

Отчёт по лабораторной работе №16

Программный RAID

Анна Саенко

Содержание

1 Цель работы	5
2 Ход выполнения работы	6
2.1 Проверка доступных дисков	6
2.2 Создание RAID-массива уровня 1	9
2.3 Создание RAID-массива с горячим резервом (hot spare)	13
2.4 Преобразование RAID 1 в RAID 5	16
3 Контрольные вопросы	21
4 Заключение	24

Список иллюстраций

2.1 Создание разделов через sfdisk	7
2.2 Изменение типа разделов	8
2.3 Состояние диска sdd	9
2.4 Создание RAID-массива	10
2.5 Состояние RAID-массива	10
2.6 Создание ФС и монтирование	11
2.7 Редактирование fstab	11
2.8 Сбой, замена диска и восстановление массива	12
2.9 Удаление и очистка массива	12
2.10 Создание RAID 1	13
2.11 Добавление hot spare	14
2.12 Отказ диска	15
2.13 Очистка суперблоков	16
2.14 Создание RAID 1 и добавление диска	16
2.15 Проверка статуса массива	17
2.16 Преобразование в RAID 5	18
2.17 RAID 5 после добавления третьего диска	19
2.18 Очистка RAID 5	19
2.19 fstab с закомментированной строкой	20

Список таблиц

1 Цель работы

Освоить работу с RAID-массивами при помощи утилиты mdadm.

2 Ход выполнения работы

2.1 Проверка доступных дисков

Сначала были получены полномочия администратора и выполнена проверка доступных дисков при помощи команды `fdisk -l | grep /dev/sd`.

На скриншоте видно, что в системе присутствуют устройства **/dev/sdd**, **/dev/sde**, **/dev/sdf**.

Для каждого диска был создан один раздел с использованием утилиты `sfdisk`. Ниже показан пример создания раздела для диска `/dev/sdd`. Аналогичные действия были выполнены для `/dev/sde` и `/dev/sdf`.

```

aasaenko@aasaenko:~$ su
Password:
root@aasaenko:/home/aasaenko# 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/sdd: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
Disk /dev/sdc: 1.5 GiB, 1610612736 bytes, 3145728 sectors
/dev/sdc1      2048  616447 614400 300M 8e Linux LVM
/dev/sdc2    616448 1230847 614400 300M 8e Linux LVM
Disk /dev/sde: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
Disk /dev/sdb: 1.5 GiB, 1610612736 bytes, 3145728 sectors
/dev/sdb1      2048 1230847 1228800 600M 8e Linux LVM
/dev/sdb2    1230848 2152447 921600 450M 8e Linux LVM
Disk /dev/sdf: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
root@aasaenko:/home/aasaenko# 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 0x2c7c5ef2.
/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: 0x2c7c5ef2

Device      Boot Start      End Sectors  Size Id Type
/dev/sdd1        2048 1048575 1046528 511M 83 Linux

```

Рис. 2.1: Создание разделов через sfdisk

После разметки дисков были проверены типы созданных разделов.

Все разделы имели тип **83 – Linux**, что подтверждается выводом утилиты **sfdisk**.

Для уточнения доступных типов RAID использовалась команда **sfdisk -T**.

В результате был найден нужный тип – **fd (Linux raid autodetect)**.

Тип разделов на всех трёх дисках был изменён на **fd**.

После выполнения команд таблица разделов успешно обновилась.

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

Рис. 2.2: Изменение типа разделов

При помощи `sfdisk -l` были просмотрены таблицы разделов каждого диска.

Все разделы имеют тип **fd – Linux raid autodetect**.

```

root@aasaenko:/home/aasaenko#
root@aasaenko:/home/aasaenko# 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: 0x2c7c5ef2

      Device    Boot Start   End Sectors  Size Id Type
/dev/sdd1          2048 1048575 1046528 511M fd Linux raid autodetect
root@aasaenko:/home/aasaenko# 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: 0xbca356ee

      Device    Boot Start   End Sectors  Size Id Type
/dev/sde1          2048 1048575 1046528 511M fd Linux raid autodetect
root@aasaenko:/home/aasaenko# 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: 0xa25f3497

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

```

Рис. 2.3: Состояние диска sdd

2.2 Создание RAID-массива уровня 1

При помощи утилиты `mdadm` был создан RAID-массив уровня **RAID 1** из двух дисков — `/dev/sdd1` и `/dev/sde1`.

