

# **Отчёт по лабораторной работе №16**

**Программный RAID**

Ришард Когенгар

# Содержание

<b>1</b>	<b>Цель работы</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Ход выполнения</b>	<b>6</b>
2.1	Создание виртуальных носителей . . . . .	6
2.2	Создание RAID-диска . . . . .	7
2.3	RAID-массив с горячим резервом (hotspare) . . . . .	16
2.4	Преобразование массива RAID 1 в RAID 5 . . . . .	19
2.5	Вывод . . . . .	23
<b>3</b>	<b>Контрольные вопросы</b>	<b>24</b>

# Список иллюстраций

2.1	Подключение дополнительных виртуальных дисков к контроллеру SATA . . . . .	6
2.2	Проверка наличия добавленных дисков /dev/sdd, /dev/sde, /dev/sdf . . . . .	7
2.3	Создание раздела на диске /dev/sdd с помощью sfdisk . . . . .	8
2.4	Проверка типа разделов и изменение на Linux raid autodetect (fd) . . . . .	9
2.5	Состояние дисков после изменения типа разделов на fd . . . . .	10
2.6	Создание RAID1 и проверка состояния через /proc/mdstat и mdadm -query . . . . .	11
2.7	Детальная информация о массиве md0 . . . . .	12
2.8	Создание файловой системы ext4 и монтирование массива . . . . .	13
2.9	Добавление записи для автомонтирования в /etc/fstab . . . . .	14
2.10	Имитация отказа, удаление диска и добавление нового устройства в RAID . . . . .	15
2.11	Остановка массива и очистка RAID-метаданных . . . . .	16
2.12	Создание RAID1, добавление hotspare и проверка состояния /proc/mdstat и mdadm -query . . . . .	17
2.13	Состояние массива md0: два active sync и один spare . . . . .	18
2.14	Имитация отказа диска и автоматическая замена hotspare . . . . .	19
2.15	Проверка состояния массива RAID1 перед преобразованием . . . . .	20
2.16	Изменение уровня массива на RAID5 и проверка mdadm -detail . . . . .	21
2.17	RAID5 после увеличения числа устройств до 3: все диски active sync . . . . .	22

## **Список таблиц**

# 1 Цель работы

Освоить работу с RAID-массивами при помощи утилиты mdadm.

## 2 Ход выполнения

### 2.1 Создание виртуальных носителей

1. После завершения установки операционной системы выполнен переход к настройкам виртуальной машины в среде виртуализации **Oracle VirtualBox**.

В разделе «**Носители**» открыт контроллер **SATA**, к которому ранее был подключён основной виртуальный жёсткий диск.

2. С использованием встроенного менеджера виртуальных носителей последовательно созданы **три дополнительных виртуальных жёстких диска**. Для каждого диска выбран формат **VDI (VirtualBox Disk Image)** и тип распределения пространства **обычный (динамический)**.

Размер каждого создаваемого диска установлен равным **512 MiB**, что соответствует требованиям задания.

