Лекция 3.

Файловая система ОС UNIX

(основные принципы).

Термин “файловая система” - ФС

В литературе **термин ФС** используется для обозначения трех разных понятий:

- Во-первых, **файловая система - это набор правил и конструкций**, описывающих то, как сохраняются файлы на диске. В этом смысле мы употребляем, например, выражение "файловая система FAT32", и "файловая система" здесь тождественна понятию "тип файловой системы".
- Во-вторых, **файловая система - это совокупность всех файлов**, хранимых в компьютере.
- В-третьих (и это значение термина характерно именно **для UNIX-систем**) файловая система - это совокупность всех файлов на **разделе диска или устройстве**.

Термин ФАЙЛ был определён в лекции 2 – в базовых понятиях ОС Unix:

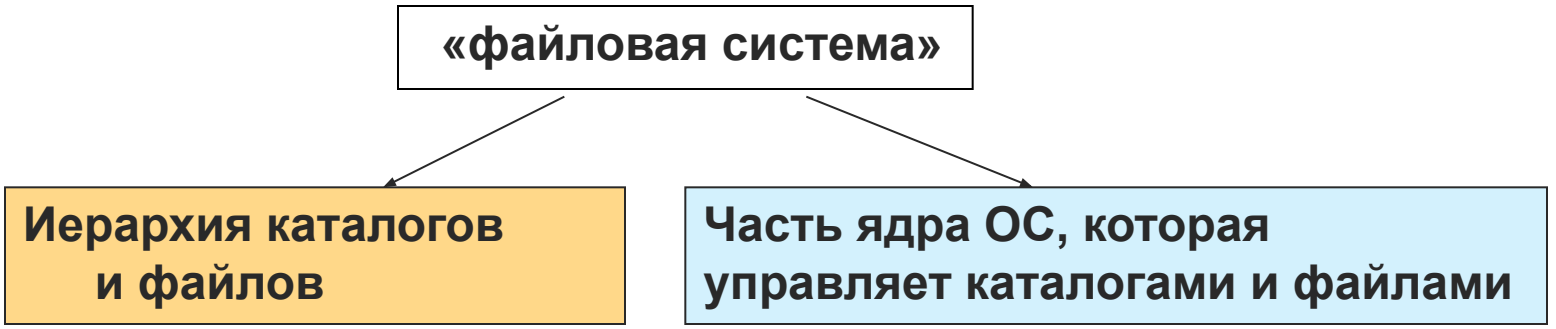
1. **Пользователь** – зарегистрированное в среде UNIX лицо, которому после надлежащей проверки разрешается работать в системе.
2. **Терминал (~ интерфейс)** – основной инструмент пользователя для работы с системой в интерактивном режиме.
3. **Процесс** – акт выполнения заранее подготовленной программы (задачи) в отдельном адресном пространстве.

4. **Файл** – в ОС UNIX – это универсальная абстракция, означающая структурированную, именованную область внешней памяти и / или последовательность байт, служащую для определения и обращения к физическим устройствам компьютера, либо для связи процессов.

Термин - «файловая система» ОС UNIX

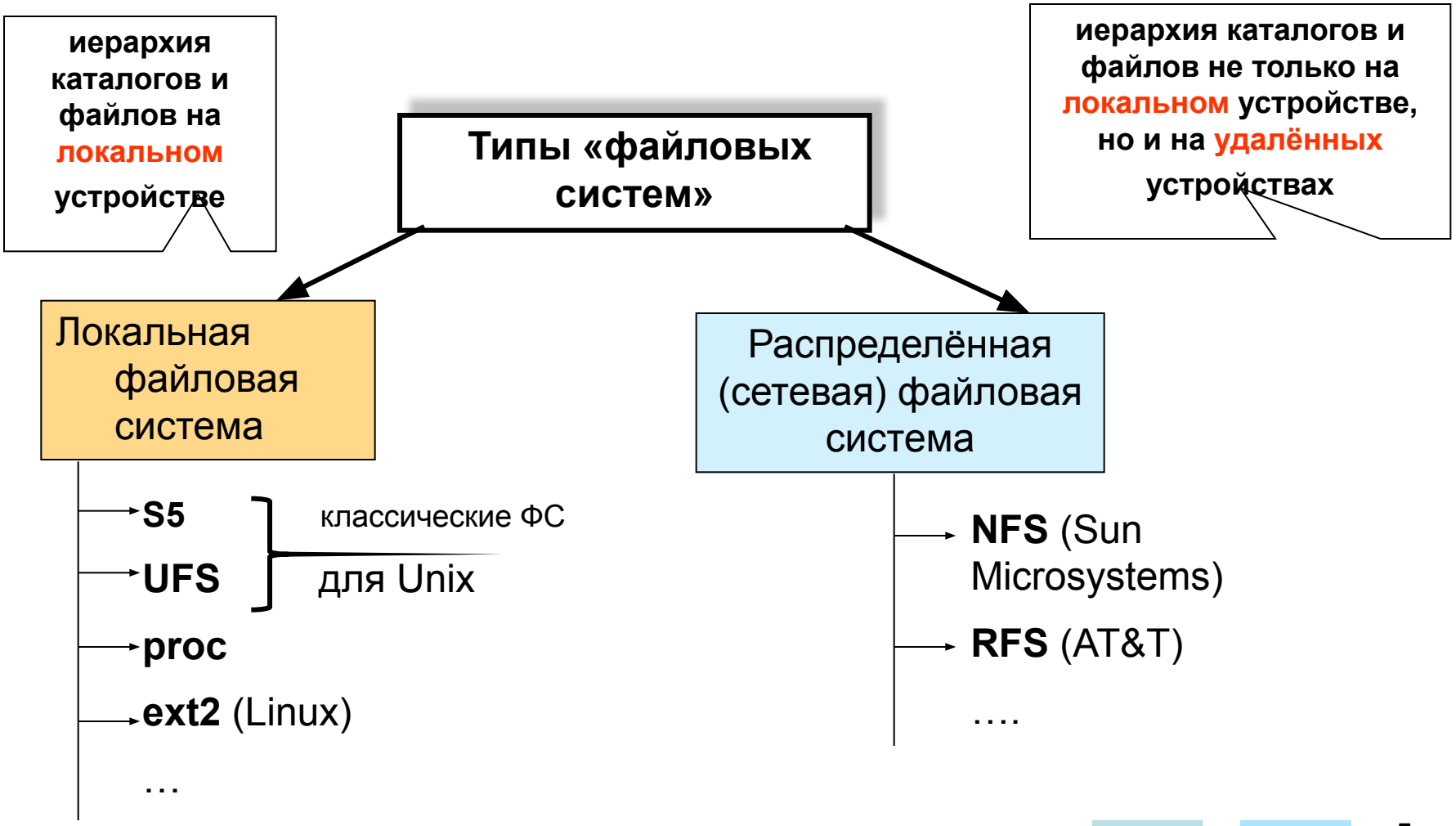
В **ОС UNIX** термин **«файловая система»** в основном используется в смысле иерархии каталогов и файлов.

