

Лабораторная работа № 16.

Программный RAID

Отчёт

Сергеев Даниил Олегович

Содержание

1	Цель работы	5
2	Задание	6
3	Ход выполнения лабораторной работы	7
3.1	Создание виртуальных носителей	7
3.2	Создание RAID-диска	7
3.3	RAID-массив с горячим резервом (hotspare)	15
3.4	Преобразование массива RAID 1 в RAID 5	17
4	Ответы на контрольные вопросы	21
5	Вывод	23
	Список литературы	24

Список иллюстраций

3.1	Диски в меню VirutalBox	7
3.2	Список подключенных дисков	8
3.3	Создание раздела на /dev/sdg	9
3.4	Создание раздела на /dev/sdf	9
3.5	Создание раздела на /dev/sdb	10
3.6	Проверка типа разделов	10
3.7	Установка типа fd для разделов	11
3.8	Состояние дисков sdg, sdf, sdb	11
3.9	Состояние массива /dev/md0	12
3.10	Форматирование и “сбой” /dev/md0	13
3.11	Состояние /dev/md0 после замены диска	14
3.12	Удаление массива RAID /dev/md0	14
3.13	Добавление диска к новому массиву	15
3.14	Состояние RAID1 /dev/md0 с тремя дисками	16
3.15	Состояние RAID1 с 3-мя дисками после сбоя	16
3.16	Создание RAID1 /dev/md0	17
3.17	Состояние RAID1 /dev/md0	18
3.18	Состояние RAID5 /dev/md0	19
3.19	Состояние RAID5 /dev/md0, с размером 3 диска	19

Список таблиц

1 Цель работы

Освоить работу с RAID-массивами при помощи утилиты mdadm. [1]

2 Задание

- Прочитайте руководство по работе с утилитами fdisk, sfdisk и mdadm.
- Добавить три диска на виртуальную машину (объёмом от 512 MiB каждый).
При помощи sfdisk создать на каждом из дисков по одной партии, задав тип раздела для RAID.
- Создать массив RAID 1 из двух дисков, смонтировать его. Эмитировать сбой одного из дисков массива, удалить искусственно выведенный из строя диск, добавить в массив работающий диск.
- Создать массив RAID 1 из двух дисков, смонтировать его. Добавить к массиву третий диск. Эмитировать сбой одного из дисков массива. Проанализировать состояние массива, указать различия по сравнению с предыдущим случаем.
- Создать массив RAID 1 из двух дисков, смонтировать его. Добавить к массиву третий диск. Изменить тип массива с RAID1 на RAID5, изменить число дисков в массиве с 2 на 3. Проанализировать состояние массива, указать различия по сравнению с предыдущим случаем

3 Ход выполнения лабораторной работы

3.1 Создание виртуальных носителей

Перед выполнением лабораторной работы добавим через меню VirtualBox дополнительные диски disk4.vdi, disk5.vdi, disk6.vdi размером 512 МБ.

