

Отчёт по лабораторной работе №16

Программный RAID

Руслан Алиев

Содержание

1 Цель работы	5
2 Выполнение	6
2.1 Создание RAID-диска	6
2.2 RAID-массив с горячим резервом (hot spare)	13
2.3 Преобразование массива RAID1 в RAID5	15
3 Контрольные вопросы	20
4 Заключение	22

Список иллюстраций

2.1 Проверка дисков /dev/sdd, /dev/sde, /dev/sdf	6
2.2 Создание разделов на дисках	7
2.3 Изменение типа разделов на RAID	8
2.4 Состояние дисков /dev/sde и /dev/sdf	9
2.5 Создание RAID-массива	10
2.6 Информация о RAID	10
2.7 Создание файловой системы	11
2.8 /etc/fstab с записью массива	11
2.9 Сбой, удаление и добавление диска	12
2.10 Удаление массива и очистка суперблоков	12
2.11 Создание массива RAID1	13
2.12 Состояние массива после добавления hot spare	14
2.13 Сбой диска в RAID1	15
2.14 Создание массива и добавление третьего диска	16
2.15 Состояние RAID1 перед конверсией	17
2.16 Изменение уровня массива RAID	18
2.17 Состояние RAID5 с тремя активными дисками	19

Список таблиц

1 Цель работы

Освоить работу с RAID-массивами при помощи утилиты mdadm.

2 Выполнение

2.1 Создание RAID-диска

1. Виртуальная машина запущена, получены полномочия администратора командой su -. Далее выполнена проверка наличия дополнительных дисков через fdisk -l | grep /dev/sd. В системе обнаружены устройства /dev/sdd, /dev/sde и /dev/sdf, подготовленные на предыдущем этапе.

```
raliev@raliev:~$ su
Password:
root@raliev:/home/raliev#
root@raliev:/home/raliev# fdisk -l | grep /dev/sd
Disk /dev/sdd: 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/sde: 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/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/sdf: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
root@raliev:/home/raliev#
```

Рис. 2.1: Проверка дисков /dev/sdd, /dev/sde, /dev/sdf

2. На каждом из обнаруженных дисков созданы разделы с помощью утилиты sfdisk. На устройствах /dev/sdd, /dev/sde и /dev/sdf появился по одному разделу, занимающему весь объём диска.

```

root@raliev:/home/raliev#
root@raliev:/home/raliev# 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 0xab842cf4.
/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: 0xab842cf4

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@raliev:/home/raliev# █

```

Рис. 2.2: Создание разделов на дисках

3. Тип созданных разделов проверен с помощью `sfdisk -print-id`. Для всех разделов (`/dev/sdd1`, `/dev/sde1`, `/dev/sdf1`) зафиксирован тип 83 (Linux).
4. Просмотрен список RAID-типов, доступных в `sfdisk`. Обнаружен тип `fd`, соответствующий Linux raid autodetect.
5. Тип созданных разделов изменён на RAID-совместимый: `fd` (Linux raid autodetect). Изменения применены для всех трёх дисков.

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

Рис. 2.3: Изменение типа разделов на RAID

6. Текущее состояние дисков просмотрено через sfdisk -l. На всех устройствах присутствует один раздел размером около 511 MiB, имеющий тип fd Linux raid autodetect.

```

root@raliev:/home/raliev#
root@raliev:/home/raliev# 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: 0xab842cf4

Device      Boot Start     End Sectors  Size Id Type
/dev/sdd1          2048 1048575 1046528 511M fd Linux raid autodetect
root@raliev:/home/raliev# 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: 0x9484d887

Device      Boot Start     End Sectors  Size Id Type
/dev/sde1          2048 1048575 1046528 511M fd Linux raid autodetect
root@raliev:/home/raliev# 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: 0x73c354c3

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

```

Рис. 2.4: Состояние дисков /dev/sde и /dev/sdf

7. Утилита mdadm уже установлена в системе, поэтому дополнительных действий не потребовалось.
8. Создан RAID-массив уровня RAID1 из двух устройств: /dev/sdd1 и /dev/sde1. В результате появился массив /dev/md0, который успешно активирован и готов к дальнейшему использованию.

```

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

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