Иерархия каталогов и файлов в ОС UNIX представляет **единое дерево**, которое создаётся с помощью использования концепций монтирования (команда **mount - монтирование**).



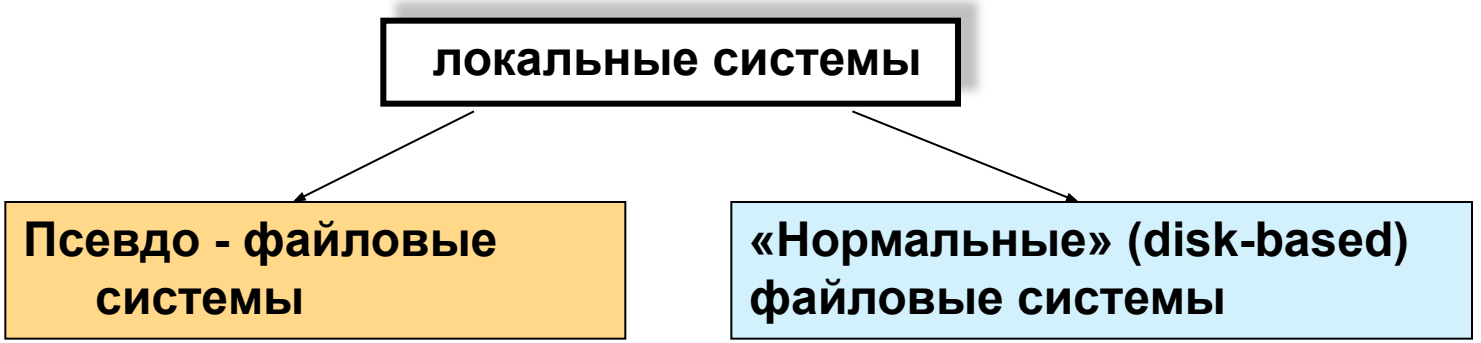
Файловые системы ОС UNIX

Принято различать следующие типы (классы) файловых систем:



Локальные файловые системы **ОС UNIX**

В локальных файловых систем (ФС) выделяют группы:



Примерами псевдо файловых систем являются:
proc, sysfs…

Примеры «нормальных» файловых систем:
s5, ufs, ext2, ext3, XFS…

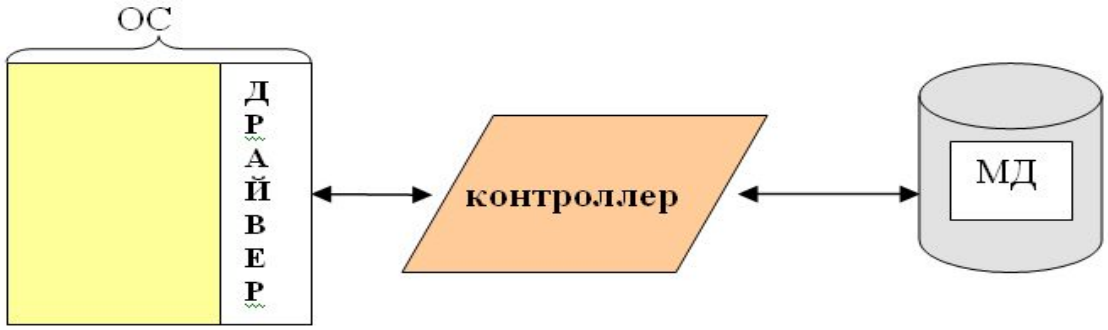
Псевдо - файловые системы располагаются в оперативной памяти.

Файловые системы современных версий ОС UNIX имеют сложную архитектуру (различную для различных версий), но все они используют базовые идеи, заложенные разработчиками UNIX (AT&T и Калифорнийский Университет г. Беркли).

Примеры файловых систем :

- **/proc** – псевдо файловая система, которая используется в качестве интерфейса к структурам данных в ядре. Большинство расположенных в ней файлов доступны только для чтения, но некоторые файлы позволяют изменить переменные ядра.
- **/tmpfs** – псевдо файловая система, которая позволяет некоторые файлы не записывать на физические диски. Эти файлы (являются временными) формируются в оперативной памяти, а затем удаляются. Поддерживает работу с виртуальной памятью
- **/devfs** – файловая система, хранящая информацию о виртуальных консолях.
- **/sysfs** – используется для получения информации о всех устройствах и драйверах
- …..

В качестве основного запоминающего устройства в ОС UNIX используются жёсткие магнитные диски (МД).



Связь с МД осуществляется через дисковый контроллер (электронная плата, присоединённая к шине периферийных устройств). Контроллер управляет операциями низкого уровня (пересылка данных, чтение/запись, ошибки).

Основные термины для структуры МД:

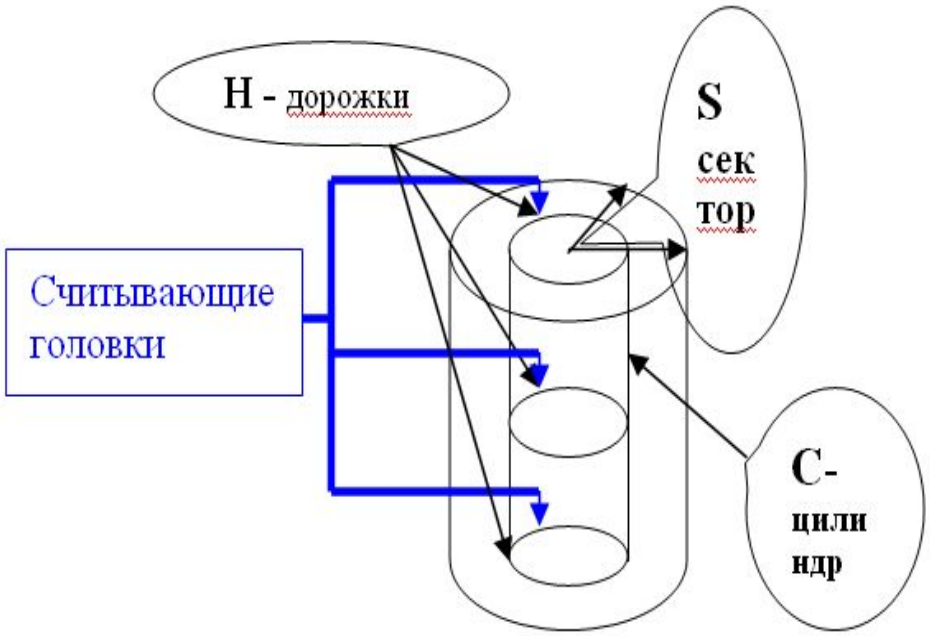
1. **S - сектор (блок - 512 байт)**
2. **H – головка (дорожка)**
3. **C - цилиндр**

физический адрес

(C- № цилиндра, H - № дорожки в цилиндре, S - № сектора)

Физическая модель (схема) МД.