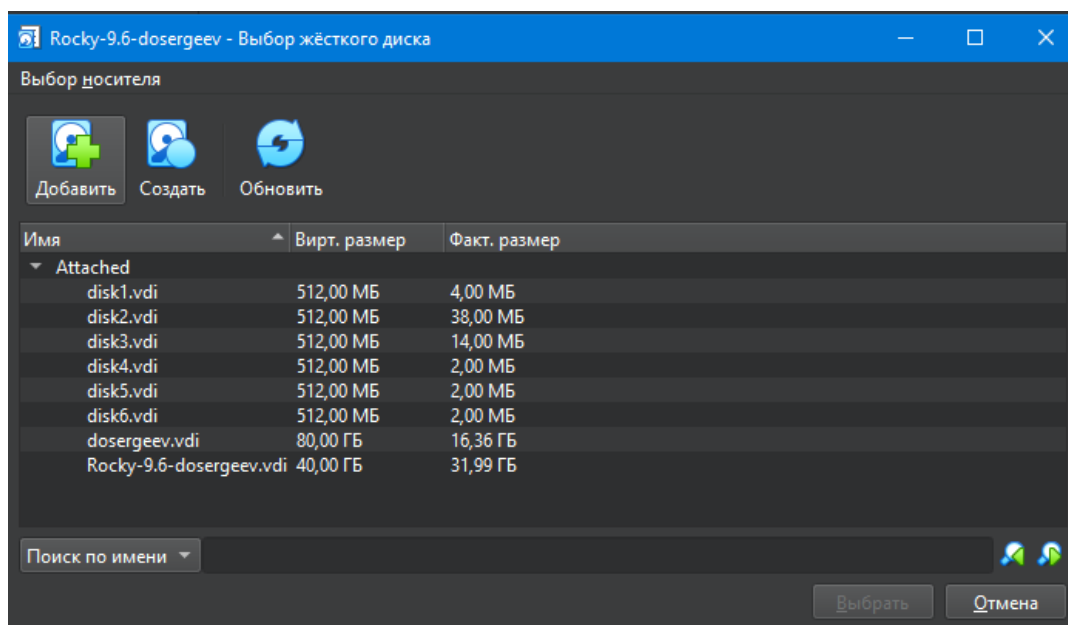


Рис. 3.1: Диски в меню VirtualBox

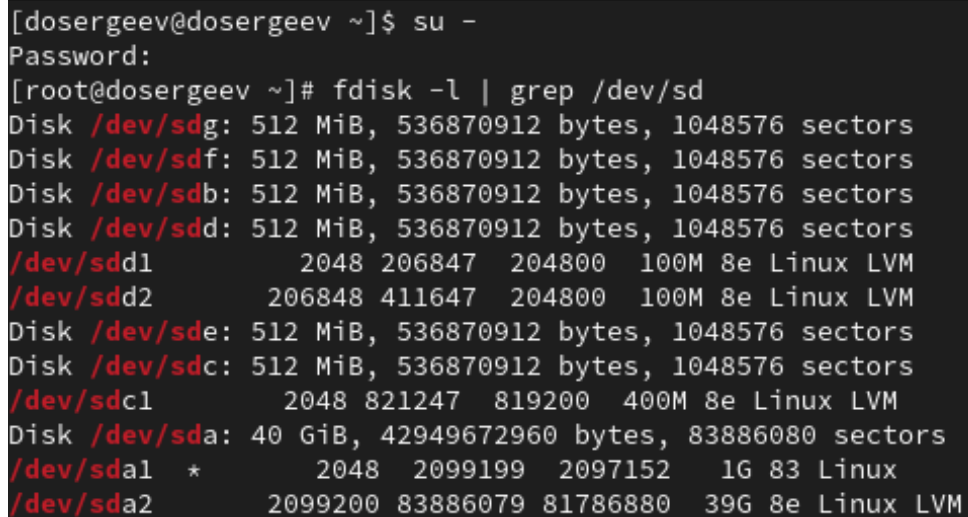
3.2 Создание RAID-диска

Получим полномочия администратора и проверим наличие созданных дисков.

```
su -
```

```
fdisk -l | grep /dev/sd
```

Добавленные диски отобразились как /dev/sdg /dev/sdf и /dev/sdb.



```
[dosergeev@dosergeev ~]$ su -
Password:
[root@dosergeev ~]# fdisk -l | grep /dev/sd
Disk /dev/sdg: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
Disk /dev/sdf: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
Disk /dev/sdb: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
Disk /dev/sdd: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
/dev/sdd1          2048 206847  204800  100M 8e Linux LVM
/dev/sdd2          206848 411647  204800  100M 8e Linux LVM
Disk /dev/sde: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
Disk /dev/sdc: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
/dev/sdc1          2048 821247  819200  400M 8e Linux LVM
Disk /dev/sda: 40 GiB, 42949672960 bytes, 83886080 sectors
/dev/sda1 *        2048  2099199  2097152   1G 83 Linux
/dev/sda2          2099200 83886079 81786880  39G 8e Linux LVM
```

Рис. 3.2: Список подключенных дисков

Создадим на каждом из дисков по разделу и проверим их тип:

```
sfdisk /dev/sdg <<EOF
```

```
;
```

```
EOF
```

```
sfdisk /dev/sdf <<EOF
```

```
;
```

```
EOF
```

```
sfdisk /dev/sdb <<EOF
```

```
;
```

```
EOF
```

```
sfdisk --print-id /dev/sdg 1
```

```
sfdisk --print-id /dev/sdf 1
```

```
sfdisk --print-id /dev/sdb 1
```


Каждый из разделов имеет тип 83:Linux - файловая система Linux, которая ставится по умолчанию.

```
[root@dosergeev ~]# sfdisk /dev/sdg <<EOF
> ;
> EOF
Checking that no-one is using this disk right now ... OK

Disk /dev/sdg: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
Disk model: VBOX HARDDISK
Units: sectors of 1 * 512 = 512 bytes
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes

>>> Created a new DOS disklabel with disk identifier 0x6da88e21.
/dev/sdg1: Created a new partition 1 of type 'Linux' and of size 511 MiB.
/dev/sdg2: Done.

New situation:
Disklabel type: dos
Disk identifier: 0x6da88e21

Device      Boot Start      End Sectors  Size Id Type
/dev/sdg1                2048 1048575 1046528   511M 83 Linux

The partition table has been altered.
Calling ioctl() to re-read partition table.
Syncing disks.
```

