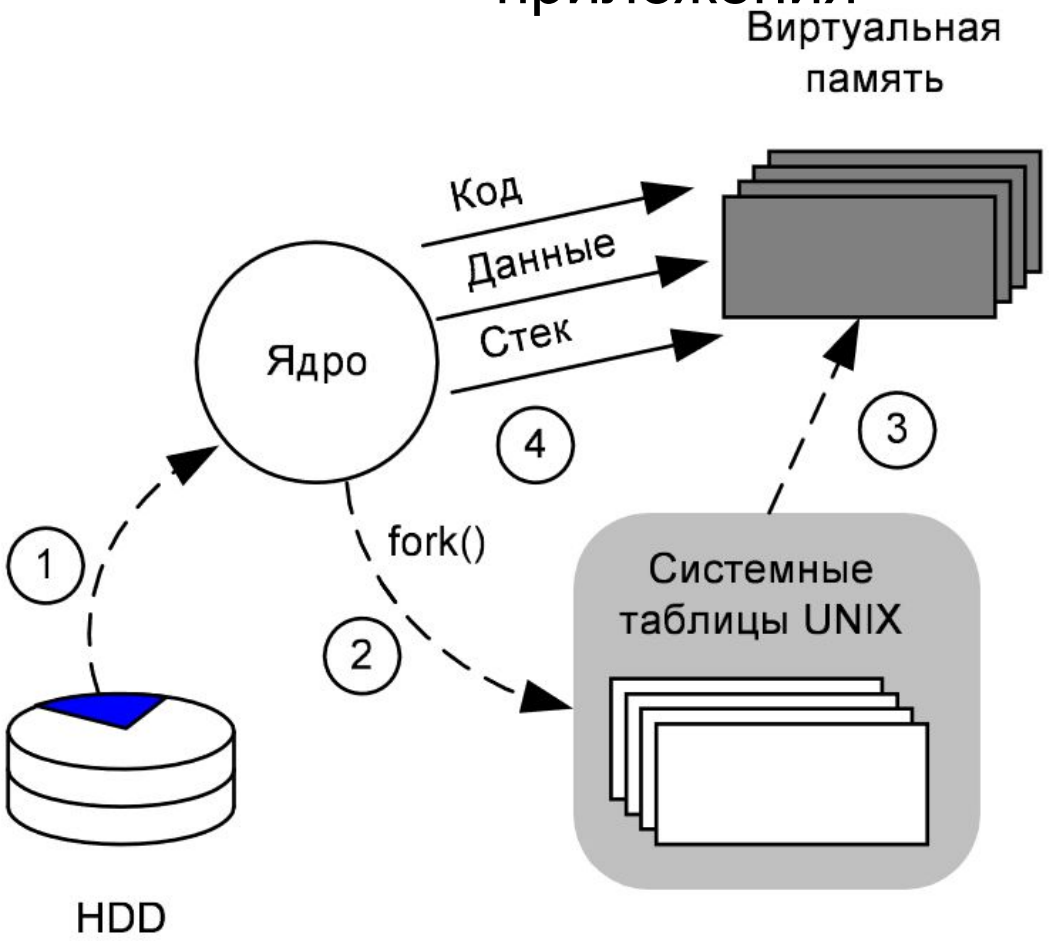
---

Обобщая, можно сказать, что всякий раз, когда вызывается команда UNIX или **запускается** пользователь ская **программа**, **порождается новый процесс**.

Из этого правила есть исключения, например, запуск команды `cd`, но подобные случаи мы рассматривать не будем.

# Основы организации UNIX
## Ядро
## Программы, процессы и потоки

Операции, выполняемые при запуске приложения




1. ОС считывает исполняемый файл программы **с диска**.

2. Если формат файла программы является корректным, выполняет системный вызов `fork ()`. При этом **ядро заносит информацию**, относящуюся к созданному процессу, в специальные системные.

3, 4. А также выделяет **виртуальную память** для кода, данных и стека текущего процесса, после чего управление передается первой инструкции процесса.