Массив успешно инициализирован.

```

root@aasaenko:/home/aasaenko# 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@aasaenko:/home/aasaenko# cat /proc/mdstat
Personalities : [raid1]
md0 : active raid1 sde1[1] sdd1[0]
      522240 blocks super 1.2 [2/2] [UU]

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

```

Рис. 2.4: Создание RAID-массива

Состояние массива просматривалось через `/proc/mdstat`, `mdadm --query` и `mdadm --detail`.

Массив находится в состоянии **clean**, оба устройства работают в синхронном режиме.

```

root@aasaenko:/home/aasaenko# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Wed Nov 19 15:22:27 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 : Wed Nov 19 15:22:29 2025
      State : clean
      Active Devices : 2
      Working Devices : 2
      Failed Devices : 0
      Spare Devices : 0

      Consistency Policy : resync

              Name : aasaenko.localdomain:0 (local to host aasaenko.localdomain)
              UUID : c993764b:8efdb82e:c250e7f3:997bbfbcc
              Events : 17

      Number  Major  Minor  RaidDevice State
          0      8      49        0     active sync   /dev/sdd1
          1      8      65        1     active sync   /dev/sde1
root@aasaenko:/home/aasaenko#

```

Рис. 2.5: Состояние RAID-массива

На RAID-массиве была создана файловая система EXT4.

Далее RAID был смонтирован в каталог `/data/mnt`.

```

root@aasaenko:/home/aasaenko#
root@aasaenko:/home/aasaenko# mkfs.ext4 /dev/md0
mke2fs 1.47.1 (20-May-2024)
Creating filesystem with 522240 1k blocks and 130560 inodes
Filesystem UUID: f02c85eb-c346-40d6-8061-6ec330cb8a50
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@aasaenko:/home/aasaenko# mkdir /data
mkdir: cannot create directory '/data': File exists
root@aasaenko:/home/aasaenko# mkdir /data/mnt
root@aasaenko:/home/aasaenko# mount /dev/md0 /data/mnt/
root@aasaenko:/home/aasaenko#

```

Рис. 2.6: Создание ФС и монтирование

В файл `/etc/fstab` была добавлена строка для автоматического монтирования массива при загрузке системы.

```

GNU nano 8.1                               /etc/fstab

#
# /etc/fstab
# Created by anaconda on Tue Sep  9 17:07:12 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=d83390cc-2d84-4fc0-bd05-ca91de963a39   /          xfs    defaults      0 0
UUID=d9debe2a-1f0b-4b38-9b19-869a45d892f1  /boot      xfs    defaults      0 0
UUID=410f9eed-3ac0-4e21-a5aa-32b986aae5a0  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                      /data/mnt   ext4   defaults      1 2
#
#UUID=1c1cab63-3081-41d8-af2c-137661cbe1d9  /mnt/data   xfs    defaults      1 2
#UUID=d6d2a497-accc-4b14-844a-25daaeb6123a  /mnt/data-ext ext4   defaults      1 2
#UUID=904e0395-6ea3-4257-aceb-955c098ab5f2  none      swap    defaults      0 0

```

Рис. 2.7: Редактирование fstab

Был искусственно вызван сбой диска `/dev/sde1`, после чего диск был удалён из массива.

На его место был добавлен новый диск — `/dev/sdf1`.

