

Отчёт по лабораторной работе №16

Программный RAID

Максат Хемраев

Содержание

1 Цель работы	5
2 Отчёт по выполнению работы	6
2.1 Создание RAID-массива уровня 1	6
2.2 RAID-массив с горячим резервом (Hot Spare)	13
2.3 Преобразование RAID 1 в RAID 5	15
3 Контрольные вопросы	19
3.0.1 1. Приведите определение RAID	19
3.0.2 2. Какие типы RAID-массивов существуют на сегодняшний день?	19
3.0.3 3. Охарактеризуйте RAID 0, RAID 1, RAID 5, RAID 6: алгоритм, назначение, применение	20
4 Заключение	23

Список иллюстраций

2.1 Проверка списка дисков	6
2.2 Создание разделов	7
2.3 Изменение типа	8
2.4 Состояние дисков после изменения	9
2.5 Создание массива RAID1	9
2.6 Проверка состояния RAID	10
2.7 Создание ext4	10
2.8 fstab запись	11
2.9 RAID после замены диска	12
2.10 Очистка суперблоков	13
2.11 Создание RAID1 с добавлением hotspare	13
2.12 Статус массива с hotspare	14
2.13 Автоматическая пересборка массива	15
2.14 Создание RAID1 перед конверсией	16
2.15 Состояние массива перед преобразованием	16
2.16 Начало конверсии RAID1 → RAID5	17
2.17 Перестройка массива в RAID5	18

Список таблиц

1 Цель работы

Освоить работу с RAID-массивами при помощи утилиты mdadm.

2 Отчёт по выполнению работы

2.1 Создание RAID-массива уровня 1

В начале работы были получены права суперпользователя с помощью команды `su -`. Переход к root выполнен успешно.

После запуска команды `fdisk -l | grep /dev/sd` система отобразила подключённые устройства, включая диски **/dev/sdd**, **/dev/sde**, **/dev/sdf**, созданные ранее в предыдущей работе.

```
mhemraev@mhemraev:~$ su
Password:
root@mhemraev:/home/mhemraev#
root@mhemraev:/home/mhemraev# fdisk -l | grep /dev/sd
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/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: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
Disk /dev/sde: 1.5 GiB, 1610612736 bytes, 3145728 sectors
/dev/sde1      2048 1230847 1228800 600M 8e Linux LVM
/dev/sde2      1230848 2152447 921600 450M 8e Linux LVM
Disk /dev/sdf: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
Disk /dev/sdd: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
...
```

Рис. 2.1: Проверка списка дисков

На каждом из дисков был создан один раздел с помощью утилиты `sfdisk`. Процедура прошла успешно для всех устройств.

```

root@mhemraev:/home/mhemraev# 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 (MBR) disklabel with disk identifier 0x71c17c3d.
/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: 0x71c17c3d

  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.
root@mhemraev:/home/mhemraev# 
```

Рис. 2.2: Создание разделов

Проверка вывела тип **83 (Linux)** для всех разделов на каждом диске.

Поиск значений, относящихся к RAID, показал тип **fd – Linux raid autodetect**.

Тип всех трёх разделов был изменён на **fd**, что подтверждено утилитой:

- раздел /dev/sdd1 получил тип fd

- раздел /dev/sdc1 получил тип fd

- раздел /dev/sdf1 получил тип fd

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

Рис. 2.3: Изменение типа

Команда `sfdisk -l` подтвердила, что каждый диск содержит один раздел формата **Linux raid autodetect**.

```

root@hemraev:/home/mhemraev#
root@hemraev:/home/mhemraev# sfdisk -l /dev/sdc
Disk /dev/sdc: 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: 0x5b6a2cbe

Device      Boot Start     End Sectors  Size Id Type
/dev/sdc1          2048 1048575 1046528 511M fd Linux raid autodetect
root@hemraev:/home/mhemraev# 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: 0xce009f04

Device      Boot Start     End Sectors  Size Id Type
/dev/sdd1          2048 1048575 1046528 511M fd Linux raid autodetect
root@hemraev:/home/mhemraev# 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: 0x71c17c3d

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

```

Рис. 2.4: Состояние дисков после изменения

Был создан массив RAID1 из устройств **/dev/sdc1** и **/dev/sdd1**.