- Доступная BIOS геометрия диска описывается в терминах **цилиндр – головка – сектор (C – H – S).**
- Головки чтения/записи считывают информацию с концентрических магнитных **дорожек** (**tracks**), на которые поделена каждая дисковая пластина.
- Вертикальная совокупность треков с одинаковыми номерами на всех пластинах, составляющих диск как физическое устройство, образует **цилиндр.**



Сектора (блоки) делят пластину, вместе с её треками на радиальные фрагменты размером в **512** байтов. Обмен с диском возможен минимум на уровне **сектора**. Важно то, что головки диска механически двигаются синхронно по поверхности всех пластин, т.е. если на одной из пластин информация считывается с первого трека, то и все прочие головки перемещаются на ту же дорожку, каждая на своей пластине.

С точки зрения организации файловых систем интересны именно цилиндры, как совокупность треков, к которым осуществляется синхронный доступ и сектора – минимальные кванты дискового пространства.

Основные проблемы, которые возникают при работе с МД:

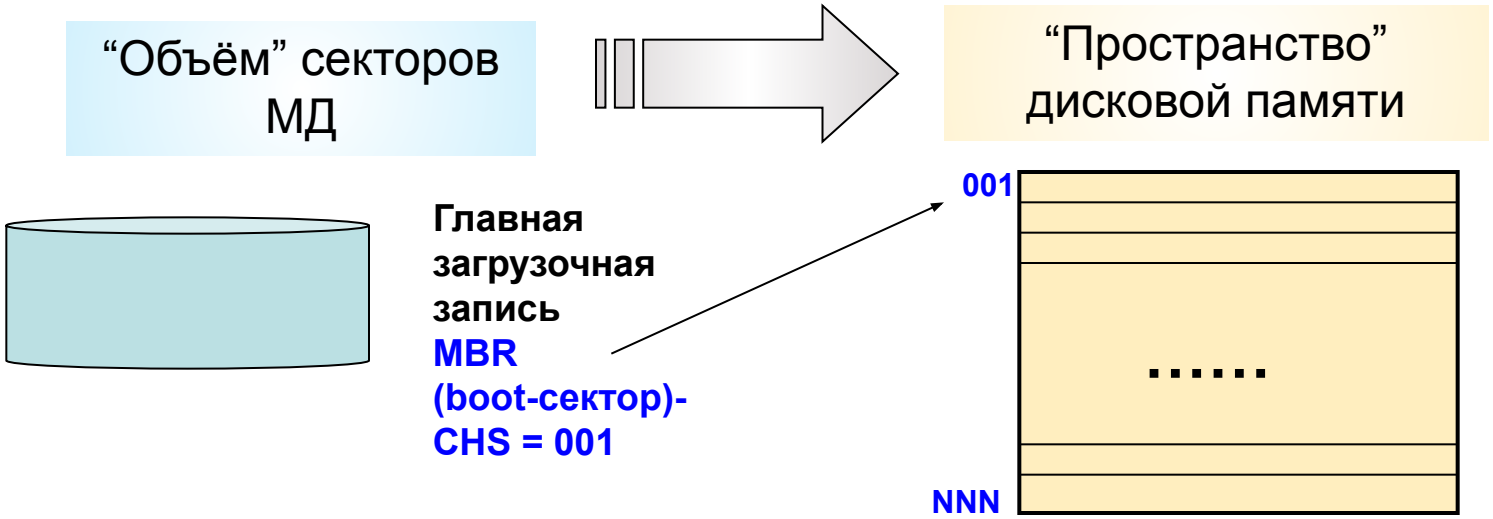
- 1. Скорость работы с файлами (дальнее перемещение головок чтения/записи)
- 2. Эффективность использования дисковой памяти (внутренняя фрагментация). Файлы могут занимать порядка 5-10% целого блока (сектора) - получается, что оставшаяся часть блока остается незанятой.
- 3. Эффективность восстановления файловой системы (для решения этой проблемы используется концепция журналирования).
- 4. «Маленькие» файлы (≤ 0,5 КБ).

Пути решения вышеперечисленных проблем в различных файловых системах:

№	s5	ufs	ext2	ext3	XFS	ReiserFS	Примечания
1	-	Концепция группы цилиндров	Концепция группы блоков	Концепция группы блоков	Концепция равных по размеру линейных областей	Единая общедоступная среда	-
2	-	Концепция фрагмента	Переменный размер блока	Переменный размер блока	Переменный размер блока	Переменный размер блока	-
3	-	-	-	Концепция журналирования	Концепция журналирования	Концепция журналирования	-
4	-	-	-	-	-	Работа с маленькими файлами	Решение - хранение маленьких файлов в области метаданных

- **Замечание:** **концепция группы блоков** отличается от **концепции группы цилиндров** тем, что в ее основе лежит тот факт, что на современных магнитных дисках количество секторов на дорожке (track) уменьшается по мере приближения к центру магнитного диска.

Логическая модель магнитного диска.



Логическая модель диска основана на том, что вся совокупность (**объём**) секторов диска представляется в формате **линейного пространства,** т.е. как **последовательность номеров секторов (001 ÷ NNN)**.

Распределение ресурсов.

1. Единица распределения ресурсов кратна размеру сектора (В UNIX’е – блок, в DOS’е - кластер).
2. Состояние единицы распределения ресурса (либо занято, либо свободно).

Все пространство дисковой памяти разделено на части (разделы).
Любая («нормальная») файловая система создается в одном разделе
(т.е. файловая система не может располагаться в нескольких разделах).