Рис. 3.3: Создание раздела на /dev/sdg

```
[root@dosergeev ~]# sfdisk /dev/sdf <<EOF
> ;
> EOF
Checking that no-one is using this disk right now ... OK

Disk /dev/sdf: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
Disk model: VBOX HARDDISK
Units: sectors of 1 * 512 = 512 bytes
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes

>>> Created a new DOS disklabel with disk identifier 0xc3080560.
/dev/sdf1: Created a new partition 1 of type 'Linux' and of size 511 MiB.
/dev/sdf2: Done.

New situation:
Disklabel type: dos
Disk identifier: 0xc3080560

Device      Boot Start      End Sectors  Size Id Type
/dev/sdf1                2048 1048575 1046528   511M 83 Linux

The partition table has been altered.
Calling ioctl() to re-read partition table.
Syncing disks.
```

Рис. 3.4: Создание раздела на /dev/sdf

```
[root@dosergeev ~]# sfdisk /dev/sdb <<EOF
> ;
> EOF
Checking that no-one is using this disk right now ... OK

Disk /dev/sdb: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
Disk model: VBOX HARDDISK
Units: sectors of 1 * 512 = 512 bytes
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes
Disklabel type: dos
Disk identifier: 0xaab2be2b

Old situation:

>>> Created a new DOS disklabel with disk identifier 0x5332b9b8.
/dev/sdb1: Created a new partition 1 of type 'Linux' and of size 511 MiB.
/dev/sdb2: Done.

New situation:
Disklabel type: dos
Disk identifier: 0x5332b9b8

Device      Boot Start      End Sectors  Size Id Type
/dev/sdb1             2048 1048575 1046528   511M 83 Linux

The partition table has been altered.
Calling ioctl() to re-read partition table.
Syncing disks.
```

Рис. 3.5: Создание раздела на /dev/sdb

```
[root@dosergeev ~]# sfdisk --print-id /dev/sdg 1
sfdisk: print-id is deprecated in favour of --part-type
83
[root@dosergeev ~]# sfdisk --print-id /dev/sdf 1
sfdisk: print-id is deprecated in favour of --part-type
83
[root@dosergeev ~]# sfdisk --print-id /dev/sdb 1
sfdisk: print-id is deprecated in favour of --part-type
83
```

Рис. 3.6: Проверка типа разделов

Посмотрим, какие типы партиций относятся к RAID в утилите sfdisk:

```
sfdisk -T | grep -i raid
```

Можно задать тип fd:Linux raid autodetect, установим его:

```
sfdisk --change-id /dev/sdg 1 fd
sfdisk --change-id /dev/sdf 1 fd
sfdisk --change-id /dev/sdb 1 fd
```

```

[root@dosergeev ~]# sfdisk -T | grep -i raid
fd Linux raid autodetect
[root@dosergeev ~]# sfdisk --change-id /dev/sdg 1 fd
sfdisk: change-id is deprecated in favour of --part-type

The partition table has been altered.
Calling ioctl() to re-read partition table.
Syncing disks.
[root@dosergeev ~]# sfdisk --change-id /dev/sdf 1 fd
sfdisk: change-id is deprecated in favour of --part-type

The partition table has been altered.
Calling ioctl() to re-read partition table.
Syncing disks.
[root@dosergeev ~]# sfdisk --change-id /dev/sdb 1 fd
sfdisk: change-id is deprecated in favour of --part-type

The partition table has been altered.
Calling ioctl() to re-read partition table.
Syncing disks.

```

Рис. 3.7: Установка типа fd для разделов

Посмотрим состояние дисков:

```
sfdisk -l /dev/sdg
```

```
sfdisk -l /dev/sdf
```

```
sfdisk -l /dev/sdb
```

```

[root@dosergeev ~]# sfdisk -l /dev/sdg
Disk /dev/sdg: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
Disk model: VBOX HARDDISK
Units: sectors of 1 * 512 = 512 bytes
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes
Disklabel type: dos
Disk identifier: 0x6da88e21

Device      Boot Start      End Sectors  Size Id Type
/dev/sdg1   2048 1048575 1046528  511M fd Linux raid autodetect
[root@dosergeev ~]# sfdisk -l /dev/sdf
Disk /dev/sdf: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
Disk model: VBOX HARDDISK
Units: sectors of 1 * 512 = 512 bytes
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes
Disklabel type: dos
Disk identifier: 0xc3080560

Device      Boot Start      End Sectors  Size Id Type
/dev/sdf1   2048 1048575 1046528  511M fd Linux raid autodetect
[root@dosergeev ~]# sfdisk -l /dev/sdb
Disk /dev/sdb: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
Disk model: VBOX HARDDISK
Units: sectors of 1 * 512 = 512 bytes
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes
Disklabel type: dos
Disk identifier: 0x5332b9b8

Device      Boot Start      End Sectors  Size Id Type
/dev/sdb1   2048 1048575 1046528  511M fd Linux raid autodetect

```

Рис. 3.8: Состояние дисков sdg, sdf, sdb

У каждого из них имеется раздел под номером 1, который занимает все имеющееся пространство и имеет тип fd.