После восстановления массив вновь оказался в состоянии **clean**.

```

root@aasaenko:/home/aasaenko# mdadm /dev/md0 --fail /dev/sde1
root@aasaenko:/home/aasaenko# mdadm /dev/md0 --remove /dev/sde1
mdadm: hot removed /dev/sde1 from /dev/md0
root@aasaenko:/home/aasaenko# mdadm /dev/md0 --add /dev/sdf1
mdadm: added /dev/sdf1
root@aasaenko:/home/aasaenko# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Wed Nov 19 15:22:27 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 : Wed Nov 19 15:26:42 2025
      State : clean
      Active Devices : 2
      Working Devices : 2
      Failed Devices : 0
      Spare Devices : 0

      Consistency Policy : resync

              Name : aasaenko.locaLdomain:0  (local to host aasaenko.locaLdomain)
              UUID : c993764b:8efdb82e:c250e7f3:997bbfbC
              Events : 39

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

```

Рис. 2.8: Сбой, замена диска и восстановление массива

RAID был размонтирован, остановлен, после чего суперблоки всех RAID-разделов были очищены.

```

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

```

Рис. 2.9: Удаление и очистка массива

2.3 Создание RAID-массива с горячим резервом (hot spare)

Был создан массив RAID 1 на устройствах /dev/sdd1 и /dev/sde1.

Система предупредила, что используется новая версия метаданных, после чего массив был успешно создан.

```
root@aasaenko:/home/aasaenko# 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@aasaenko:/home/aasaenko# mdadm --add /dev/md0 /dev/sdf1
mdadm: added /dev/sdf1
root@aasaenko:/home/aasaenko# mount /dev/md0
mount: (hint) your fstab has been modified, but systemd still uses
      the old version; use 'systemctl daemon-reload' to reload.
root@aasaenko:/home/aasaenko# 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@aasaenko:/home/aasaenko# mdadm --query /dev/md0
/dev/md0: 510.00MiB raid1 2 devices, 1 spare. Use mdadm --detail for more detail.
root@aasaenko:/home/aasaenko#
```

Рис. 2.10: Создание RAID 1

К массиву был добавлен третий диск – /dev/sdf1, который автоматически стал hot spare.

```

root@aasaenko:/home/aasaenko# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Wed Nov 19 15:30:06 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 : Wed Nov 19 15:30:26 2025
      State : clean
      Active Devices : 2
      Working Devices : 3
      Failed Devices : 0
      Spare Devices : 1

      Consistency Policy : resync

              Name : aasaenko.localdomain:0  (local to host aasaenko.localdomain)
              UUID : 1a83f7bb:f18d34ad:c581f763:6300d5a5
              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@aasaenko:/home/aasaenko#

```

Рис. 2.11: Добавление hot spare

Был выполнен монтаж массива `/dev/md0`.

Состояние массива после добавления hot spare:

- RAID-уровень: **raid1**
- Активные устройства: 2
- Рабочие устройства: 3
- Один диск находится в роли **spare**

Явно вызван отказ диска `/dev/sde1`.

```

root@aasaenko:/home/aasaenko# mdadm /dev/md0 --fail /dev/sde1
root@aasaenko:/home/aasaenko# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Wed Nov 19 15:30:06 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 : Wed Nov 19 15:31:34 2025
      State : clean
      Active Devices : 2
      Working Devices : 2
      Failed Devices : 1
      Spare Devices : 0

      Consistency Policy : resync

              Name : aasaenko.locaLdomain:0 (local to host aasaenko.locaLdomain)
              UUID : 1a83f7bb:f18d34ad:c581f763:6300d5a5
              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@aasaenko:/home/aasaenko# █

```

Рис. 2.12: Отказ диска

После отказа произошла автоматическая перестройка массива: диск **sdf1** стал активным.

Состояние массива:

- Active devices: 2
- Working devices: 2
- Failed devices: 1
- Spare devices: 0

Массив был размонтирован, остановлен и очищен от метаданных.