# Основы организации UNIX
## Ядро
## Программы, процессы и потоки

**В простейшем варианте** исполняемый файл программы выполняется как **один процесс**, хотя в большинстве других случаев таких процессов может быть **множество**.

Следует сказать, что и само **ядро** системы функционирует как **совокупность многих взаимосвязанных процессов**.

Ядро системы идентифицирует каждый процесс по его номеру, который называется ***идентификатором процесса*** (Process ID, **PID**). Каждому процессу присваивается уникальный идентификатор PID, позволяющий ядру **различать процессы**.

# Основы организации UNIX
## Ядро
## Программы, процессы и потоки

---

**Завершение выполнения процесса** инициируется системным вызовом `exit ()`.

Ядро операционной системы **отслеживает окончание работы** процесса и **освобождает** использовавшийся им идентификатор.

# Основы организации UNIX
## Ядро
## Программы, процессы и потоки

Все **процессы**, выполняющиеся в среде операционной системы UNIX, могут функционировать либо в **пользовательском режиме** (User Mode), либо в **режиме ядра** (Kernel Mode).

**Пользовательский** режим **не позволяет** напрямую обра щаться к аппаратным ресурсам системы и системным структурам данных.

Процесс, выполняющийся в режиме **ядра**, **имеет такую возможность**.

# Основы организации UNIX
## Ядро
## Программы, процессы и потоки

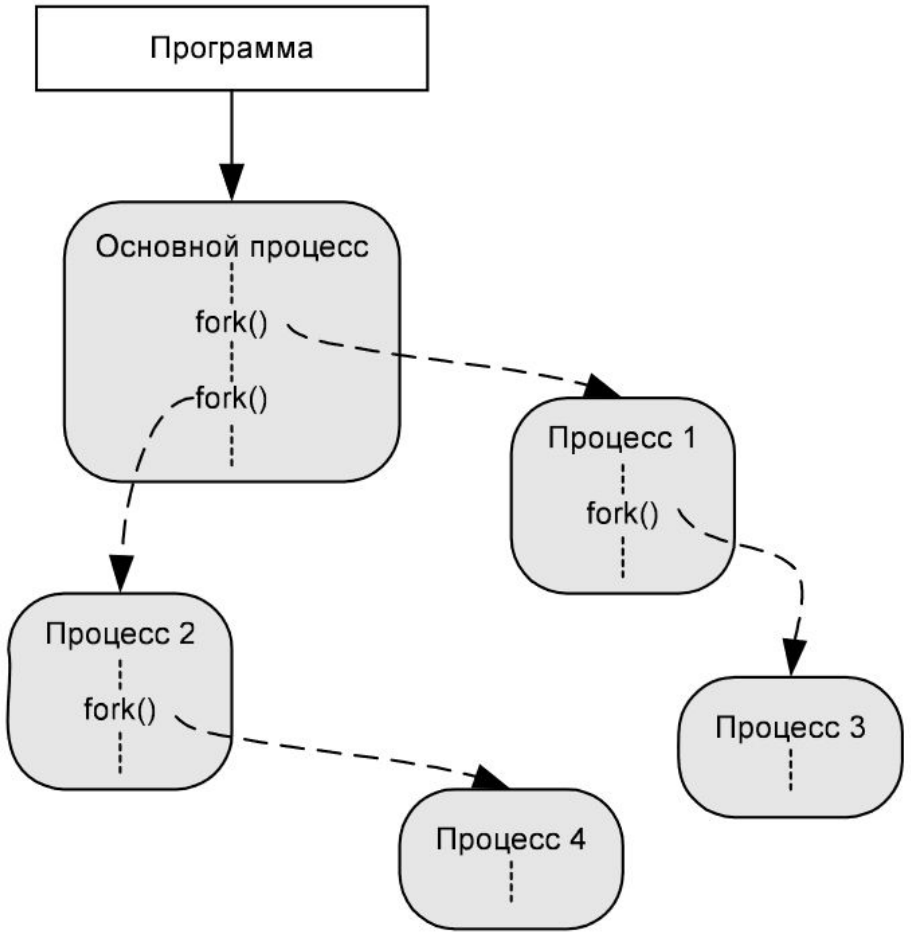
---

До сих пор мы рассматривали механизм создания и выполнения **одного процесса**.