При помощи утилиты mdadm создадим массив RAID 1 из двух дисков /dev/sdg1 и /dev/sdf1:

```
mdadm --create --verbose /dev/md0 --level=1 --raid-devices=2 /dev/sdg1 /dev/sdf1
```

Проверим состояние массива RAID: /dev/md0:

```
cat /proc/mdstat
```

```
mdadm --query /dev/md0
```

```
mdadm --detail /dev/md0
```

```
[root@dosergeev ~]# mdadm --create --verbose /dev/md0 --level=1 --raid-devices=2 /dev/sdg1 /dev/sdf1
mdadm: Note: this array has metadata at the start and
may not be suitable as a boot device. If you plan to
store '/boot' on this device please ensure that
your boot-loader understands md/v1.x metadata, or use
--metadata=0.90
mdadm: size set to 522240K
Continue creating array [y/N]? y
mdadm: Defaulting to version 1.2 metadata
mdadm: array /dev/md0 started.
[root@dosergeev ~]# cat /proc/mdstat
Personalities : [raid1]
md0 : active raid1 sdf1[1] sdg1[0]
      522240 blocks super 1.2 [2/2] [UU]

unused devices: <none>
[root@dosergeev ~]# mdadm --query /dev/md0
/dev/md0: 510.00MiB raid1 2 devices, 0 spares. Use mdadm --detail for more detail.
[root@dosergeev ~]# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
    Version : 1.2
  Creation Time : Sat Dec 20 20:27:39 2025
    Raid Level : raid1
    Array Size : 522240 (510.00 MiB 534.77 MB)
  Used Dev Size : 522240 (510.00 MiB 534.77 MB)
    Raid Devices : 2
  Total Devices : 2
 Persistence : Superblock is persistent

 Update Time : Sat Dec 20 20:27:42 2025
   State : clean
 Active Devices : 2
 Working Devices : 2
 Failed Devices : 0
 Spare Devices : 0

Consistency Policy : resync

    Name : dosergeev.localdomain:0 (local to host dosergeev.localdomain)
   UUID : 8409a008:03669712:89b26cf2:95e01c2c
  Events : 17

   Number Major Minor RaidDevice State
    0         8     97        0   active sync  /dev/sdg1
    1         8     81        1   active sync  /dev/sdf1
```

Рис. 3.9: Состояние массива /dev/md0

Массив /dev/md0 активен и имеет тип raid1. В нем находится два активных раздела [0]/dev/sdg1 и [1]/dev/sdf1.

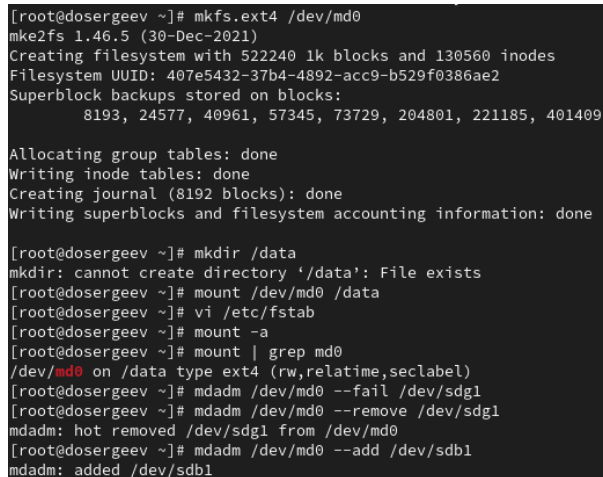
Создадим файловую систему на RAID, подмонтируем и добавим в автомонтирование:

```
mkfs.ext4 /dev/md0
mkdir /data
mount /dev/md0 /data
```

```
# в нумпу /etc/fstab
/dev/md0 /data ext4 defaults 1 2
```