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

Рис. 2.13: Очистка суперблоков

2.4 Преобразование RAID 1 в RAID 5

Вновь создаётся RAID 1 и добавляется третий диск.

```
root@aasaenko:/home/aasaenko# 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@aasaenko:/home/aasaenko# mdadm --add /dev/md0 /dev/sdf1  
mdadm: added /dev/sdf1  
root@aasaenko:/home/aasaenko# mount /dev/md0  
mount: (hint) your fstab has been modified, but systemd still uses  
      the old version; use 'systemctl daemon-reload' to reload.  
root@aasaenko:/home/aasaenko# 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@aasaenko:/home/aasaenko# mdadm --query /dev/md0  
/dev/md0: 510.00MB raid1 2 devices, 1 spare. Use mdadm --detail for more detail.  
root@aasaenko:/home/aasaenko#
```

Рис. 2.14: Создание RAID 1 и добавление диска

```

root@aasaenko:/home/aasaenko# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Wed Nov 19 15:34:22 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 : Wed Nov 19 15:34:43 2025
      State : clean
      Active Devices : 2
      Working Devices : 3
      Failed Devices : 0
      Spare Devices : 1

      Consistency Policy : resync

              Name : aasaenko.localdomain:0  (local to host aasaenko.localdomain)
              UUID : 4ad47c8c:680df8ae:041fe1a3:b3c59cb4
              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@aasaenko:/home/aasaenko# █

```

Рис. 2.15: Проверка статуса массива

Состояние после создания:

- RAID-уровень: **raid1**
- Total devices: 3
- Spare devices: 1

Изменён тип массива

После преобразования RAID стал **raid5**, но использует всё ещё два диска и один spare.

```

root@aasaenko:/home/aasaenko# mdadm --grow /dev/md0 --level=5
mdadm: level of /dev/md0 changed to raid5
root@aasaenko:/home/aasaenko# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Wed Nov 19 15:34:22 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 : Wed Nov 19 15:36:01 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 : aasaenko.localdomain:0  (local to host aasaenko.localdomain)
              UUID : 4ad47c8c:680df8ae:041fe1a3:b3c59cb4
              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@aasaenko:/home/aasaenko#

```

Рис. 2.16: Преобразование в RAID 5

в массив был включён третий диск.

Результат:

- RAID-уровень: **raid5**
- Active devices: 3
- Spare devices: 0
- Размер массива увеличился вдвое

```

root@aasaenko:/home/aasaenko# mdadm --grow /dev/md0 --raid-devices=3
root@aasaenko:/home/aasaenko# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Wed Nov 19 15:34:22 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 : Wed Nov 19 15:37:49 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 : aasaenko.localdomain:0  (local to host aasaenko.localdomain)
              UUID : 4ad47c8c:680df8ae:041fe1a3:b3c59cb4
              Events : 36

      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@aasaenko:/home/aasaenko# █

```

Рис. 2.17: RAID 5 после добавления третьего диска

Массив был размонтирован, остановлен и суперблоки очищены.

```

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

```

Рис. 2.18: Очистка RAID 5

Строка автомонтирования была закомментирована:

```
GNU nano 8.1                               /etc/fstab

#
# /etc/fstab
# Created by anaconda on Tue Sep  9 17:07:12 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=d83390cc-2d84-4fc0-bd05-ca91de963a39 /          xfs    defaults      0 0
UUID=d9debe2a-1f0b-4b38-9b19-869a45d892f1 /boot        xfs    defaults      0 0
UUID=410f9eed-3ac0-4e21-a5aa-32b986aae5a0 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                  /data/mnt       ext4   defaults      1 2
#UUID=1c1cab63-3081-41d8-af2c-137661cbeld9 /mnt/data       xfs    defaults      1 2
#UUID=d6d2a497-accc-4b14-844a-25daaeb6123a /mnt/data-ext   ext4   defaults      1 2
#UUID=904e0395-6ea3-4257-aceb-955c098ab5f2 none     swap   defaults      0 0
```