В большинстве случаев **работающий** процесс может **порождать другие процессы**, например, при необходимости параллельной обработки данных или клиентских запросов (если это процесс-сервер наподобие `telnet`, `ftp` и т. д.).

Как и в рассмотренной ранее схеме запуска процесса, здесь используется системный вызов `fork ()`.

# Основы организации UNIX
## Ядро
## Программы, процессы и потоки




При запуске приложения **создается основной процесс**, который создает (порождает) процессы 1 и 2, процесс 1 создает процесс 3, а процесс 2 создает процесс 4.

В этом случае говорят, что основной процесс является ***родительским*** для процессов 1 и 2, процесс 2 является **родительским** для процесса 4, а процесс 1 является **родительским** для процесса 3. В свою очередь, процессы 1 и 2 называют ***дочерними*** или ***порожденными*** основным процессом, а процессы 3 и 4 — порожденными для процессов 1 и 2 соответственно.

# Основы организации UNIX
## Ядро
## Программы, процессы и потоки

В UNIX предусмотрен еще один механизм, обеспечивающий параллельное выполнение прог раммного кода, но уже в рамках одного и того же процесса — ***механизм потоков*** (threads).

Потоки широко используются как функциями ядра, так и системными сервисами UNIX.

# Основы организации UNIX
## Ядро
## Программы, процессы и потоки

Существенным **отличием** потоков от процессов является то, что поток выполняется **в контексте данного процесса**.

Для потока **не выделяется** отдельное адресное пространство и не создаются копии таблиц текущего процесса.

Файловые **дескрипторы** (некий атрибут объекта) и **переменные** в памяти являются **общими** для процесса и потока.

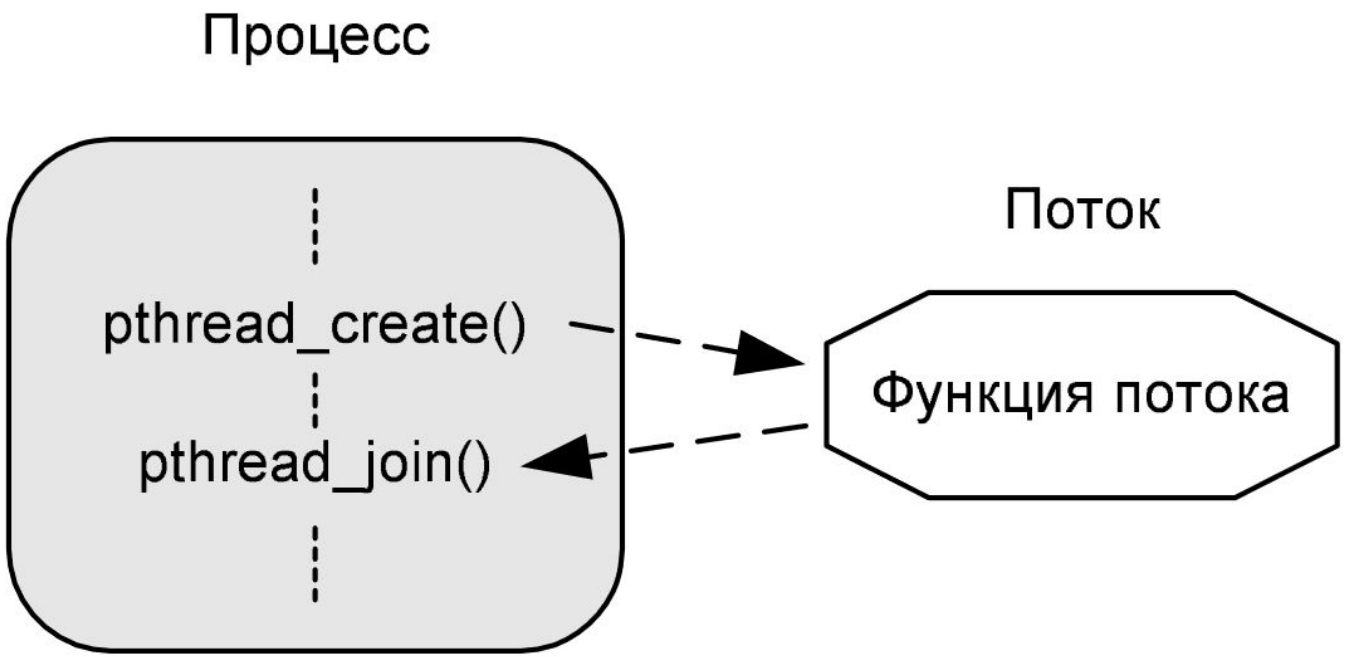
При **закрытии**, например, файлового дескриптора в потоке он **закрывается** и для процесса.