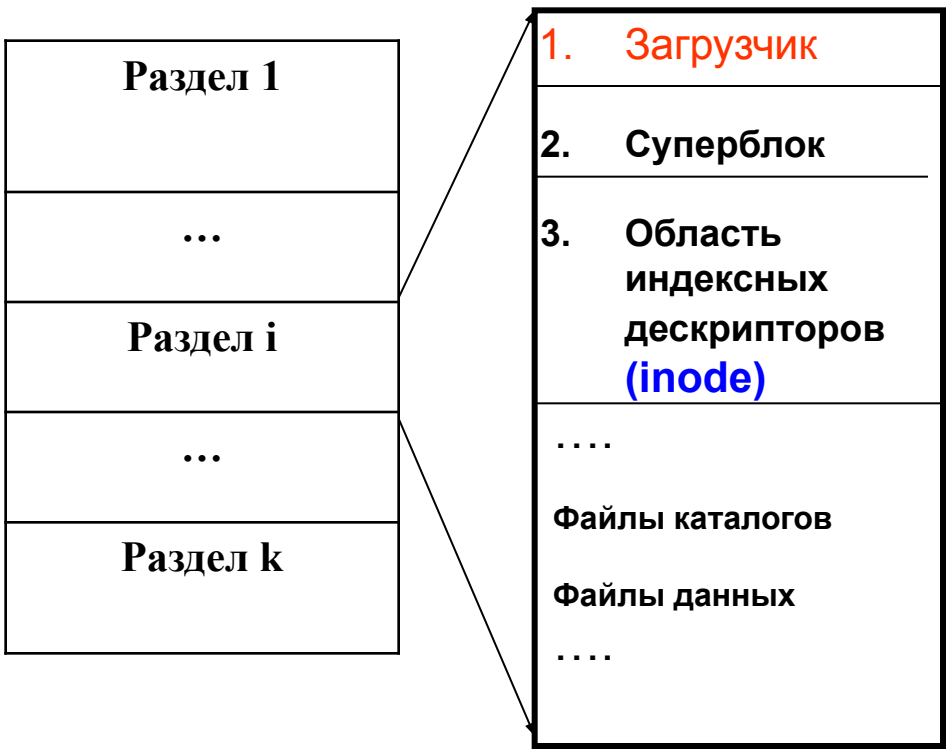
Разделы (partitions) диска.

- Для распределения совокупности секторов дисковой памяти в **линейное пространство** необходима единица размещения. Единицу размещения дисковой памяти принято называть **блоком** (в системах типа Windows –**кластером**).
- **Блок** включает один или несколько **секторов.**
- Все линейное дисковое пространство обычно делится на несколько частей – **разделов** (**partitions).** В один **раздел** объединяется группа смежных цилиндров. Разделение всего дискового пространства на разделы полезно по нескольким причинам. Например, это позволяет структурировать хранение данных и исключить (уменьшить) «дальние перемещения» головок чтения/записи и тем самым повысить скорость выполнения операций чтения и записи.
- Очевидно, что для каждого раздела следует хранить **информацию о его начале и конце** (т.е. номера первого и последнего из задействованных в разделе цилиндров).

Схема разбиения дискового пространства на разделы

Элементы файловой системы

- Файловая система каждого из разделов диска состоит из нескольких структурных элементов: загрузчик, суперблок, таблица индексных дескрипторов, блоки описания файлов, каталоги и собственно файлы.



Загрузочный блок (boot block) - это, как правило, часть метки диска (disk label). В загрузочном блоке записана **маленькая программа**, которая при старте системы загружает ядро ОС с диска в оперативную память.

Загрузочный блок располагается в первом секторе диска. Загрузочный блок имеет смысл только для **первого раздела жесткого** диска, однако место для него резервируется в каждом разделе.

Организация файловой системы S5.

Замечание. Обозначение дисков (Linux):

- **/dev/hd<u>a</u>** – первый диск
- **/dev/hd<u>b</u>** – …
- **/dev/hd<u>c</u>** – …

Разделы:

- **hda1**
- … используются только
- первичные разделы
- **hda4**

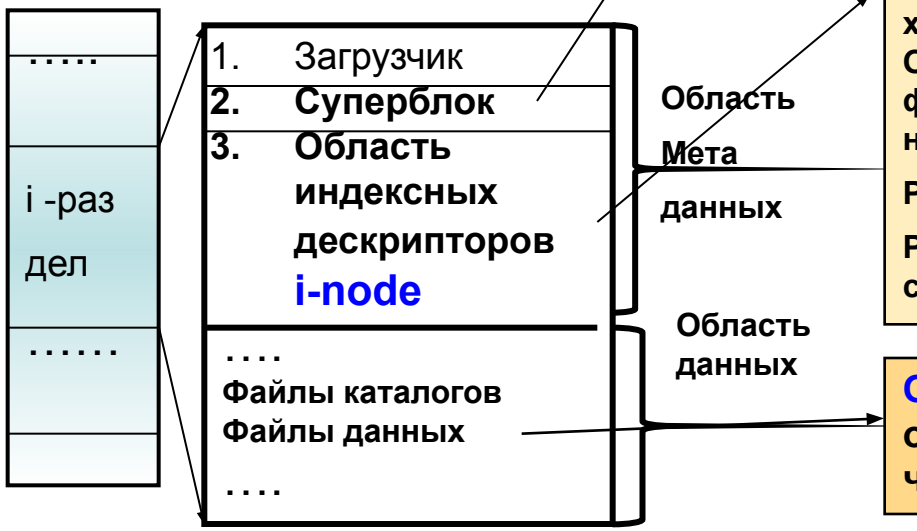
Логические разделы нумеруются, начинается с 5.

Суперблок – содержит самую общую информацию о ФС (размер ФС, размер области индексных дескрипторов, их число, список свободных блоков, свободные индексные дескрипторы и т. д.). Суперблок всегда находится в оперативной памяти. Различные версии ОС UNIX способны поддерживать разные типы файловых систем. Поэтому у структуры суперблока могут быть варианты (сведения о свободных блоках, например, часто хранятся не как список, а как шкала бит), но всегда суперблок располагается за загрузочным блоком.

Область индексных дескрипторов состоит из inode'ов. С каждым файлом связан один inode, но одному inode может соответствовать несколько файлов. В inode хранится вся информация о файле, кроме его имени. Область индексных дескрипторов имеет фиксированный формат и располагается непосредственно за суперблоком

Размер индексного дескриптора фиксирован - 128 байт.

Размер таблицы индексных дескрипторов задается при создании файловой системы на разделе.



Область данных – в ней расположены как обычные файлы, так и файлы каталогов (в том числе корневой каталог).

Разделы диска

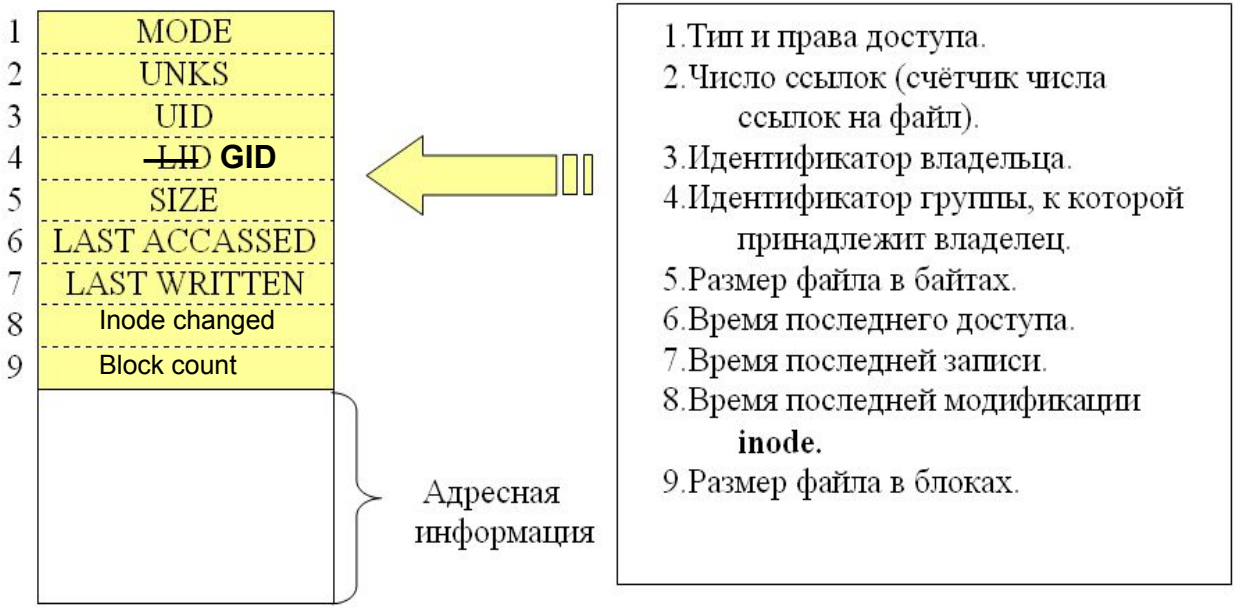
(на слайд 22)