```

Рис. 2.5: Создание RAID-массива

9. Просмотрено состояние массива через /proc/mdstat, mdadm –query и mdadm –detail. Массив имеет уровень raid1, состояние clean, оба устройства активны и работают в режиме active sync.

```

root@raliev:/home/raliev# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Sun Nov 23 12:49:42 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 : Sun Nov 23 12:49:44 2025
                  State : clean
      Active Devices : 2
      Working Devices : 2
      Failed Devices : 0
      Spare Devices : 0

      Consistency Policy : resync

                  Name : raliev.localdomain:0 (local to host raliev.localdomain)
                  UUID : fbdd457e:9f66b032:d22d7575:6b354137
                  Events : 17

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

```

Рис. 2.6: Информация о RAID

10. На массиве /dev/md0 создана файловая система ext4. Форматирование прошло успешно, что подтверждается выводом утилиты.

```

root@raliev:/home/raliev#
root@raliev:/home/raliev# mkfs.ext4 /dev/md0
mke2fs 1.47.1 (20-May-2024)
Creating filesystem with 522240 1k blocks and 130560 inodes
Filesystem UUID: 08ab9543-70da-4253-9b74-8aec9871c853
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@raliev:/home/raliev# mkdir /mnt/raid
root@raliev:/home/raliev# mount /dev/md0 /mnt/raid
root@raliev:/home/raliev# █

```

Рис. 2.7: Создание файловой системы

11. Создан каталог /mnt/raid, после чего массив /dev/md0 был подмонтирован в эту точку. Массив стал доступен для чтения и записи.
12. В файл /etc/fstab добавлена запись, обеспечивающая автомонтирование RAID-массива при загрузке системы: /dev/md0 /mnt/raid ext4 defaults 1 2.

```

GNU nano 8.1                               /etc/fstab

#
# /etc/fstab
# Created by anaconda on Thu Oct  2 15:51:49 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=3cfbe4aa-6099-4ffb-94d9-9225442b08ab   xfs  defaults      0  0
UUID=7b8a1d93-2813-4d48-8617-3be8699122aa /boot   xfs  defaults      0  0
UUID=43296ceb-b959-4fcf-8f70-625d0f6dfe00 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=7b8716b8-fa43-4c11-ade0-57f582ca8728 /mnt/data   xfs  defaults      1  2
#UUID=9c32754f-0ff7-41f4-83d0-4c6844797287 /mnt/data-ext ext4 defaults      1  2
#UUID=f1346f70-6f29-4ebd-83b6-f6e927ec3b4e none   swap  defaults      1  2

```

Рис. 2.8: /etc/fstab с записью массива

13. Для имитации сбоя один из дисков массива (/dev/sde1) был помечен как неисправный. После этого неисправный диск удалён, а на его место добавлен новый — /dev/sdf1. Массив начал процесс синхронизации.

```

root@raliev:/home/raliev# mdadm /dev/md0 --fail /dev/sde1
root@raliev:/home/raliev# mdadm /dev/md0 --remove /dev/sde1
mdadm: hot removed /dev/sde1 from /dev/md0
root@raliev:/home/raliev# mdadm /dev/md0 --add /dev/sdf1
mdadm: added /dev/sdf1
root@raliev:/home/raliev# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
    Version : 1.2
    Creation Time : Sun Nov 23 12:49:42 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 : Sun Nov 23 12:53:43 2025
            State : clean
        Active Devices : 2
        Working Devices : 2
        Failed Devices : 0
        Spare Devices : 0

    Consistency Policy : resync

              Name : raliev.localdomain:0  (local to host raliev.localdomain)
              UUID : fbdd457e:9f66b032:d22d7575:6b354137
              Events : 39

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

```

Рис. 2.9: Сбой, удаление и добавление диска

14. После замены диска массив снова проверен. Оба активных устройства (`/dev/sdd1` и `/dev/sdf1`) работают в режиме `active sync`, состояние массива `clean`, что свидетельствует об успешном восстановлении.
15. В завершение работы массив был размонтирован, остановлен и очищены суперблоки RAID на всех задействованных устройствах (`/dev/sdd1`, `/dev/sde1`, `/dev/sdf1`), что полностью удалило информацию о RAID.

```

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

```

Рис. 2.10: Удаление массива и очистка суперблоков

2.2 RAID-массив с горячим резервом (hot spare)

- Получены полномочия администратора.