# Основы организации UNIX
## Ядро
## Программы, процессы и потоки

Для создания потоков во всех версиях операционной системы UNIX используется функция `pthread_create()` библиотеки C («Си»), одним из параметров которой является адрес функции потока.

Функция потока, созданная с помощью функции `pthread_create()`, собственно и выполняет всю работу.

# Основы организации UNIX
## Ядро
## Программы, процессы и потоки




Процесс может **ожидать завершения** выполнения потока, выполнив функцию `pthread join ().`

Сама функция потока может **завершаться** обычным образом — при этом инструкция `return` или просто достижение конца функции **приводит к неявному завершению** работы потока.

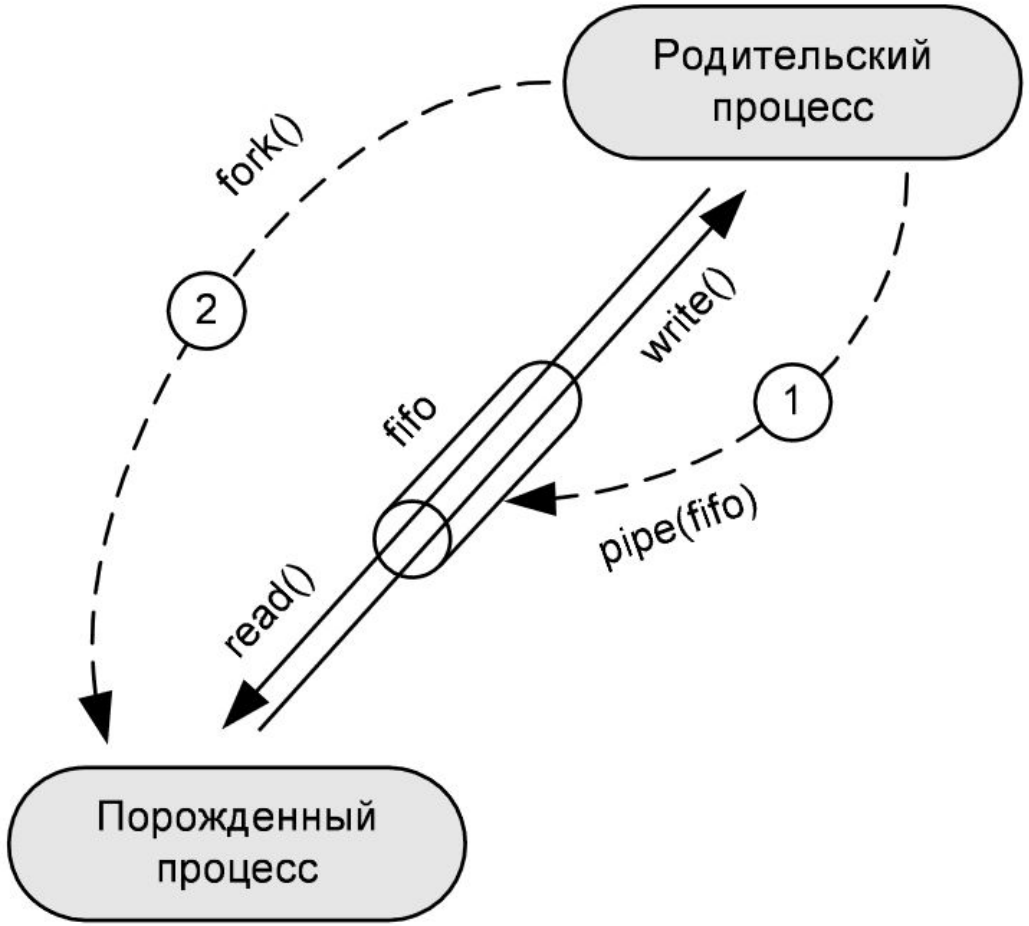
# Основы организации UNIX
## Ядро
## Взаимодействие процессов

