

Отчёт по лабораторной работе №16

Программный RAID

Сулейм Гамбердов

Содержание

1 Цель работы	5
2 Ход выполнения	6
2.1 Проверка дисков и подготовка разделов	6
2.2 Создание RAID-массива	9
2.3 RAID-массив с горячим резервом (Hot Spare)	13
2.4 Преобразование RAID 1 → RAID 5	17
3 Контрольные вопросы	22
4 Заключение	25

Список иллюстраций

2.1 Проверка наличия дисков	6
2.2 Создание разделов на дисках	7
2.3 Проверка типа разделов	8
2.4 Состояние разделов после изменения типа	9
2.5 Создание RAID-массива	10
2.6 Состояние RAID-массива	11
2.7 Создание ФС и монтирование	11
2.8 Настройка fstab	12
2.9 Состояние массива после замены диска	13
2.10 Удаление массива и очистка суперблоков	13
2.11 Создание RAID1 и добавление hotspare	14
2.12 Состояние массива после добавления hotspare	15
2.13 Состояние массива после отказа диска	16
2.14 Очистка RAID	16
2.15 Создание RAID1 снова	17
2.16 Состояние массива до преобразования	18
2.17 Grow RAID до уровня 5	19
2.18 Grow RAID5 на 3 диска	20
2.19 Удаление массива RAID5	21
2.20 /etc/fstab	21

Список таблиц

1 Цель работы

Освоить работу с RAID-массивами при помощи утилиты mdadm.

2 Ход выполнения

2.1 Проверка дисков и подготовка разделов

1. Получены права администратора с помощью команды **su -**.
2. Выполнена проверка наличия дисков **/dev/sdd**, **/dev/sde**, **/dev/sdf**.

Все устройства отображаются корректно.

```
sigamberdov@sigamberdov:~$ su
Password:
root@sigamberdov:/home/sigamberdov#
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# fdisk -l | grep /dev/sd
Disk /dev/sda: 40 GiB, 42949672960 bytes, 83886080 sectors
/dev/sda1      2048    4095    2048   1M BIOS boot
/dev/sda2     4096 2101247 2097152   1G Linux extended boot
/dev/sda3 2101248 83884031 81782784  39G Linux LVM
Disk /dev/sdc: 1.5 GiB, 1610612736 bytes, 3145728 sectors
/dev/sdc1      2048 1230847 1228800  600M 8e Linux LVM
/dev/sdc2      1230848 2152447 921600  450M 8e Linux LVM
Disk /dev/sdb: 1.5 GiB, 1610612736 bytes, 3145728 sectors
/dev/sdb1      2048 616447 614400  300M 8e Linux LVM
/dev/sdb2      616448 1230847 614400  300M 8e Linux LVM
Disk /dev/sdd: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
Disk /dev/sde: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
Disk /dev/sdf: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
root@sigamberdov:/home/sigamberdov#
```

Рис. 2.1: Проверка наличия дисков

3. На каждом из дисков создан по одному разделу.

Разметка применена успешно.

```
-----  
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# sfdisk /dev/sdd <<EOF  
> ;  
> EOF  
Checking that no-one is using this disk right now ... OK  
  
Disk /dev/sdd: 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 (MBR) disklabel with disk identifier 0xa44a1577.  
/dev/sdd1: Created a new partition 1 of type 'Linux' and of size 511 MiB.  
/dev/sdd2: Done.  
  
New situation:  
Disklabel type: dos  
Disk identifier: 0xa44a1577  
  
Device Boot Start End Sectors Size Id Type  
/dev/sdd1 2048 1048575 1046528 511M 83 Linux  
  
The partition table has been altered.  
Calling ioctl() to re-read partition table.  
Syncing disks.  
root@sigamberdov:/home/sigamberdov#
```

Рис. 2.2: Создание разделов на дисках

4. Проверён тип созданных разделов — он соответствует **Linux (83)**.

```
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# sfdisk --print-id /dev/sdd 1
sfdisk: print-id is deprecated in favour of --part-type
83
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# sfdisk --print-id /dev/sde 1
sfdisk: print-id is deprecated in favour of --part-type
83
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# sfdisk --print-id /dev/sdf 1
sfdisk: print-id is deprecated in favour of --part-type
83
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# sfdisk -T | grep -i raid
fd  Linux raid autodetect
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# sfdisk --change-id /dev/sdd 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@sigamberdov:/home/sigamberdov# sfdisk --change-id /dev/sde 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@sigamberdov:/home/sigamberdov# 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@sigamberdov:/home/sigamberdov# █
```

Рис. 2.3: Проверка типа разделов

5. Получены доступные типы разделов, относящиеся к RAID.