Сымитируем сбой одного из дисков и удалим его. Заменим на /dev/sdb1:

```
mdadm /dev/md0 --fail /dev/sdg1
mdadm /dev/md0 --remove /dev/sdg1
mdadm /dev/md0 --add /dev/sdb1
```



```
[root@dosergeev ~]# mkfs.ext4 /dev/md0
mke2fs 1.46.5 (30-Dec-2021)
Creating filesystem with 522240 1k blocks and 130560 inodes
Filesystem UUID: 407e5432-37b4-4892-acc9-b529f0386ae2
Superblock backups stored on blocks:
    8193, 24577, 40961, 57345, 73729, 204801, 221185, 401409

Allocating group tables: done
Writing inode tables: done
Creating journal (8192 blocks): done
Writing superblocks and filesystem accounting information: done

[root@dosergeev ~]# mkdir /data
mkdir: cannot create directory '/data': File exists
[root@dosergeev ~]# mount /dev/md0 /data
[root@dosergeev ~]# vi /etc/fstab
[root@dosergeev ~]# mount -a
[root@dosergeev ~]# mount | grep md0
/dev/md0 on /data type ext4 (rw,relatime,seclabel)
[root@dosergeev ~]# mdadm /dev/md0 --fail /dev/sdg1
[root@dosergeev ~]# mdadm /dev/md0 --remove /dev/sdg1
mdadm: hot removed /dev/sdg1 from /dev/md0
[root@dosergeev ~]# mdadm /dev/md0 --add /dev/sdb1
mdadm: added /dev/sdb1
```

Рис. 3.10: Форматирование и “сбой” /dev/md0

Проверим состояние массива:

```
mdadm --detail /dev/md0
```

```
[root@dosergeev ~]# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
  Version : 1.2
  Creation Time : Sat Dec 20 20:27:39 2025
  Raid Level : raid1
  Array Size : 522240 (510.00 MiB 534.77 MB)
  Used Dev Size : 522240 (510.00 MiB 534.77 MB)
  Raid Devices : 2
  Total Devices : 2
  Persistence : Superblock is persistent

  Update Time : Sat Dec 20 20:32:39 2025
  State : clean
  Active Devices : 2
  Working Devices : 2
  Failed Devices : 0
  Spare Devices : 0

Consistency Policy : resync

    Name : dosergeev.localdomain:0 (local to host dosergeev.localdomain)
    UUID : 8409a008:03669712:89b26cf2:95e01c2c
    Events : 39

   Number Major Minor RaidDevice State
    1         8      17         0   active sync  /dev/sdb1
    2         8      81         1   active sync  /dev/sdf1
```

Рис. 3.11: Состояние /dev/md0 после замены диска

Теперь вместо диска /dev/sdg1 указан диск [1] /dev/sdb1, который имеет номер 2 в списке и номер 0 в RAID.

Удалим массив и очистим метаданные:

```
umount /dev/md0
mdadm --stop /dev/md0
mdadm --zero-superblock /dev/sdg1
mdadm --zero-superblock /dev/sdf1
mdadm --zero-superblock /dev/sdb1
```

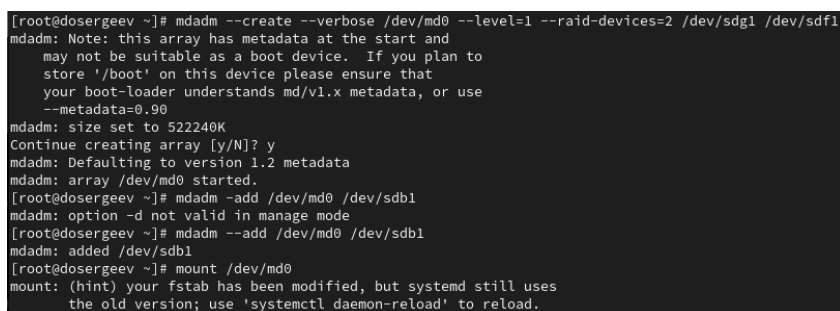
```
[root@dosergeev ~]# umount /dev/md0
umount: /dev/md0: not mounted.
[root@dosergeev ~]# mdadm --stop /dev/md0
mdadm: stopped /dev/md0
[root@dosergeev ~]# mdadm --zero-superblock /dev/sdg1
[root@dosergeev ~]# mdadm --zero-superblock /dev/sdf1
[root@dosergeev ~]# mdadm --zero-superblock /dev/sdb1
```

Рис. 3.12: Удаление массива RAID /dev/md0

3.3 RAID-массив с горячим резервом (hotspare)

Создадим RAID1 /dev/md0 ещё раз, но добавим к нему третий диск (после создания). Подмонтируем массив:

```
mdadm --create --verbose /dev/md0 --level=1 --raid-devices=2 /dev/sdg1 /dev/sdf1
mdadm --add /dev/md0 /dev/sdb1
mount /dev/md0
```



```
[root@dosergeev ~]# mdadm --create --verbose /dev/md0 --level=1 --raid-devices=2 /dev/sdg1 /dev/sdf1
mdadm: Note: this array has metadata at the start and
may not be suitable as a boot device.  If you plan to
store '/boot' on this device please ensure that
your boot-loader understands md/v1.x metadata, or use
--metadata=0.90
mdadm: size set to 522240K
Continue creating array [y/N]? y
mdadm: Defaulting to version 1.2 metadata
mdadm: array /dev/md0 started.
[root@dosergeev ~]# mdadm --add /dev/md0 /dev/sdb1
mdadm: option -d not valid in manage mode
[root@dosergeev ~]# mdadm --add /dev/md0 /dev/sdb1
mdadm: added /dev/sdb1
[root@dosergeev ~]# mount /dev/md0
mount: (hint) your fstab has been modified, but systemd still uses
the old version; use 'systemctl daemon-reload' to reload.
```