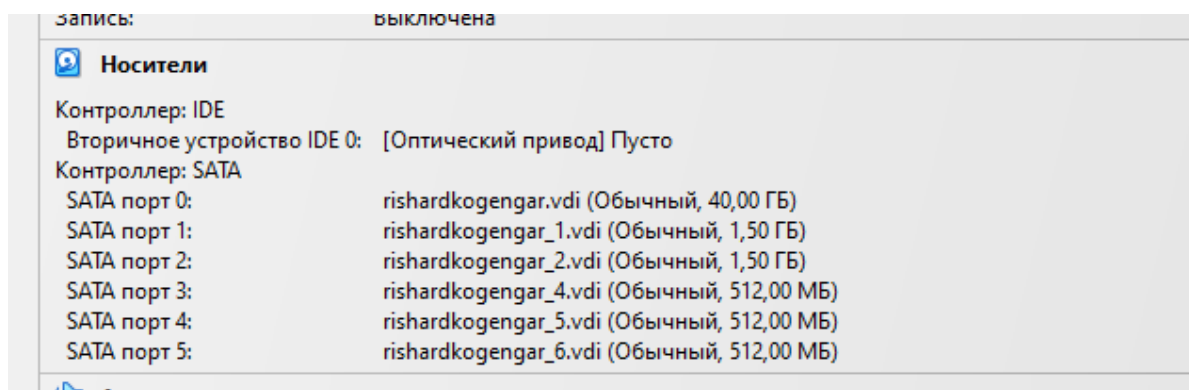


Рис. 2.1: Подключение дополнительных виртуальных дисков к контроллеру SATA

## 2.2 Создание RAID-диска

1. Виртуальная машина была запущена, после чего выполнено получение полномочий администратора командой `su -`.

Дальнейшие операции выполнялись от имени пользователя **root**.

2. Для проверки наличия ранее добавленных виртуальных дисков выполнен вывод списка накопителей командой `fdisk -l | grep /dev/sd`.

В системе корректно определились дополнительные диски объёмом **512 MiB**, отображаемые как `/dev/sdd`, `/dev/sde`, `/dev/sdf`, что соответствует требованиям задания.

```
rishard@rishardkogengar:~$ su
Password:
root@rishardkogengar:/home/rishard# 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   616447   614400   300M 8e Linux LVM
/dev/sdc2      616448 1230847   614400   300M 8e Linux LVM
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/sdf: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
Disk /dev/sdd: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
root@rishardkogengar:/home/rishard#
```

Рис. 2.2: Проверка наличия добавленных дисков `/dev/sdd`, `/dev/sde`, `/dev/sdf`

3. На каждом из трёх дисков создан раздел при помощи утилиты `sfdisk`.

В результате на диске `/dev/sdd` сформирован раздел `/dev/sdd1` (аналогичные действия выполнены для `/dev/sde` и `/dev/sdf`).

```

root@rishardkogengar:/home/rishard# 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 0x62df7945.
/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: 0x62df7945

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.

```

Рис. 2.3: Создание раздела на диске /dev/sdd с помощью sfdisk

4. Выполнена проверка текущего типа созданных разделов командами `sfdisk --print-id /dev/sdX 1`.  
Установлено, что созданные разделы имеют тип **83 (Linux)**, что соответствует стандартному типу раздела Linux по умолчанию.
5. Для определения доступных типов разделов, относящихся к RAID, выполнен просмотр списка типов командой `sfdisk -T | grep -i raid`.  
В перечне отображается тип **Linux raid autodetect**, который используется для разметки RAID-разделов в рамках данной лабораторной работы.
6. Тип каждого из созданных разделов был изменён на **Linux raid autodetect** с идентификатором **fd** командами `sfdisk --change-id /dev/sdX 1 fd`.



Таким образом, разделы **/dev/sdd1**, **/dev/sde1**, **/dev/sdf1** были подготовлены для включения в RAID-массив.

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

Рис. 2.4: Проверка типа разделов и изменение на Linux raid autodetect (fd)

7. Выполнена проверка текущего состояния дисков и созданных разделов командами `sfdisk -l /dev/sdd`, `sfdisk -l /dev/sde`, `sfdisk -l /dev/sdf`.

Установлено, что на каждом диске создан один раздел объёмом порядка **511 MiB**, а тип раздела установлен как **fd Linux raid autodetect**.

Это подтверждает корректную подготовку всех трёх дисков для дальнейшей сборки RAID.

```

root@rishardkogengar:/home/rishard# sfdisk /dev/sdd -l
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: 0x62df7945

Device      Boot Start      End Sectors  Size Id Type
/dev/sdd1          2048 1048575 1046528  511M fd Linux raid autodetect
root@rishardkogengar:/home/rishard# sfdisk /dev/sde -l
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: 0xbea007fa

Device      Boot Start      End Sectors  Size Id Type
/dev/sde1          2048 1048575 1046528  511M fd Linux raid autodetect
root@rishardkogengar:/home/rishard# sfdisk /dev/sdf -l
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: 0x273acd61

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

```

Рис. 2.5: Состояние дисков после изменения типа разделов на fd

8. Для сборки программного RAID использована утилита **mdadm** (при необходимости должна быть предварительно установлена в системе).
9. С использованием **mdadm** создан массив **RAID 1** из двух дисков: **/dev/sdd1** и **/dev/sde1**.