Обнаружен тип **fd – Linux raid autodetect**.

6. Тип каждого раздела изменён на **fd**.

7. Просмотр состояния разделов показал, что все три диска имеют разделы типа **Linux raid autodetect**.

```

root@sigamberdov:/home/sigamberdov# sfdisk -l /dev/sdd
Disk /dev/sdd: 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: 0xa44a1577

Device      Boot Start     End Sectors  Size Id Type
/dev/sdd1          2048 1048575 1046528 511M fd Linux raid autodetect
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# sfdisk -l /dev/sde
Disk /dev/sde: 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: 0xc54e1efb

Device      Boot Start     End Sectors  Size Id Type
/dev/sde1          2048 1048575 1046528 511M fd Linux raid autodetect
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# 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: 0xdc17e364

Device      Boot Start     End Sectors  Size Id Type
/dev/sdf1          2048 1048575 1046528 511M fd Linux raid autodetect
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# █

```

Рис. 2.4: Состояние разделов после изменения типа

2.2 Создание RAID-массива

8. Утилита `mdadm` доступна в системе.
9. Создан RAID-массив уровня 1 из двух дисков (`/dev/sdd1` и `/dev/sde1`).
Массив успешно инициализирован.

```
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --create --verbose /dev/md0 --level=1 --raid-devices=2 /dev/sdd1 /dev/sde1
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@sigamberdov:/home/sigamberdov# cat /proc/mdstat
Personalities : [raid1]
md0 : active raid1 sde1[1] sdd1[0]
      522240 blocks super 1.2 [2/2] [UU]

unused devices: <none>
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --query /dev/md0
/dev/md0: 510.00MiB raid1 2 devices, 0 spares. Use mdadm --detail for more detail.
root@sigamberdov:/home/sigamberdov#
```

Рис. 2.5: Создание RAID-массива

10. Просмотрено состояние RAID:

- уровень: RAID1
- устройств: 2
- состояние: **clean**
- оба диска активны (active sync)

```

root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Thu Nov 20 09:30:16 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 : Thu Nov 20 09:30:19 2025
      State : clean
      Active Devices : 2
      Working Devices : 2
      Failed Devices : 0
      Spare Devices : 0

      Consistency Policy : resync

              Name : sigamberdov.localdomain:0  (local to host sigamberdov.localdomain)
              UUID : 81f23eab:eedfbc88:4887724d:4c49968c
              Events : 17

      Number  Major  Minor  RaidDevice State
          0      8      49        0     active sync   /dev/sdd1
          1      8      65        1     active sync   /dev/sde1

```

Рис. 2.6: Состояние RAID-массива

11. Создана файловая система **ext4** на массиве `/dev/md0`.

12. Массив подмонтирован в каталог `/mnt/raid`.

```

root@sigamberdov:/home/sigamberdov#
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mkfs.ext4 /dev/md0
mke2fs 1.47.1 (20-May-2024)
Creating filesystem with 522240 1k blocks and 130560 inodes
Filesystem UUID: 3ae4c346-afe8-456c-a321-a2492a47c27a
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@sigamberdov:/home/sigamberdov# mkdir /data
mkdir: cannot create directory '/data': File exists
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mkdir /mnt/raid
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mount /dev/md0 /mnt/raid/
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# 