Система готова к созданию RAID-массива.

- Создан массив RAID1 из двух дисков /dev/sdd1 и /dev/sde1.

Массив /dev/md0 успешно сформирован и активирован.

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

Рис. 2.11: Создание массива RAID1

- В массив добавлен третий диск /dev/sdf1.

Он был определён как диск горячего резерва (spare).

- Выполнено монтирование /dev/md0.

Система уведомила о необходимости перезагрузки systemd для подхвата изменений, однако монтирование прошло успешно.

- Проверено состояние массива.

В выводе видно:

- уровень raid1,
- два активных устройства /dev/sdd1 и /dev/sde1,
- один резервный диск /dev/sdf1 (spare).

Массив находится в состоянии clean.

```
root@raliev:/home/raliev# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Sun Nov 23 12:57:54 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 : Sun Nov 23 12:58:15 2025
                      State : clean
        Active Devices : 2
      Working Devices : 3
        Failed Devices : 0
        Spare Devices : 1

Consistency Policy : resync

      Name : raliev.localdomain:0 (local to host raliev.localdomain)
      UUID : 76d29671:f241305d:3079468e:90265086
      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@raliev:/home/raliev#
```

Рис. 2.12: Состояние массива после добавления hot spare

6. Выполнена симуляция сбоя диска /dev/sde1.

После пометки устройства как faulty массив продолжил работу.

```

root@raliev:/home/raliev#
root@raliev:/home/raliev# mdadm /dev/md0 --fail /dev/sde1
root@raliev:/home/raliev# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Sun Nov 23 12:57:54 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 : Sun Nov 23 13:00:35 2025
      State : clean
      Active Devices : 2
      Working Devices : 2
      Failed Devices : 1
      Spare Devices : 0

      Consistency Policy : resync

              Name : raliev.localdomain:0 (local to host raliev.localdomain)
              UUID : 76d29671:f241305d:3079468e:90265086
              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@raliev:/home/raliev#

```

Рис. 2.13: Сбой диска в RAID1

7. Проверено состояние массива после сбоя.

Диск /dev/sde1 отображается как faulty.

Диск /dev/sdf1 автоматически активируется в работу – hot spare заменяет вышедший из строя диск, что подтверждает корректную работу механизма резервирования.

8. Массив удалён, метаданные на всех задействованных разделах очищены.

Устройства полностью готовы к повторному использованию.

2.3 Преобразование массива RAID1 в RAID5

1. Получены полномочия администратора.

2. Создан массив RAID1 из двух устройств /dev/sdd1 и /dev/sde1.

Массив /dev/md0 успешно создан и активен.

3. Добавлен третий диск /dev/sdf1, который определяется как запасной.

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

Рис. 2.14: Создание массива и добавление третьего диска

4. RAID-массива успешно подмонтирован.

5. Просмотрено его состояние.

Уровень raid1, активные диски /dev/sdd1 и /dev/sde1, диск /dev/sdf1 — резервный.

```

root@raliev:/home/raliev# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Sun Nov 23 13:02:51 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 : Sun Nov 23 13:03:23 2025
           State : clean
          Active Devices : 2
         Working Devices : 3
            Failed Devices : 0
            Spare Devices : 1

    Consistency Policy : resync

              Name : raliev.localdomain:0  (local to host raliev.localdomain)
              UUID : 43bf3c49:57bb6a87:3b2ed8d6:e1777793
              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@raliev:/home/raliev# 

```

Рис. 2.15: Состояние RAID1 перед конверсией

6. Тип массива изменён с RAID1 на RAID5.

После изменения уровня массив продолжает работу, но по-прежнему использует только два активных диска, один остаётся в резерве.

```

root@raliev:/home/raliev# mdadm --grow /dev/md0 --level=5
mdadm: level of /dev/md0 changed to raid5
root@raliev:/home/raliev# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
    Version : 1.2
    Creation Time : Sun Nov 23 13:02:51 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 : Sun Nov 23 13:05:10 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 : raliev.localdomain:0 (local to host raliev.localdomain)
        UUID : 43bf3c49:57bb6a87:3b2ed8d6:e1777793
        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@raliev:/home/raliev#

```

Рис. 2.16: Изменение уровня массива RAID

7. Просмотрено состояние массива.