В результате массив был создан как устройство **/dev/md0**.

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

По данным `/proc/mdstat` массив **md0** активен, уровень RAID — **raid1**, количество устройств — **2**, состояние синхронизации корректное (**[UU]**).

Вывод `mdadm --query` подтверждает тип массива RAID1 и наличие двух устройств без резервных (spares).

```
root@rishardkogengar:/home/rishard#
root@rishardkogengar:/home/rishard# mdadm --create --verbose /dev/md0 --level=1 --raid-devices=2 /dev/sdd1 /dev/sde1
To optimize recovery speed, it is recommended to enable write-indent bitmap, do you want to enable it now? [y/N]?
mdadm: assuming no.
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@rishardkogengar:/home/rishard# cat /proc/mdstat
Personalities : [raid1]
md0 : active raid1 sde1[1] sdd1[0]
      522240 blocks super 1.2 [2/2] [UU]

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

Рис. 2.6: Создание RAID1 и проверка состояния через `/proc/mdstat` и `mdadm --query`

11. Детальная информация о массиве получена командой `mdadm --detail /dev/md0`.

Массив находится в состоянии **clean**, активны два устройства (**/dev/sdd1** и **/dev/sde1**) со статусом **active sync**, ошибок и отказавших устройств не обнаружено.

```

root@rishardkogengar:/home/rishard# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
    Version : 1.2
  Creation Time : Thu Jan 22 12:49:54 2026
    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 Jan 22 12:49:57 2026
      State : clean
  Active Devices : 2
 Working Devices : 2
 Failed Devices : 0
  Spare Devices : 0

Consistency Policy : resync

    Name : rishardkogengar.localdomain:0 (local to host rishardkogengar.localdomain)
    UUID : a8f5fbe6:f27d9b13:ad4ea226:bd095505
    Events : 17

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

```

Рис. 2.7: Детальная информация о массиве md0

12. На созданном RAID-массиве **/dev/md0** сформирована файловая система **ext4** командой `mkfs.ext4 /dev/md0`.

13. Выполнено монтирование массива в файловую систему.

При попытке создать каталог `/data` система сообщила, что каталог уже существует, поэтому для монтирования был создан отдельный каталог **/mnt/raid**, после чего выполнено подключение массива командой `mount /dev/md0 /mnt/raid`.

```

root@rishardkogengar:/home/rishard#
root@rishardkogengar:/home/rishard# mkfs.ext4 /dev/md0
mke2fs 1.47.1 (20-May-2024)
Creating filesystem with 522240 1k blocks and 130560 inodes
Filesystem UUID: 942924ff-1880-47e2-82fd-4039f2c4c3bf
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@rishardkogengar:/home/rishard# mkdir /data
mkdir: cannot create directory '/data': File exists
root@rishardkogengar:/home/rishard# ls /data
main  third
root@rishardkogengar:/home/rishard# mkdir /mnt/raid
root@rishardkogengar:/home/rishard# mount /dev/md0 /mnt/raid/
root@rishardkogengar:/home/rishard#

```

Рис. 2.8: Создание файловой системы ext4 и монтирование массива

14. Для обеспечения автомонтирования массива после перезагрузки в файл **/etc/fstab** добавлена запись для **/dev/md0** с точкой монтирования **/mnt/raid**, типом файловой системы **ext4** и параметрами defaults 1 2.