```

Рис. 2.7: Создание ФС и монтиrovание

13. В файл `/etc/fstab` добавлена строка автомонтирования RAID-массива:

```

GNU nano 8.1                               /etc/fstab

#
# /etc/fstab
# Created by anaconda on Wed Sep 17 09:57:58 2025
#
# Accessible filesystems, by reference, are maintained under '/dev/disk/'.
# See man pages fstab(5), findfs(8), mount(8) and/or blkid(8) for more info.
#
# After editing this file, run 'systemctl daemon-reload' to update systemd
# units generated from this file.
#
UUID=56362b30-55f8-4f4b-9a9b-2544717501fa   xfs    defaults      0  0
UUID=eeec4be-5545-4b77-be3e-c9b195fe2286 /boot   xfs    defaults      0  0
UUID=fc4eddc6-c4f4-4723-8f5d-faafa4784cda none   swap   defaults      0  0
/dev/vgdata/lvdata      /mnt/data       ext4   defaults      1  2
/dev/vggroup/lvgroup    /mnt/groups     xfs    defaults      1  2
/dev/nd0                 /mnt/raid       ext4   defaults      1  2
#
#UUID=64b7dd76-1cc8-4235-8ad8-4f90d12c9605 /mnt/data       xfs    defaults      1  2
#UUID=a6678ce7-9195-4c69-89af-3fc1c3aab6a9 /mnt/data-ext  ext4   defaults      1  2
#UUID=dd15f474-b25a-4385-8bbe-a1ad82ed2852 none   swap   defaults      0  0

```

Рис. 2.8: Настройка fstab

14. Сымитирован сбой диска `/dev/sde1`.
15. Сбойный диск удалён из массива.
16. В массив добавлен новый диск `/dev/sdf1`.

17. Массив восстановился успешно:

- активные устройства: `/dev/sdd1`, `/dev/sdf1`
- состояние: **clean**
- ошибок не выявлено

```

root@sigamberdov:/home/sigamberdov#
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm /dev/md0 --fail /dev/sde1
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm /dev/md0 --remove /dev/sde1
mdadm: hot removed /dev/sde1 from /dev/md0
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm /dev/md0 --add /dev/sdf1
mdadm: added /dev/sdf1
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Thu Nov 20 09:30:16 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 : Thu Nov 20 09:33:31 2025
      State : clean
      Active Devices : 2
      Working Devices : 2
      Failed Devices : 0
      Spare Devices : 0

      Consistency Policy : resync

              Name : sigamberdov.localdomain:0  (local to host sigamberdov.localdomain)
              UUID : 81f23eab:eedfbc88:4887724d:4c49968c
              Events : 39

      Number  Major  Minor  RaidDevice State
          0      8      49        0     active sync   /dev/sdd1
          2      8      81        1     active sync   /dev/sdf1
root@sigamberdov:/home/sigamberdov#

```

Рис. 2.9: Состояние массива после замены диска

18. RAID остановлен и размонтирован.

Метаданные RAID очищены на всех задействованных дисках.

```

root@sigamberdov:/home/sigamberdov#
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# umount /dev/md0
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --stop /dev/md0
mdadm: stopped /dev/md0
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --zero-superblock /dev/sdd1
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --zero-superblock /dev/sde1
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --zero-superblock /dev/sdf1
root@sigamberdov:/home/sigamberdov#

```

Рис. 2.10: Удаление массива и очистка суперблоков

2.3 RAID-массив с горячим резервом (Hot Spare)

1. Получены права администратора.
2. Создан массив RAID 1 из двух дисков /dev/sdd1 и /dev/sde1.

3. Добавлен третий диск /dev/sdf1, который автоматически определяется как **hotspare**.

```
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --create --verbose /dev/md0 --level=1 --raid-devices=2 /dev/sdd1 /dev/sde1
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@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --add /dev/md0 /dev/sdf1
mdadm: added /dev/sdf1
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mount /dev/md0
mount: (hint) your fstab has been modified, but systemd still uses
      the old version; use 'systemctl daemon-reload' to reload.
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# cat /proc/mdstat
Personalities : [raid1]
md0 : active raid1 sdf1[2](S) sde1[1] sdd1[0]
      522240 blocks super 1.2 [2/2] [UU]

unused devices: <none>
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --query /dev/md0
/dev/md0: 510.00MiB raid1 2 devices, 1 spare. Use mdadm --detail for more detail.
root@sigamberdov:/home/sigamberdov#
```