Структура индексного дескриптора (inode).

Вся информация о файлах, кроме их содержимого и имени, находится в так называемых **дескрипторах (описателях)** файлов.

Каждому файлу соответствует один дескриптор . Он имеет фиксированный формат и располагается **непрерывным массивом**, начиная со второго блока.

Размер одного индексного **дескриптора** зависит от типа файловой системы, однако чаще всего его размер равен **128 байт**.

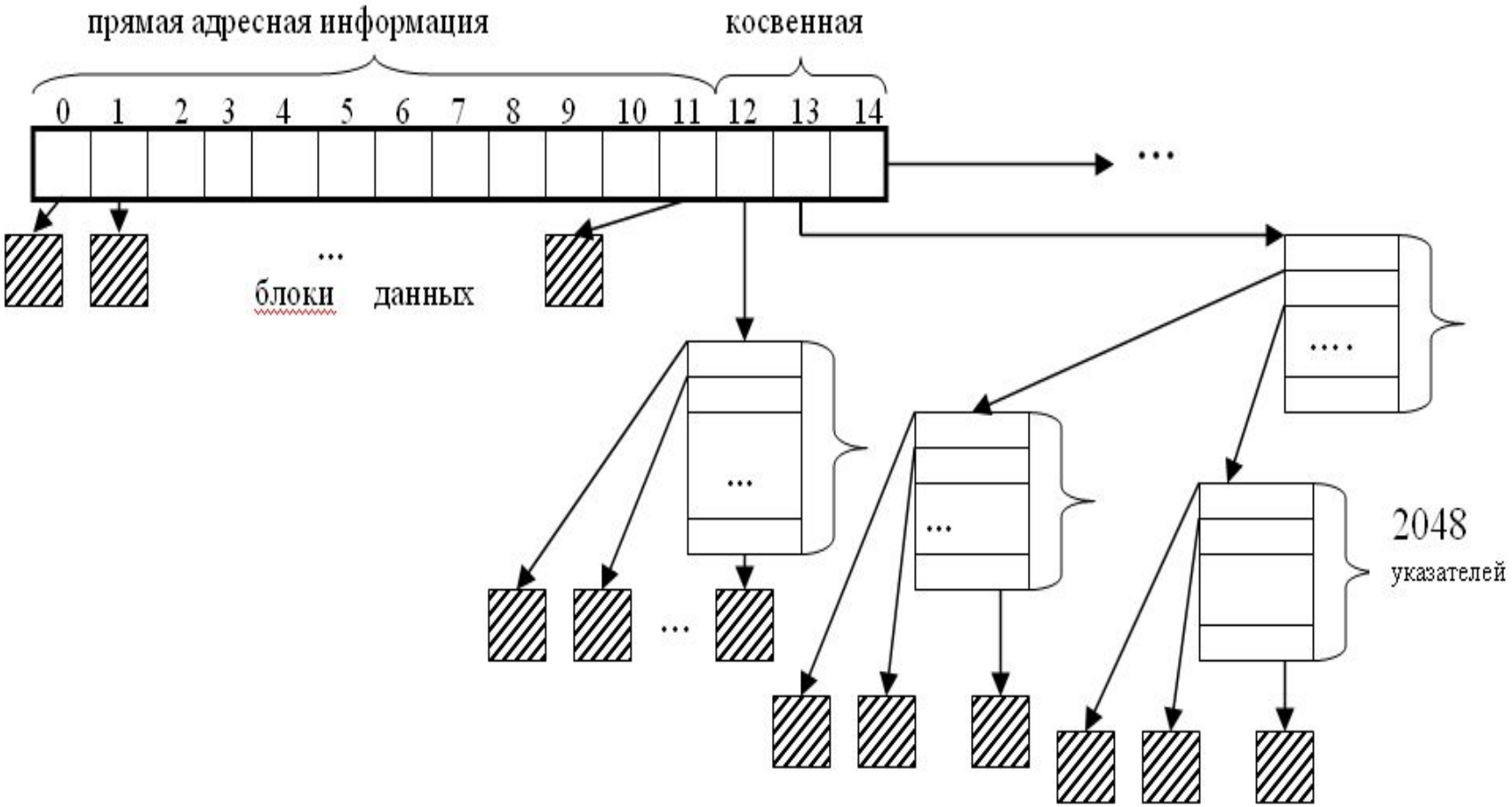


Общее число дескрипторов - описателей максимального числа файлов - задаётся в момент создания ФС. Описатели нумеруются натуральными числами.

Первый описатель закреплён за файлом «плохих» блоков. Второй - описывает корневой каталог ФС.

Назначение прочих описателей не имеет фиксированного предназначения. Зная номер и размер описателя нетрудно вычислить его координаты на диске.

Структура адресной информации inode в системе S5 .



Замечание:

- Данный метод адресации задействован и в файловой системе **NTFS**, используемой в ОС Windows NT/2000/XP. Здесь он дополнен достаточно естественным приемом, сокращающим объем адресной информации: **адресуются не блоки файлов, а непрерывные области, состоящие из смежных блоков диска**.

- Каждая такая область, называемая ***отрезком (run),*** или ***экстентом (extent),*** описывается с помощью двух чисел: начального номера кластера и количества кластеров в отрезке.