```
GNU nano 8.1 /etc/fstab

#
# /etc/fstab
# Created by anaconda on Sun Jan 18 09:16:55 2026
#
# 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=c3d6cdd4-64c9-445b-ae8-e10718806479 / xfs defaults 0 0
UUID=bc507efe-3420-42b7-b3f1-f75ef78165a4 /boot xfs defaults 0 0
UUID=b47ce78d-fbd3-40c0-8d6a-b72f306126a2 none swap defaults 0 0
/dev/vgdata/lvdata /mnt/data ext4 defaults 1 2
/dev/vggroup/lvggroup /mnt/groups xfs defaults 1 2
/dev/md0 /mnt/raid ext4 defaults 1 2

#UUID=439d348e-7994-47d8-8f0d-687c9c37a242 /mnt/data xfs defaults 1 2
#UUID=1750b3b8-4965-4b15-ab86-de7b34ad45c9 /mnt/data-ext ext4 defaults 1 2
#UUID=0c15ffe1-0169-4d70-9b06-b1546af2b22e none swap defaults 0 0
```

Рис. 2.9: Добавление записи для автомонтирования в /etc/fstab

15. Сымитирован отказ одного из дисков массива командой `mdadm /dev/md0 --fail /dev/sde1`.

После этого сбойный диск удалён из массива командой `mdadm /dev/md0 --remove /dev/sde1`.

16. Для восстановления зеркала RAID 1 выполнена замена диска: в массив добавлен третий подготовленный раздел **/dev/sdf1** командой `mdadm /dev/md0 --add /dev/sdf1`.

По итогам проверки командой `mdadm --detail /dev/md0` активными устройствами массива являются **/dev/sdd1** и **/dev/sdf1**, массив находится в состоянии **clean**, отказавшие устройства отсутствуют.

```

root@rishardkogengar:/home/rishard# mdadm /dev/md0 --fail /dev/sde1
root@rishardkogengar:/home/rishard# mdadm /dev/md0 --remove /dev/sde1
mdadm: hot removed /dev/sde1 from /dev/md0
root@rishardkogengar:/home/rishard# mdadm /dev/md0 --add /dev/sdf1
mdadm: added /dev/sdf1
root@rishardkogengar:/home/rishard# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
    Version : 1.2
  Creation Time : Thu Jan 22 12:49:54 2026
    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 Jan 22 12:53:36 2026
      State : clean
    Active Devices : 2
    Working Devices : 2
    Failed Devices : 0
    Spare Devices : 0


Consistency Policy : resync

    Name : rishardkogengar.localdomain:0 (local to host rishardkogengar.localdomain)
    UUID : a8f5fbe6:f27d9b13:ad4ea226:bd095505
    Events : 39

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

```

Рис. 2.10: Имитация отказа, удаление диска и добавление нового устройства в RAID

17. После завершения проверки работоспособности массива выполнено удаление RAID и очистка метаданных:  
массив был размонтирован, остановлен командой `mdadm --stop /dev/md0`, затем на всех трёх разделах выполнена очистка служебной информации RAID командой `mdadm --zero-superblock`.

```

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

```

Рис. 2.11: Остановка массива и очистка RAID-метаданных

## 2.3 RAID-массив с горячим резервом (hotspare)

1. После запуска виртуальной машины выполнено получение полномочий администратора командой `su -`.  
Все дальнейшие операции проводились от имени пользователя **root**.
2. С использованием утилиты **mdadm** создан массив **RAID 1** из двух разделов **/dev/sdd1** и **/dev/sde1**.  
В качестве устройства массива назначено **/dev/md0**. При создании массива подтверждено продолжение операции, после чего массив был успешно запущен.
3. В созданный массив добавлен третий раздел **/dev/sdf1** в качестве горячего резерва (spare) командой `mdadm --add /dev/md0 /dev/sdf1`.  
Таким образом, массив содержит два активных устройства и одно резервное.
4. Выполнена попытка монтирования массива командой `mount /dev/md0`.  
Система дополнительно вывела уведомление о том, что файл `/etc/fstab` был изменён и для применения изменений рекомендуется выполнить перечитывание конфигурации через `systemctl daemon-reload`.
5. Для контроля состояния массива выполнены команды `cat /proc/mdstat`, `mdadm --query /dev/md0`, `mdadm --detail /dev/md0`.



По выводу `/proc/mdstat` массив **md0** активен и работает в режиме **raid1**, состояние массива корректное ([UU]).

Вывод `mdadm --query` показывает наличие **2 устройств** и **1 spare**, что подтверждает подключение горячего резерва.

В выводе `mdadm --detail` зафиксировано, что **Total Devices = 3**, при этом **Active Devices = 2**, а `/dev/sdf1` имеет статус **spare**.