Рис. 2.11: Создание RAID1 и добавление hotspare

4. Массив подмонтирован.
5. Проверено состояние массива:

```

root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Thu Nov 20 09:36:45 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 : Thu Nov 20 09:37:09 2025
      State : clean
      Active Devices : 2
      Working Devices : 3
      Failed Devices : 0
      Spare Devices : 1

      Consistency Policy : resync

              Name : sigamberdov.localdomain:0  (local to host sigamberdov.localdomain)
              UUID : 9d03567e:df9c2d02:3e0b07c3:0b6f1fd1
              Events : 18

      Number  Major  Minor  RaidDevice State
          0      8      49        0     active sync   /dev/sdd1
          1      8      65        1     active sync   /dev/sde1
          2      8      81        -     spare    /dev/sdf1
root@sigamberdov:/home/sigamberdov#

```

Рис. 2.12: Состояние массива после добавления hotspare

Состояние массива:

- уровень RAID: **raid1**
- всего устройств: **3**
- активных: **2**
- hotspare: **1** (`/dev/sdf1`)
- состояние: **clean**
- массив корректно функционирует и готов к автоматической замене при отказе диска.

6. Имитирован сбой диска `/dev/sde1`.

7. После отказа массива hotspare автоматически замещает вышедший из строя диск.

```

root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm /dev/md0 --fail /dev/sde1
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Thu Nov 20 09:36:45 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 : Thu Nov 20 09:38:31 2025
      State : clean
      Active Devices : 2
      Working Devices : 2
      Failed Devices : 1
      Spare Devices : 0

      Consistency Policy : resync

              Name : sigamberdov.localdomain:0 (local to host sigamberdov.localdomain)
              UUID : 9d03567e:df9c2d02:3e0b07c3:0b6f1fd1
              Events : 37

      Number  Major  Minor  RaidDevice State
          0      8      49        0     active sync   /dev/sdd1
          2      8      81        1     active sync   /dev/sdf1

          1      8      65        -     faulty    /dev/sde1
root@sigamberdov:/home/sigamberdov#

```

Рис. 2.13: Состояние массива после отказа диска

Пояснение:

- диск `/dev/sde1` получил статус **`faulty`**
- диск `/dev/sdf1` автоматически переведён из `hotspare` в активный член массива
- массив продолжает работать в состоянии **`clean`**, без ошибок

8. Массив размонтирован и остановлен, суперблоки очищены:

```

root@sigamberdov:/home/sigamberdov#
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# umount /dev/md0
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --stop /dev/md0
mdadm: stopped /dev/md0
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --zero-superblock /dev/sdd1
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --zero-superblock /dev/sde1
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --zero-superblock /dev/sdf1
root@sigamberdov:/home/sigamberdov#

```

Рис. 2.14: Очистка RAID

2.4 Преобразование RAID 1 → RAID 5

1. Получены привилегии root.
2. Создан массив RAID 1 из дисков /dev/sdd1 и /dev/sde1.
3. Добавлен третий диск /dev/sdf1 (как hotspare).

```
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --create --verbose /dev/md0 --level=1 --raid-devices=2 /dev/sdd1 /dev/sde1
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@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --add /dev/md0 /dev/sdf1
mdadm: added /dev/sdf1
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mount /dev/md0
mount: (hint) your fstab has been modified, but systemd still uses
      the old version; use 'systemctl daemon-reload' to reload.
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# cat /proc/mdstat
Personalities : [raid1]
md0 : active raid1 sdf1[2](S) sde1[1] sdd1[0]
      522240 blocks super 1.2 [2/2] [UU]

unused devices: <none>
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --query /dev/md0
/dev/md0: 510.00MiB raid1 2 devices, 1 spare. Use mdadm --detail for more detail.
root@sigamberdov:/home/sigamberdov#
```