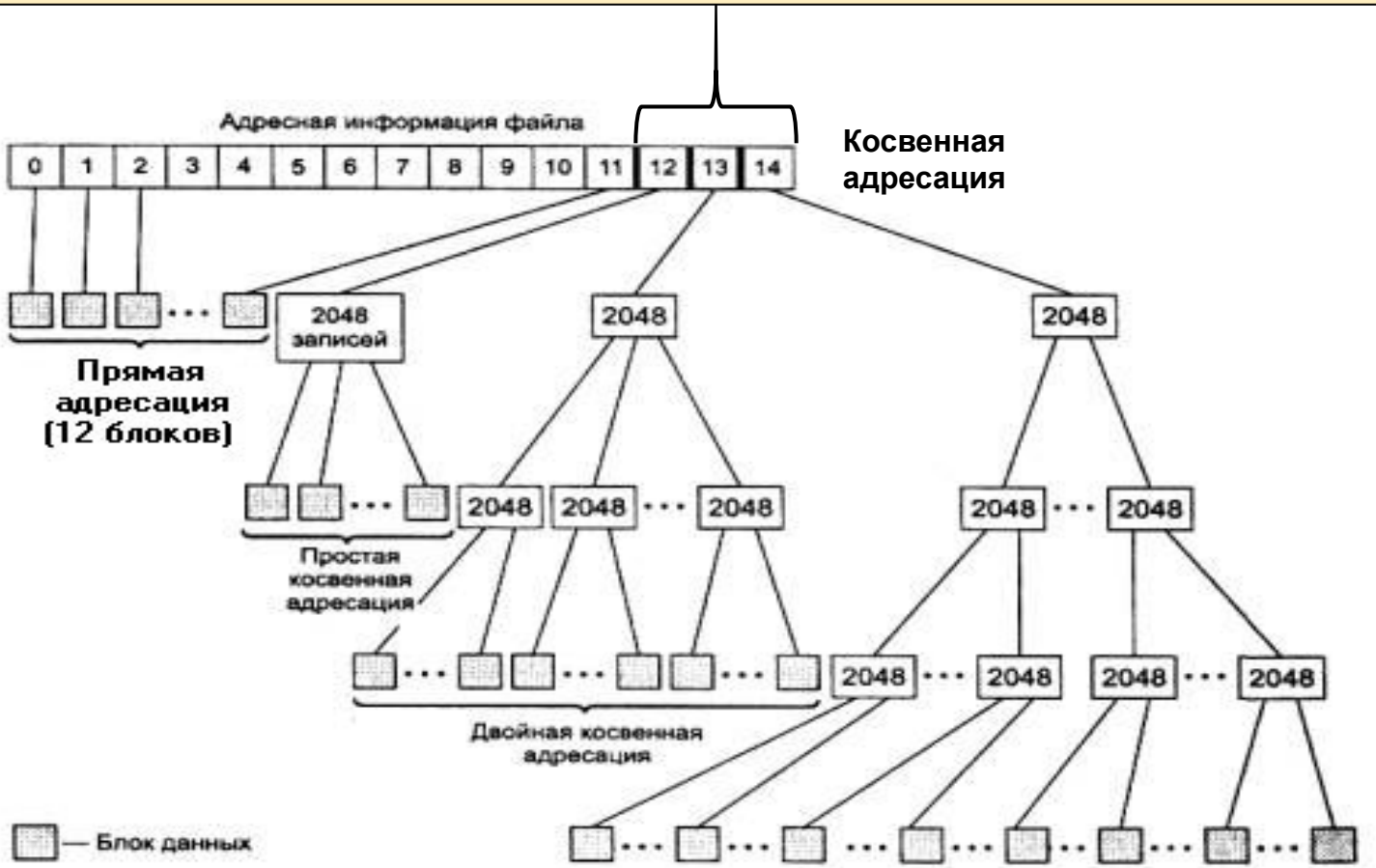
- Так как для сокращения времени операции обмена ОС старается разместить *файл в последовательных блоках, то в большинстве случаев количество последовательных областей файла будет меньше количества кластеров файла* и объем служебной адресной информации в NTFS сокращается по сравнению со схемой адресации, используемой в различных версиях ОС UNIX.

Структура адресной информации индексного дескриптора inode файловой системы ufs.

ФС **ufs** является развитием **S5**. В **ufs** следует отметить две особенности, которые призваны решить две проблемы:

1- дальние перемещения головок чтения-записи (**концепция группы цилиндров**)

2- внутренняя фрагментация (**концепция фрагментов**)



Концепция цилиндров

- После создания файловой системы файлы записываются в последовательные блоки. В дальнейшем (когда файлы создаются, удаляются, изменяются) файлы занимают любые свободные блоки. Таким образом, файл может быть разбросан по всему диску.

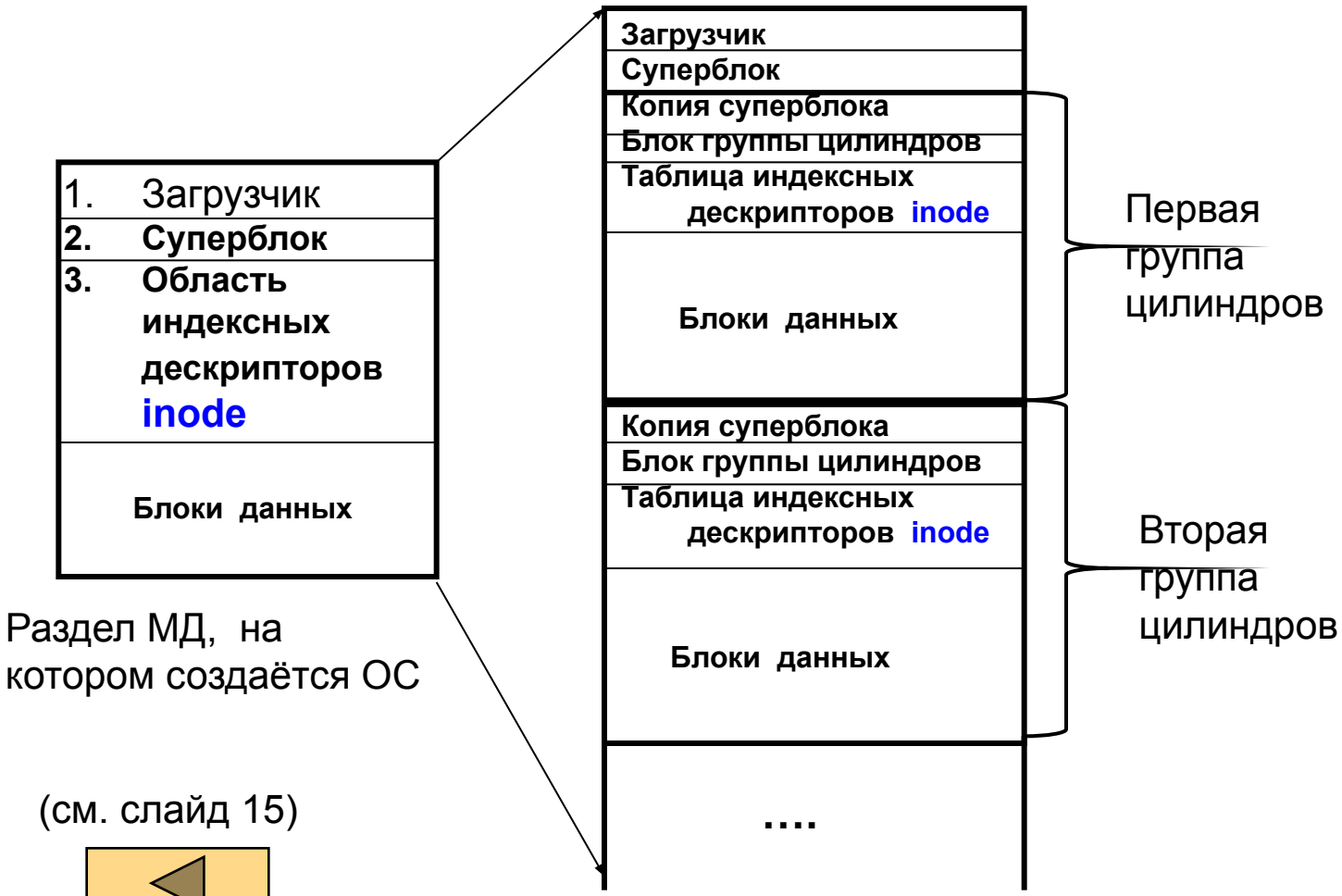
- Таблица индексных дескрипторов находится в начале ФС, поэтому по мере заполнения ФС и увеличения фрагментации всё больше времени тратится на частые и дальние перемещения головок чтения/записи. Для устранения этого недостатка используют концепцию групп цилиндров.