```
root@rishardkogengar:/home/rishard# mdadm --create --verbose /dev/md0 --level=1 --raid-devices=2 /dev/sdd1 /dev/sde1
To optimize recovery speed, it is recommended to enable write-indent bitmap, do you want to enable it now? [y/N]?
mdadm: assuming no.
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@rishardkogengar:/home/rishard# mdadm --add /dev/md0 /dev/sdf1
mdadm: added /dev/sdf1
root@rishardkogengar:/home/rishard# mount /dev/md0
mount: (hint) your fstab has been modified, but systemd still uses
the old version; use 'systemctl daemon-reload' to reload.
root@rishardkogengar:/home/rishard# 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@rishardkogengar:/home/rishard# mdadm --query /dev/md0
/dev/md0: 510.00MiB raid1 2 devices, 1 spare. Use mdadm --detail for more detail.
root@rishardkogengar:/home/rishard#
```

Рис. 2.12: Создание RAID1, добавление hotspare и проверка состояния `/proc/mdstat` и `mdadm --query`

6. Детальная информация о составе массива подтверждает наличие горячего резерва:

активными устройствами являются `/dev/sdd1` и `/dev/sde1` (статус **active sync**), а `/dev/sdf1` отображается как **spare**.

Массив находится в состоянии **clean**, отказавшие устройства отсутствуют.

```

root@rishardkogengar:/home/rishard# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
    Version : 1.2
    Creation Time : Thu Jan 22 12:56:11 2026
    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 Jan 22 12:56:39 2026
    State : clean
    Active Devices : 2
    Working Devices : 3
    Failed Devices : 0
    Spare Devices : 1

Consistency Policy : resync

    Name : rishardkogengar.localdomain:0 (local to host rishardkogengar.localdomain)
    UUID : c4c9772a:a82481fb:035237d7:e7790dae
    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@rishardkogengar:/home/rishard# █

```

Рис. 2.13: Состояние массива md0: два active sync и один spare

- Для имитации отказа одного из дисков выполнена команда `mdadm /dev/md0 --fail /dev/sde1`.

После имитации сбоя выполнена проверка командой `mdadm --detail /dev/md0`.

- По результатам проверки установлено, что массив продолжает работать, а резервное устройство автоматически заменило отказавшее: **/dev/sdf1** перешёл в состояние **active sync**, а **/dev/sde1** отображается как **faulty**.

В выводе также зафиксировано наличие **Failed Devices = 1**, при этом состояние массива остаётся **clean**, что свидетельствует об автоматической пересборке и сохранении работоспособности RAID 1.

```

root@rishardkogengar:/home/rishard# mdadm /dev/md0 --fail /dev/sde1
root@rishardkogengar:/home/rishard# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
    Version : 1.2
    Creation Time : Thu Jan 22 12:56:11 2026
    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 Jan 22 12:58:19 2026
    State : clean
    Active Devices : 2
    Working Devices : 2
    Failed Devices : 1
    Spare Devices : 0