Рис. 3.13: Добавление диска к новому массиву

Проверим состояние массива:

```
cat /proc/mdstat
mdadm --query /dev/md0
mdadm --detail /dev/md0
```

```
[root@dosergeev ~]# cat /proc/mdstat
Personalities : [raid1]
md0 : active raid1 sdb1[2](S) sdf1[1] sdg1[0]
      522240 blocks super 1.2 [2/2] [UU]

unused devices: <none>
[root@dosergeev ~]# mdadm --query /dev/md0
/dev/md0: 510.00MiB raid1 2 devices, 1 spare. Use mdadm --detail for more detail.
[root@dosergeev ~]# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
  Version : 1.2
  Creation Time : Sat Dec 20 20:35:15 2025
  Raid Level : raid1
  Array Size : 522240 (510.00 MiB 534.77 MB)
  Used Dev Size : 522240 (510.00 MiB 534.77 MB)
  Raid Devices : 2
  Total Devices : 3
  Persistence : Superblock is persistent

  Update Time : Sat Dec 20 20:35:48 2025
  State : clean
  Active Devices : 2
  Working Devices : 3
  Failed Devices : 0
  Spare Devices : 1

Consistency Policy : resync

    Name : dosergeev.localdomain:0 (local to host dosergeev.localdomain)
    UUID : 1822a065:f277c202:56ed424a:194a9170
    Events : 18

   Number Major Minor RaidDevice State
    0         8     97        0   active sync    /dev/sdg1
    1         8     81        1   active sync    /dev/sdf1
    2         8     17         -   spare   /dev/sdb1
```

Рис. 3.14: Состояние RAID1 /dev/md0 с тремя дисками

Массив /dev/md0 активен и имеет тип raid1. В нем находится два активных раздела [0]/dev/sdg1 и [1]/dev/sdf1 и один резервный (spare) [-]/dev/sdb1, который не активен.

Сымитируем сбой диска /dev/sdf1 и проверим состояние массива:

```
mdadm /dev/md0 --fail /dev/sdf1
mdadm --detail /dev/md0
```

```
[root@dosergeev ~]# mdadm /dev/md0 --fail /dev/sdf1
[root@dosergeev ~]# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
  Version : 1.2
  Creation Time : Sat Dec 20 20:35:15 2025
  Raid Level : raid1
  Array Size : 522240 (510.00 MiB 534.77 MB)
  Used Dev Size : 522240 (510.00 MiB 534.77 MB)
  Raid Devices : 2
  Total Devices : 3
  Persistence : Superblock is persistent

  Update Time : Sat Dec 20 20:37:44 2025
  State : clean
  Active Devices : 2
  Working Devices : 2
  Failed Devices : 1
  Spare Devices : 0

Consistency Policy : resync

    Name : dosergeev.localdomain:0 (local to host dosergeev.localdomain)
    UUID : 1822a065:f277c202:56ed424a:194a9170
    Events : 37

   Number Major Minor RaidDevice State
    0         8     97        0   active sync    /dev/sdg1
    2         8     17        1   active sync    /dev/sdb1
    1         8     81         -   faulty   /dev/sdf1
```

Рис. 3.15: Состояние RAID1 с 3-мя дисками после сбоя

Массив автоматически пересобрался - теперь активны диски [0] /dev/sdg1 и [1] /dev/sdb1. Диск [-] /dev/sdf1, в свою очередь, имеет состояние faulty, это значит что диск неисправен.

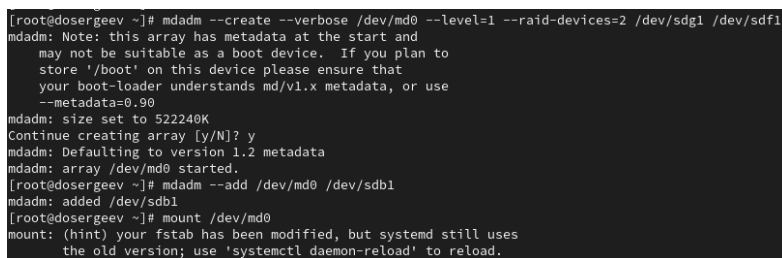
Удалим массив и очистим метаданные:

```
umount /dev/md0
mdadm --stop /dev/md0
mdadm --zero-superblock /dev/sdg1
mdadm --zero-superblock /dev/sdf1
mdadm --zero-superblock /dev/sdb1
```