Рис. 2.19: fstab с закомментированной строкой

3 Контрольные вопросы

1. **Приведите определение RAID.** RAID (Redundant Array of Independent Disks) – это технология, позволяющая объединять несколько физических дисков в единый логический массив. Основная цель RAID – повысить производительность, надёжность хранения данных или одновременно обеспечить оба свойства. В зависимости от уровня RAID данные распределяются по дискам особым образом, что позволяет организовать избыточность, ускорение доступа или сочетание этих преимуществ.
2. **Какие типы RAID-массивов существуют на сегодняшний день?** Наиболее распространённые уровни RAID включают:
 - **RAID 0** – чередование (striping) без избыточности
 - **RAID 1** – зеркалирование (mirroring)
 - **RAID 5** – распределённая контрольная сумма (distributed parity)
 - **RAID 6** – двойная избыточность (dual parity)
 - **RAID 10 (1+0)** – комбинация зеркалирования и чередования
 - **RAID 50, RAID 60** – комбинации массивов верхнего уровня
 - **JBOD** – не является RAID, но используется как линейное объединение дисков
3. **Охарактеризуйте RAID 0, RAID 1, RAID 5, RAID 6, опишите алгоритм работы, назначение и приведите примеры применения.**

RAID 0 (striping)

- **Алгоритм работы:** данные разбиваются на блоки и записываются по-переменно на несколько дисков.
- **Назначение:** максимальное увеличение скорости чтения и записи.
- **Преимущества:** высокая производительность, использование полностью объёма всех дисков.
- **Недостатки:** отсутствие отказоустойчивости — выход любого диска приводит к потере всего массива.
- **Применение:** обработка больших объёмов данных, видеомонтаж, временные высокоскоростные хранилища.

RAID 1 (mirroring)

- **Алгоритм работы:** одни и те же данные дублируются на два (или больше) диска.
- **Назначение:** обеспечение максимальной надёжности хранения данных.
- **Преимущества:** высокая отказоустойчивость — при выходе одного диска массив продолжает работать.
- **Недостатки:** фактическая потеря половины ёмкости, так как данные хранятся в двух копиях.
- **Применение:** серверы баз данных, критически важные системы, где первична сохранность информации.

RAID 5 (striping + distributed parity)

- **Алгоритм работы:** данные и контрольные суммы (parity) распределяются по всем дискам массива.
- **Назначение:** сочетание скорости и надёжности при эффективном использовании дискового пространства.
- **Преимущества:** отказоустойчивость при выходе одного диска, увеличение скорости чтения.

- **Недостатки:** снижение скорости записи из-за вычисления контрольных сумм; восстановление после сбоя может занимать много времени.
- **Применение:** файловые серверы, сетевые хранилища, корпоративные архивы.

RAID 6 (dual parity)

- **Алгоритм работы:** данные распределяются по дискам, а также записываются две независимые контрольные суммы, что позволяет выделять два отказа одновременно.
- **Назначение:** максимальная устойчивость массива к отказам при большом количестве дисков.
- **Преимущества:** выдерживает выход сразу двух дисков.
- **Недостатки:** ещё более низкая скорость записи по сравнению с RAID 5; требуется минимум четыре диска.
- **Применение:** крупные сетевые хранилища, системы резервного копирования, где критична высокая надёжность.

4 Заключение

В ходе выполнения лабораторной работы я освоила практическую работу с технологией RAID и научилась применять инструменты для создания, управления и диагностики программных RAID-массивов в Linux.

В рамках работы были выполнены следующие действия:

- создание массива RAID 1 и добавление к нему диска в роли hot spare;
- проверка состояния массива, анализ информации из `/proc/mdstat` и утилиты `mdadm`;
- симуляция отказа одного из дисков и наблюдение автоматического восстановления массива с использованием горячего резерва;
- удаление массива и очистка суперблоков всех задействованных устройств;
- создание RAID 1, его преобразование в RAID 5 и последующее расширение массива за счёт увеличения числа активных устройств;
- изучение поведения RAID 5 при изменении уровня и структуры массива, а также диагностика состояния после перестройки;
- корректировка записи в файле `/etc/fstab` для управления автомонтированием.

Выполнение лабораторной работы позволило глубже понять принципы избыточности данных, механизмы устойчивости к отказам и алгоритмы работы различных уровней RAID. Полученные навыки являются важными для обеспечения надежности и производительности дисковых подсистем в серверных и корпоративных системах хранения данных.