Массив успешно инициализирован, что отображено в терминале.

```

root@hemraev:/home/mhemraev#
root@hemraev:/home/mhemraev# mdadm --create --verbose /dev/md0 --level=1 --raid-devices=2 /dev/sdc1 /dev/sdd1
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@hemraev:/home/mhemraev#
root@hemraev:/home/mhemraev# cat /proc/mdstat
Personalities : [raid1]
md0 : active raid1 sdd1[1] sdc1[0]
      522240 blocks super 1.2 [2/2] [UU]

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

```

Рис. 2.5: Создание массива RAID1

Состояние массива проверено командами `cat /proc/mdstat`, `mdadm --query /dev/md0` и `mdadm --detail /dev/md0`.

Обе составляющие устройства работают синхронно, ошибок не обнаружено.

```
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Thu Nov 20 08:57:40 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 08:57:42 2025
      State : clean
      Active Devices : 2
      Working Devices : 2
      Failed Devices : 0
      Spare Devices : 0

      Consistency Policy : resync

              Name : mhemraev.localdomain:0 (local to host mhemraev.localdomain)
              UUID : 31ae95a9:b2ba1137:4aa775ba:111346a8
              Events : 17

      Number  Major  Minor  RaidDevice State
          0      8      33        0     active sync   /dev/sdcl
          1      8      49        1     active sync   /dev/sdd1
root@mhemraev:/home/mhemraev#
```

Рис. 2.6: Проверка состояния RAID

На RAID-массиве создана файловая система ext4. Процесс завершён успешно.

```
root@mhemraev:/home/mhemraev#
root@mhemraev:/home/mhemraev# mkfs.ext4 /dev/md0
mke2fs 1.47.1 (20-May-2024)
Creating filesystem with 522240 1k blocks and 130560 inodes
Filesystem UUID: 82cdd6db-8d2c-41e9-949a-300978ea252e
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

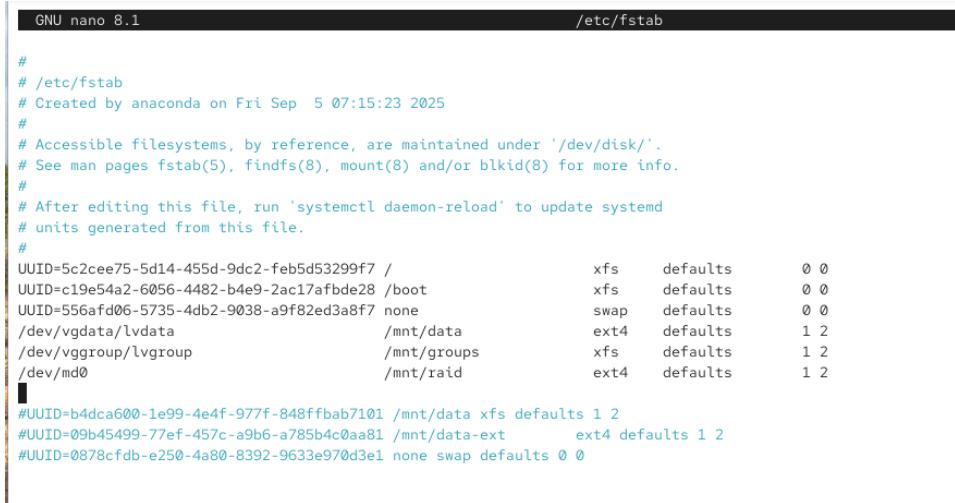
root@mhemraev:/home/mhemraev# mkdir /data
mkdir: cannot create directory '/data': File exists
root@mhemraev:/home/mhemraev# mkdir /mnt/raid
root@mhemraev:/home/mhemraev# mount /dev/md0 /mnt/raid/
root@mhemraev:/home/mhemraev#
```

Рис. 2.7: Создание ext4

Создан каталог `/mnt/raid`, в который смонтирован массив `/dev/md0`.