Отмечено:

- уровень изменён на raid5,
- массив всё ещё использует два активных диска,
- /dev/sdf1 остаётся в роли hot spare,
- размер массива пока соответствует двухдисковой конфигурации.

8. Количество устройств массива увеличено до трёх.

Диск /dev/sdf1 включён в состав массива как рабочий.

9. Состояние массива после расширения:

- уровень raid5,

- задействованы три активных устройства /dev/sdd1, /dev/sde1, /dev/sdf1,
- отказоустойчивость и производительность увеличены,
- размер массива вырос примерно вдвое.

```
root@raliev:/home/raliev# mdadm --grow /dev/md0 --raid-devices=3
root@raliev:/home/raliev# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Sun Nov 23 13:02:51 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 : Sun Nov 23 13:05:36 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 : raliev.localdomain:0  (local to host raliev.localdomain)
              UUID : 43bf3c49:57bb6a87:3b2ed8d6:e1777793
              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@raliev:/home/raliev#
```

Рис. 2.17: Состояние RAID5 с тремя активными дисками

10. Массив удалён, суперблоки на всех трёх устройствах очищены.
Устройства полностью очищены от признаков RAID.
11. В файле /etc/fstab строка для /dev/md0 закомментирована, чтобы исключить попытки автомонтирования несуществующего массива.

3 Контрольные вопросы

1. **Приведите определение RAID.** RAID (Redundant Array of Independent Disks) – это технология объединения нескольких физических дисков в единый логический массив с целью повышения отказоустойчивости, производительности или обеих характеристик одновременно.
2. **Какие типы RAID-массивов существуют на сегодняшний день?** Существуют следующие основные уровни RAID: RAID 0, RAID 1, RAID 5, RAID 6, RAID 10, RAID 50, RAID 60, а также комбинации и проприетарные реализации. Также выделяют **hot spare** – резервные диски, автоматически подключаемые при сбое.
3. **Охарактеризуйте RAID 0, RAID 1, RAID 5, RAID 6, опишите алгоритм работы, назначение и примеры применения.** **RAID 0** – распределение данных по дискам без избыточности. Алгоритм работы: данные разбиваются на блоки и записываются поочерёдно на разные диски (stripping). Назначение: максимальное увеличение скорости и объёма, отсутствие отказоустойчивости. Применение: временные данные, высокопроизводительные задачи без критичности к потерям (рендеринг, кэширование).
RAID 1 – зеркалирование данных. Алгоритм работы: каждый блок записывается на два (или более) диска одновременно, создавая полный дубль. Назначение: полная отказоустойчивость при сохранении скорости чтения. Применение: серверы баз данных, критически важные системы, требующие непрерывной работы.

RAID 5 – распределённая четность. Алгоритм работы: данные и блоки четности (parity) равномерно распределяются между всеми дисками массива. Назначение: баланс между скоростью, надёжностью и эффективностью использования дискового пространства. Применение: файловые серверы, корпоративные хранилища с высокой степенью читаемости.

RAID 6 – двойная четность. Алгоритм работы: хранение двух независимых блоков четности на каждом цикле записи. Назначение: обеспечивает сохранность данных при одновременном выходе из строя сразу двух дисков. Применение: крупные массивы хранения, где длительное восстановление и вероятность двойного сбоя критичны (архивы, data-центры).

4 Заключение

В ходе работы были изучены принципы создания и управления программными RAID-массивами в Linux с использованием утилиты **mdadm**. Было рассмотрено формирование RAID 1, добавление диска горячего резерва, обработка отказов и автоматическое восстановление массива. Также выполнено преобразование RAID 1 в RAID 5 с расширением количества дисков и анализом изменений в его состоянии. Практическая часть позволила освоить процессы настройки отказоустойчивых систем хранения данных, а также понять особенности работы различных уровней RAID и их применение на практике.