- Первоначально эта концепция появилась в ФС **ufs**. По умолчанию **ufs** использует **группы цилиндров, состоящие из 16** цилиндров.

- Каждая группа цилиндров описывается своим **блоком группы цилиндров**.

Концепция группы цилиндров

- Концепция группы цилиндров может быть проиллюстрирована следующим рисунком



(см. слайд 15)

Замечание:

- Файлы по-прежнему остаются фрагментированными, однако схема, которую использует **ФС ufs**, значительно сокращает фрагментацию по сравнению с **S5** (где данная концепция не используется).

- ФС стремится **размещать каталоги и входящие в них файлы в одной и той же группе цилиндров**. Таким образом, чтобы, например, прочитать файл, потребуется переместить головки максимум на 16 цилиндров.

- **Большие файлы распределяются между группами цилиндров** так, чтобы занимать не более 2 мегабайт в каждой из групп. Это предотвращает заполнение группы цилиндров одним файлом.

- Выигрыш достигается за счёт того, что дальние перемещения головок осуществляются только после того, как прочиталось или записалось **2 Мб** информации.
- Эффективность схемы размещения файлов падает, если системе не хватает места для перемещения информации. Процессы чтения и записи замедляются, если свободно менее 10% ФС.
- Необходимый запас автоматически резервируется ОС **и только суперпользователь** имеет право его использовать.

Блоки и фрагменты (в ufs).

фрагмент = 1024 байт = 1Кб

блок = 8Кб = 8192 байта

- Преимуществом большого блока является то, что ускоряется обмен данными с диском при передаче больших объёмов информации.
- Недостаток: блоки больших размеров неэкономно используют дисковое пространство.
- Для борьбы с внутренней фрагментацией используется **метод разбиения блока на фрагменты,** которые можно распределять таким образом, чтобы файл мог и не занимать весь блок целиком.
- **Размер фрагмента не меньше размера сектора**.

Взаимосвязь между элементами каталогов и описателями файлов.

1. Каталоги – это файлы особого типа (хранятся они в области данных).
2. Структура файла каталога очень проста. Каталог - это таблица, каждый элемент которой состоит минимум из 2-х полей :

имя файла	№ индексного дескриптора-inod

3. Способ представления имени зависит от типа ФС. Никакой другой информации в элементе каталога нет, т.е каталог только отображает **имя файла → номер inod`a**

В любом каталоге содержатся два стандартных имени: “ · ” и “ ·· ”.

Имени “ · ” - соответствует **inod** самого этого каталога.

Имени “ ·· ” - соответствует **inod** “родительского” каталога.

(родительским называется каталог, в котором содержится имя данного каталога)

Взаимосвязь между элементами каталогов и описателями файлов.

4. Один индексный дескриптор может быть связан с несколькими именами файлов.

имя файла1 - abc	№ -inod = 1013

имя файла2 – pm3x	№ -inod = 1013

Такие ссылки называются жёсткими и могут использоваться только внутри одной ФС (нельзя создавать ссылку для файла из другой ФС. Более того – жёсткая ссылка может указывать только на файл – ссылка на каталог может привести к зацикливанию в ФС.