Ранее мы рассмотрели, каким образом **создается** порожденный процесс, но при этом возникает закономерный вопрос: каким образом данные одного процесса **могут быть доступны** другому процессу?

В операционной системе UNIX для этого предусмотрен **механизм обмена**, известный под названием **неименованного канала**.

# Основы организации UNIX
## Ядро
## Взаимодействие процессов

двунаправленный канал передачи данных




Вначале родительский процесс создает **неименованный канал** при помощи системного вызова `pipe()` (1).

Созданный таким образом канал является **двунаправленным**, т. е. процесс может как записывать в него данные, так и считывать их из него.

Неименованный канал характеризуется двумя дескрипторами — для **входных** и **выходных** данных.

# Основы организации UNIX
## Ядро
## Взаимодействие процессов

---

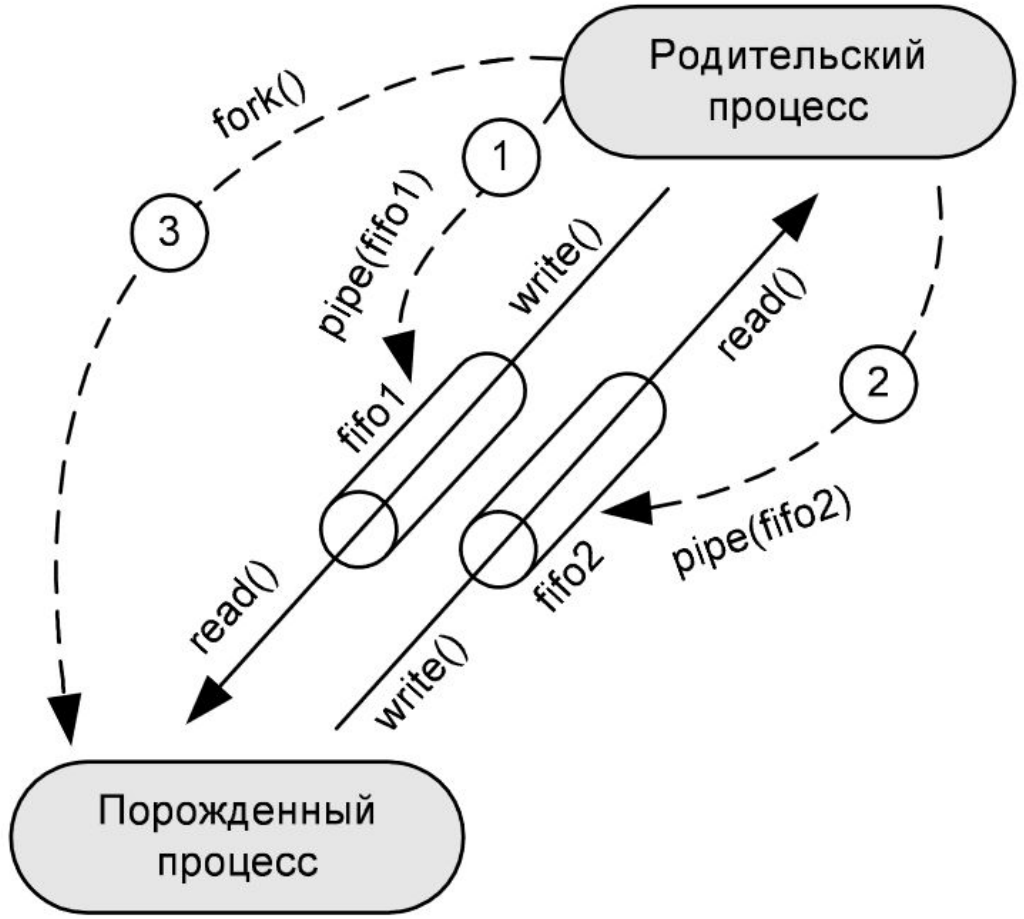
**Двунаправленный** канал передачи данных, такой канал, в котором оба процесса могут одновременно как запи сывать данные, так и читать их из него.