Рис. 2.15: Создание RAID1 снова

4. Массив подмонтирован.
5. Проверено состояние массива:

```
root@sigamberdov:/home/sigamberdov#  
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --detail /dev/md0  
/dev/md0:  
    Version : 1.2  
Creation Time : Thu Nov 20 09:41:41 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 : Thu Nov 20 09:41:59 2025  
                    State : clean  
    Active Devices : 2  
Working Devices : 3  
Failed Devices : 0  
Spare Devices : 1  
  
Consistency Policy : resync  
  
        Name : sigamberdov.localdomain:0  (local to host sigamberdov.localdomain)  
        UUID : a3012138:4367c39f:ea9270fe:da54e920  
        Events : 18  
  
Number  Major  Minor  RaidDevice State  
  0      8       49      0      active sync   /dev/sdd1  
  1      8       65      1      active sync   /dev/sde1  
  2      8       81      -      spare     /dev/sdf1  
root@sigamberdov:/home/sigamberdov#
```

Рис. 2.16: Состояние массива до преобразования

Состояние:

- RAID1
- 2 активных диска
- 1 hotspare
- состояние: clean

6. Тип массива изменён на RAID 5:

```

root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --grow /dev/md0 --level=5
mdadm: level of /dev/md0 changed to raid5
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Thu Nov 20 09:41:41 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 : Thu Nov 20 09:43:01 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 : sigamberdov.localdomain:0  (local to host sigamberdov.localdomain)
              UUID : a3012138:4367c39f:ea9270fe:da54e920
              Events : 19

      Number  Major  Minor  RaidDevice State
          0      8      49        0    active sync   /dev/sdd1
          1      8      65        1    active sync   /dev/sde1

          2      8      81        -    spare     /dev/sdf1
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# 

```

Рис. 2.17: Grow RAID до уровня 5

Состояние массива после изменения уровня:

- уровень: **raid5**
- всего устройств: 3
- активно 2 устройства + 1 spare
- используется прежний размер массива

7. Увеличено количество устройств массива:

```

root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --grow /dev/md0 --raid-devices=3
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Thu Nov 20 09:41:41 2025
      Raid Level : raid5
      Array Size : 1044480 (1020.00 MiB 1069.55 MB)
      Used Dev Size : 522240 (510.00 MiB 534.77 MB)
      Raid Devices : 3
      Total Devices : 3
      Persistence : Superblock is persistent

      Update Time : Thu Nov 20 09:43:44 2025
      State : clean
      Active Devices : 3
      Working Devices : 3
      Failed Devices : 0
      Spare Devices : 0

      Layout : left-symmetric
      Chunk Size : 64K

      Consistency Policy : resync

              Name : sigamberdov.localdomain:0  (local to host sigamberdov.localdomain)
              UUID : a3012138:4367c39f:ea9270fe:da54e920
              Events : 37

      Number  Major  Minor  RaidDevice State
          0      8      49        0    active sync   /dev/sdd1
          1      8      65        1    active sync   /dev/sde1
          2      8      81        2    active sync   /dev/sdf1
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# █

```

Рис. 2.18: Grow RAID5 на 3 диска

8. Состояние RAID 5 после расширения:

Пояснение:

- RAID уровень: **raid5**
- активные устройства: **3** (`/dev/sdd1`, `/dev/sde1`, `/dev/sdf1`)
- объём массива увеличен до размера RAID 5 на трёх дисках

- состояние: **clean**
- синхронизация успешно завершена

9. Массив размонтирован, остановлен, суперблоки очищены:

```

root@sigamberdov:/home/sigamberdov#
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# umount /dev/md0
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --stop /dev/md0
mdadm: stopped /dev/md0
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --zero-superblock /dev/sdd1
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --zero-superblock /dev/sde1
root@sigamberdov:/home/sigamberdov# mdadm --zero-superblock /dev/sdf1
root@sigamberdov:/home/sigamberdov#