В файл `/etc/fstab` добавлена строка для автоматического монтирования RAID при старте системы:

```
/dev/md0 /mnt/raid ext4 defaults 1 2
```



The screenshot shows the contents of the `/etc/fstab` file in a terminal window titled "GNU nano 8.1". The file contains the following configuration:

```
# /etc/fstab
# Created by anaconda on Fri Sep  5 07:15:23 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=5c2cee75-5d14-455d-9dc2-feb5d53299f7 /          xfs    defaults      0  0
UUID=c19e54a2-6056-4482-b4e9-2ac17afbd28 /boot        xfs    defaults      0  0
UUID=556afd06-5735-4db2-9038-a9f82ed3a8f7 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=b4dca600-1e99-4e4f-977f-848ffbab7101 /mnt/data xfs defaults 1 2
#UUID=09b45499-77ef-457c-a9b6-a785b4c0aa81 /mnt/data-ext  ext4 defaults 1 2
#UUID=0878cfdb-e250-4a80-8392-9633e970d3e1 none swap defaults 0 0
```

Рис. 2.8: fstab запись

Сбой сымитирован для устройства `/dev/sdc1`, после чего диск был удалён из массива.

Вместо сбояного устройства добавлен новый раздел — `/dev/sdf1`.

Массив обновился и продолжил работу в штатном режиме, оба устройства активны.

```

root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm /dev/md0 --fail /dev/sdc1
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm /dev/md0 --remove /dev/sdc1
mdadm: hot removed /dev/sdc1 from /dev/md0
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm /dev/md0 --add /dev/sdf1
mdadm: added /dev/sdf1
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
    Version : 1.2
    Creation Time : Thu Nov 20 08:57:40 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 09:02:31 2025
    State : clean
    Active Devices : 2
    Working Devices : 2
    Failed Devices : 0
    Spare Devices : 0

    Consistency Policy : resync

      Name : mhemraev.localdomain:0  (local to host mhemraev.localdomain)
      UUID : 31ae95a9:b2ba1137:4aa775ba:111346a8
      Events : 39

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

```

Рис. 2.9: RAID после замены диска

Массив размонтирован, остановлен, затем с разделов удалены суперблоки mdadm:

- /dev/sdc1

- /dev/sdd1

- /dev/sdf1

```

root@mhemraev:/home/mhemraev#
root@mhemraev:/home/mhemraev# umount /dev/md0
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --stop /dev/md0
mdadm: stopped /dev/md0
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --zero-superblock /dev/sdc1
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --zero-superblock /dev/sdd1
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --zero-superblock /dev/sdf1
root@mhemraev:/home/mhemraev# 

```

Рис. 2.10: Очистка суперблоков

2.2 RAID-массив с горячим резервом (Hot Spare)

После получения прав суперпользователя был создан массив RAID 1 на двух дисках. Массив инициализировался нормально.

```

root@mhemraev:/home/mhemraev#
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --create --verbose /dev/md0 --level=1 --raid-devices=2 /dev/sdc1 /dev/sdd1
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@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --add /dev/md0 /dev/sdf1
mdadm: added /dev/sdf1
root@mhemraev:/home/mhemraev# mount /dev/md0
mount: (hint) your fstab has been modified, but systemd still uses
      the old version; use 'systemctl daemon-reload' to reload.
root@mhemraev:/home/mhemraev# cat /proc/mdstat
Personalities : [raid1]
md0 : active raid1 sdf1[2](S) sdd1[1] sdc1[0]
      522240 blocks super 1.2 [2/2] [UU]

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

```

Рис. 2.11: Создание RAID1 с добавлением hotspare

Затем в массив был добавлен третий диск /dev/sdf1. Он автоматически получил статус hot-spare, что подтвердили команды проверки.

```

root@mhemraev:/home/mhemraev#
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Thu Nov 20 09:06:10 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 09:06:29 2025
      State : clean
      Active Devices : 2
      Working Devices : 3
      Failed Devices : 0
      Spare Devices : 1

      Consistency Policy : resync

              Name : mhemraev.localdomain:0 (local to host mhemraev.localdomain)
              UUID : 2401ade2:46e1e638:925e61bc:29748b30
              Events : 18

      Number  Major  Minor  RaidDevice State
          0      8      33        0    active sync   /dev/sdc1
          1      8      49        1    active sync   /dev/sdd1
          2      8      81        -    spare     /dev/sdf1
root@mhemraev:/home/mhemraev# █