Такая конфигурация **используется редко** из-за сложно стей синхронизации передачи/приема данных.

Более приемлемой является конфигурация обмен данными при помощи **двух однонаправленных** каналов.

# Основы организации UNIX
## Ядро
## Взаимодействие процессов

два однонаправленный канал передачи данных




Основной процесс создает **два однонаправленных** канала с дескрипторами `fifo1` и `fifo2` при помощи двух вызовов функции `pipe ()` (1, 2).

При этом канал `fifo1` можно настроить так, чтобы в него мог **записывать** данные **родительский** процесс, а **читал** их **порождённый** (дочерний) процесс.

Канал `fifo2` можно настроить для работы **в обратном направлении**: записи данных дочерним и чтения данных родительским процессом.

# Основы организации UNIX
## Ядро
## Взаимодействие процессов

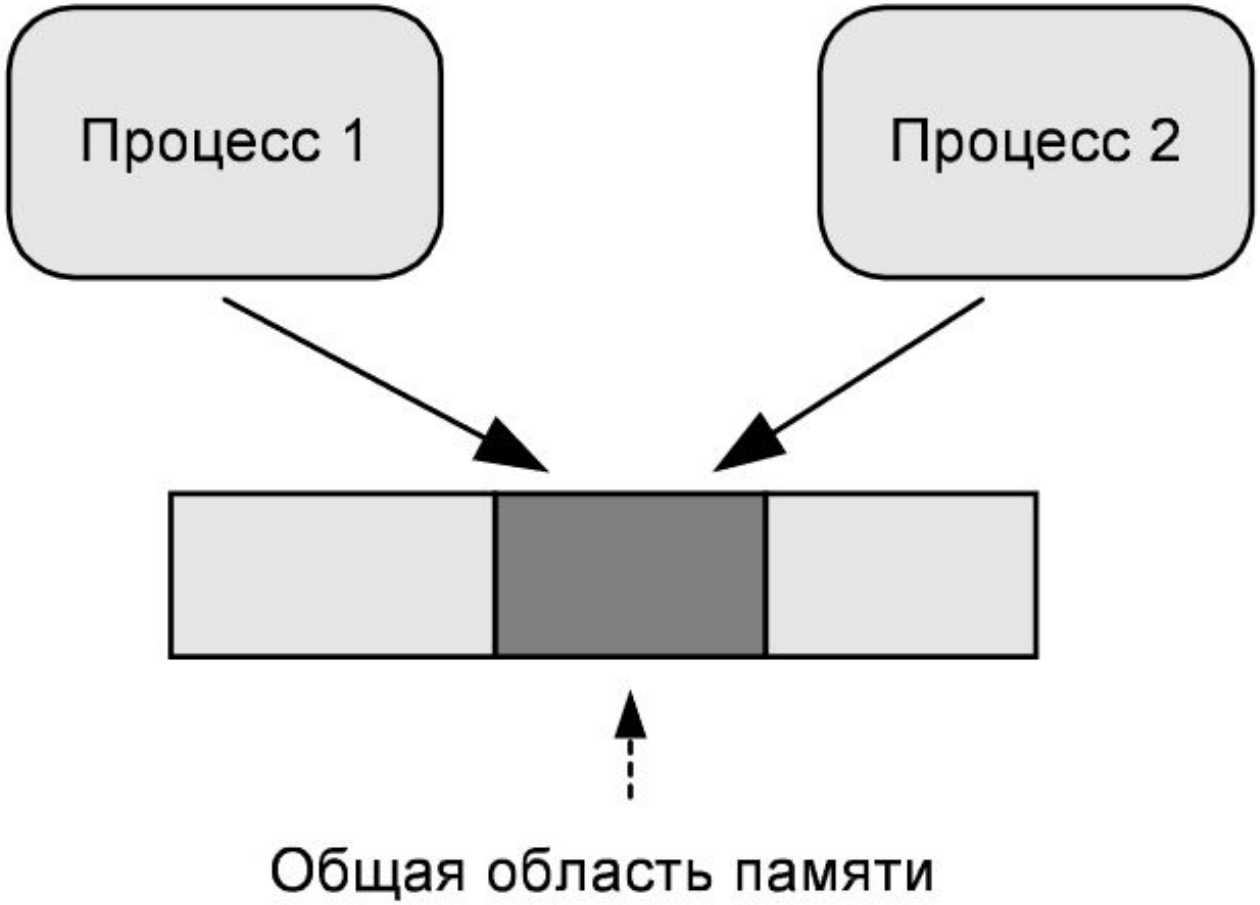
---

До сих пор мы рассматривали взаимодействие родительского и порожденного процессов. Во многих случаях процессы должны **обмениваться данными с другими процессами**, независимыми от них.