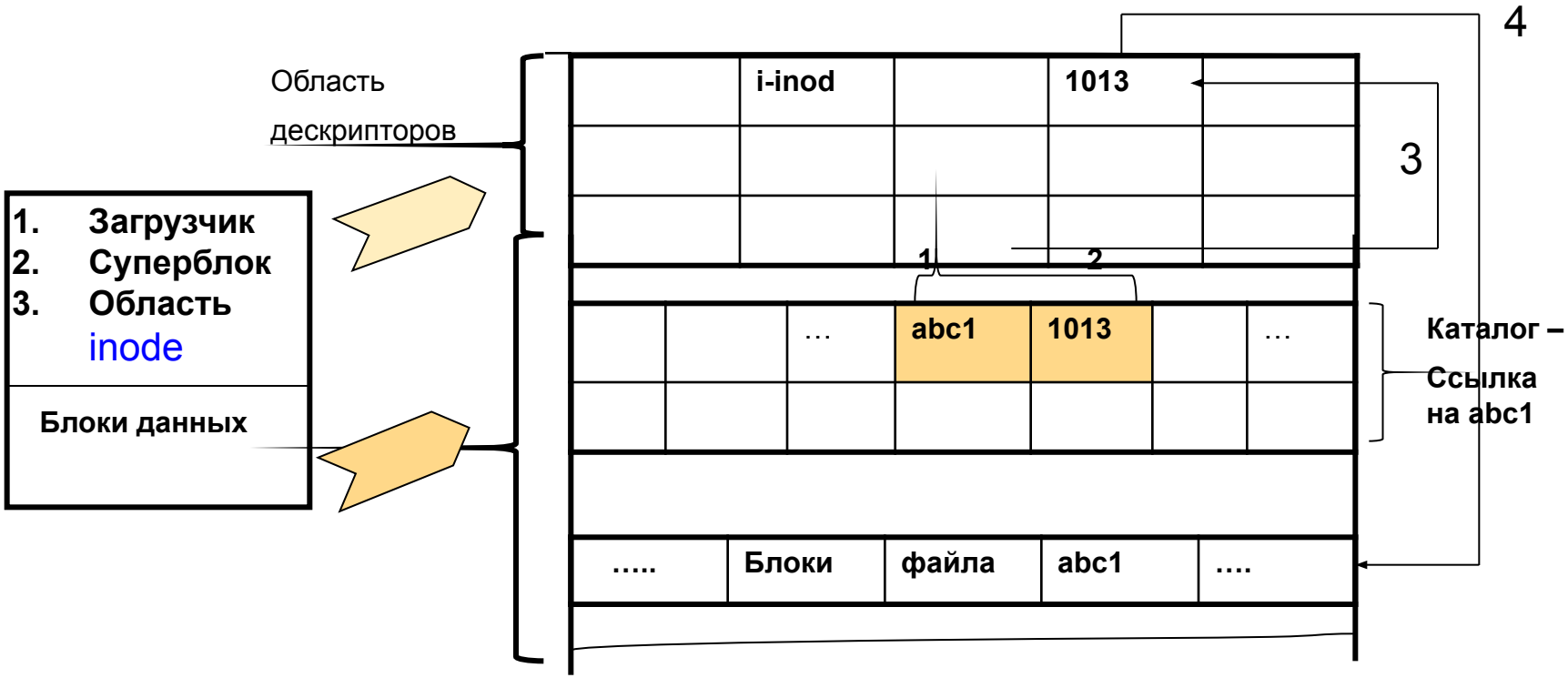
Пример: $ln abc pm3x

5. Существует ещё один тип ссылок. Это ссылки содержат только имя файла и называются символическими [ключ – S в команде ln]

Так как символическая ссылка не указывает на индексный дескриптор, то возможно создание ссылки на файлы, расположенные в другой ФС. Эти ссылки могут указывать на файлы любого типа – даже несуществующие.

ВЫВОД: С точки зрения ФС - любой каталог представляет собой обычный файл со своим описателем.

Взаимосвязь между элементами каталогов и inod` s



Чтобы получить доступ к файлу **abc1** ядро ОС выполняет действия

1.Находит имя abc1 в каталоге, содержащем ссылку на это файл.

2.Выбирает номер инд. дескриптора(1013) файла abc1.

3. По номеру 1013 находит inod в области дескрипторов.

4.Из inod – адреса блоков данных файла abc1 – по эти адресам считывает блоки данных

Монтирование ФС.

- Каждый **раздел диска** чаще всего **содержит свою файловую систему**. Чтобы удобно представлять данные в виде дерева, недостаточно хранить содержимое файлов, их имена и структуру этого дерева. Нужно решить массу технических задач, связанных с быстродействием, надежностью, распределением свободного места и т. д.
- Одну из доступных файловых систем ядро считает **корневой**. Эта файловая система **монтируется** на корневой каталог, в результате чего ее содержимое становится доступно в виде дерева каталогов, растущего непосредственно из **/**. Любой из каталогов текущего дерева может служить точкой монтирования другой файловой системы.

При загрузке корневая ФС автоматически монтируется ядром.

Администратор должен позаботиться о том, чтобы другие необходимые ФС были также подмонтированы. Обычно они монтируются при загрузке, однако это может быть сделано и после процесса загрузки – командой:

mount [-опции] [файловая система] [точка монтирования]

Поясним термин - монтирование файловых систем.

Пример:

- **#mount /dev/hda9 /home**

Чтобы сделать ФС недоступной (отмонтировать):

- **umount [-опции] [ФС или точка монтирования]**

- После выполнения команды mount вида (**mount /dev/hda9 /home)** содержимое файловой системы, лежащей на разделе, становится доступно в виде дерева, растущего из **каталога**.
- Список всех файловых систем, которые монтируются по ходу начальной загрузки, обычно лежит в файле **/etc/fstab**.
- Помимо дисковых файловых систем там можно встретить упоминание **файловых систем в памяти** (временных) или **procfs** – это ФС, позволяющая в виде дерева каталогов представлять структуру **процессов** UNIX.
- Некоторые устройства (например, CD-ROM) помечены **noauto** в знак того, что при старте их монтировать не надо. Запись в **fstab** служит только напоминанием, какое именно устройство какой точке монтирования соответствует.

Замечания: названия стандартных каталогов

В UNIX существует довольно строгая договоренность относительно того, **как должны называться стандартные каталоги** системы и для чего их следует использовать.

Регулярно выпускается **документ, именуемый FHS (Filesystem Hierarchy Standard)** Во многих системах есть отдельная страница руководства **man hier**, подробно описывающая основные каталоги и их назначение.

Содержимого каталогов корневой файловой системы должно быть достаточно для аварийной загрузки и "лечения" UNIX.

- в **/bin и /sbin** должны лежать только самые необходимые пользовательские и системные утилиты,
- в **/lib** - все, что необходимо для работы этих утилит;
- в **/dev** UNIX хранит всевозможные файлы-устройств,
- в **/boot** - все, что необходимо для досистемной загрузки.
- в специальном каталоге **/tmp** - кто угодно и когда угодно может (временно) хранить свои файлы.
- важен каталог **/etc**, содержащий все настройки системы (включая файлы паролей и настройки программных продуктов).

Содержимое этих каталогов занимает, как правило, не очень много места; его удобно копировать на какой-нибудь резервный носитель

далее: названия стандартных каталогов

- Каталог **/var** предназначен для файлов, размер (и количество) которых все время меняется: для системных журналов **(/var/log),** почты **(/var/mail),** очередей (на печать, на выполнение - **/var/spool**) и т. п..

- Каталог **/mnt** содержит временные точки монтирования, то есть пустые подкаталоги, на которые при помощи mount можно временно отобразить содержимое какой-нибудь файловой системы (например, того же CD-ROM), не опасаясь, что какие-то файлы при этом не будут видны.

- Каталог **/home** принято отводить под домашние каталоги пользователей.
- Каталог **/usr** содержит все то, чего не было в **/**, и что необходимо для штатной работы системы.

- Многие каталоги называются так же, как и подкаталоги корневого: **/usr/bin, /usr/sbin, /usr/lib** и другие; их назначение повторяет назначение одноимённых корневых каталогов.

- Подкаталог **man** содержит страницы помощи, **info** - info-систему, **doc** - прочую документацию, **locale и nls** задают язык диалога с пользователем (например, русский) и прочие особенности национальной формы представления данных (даты, времени, денежных единиц)
- И т.д.

Создание ФС.

ФС в разделе диска создаётся командой **newfs.**

В этой команде требуется указать имя раздела и строку аргументов, которые будут переданы команде mkfs.

mkfs – создаёт ФС. Команде mkfs требуется указать параметры:

- а) *имя раздела*, где создаётся ФС;
- б) *размер блоков* раздела;
- в) *количество* описателей файлов.

ФС в минимальном варианте содержит корневой каталог и каталог **lost+found.**

СПАСИБО
за внимание!

Конец лекции №3