3.4 Преобразование массива RAID 1 в RAID 5

Создадим RAID1 /dev/md0, добавим к нему третий диск (после создания). Подмонтируем массив:

```
mdadm --create --verbose /dev/md0 --level=1 --raid-devices=2 /dev/sdg1 /dev/sdf1
mdadm --add /dev/md0 /dev/sdb1
mount /dev/md0
```



```
[root@dosergeev ~]# mdadm --create --verbose /dev/md0 --level=1 --raid-devices=2 /dev/sdg1 /dev/sdf1
mdadm: Note: this array has metadata at the start and
may not be suitable as a boot device.  If you plan to
store '/boot' on this device please ensure that
your boot-loader understands md/v1.x metadata, or use
--metadata=0.90
mdadm: size set to 522240K
Continue creating array [y/N]? y
mdadm: Defaulting to version 1.2 metadata
mdadm: array /dev/md0 started.
[root@dosergeev ~]# mdadm --add /dev/md0 /dev/sdb1
mdadm: added /dev/sdb1
[root@dosergeev ~]# mount /dev/md0
mount: (hint) your fstab has been modified, but systemd still uses
the old version; use 'systemctl daemon-reload' to reload.
```

Рис. 3.16: Создание RAID1 /dev/md0

Проверим состояние:

```
cat /proc/mdstat
mdadm --query /dev/md0
mdadm --detail /dev/md0
```

```
[root@dosergeev ~]# cat /proc/mdstat
Personalities : [raid1]
md0 : active raid1 sdb1[2](S) sdf1[1] sdg1[0]
      522240 blocks super 1.2 [2/2] [UU]

unused devices: <none>
[root@dosergeev ~]# mdadm --query /dev/md0
/dev/md0: 510.00MiB raid1 2 devices, 1 spare. Use mdadm --detail for more detail.
[root@dosergeev ~]# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
   Version : 1.2
  Creation Time : Sat Dec 20 20:39:06 2025
    Raid Level : raid1
   Array Size : 522240 (510.00 MiB 534.77 MB)
  Used Dev Size : 522240 (510.00 MiB 534.77 MB)
   Raid Devices : 2
  Total Devices : 3
 Persistence : Superblock is persistent

   Update Time : Sat Dec 20 20:39:26 2025
     State : clean
   Active Devices : 2
 Working Devices : 3
  Failed Devices : 0
   Spare Devices : 1


Consistency Policy : resync

           Name : dosergeev.localdomain:0 (local to host dosergeev.localdomain)
          UUID : b2b93fd6:974457c6:0ec5d412:e6eb86f8
         Events : 18

   Number   Major   Minor   RaidDevice State
     0         8       97         0   active sync   /dev/sdg1
     1         8       81         1   active sync   /dev/sdf1
     2         8       17         -   spare        /dev/sdb1
```

Рис. 3.17: Состояние RAID1 /dev/md0

Оно аналогично состоянию, что было в начале предыдущего задания: Массив /dev/md0 активен и имеет тип raid1. В нем находится два активных раздела [0]/dev/sdg1 и [1]/dev/sdf1 и один резервный (spare) [-]/dev/sdb1, который не активен.

Изменим тип массива и проверим состояние:

```
mdadm --grow /dev/md0 --level=5
```

```
mdadm --detail /dev/md0
```

```

[root@dosergeev ~]# mdadm --grow /dev/md0 --level=5
mdadm: level of /dev/md0 changed to raid5
[root@dosergeev ~]# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
  Version : 1.2
  Creation Time : Sat Dec 20 20:39:06 2025
  Raid Level : raid5
  Array Size : 522240 (510.00 MiB 534.77 MB)
  Used Dev Size : 522240 (510.00 MiB 534.77 MB)
  Raid Devices : 2
  Total Devices : 3
  Persistence : Superblock is persistent

  Update Time : Sat Dec 20 20:40:30 2025
  State : clean
  Active Devices : 2
  Working Devices : 3
  Failed Devices : 0
  Spare Devices : 1

  Layout : left-symmetric
  Chunk Size : 64K

Consistency Policy : resync

  Name : dosergeev.localdomain:0 (local to host dosergeev.localdomain)
  UUID : b2b93fd6:974457c6:0ec5d412:e6eb86f8
  Events : 19

  Number Major Minor RaidDevice State
    0      8     97      0  active sync  /dev/sdg1
    1      8     81      1  active sync  /dev/sdf1
    2      8     17      -    spare   /dev/sdb1

```

Рис. 3.18: Состояние RAID5 /dev/md0

Теперь массив имеет тип raid5, однако третий диск [-] /dev/sdb1 все ещё не активен и имеет статус запасного, так как в RAID задан размер 2 диска.