Для этого может использоваться несколько механизмов.

Процессы могут обмениваться данными, используя **общие** (разделяемые) **области памяти**.

# Основы организации UNIX
## Ядро
## Взаимодействие процессов



# Основы организации UNIX
## Ядро
## Взаимодействие процессов

При этом данные одного процесса могут быть доступны другому процессу.

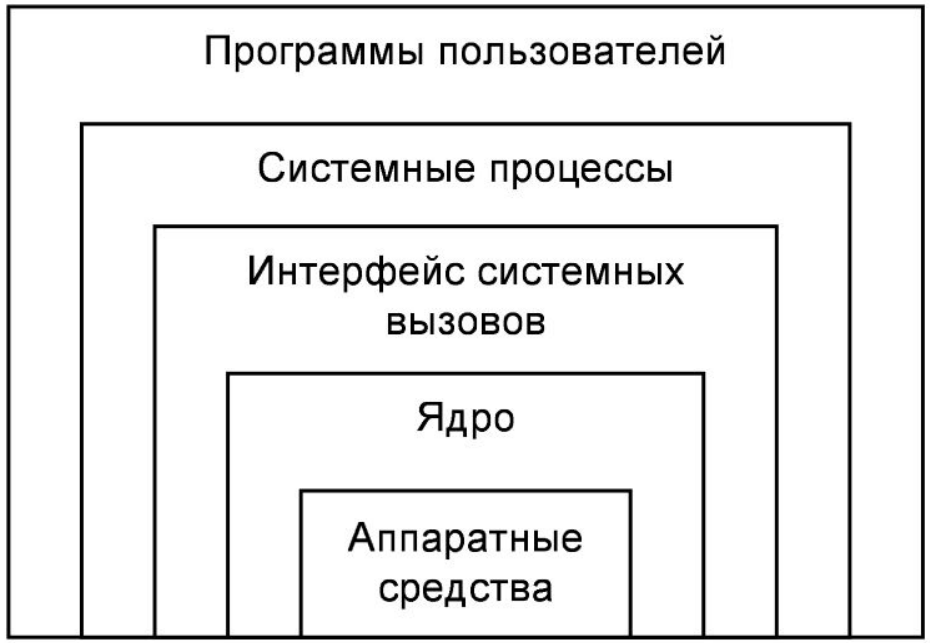
При использовании такого механизма следует учитывать то, что оба процесса могут запросить одни и те же данные, поэтому следует предусмотреть механизмы синхронизации доступа (можно использовать стандартные средства операционной системы UNIX).

# Основы организации UNIX
## Ядро
## Взаимодействие процессов

---

Для межпроцессного взаимодействия в UNIX очень широко используется механизм так называемых ***сокетов*** (гнезд), который мы подробно рассмотрим при анализе сетевых возможностей операционной системы.

# Основы организации UNIX
## Системные процессы




Следующий уровень функциональности, который мы рассмотрим, — ***системные процессы***, которые создаются при запуске системных программ.