Consistency Policy : resync

    Name : rishardkogengar.localdomain:0 (local to host rishardkogengar.localdomain)
    UUID : c4c9772a:a82481fb:035237d7:e7790dae
    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@rishardkogengar:/home/rishard# █

```

Рис. 2.14: Имитация отказа диска и автоматическая замена hotspare

9. После завершения проверки массив был остановлен и метаданные RAID очищены.

Выполнено размонтирование (`umount /dev/md0`), остановка массива (`mdadm --stop /dev/md0`), после чего очищены суперблоки RAID на разделах `mdadm --zero-superblock` для **/dev/sdd1**, **/dev/sde1**, **/dev/sdf1**.

## 2.4 Преобразование массива RAID 1 в RAID 5

1. Выполнено получение полномочий администратора командой `su -`.
2. Создан массив **RAID 1** из двух дисков **/dev/sdd1** и **/dev/sde1** с устройством массива **/dev/md0**.

3. В массив добавлен третий диск **/dev/sdf1** командой `mdadm --add /dev/md0 /dev/sdf1`.

После добавления устройство было доступно как резервное (spare), что подтверждалось выводом `mdadm --detail`.

4. Для контроля состояния массива выполнены команды `cat /proc/mdstat`, `mdadm --query /dev/md0`, `mdadm --detail /dev/md0`.

На данном этапе массив работал как **raid1**, при этом третий диск присутствовал в составе как **spare**.

```
root@rishardkogengar:/home/rishard# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
    Version : 1.2
  Creation Time : Thu Jan 22 13:00:46 2026
    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 Jan 22 13:01:08 2026
      State : clean
  Active Devices : 2
Working Devices : 3
Failed Devices : 0
Spare Devices : 1

Consistency Policy : resync

    Name : rishardkogengar.localdomain:0 (local to host rishardkogengar.localdomain)
   UUID : 2ddc6bfc:a422ea38:c55b91e5:bc463df9
  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@rishardkogengar:/home/rishard#
```

Рис. 2.15: Проверка состояния массива RAID1 перед преобразованием

5. Выполнено изменение уровня массива командой `mdadm --grow /dev/md0 --level=5`.

По результатам команды уровень массива был изменён на **raid5**, при этом в детальном выводе `mdadm --detail` фиксируются параметры RAID 5 (в том

числе **Layout: left-symmetric** и **Chunk Size: 64K**).

На данном этапе третий диск ещё отображается как **spare**, а активных устройств остаётся два.

```
root@rishardkogengar:/home/rishard# mdadm --grow /dev/md0 --level=5
mdadm: level of /dev/md0 changed to raid5
root@rishardkogengar:/home/rishard# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
    Version : 1.2
  Creation Time : Thu Jan 22 13:00:46 2026
    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 Jan 22 13:02:16 2026
      State : clean
 Active Devices : 2
Working Devices : 3
 Failed Devices : 0
  Spare Devices : 1


    Layout : left-symmetric
   Chunk Size : 64K

Consistency Policy : resync

    Name : rishardkogengar.localdomain:0 (local to host rishardkogengar.localdomain)
   UUID : 2ddc6bfc:a422ea38:c55b91e5:bc463df9
  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@rishardkogengar:/home/rishard#
```

Рис. 2.16: Изменение уровня массива на RAID5 и проверка mdadm –detail

6. Для полноценного перехода к RAID 5 выполнено изменение числа дисков в массиве до трёх командой `mdadm --grow /dev/md0 --raid-devices=3`. После выполнения операции массив использует все три устройства как активные.
7. По данным `mdadm --detail /dev/md0` массив находится в состоянии **clean**, количество устройств **Raid Devices = 3**, активных устройств **Active Devices**

= 3, резервные отсутствуют (**Spare Devices = 0**).

Размер массива увеличился до **1020 MiB**, что соответствует режиму RAID 5 с тремя дисками по 512 MiB.