Изменим количество дисков в массиве RAID5:

```
mdadm --grow /dev/md0 --raid-devices 3
```

```
mdadm --detail /dev/md0
```

```

[root@dosergeev ~]# mdadm --grow /dev/md0 --raid-devices 3
[root@dosergeev ~]# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
  Version : 1.2
  Creation Time : Sat Dec 20 20:39:06 2025
  Raid Level : raid5
  Array Size : 522240 (510.00 MiB 534.77 MB)
  Used Dev Size : 522240 (510.00 MiB 534.77 MB)
  Raid Devices : 3
  Total Devices : 3
  Persistence : Superblock is persistent

  Update Time : Sat Dec 20 20:41:33 2025
  State : clean, reshaping
  Active Devices : 3
  Working Devices : 3
  Failed Devices : 0
  Spare Devices : 0

  Layout : left-symmetric
  Chunk Size : 64K

Consistency Policy : resync

  Reshape Status : 26% complete
  Delta Devices : 1, (2->3)

  Name : dosergeev.localdomain:0 (local to host dosergeev.localdomain)
  UUID : b2b93fd6:974457c6:0ec5d412:e6eb86f8
  Events : 33

  Number Major Minor RaidDevice State
    0      8     97      0  active sync  /dev/sdg1
    1      8     81      1  active sync  /dev/sdf1
    2      8     17      2  active sync  /dev/sdb1

```

Рис. 3.19: Состояние RAID5 /dev/md0, с размером 3 диска

Диск [2] /dev/sdb1 автоматически подключился и активировался, теперь работают 3 диска из 3.

Удалим массив и очистим метаданные:

```
umount /dev/md0
```

```
mdadm --stop /dev/md0
```

```
mdadm --zero-superblock /dev/sdg1
```

```
mdadm --zero-superblock /dev/sdf1
```

```
mdadm --zero-superblock /dev/sdb1
```

4 Ответы на контрольные вопросы

1. Приведите определение RAID.

- RAID (Redundant Array of Independent Disks – Избыточный массив независимых дисков) — это метод виртуализации, позволяющий объединять несколько дисков в единый логический том, имеющий лучшие характеристики¹ или, простыми словами, несколько дисков, соединенных в единую систему с выделенным местом для исправления ошибок в данных.

2. Какие типы RAID-массивов существуют на сегодняшний день?

- RAID 0 - чередование;
- RAID 1 - зеркало;
- RAID 2 - чередование + код Хемминга;
- RAID 3 - чередование + диск четности;
- RAID 4 - чередование + диск четности (блоки данных вместо байтов);
- RAID 5 - чередование + хранение контрольных сумм распределяется по всему массиву;
- RAID 6 - чередование + две контрольные суммы;
- RAID 10 - массив RAID 0, построенный из RAID 1;
- RAID 50 - массив RAID 0, построенный из RAID 5;
- RAID 60 - массив RAID 0, построенный из RAID 6;

3. Охарактеризуйте RAID 0, RAID 1, RAID 5, RAID 6, опишите алгоритм работы, назначение, приведите примеры применения.

3.1. RAID 0 - Данные разбиваются на блоки и записываются на два или более дисков последовательно и без дублирования. - Назначение: увеличение производительности. - Примеры: **не критичные к потере данных**, но требующие высокой скорости системы.

3.2. RAID 1 - Представляет собой полную копию информации одного диска массива на другой. - Назначение: необходим для важных данных, сохранение которых стоит в приоритете. - Примеры: файл-сервера с критически важными данными, малые базы данных.

3.3. RAID 5 - Данные и контрольные суммы, необходимые для восстановления, распределяются по всем дискам массива. - Четность рассчитывается по алгоритму XOR. - Назначение: баланс между производительностью, отказоустойчивостью и эффективностью использования пространства. - Примеры: сервера общего назначения, системы хранения данных, архивы, где важны и объем и надежность.

3.4. RAID 6 - Улучшенный RAID 5. Контрольные суммы на этот массив записываются в двойном размере, что требует и увеличения объема для их хранения в два раза. - Назначение: повышенная отказоустойчивость. Создан для повышения надежности в массивах с большим количеством дисков и/или с дисками большой емкости. - Примеры: системы, в которых простои недопустимы, большие массивы хранения данных, системы резервного копирования.

5 Вывод

В результате выполнения лабораторной работы я узнал как создавать RAID-массивы в операционной системе Linux и освоил работу специальной утилиты mdadm.

Список литературы

1. Kulyabov, Korolykova. Лабораторная работа № 16. Программный RAID. https://esystem.rudn.ru/pluginfile.php/2843533/mod_resource/content/4/016-lvm.pdf; RUDN.