```

Рис. 2.19: Удаление массива RAID5

10. В файле `/etc/fstab` запись о `/dev/md0` закомментирована.

```

GNU nano 8.1                               /etc/fstab                                Modif
#
# /etc/fstab
# Created by anaconda on Wed Sep 17 09:57:58 2025
#
# Accessible filesystems, by reference, are maintained under '/dev/disk/'.
# See man pages fstab(5), findfs(8), mount(8) and/or blkid(8) for more info.
#
# After editing this file, run 'systemctl daemon-reload' to update systemd
# units generated from this file.
#
UUID=56362b30-55f8-4f4b-9a9b-2544717501fa   /           xfs      defaults        0  0
UUID=eeec4be-5545-4b77-be3e-c9b195fe2286   /boot       xfs      defaults        0  0
UUID=fc4eddc6-c4f4-4723-8f5d-faafa4784cda none   swap     defaults        0  0
/dev/vgdata/lvdata      /mnt/data       ext4    defaults        1  2
/dev/vggroup/lvgroup    /mnt/groups     xfs     defaults        1  2

#/dev/md0          /mnt/raid       ext4    defaults        1  2
#UUID=64b7dd76-1cc8-4235-8ad8-4f90d12c9605 /mnt/data
#UUID=a6678ce7-9195-4c69-89af-3fc1c3aab6a9 /mnt/data-ext
#UUID=dd15f474-b25a-4385-8bbe-a1ad82ed2852 none   swap     defaults        0  0

```

Рис. 2.20: `/etc/fstab`

3 Контрольные вопросы

1. **RAID (Redundant Array of Independent Disks)** — это технология объединения нескольких физических дисков в единый логический массив с целью повышения производительности, отказоустойчивости или обоих параметров одновременно. Основная идея RAID заключается в распределении данных по нескольким дискам с использованием различных алгоритмов — зеркалирования, чередования блоков и вычисления контрольных сумм.
2. На сегодняшний день существуют следующие типы RAID-массивов:
 - **RAID 0** (striping, чередование данных);
 - **RAID 1** (mirroring, зеркалирование);
 - **RAID 2** (битовое чередование с использованием кодов Хэмминга);
 - **RAID 3** (байтовое чередование + выделенный диск чётности);
 - **RAID 4** (чередование блоками + выделенный диск чётности);
 - **RAID 5** (чередование блоками + распределённая чётность);
 - **RAID 6** (двойная распределённая чётность);
 - **RAID 10** (комбинация RAID 1 и RAID 0 — зеркалирование + чередование);
 - **RAID 50, RAID 60** и другие комбинированные уровни.
3. Характеристика основных уровней:
 - **RAID 0**
 - **Алгоритм работы:** данные разбиваются на блоки и равномерно распределяются по дискам без какой-либо избыточности.

- **Назначение:** максимальная производительность и увеличение суммарного объёма.
- **Недостаток:** отсутствие отказоустойчивости – отказ одного диска уничтожает весь массив.
- **Пример применения:** временные данные, тестовые среды, высокопроизводительные вычисления без критичности потери данных.

- **RAID 1**

- **Алгоритм работы:** каждый блок данных записывается на два (или более) диска одновременно.
- **Назначение:** повышение отказоустойчивости за счёт зеркалирования.
- **Плюсы:** массив продолжает работать при отказе одного из дисков.
- **Недостатки:** суммарный объём равен объёму одного диска.
- **Пример применения:** серверы баз данных, системы учёта, критичные сервисы, где важна сохранность данных.

- **RAID 5**

- **Алгоритм работы:** данные и контрольные суммы (чётность) распределяются по всем дискам массива.
- **Назначение:** объединение производительности и отказоустойчивости при минимальных потерях объёма.
- **Плюсы:** допускается выход из строя одного диска.
- **Недостаток:** снижение производительности при записи из-за расчёта чётности.
- **Применение:** файловые серверы, корпоративные хранилища, системы резервного копирования.

- **RAID 6**

- **Алгоритм работы:** распределение данных и двух независимых

чётностей по всем дискам.

- **Назначение:** максимальная отказоустойчивость в линейных массивах.
- **Плюсы:** допускается одновременный отказ двух дисков.
- **Недостатки:** ещё более дорогая по записи схема; потеря большего объёма под чётность.
- **Пример применения:** крупные хранилища, системы, где важна высокая надёжность и низкий риск простоя.

4 Заключение

В ходе лабораторной работы были изучены принципы создания и администрирования программных RAID-массивов в Linux с использованием утилиты **mdadm**.

Были выполнены операции по разметке дисков, созданию массивов уровней RAID 1 и RAID 5, добавлению дисков в качестве горячего резерва, симуляции отказов и последующему восстановлению работоспособности массива.

Также выполнено преобразование RAID 1 в RAID 5 и анализ поведения массива в различных состояниях.