```

Рис. 2.12: Статус массива с hotspare

Состояние массива:

- два устройства работают синхронно: /dev/sdc1 и /dev/sdd1
- один диск находится в статусе spare (/dev/sdf1)
- ошибок не выявлено

После этого был симулирован сбой диска /dev/sdc1. Команда `mdadm --detail` показала, что:

- устройство /dev/sdc1 получило статус **faulty**,
- массив автоматически активировал hot-spare /dev/sdf1,
- работа массива продолжилась без потери данных.

```

root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm /dev/md0 --fail /dev/sdc1
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Thu Nov 20 09:06:10 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 09:07:43 2025
      State : clean
      Active Devices : 2
      Working Devices : 2
      Failed Devices : 1
      Spare Devices : 0

      Consistency Policy : resync

              Name : mhemraev.localdomain:0 (local to host mhemraev.localdomain)
              UUID : 2401ade2:46e1e638:925e61bc:29748b30
              Events : 37

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

          0      8      33        -    faulty     /dev/sdc1
root@mhemraev:/home/mhemraev# █

```

Рис. 2.13: Автоматическая пересборка массива

Затем массив был удалён, размонтирован, остановлен и на всех устройствах были очищены суперблоки.

2.3 Преобразование RAID 1 в RAID 5

После получения прав администратора был создан массив RAID 1 на двух дисках /dev/sdc1 и /dev/sdd1.

К нему был добавлен третий диск, который также получил статус hot-spare.

```

root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --create --verbose /dev/md0 --level=1 --raid-devices=2 /dev/sdc1 /dev/sdd1
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@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --add /dev/md0 /dev/sdf1
mdadm: added /dev/sdf1
root@mhemraev:/home/mhemraev# mount /dev/md0
mount: (hint) your fstab has been modified, but systemd still uses
      the old version; use 'systemctl daemon-reload' to reload.
root@mhemraev:/home/mhemraev# cat /proc/mdstat
Personalities : [raid1]
md0 : active raid1 sdf1[2](S) sdd1[1] sdc1[0]
      522240 blocks super 1.2 [2/2] [UU]

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

```

Рис. 2.14: Создание RAID1 перед конверсией

Проверка состояния массива показала, что два устройства активны, а третий находится в режиме ожидания (spare).

```

root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Thu Nov 20 09:11:21 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 09:11:41 2025
      State : clean
      Active Devices : 2
      Working Devices : 3
      Failed Devices : 0
      Spare Devices : 1

      Consistency Policy : resync

      Name : mhemraev.localdomain:0 (local to host mhemraev.localdomain)
      UUID : 9430e8dd:27e0799e:76944f76:9cce6450
      Events : 18

      Number  Major  Minor  RaidDevice State
          0      8      33        0     active sync   /dev/sdc1
          1      8      49        1     active sync   /dev/sdd1

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

```

Рис. 2.15: Состояние массива перед преобразованием

Для преобразования уровень RAID был изменён командой `mdadm --grow --level=5`.

После изменения структуры массив перешёл в режим перестройки (reshaping).

```
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --grow /dev/md0 --level=5
mdadm: level of /dev/md0 changed to raid5
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Thu Nov 20 09:11:21 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 09:13:22 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 : mhemraev.locaLdomain:0 (local to host mhemraev.locaLdomain)
      UUID : 9430e8dd:27e0799e:76944f76:9cce6450
      Events : 19

      Number  Major  Minor  RaidDevice State
          0      8      33        0     active sync   /dev/sdc1
          1      8      49        1     active sync   /dev/sdd1

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

Рис. 2.16: Начало конверсии RAID1 → RAID5

После изменения количества дисков массива до трёх (`--raid-devices=3`) началась полная ресинхронизация RAID 5.

Проверка показала активную перестройку массива и участие трёх устройств.