```
root@rishardkogengar:/home/rishard# mdadm --grow /dev/md0 --raid-devices=3
root@rishardkogengar:/home/rishard# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
    Version : 1.2
  Creation Time : Thu Jan 22 13:00:46 2026
    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 Jan 22 13:03:09 2026
      State : clean
  Active Devices : 3
 Working Devices : 3
 Failed Devices : 0
  Spare Devices : 0


    Layout : left-symmetric
    Chunk Size : 64K

Consistency Policy : resync

    Name : rishardkogengar.localdomain:0 (local to host rishardkogengar.localdomain)
    UUID : 2ddc6bfc:a422ea38:c55b91e5:bc463df9
    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@rishardkogengar:/home/rishard#
```

Рис. 2.17: RAID5 после увеличения числа устройств до 3: все диски active sync

- После завершения проверки массив был удалён, а метаданные очищены: выполнено размонтирование (`umount /dev/md0`), остановка массива (`mdadm --stop /dev/md0`), очистка суперблоков `mdadm --zero-superblock` для **/dev/sdd1, /dev/sde1, /dev/sdf1**.

При наличии записи автомонтирования в `/etc/fstab` выполнено её отключение (комментирование), чтобы исключить ошибки монтирования при последующих перезагрузках.

## 2.5 Вывод

В ходе выполнения лабораторной работы были освоены практические приёмы создания и администрирования программных RAID-массивов в операционной системе Linux с использованием утилиты **mdadm**.

Были успешно созданы RAID-массивы уровней **RAID 1** и **RAID 5**, выполнена их инициализация, проверка состояния и монтирование в файловую систему.

## 3 Контрольные вопросы

### 1. Приведите определение RAID

RAID (Redundant Array of Independent Disks) — это технология объединения нескольких физических жёстких дисков в единый логический массив с целью повышения отказоустойчивости, производительности и/или эффективности использования дискового пространства.

RAID реализуется как аппаратно (с использованием RAID-контроллеров), так и программно (средствами операционной системы, например утилитой mdadm в Linux).

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

На практике используются следующие основные уровни RAID:

- **RAID 0** — чередование данных (striping), без избыточности
- **RAID 1** — зеркалирование (mirroring)
- **RAID 5** — чередование с распределённой чётностью
- **RAID 6** — чередование с двойной распределённой чётностью
- **RAID 10 (1+0)** — комбинация RAID 1 и RAID 0

Кроме классических уровней существуют также вложенные и специализированные реализации (RAID 50, RAID 60 и др.), применяемые в корпоративных системах хранения данных.



### **3. Охарактеризуйте RAID 0, RAID 1, RAID 5, RAID 6: алгоритм работы, назначение, примеры применения**

#### **RAID 0**

Алгоритм работы основан на чередовании блоков данных между несколькими дисками. Избыточность отсутствует, данные распределяются по всем накопителям.

Назначение — повышение производительности операций чтения и записи.

Отказоустойчивость отсутствует: выход из строя одного диска приводит к потере всех данных.

Применение: временные хранилища, рабочие каталоги с высокой нагрузкой, системы обработки видео и графики, где важна скорость, но не критична сохранность данных.

#### **RAID 1**

Алгоритм основан на зеркалировании: все данные полностью дублируются на каждом диске массива.

Назначение — обеспечение высокой надёжности и доступности данных.

Массив сохраняет работоспособность при отказе одного из дисков.

Применение: системные разделы, серверы баз данных, файловые серверы, критически важные системы.

#### **RAID 5**

Алгоритм работы использует чередование данных с распределённой информацией чётности, позволяющей восстановить данные при отказе одного диска.

Назначение — баланс между отказоустойчивостью, производительностью и эффективным использованием дискового пространства.

Массив допускает отказ одного диска без потери данных.

Применение: файловые серверы, серверы приложений, корпоративные системы хранения.

#### **RAID 6**

Алгоритм аналогичен RAID 5, но использует двойную распределённую чётность.

Назначение — повышение надёжности по сравнению с RAID 5.

Массив способен выдержать одновременный отказ двух дисков.

Применение: крупные хранилища данных, системы с большим количеством накопителей, критически важные серверы, где высок риск одновременных отказов.