К системным программам или, по-другому, **к системному программному обеспечению** относят командные оболочки ***shell*** (интерпретаторы), команды и утилиты системного администрирования, драйверы и протоколы коммуникаций.

# Основы организации UNIX
## Системные процессы

Операционная система UNIX включает ряд стандартных системных программ для выполнения задач **администрирования**, **конфигурирования** и **поддержки** файловой системы.

Кроме того, к этой группе программ следует отнести утилиты:

- настройки параметров конфигурации системы;
- перекомпоновки ядра (если она необходима) и добавления новых драйверов устройств;
- создания и удаления учетных записей пользователей;
- создания и подключения физических файловых систем;
- установки параметров контроля доступа к файлам.

# Основы организации UNIX
## Системные процессы

В качестве **пользовательских** программ могут выступать **командные файлы** (скрипты), написанные с помощью командного интерпретатора ***shell***, или **разработанные** на одном из языков высокого уровня (C, Pascal, Fortran) приложения.

Командные интерпретаторы представляют собой **высокоуровневую** среду программирования.

Они и очень удобны для **создания** собственных **командных файлов** (по аналогии с MS-DOS), позволяющих разрабатывать довольно сложные программы.

**Возможности** командных интерпретаторов **намного превышают** те, которые имеет, например, интерпретатор командной строки MS-DOS, что делает их полноценным инструментом разработки программ.

# Основы организации UNIX
## Системные процессы

***Системные процессы*** являются **частью ядра** и всегда расположены в **оперативной памяти**.

Они не имеют **выполняемых файлов** и запускаются особым образом при инициализации ядра системы.

Исполняемые **инструкции и данные** таких процессов постоянно **находятся в ядре системы**, поэтому они могут вызывать другие функции и обращаться к данным, недоступным для остальных процессов.

# Основы организации UNIX
## Системные процессы

К системным процессам относится и процесс на чальной инициализации `init`, являющийся прародителем всех остальных процессов.

Несмотря на то, что `init` не является частью ядра и запускается из выполняемого файла, его функцио нирование критически важно для всей системы в целом. Программа /sbin/init, запускающая процесс init, порождает процессы для запуска системы на основе записей, находящихся в файле /etc/inittab. При этом процесс init анализирует записи в файле /etc/inittab и определяет последовательность запуска, остановки и перезапуска остальных процессов.

# Основы организации UNIX
## Системные процессы

К системным процессам относится и процесс на чальной инициализации `init`, являющийся прародителем всех остальных процессов.

Несмотря на то, что `init` не является частью ядра и запускается из выполняемого файла, его функцио нирование критически важно для всей системы в целом.

Программа `/sbin/init`, запускающая процесс `init`, порождает процессы для запуска системы на основе записей, находящихся в файле ***/etc/inittab***.

# Основы организации UNIX
## Системные процессы

При этом процесс `init` анализирует записи в файле ***/etc/inittab*** и определяет последовательность запуска, остановки и перезапуска остальных процессов.

Ещё одна группа процессов, которые выполняются в системе, относится к ***прикладным процессам***.

# Основы организации UNIX
## Системные процессы

Как правило, это процессы, созданные в контексте пользовательского сеанса работы, важнейшим из которых является командный интерпретатор ***shell***, **обеспечивающий** выполнение команд пользователя в системе UNIX.

Пользовательские процессы могут **выполняться** как **в интерактивном** (приоритетном), так и **в фоновом** режимах.

Интерактивные процессы монопольно владеют терминалом, и пока такой процесс не завершит свое выполнение, пользователь не имеет доступа к командной строке.

# Список литературы:


1. Юрий Магда. UNIX для студентов, Санкт-Петербург «БХВ-Петербург», 2007.
2. Unix и Linux: руководство системного администратора, 4-е издание, 2012, Э. Немет, Г. Снайдер, Т. Хейн, Б. Уэйли
3. Организация UNIX систем и ОС Solaris 9, Торчинский Ф.И., Ильин Е.С., 2-е издание, исправленное, 2016.

# Спасибо за внимание!

Преподаватель:  Солодухин Андрей Геннадьевич

Электронная почта:  asoloduhin@kait20.ru