```

root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --grow /dev/md0 --raid-devices=3
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Thu Nov 20 09:11:21 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 : Thu Nov 20 09:14:00 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 : 74% complete
      Delta Devices : 1, (2->3)

      Name : mhemraev.locaLdomain:0  (local to host mhemraev.locaLdomain)
      UUID : 9430e8dd:27e0799e:76944f76:9cce6450
      Events : 34

      Number  Major  Minor  RaidDevice State
          0      8      33        0     active sync   /dev/sdc1
          1      8      49        1     active sync   /dev/sdd1
          2      8      81        2     active sync   /dev/sdf1
root@mhemraev:/home/mhemraev#

```

Рис. 2.17: Перестройка массива в RAID5

В завершение массив был размонтирован, остановлен, удалён, а суперблоки на всех устройствах были очищены.

Также была закомментирована запись для автомонтирования в `/etc/fstab`.

3 Контрольные вопросы

3.0.1 1. Приведите определение RAID

RAID (Redundant Array of Independent Disks) — это технология объединения нескольких физических дисков в единый логический массив с целью повышения производительности, отказоустойчивости или одновременно обоих параметров. Массив управляется специальным алгоритмом, который распределяет данные и/или резервную информацию по дискам согласно выбранному уровню RAID.

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

Наиболее распространённые уровни RAID:

- **RAID 0** — чередование (striping) без отказоустойчивости
 - **RAID 1** — зеркалирование (mirroring)
 - **RAID 5** — распределённая чётность
 - **RAID 6** — двойная чётность
 - **RAID 10 (1+0)** — комбинация зеркалирования и чередования
 - **RAID 50, RAID 60** — многокомпонентные вложенные уровни
 - **RAID 4** — массив с выделенным диском чётности
 - **RAID JBOD** — диски объединены без распределения данных
-

3.0.3 3. Охарактеризуйте RAID 0, RAID 1, RAID 5, RAID 6: алгоритм, назначение, применение

3.0.3.1 RAID 0 (Striping)

- **Алгоритм:** данные дробятся на блоки и записываются порциями на разные диски.
- **Отказоустойчивость:** отсутствует — выход одного диска разрушает весь массив.
- **Преимущества:** максимальная скорость чтения и записи.
- **Назначение:** производительность важнее сохранности данных.
- **Применение:**
 - временные хранилища
 - обработка больших объёмов данных (видео, графика)
 - высокопроизводительные вычисления

3.0.3.2 RAID 1 (Mirroring)

- **Алгоритм:** каждый блок данных дублируется на второй диск.
- **Отказоустойчивость:** высокая — массив продолжает работу при сбое одного диска.
- **Преимущества:** высокая надёжность хранения.
- **Недостаток:** стоимость хранения в 2 раза выше (коэффициент полезного объёма 50%).
- **Применение:**
 - важные данные
 - серверы БД
 - системы, где требуется 24/7 доступность

3.0.3.3 RAID 5 (Distributed Parity)

- **Алгоритм:** данные и паритет (контрольная информация) распределяются по всем дискам массива.
- **Отказоустойчивость:** допускает выход из строя одного диска.
- **Преимущества:**
 - хороший баланс между ёмкостью, скоростью и надёжностью
 - эффективное использование дисков
- **Недостатки:**
 - медленная запись из-за расчёта паритета
 - длительная реконструкция массива при сбое диска
- **Применение:**
 - файловые серверы
 - системы хранения среднего уровня
 - корпоративные решения с умеренной нагрузкой

3.0.3.4 RAID 6 (Double Parity)

- **Алгоритм:** используется две независимые схемы паритета, распределённые по всем дискам.
- **Отказоустойчивость:** допускаются сбои **двух** дисков.
- **Преимущества:**
 - максимальная надёжность среди массивов с чётностью
 - защищённость даже во время реконструкции RAID 5
- **Недостатки:**
 - ещё более медленная запись

- требуется минимум 4 диска

- **Применение:**

- крупные архивы
- системы хранения с огромными массивами дисков
- среды, где сбой нескольких дисков вероятен

4 Заключение

В ходе выполнения работы были изучены принципы организации RAID-массивов и их практическая настройка в Linux.

Были созданы массивы уровня RAID 1, RAID 1 с горячим резервом и выполнено преобразование RAID 1 в RAID 5.

В процессе работы рассмотрены механизмы распределения данных, автоматической реконфигурации массива при сбое диска, а также методы контроля состояния и удаления массивов.