Лекция 4

Технология RAID и организация отказоустойчивых дисковых массивов

6B06201 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации

А.А. Хохлов • Алматы, 2026

Цель лекции

- Сформировать системное представление о технологии RAID как одном из основных механизмов организации дисковых ресурсов и повышения устойчивости систем хранения данных к отказам накопителей.
- Изучить принципы чередования блоков данных, зеркалирования и использования контрольной информации Parity, лежащие в основе различных уровней RAID.
- Рассмотреть особенности построения и функционирования массивов RAID 0, RAID 1, RAID 3, RAID 5, RAID 6, RAID 10 и RAID 50, их требования к количеству дисков, полезной ёмкости, производительности и допустимым отказам.
- Изучить процессы реконструкции массивов, использование резервных накопителей Hot Spare и принципы выбора конфигурации RAID в зависимости от характера нагрузки и требований к доступности данных.

Результаты обучения

По завершении лекции обучающийся сможет:

- Объяснять основные механизмы RAID: Striping, Mirroring и Parity, характеризовать их влияние на производительность и отказоустойчивость.
- Сравнивать уровни RAID 0, 1, 3, 5, 6, 10 и 50 по принципам организации данных, полезной ёмкости и допустимым отказам накопителей.
- Обосновывать выбор уровня RAID для различных задач и описывать процедуры восстановления массива после отказа диска.

Зачем нужен RAID?

Несколько накопителей объединяются в один логический массив

Производительность

Параллельная обработка запросов за счёт распределения блоков по дискам.

Отказоустойчивость

Зеркальные копии или контрольные данные позволяют переживать определённые отказы.

Управление ёмкостью

Логический ресурс предоставляется серверу, а схема размещения скрыта контроллером.

RAID не заменяет резервное копирование: удаление и логическое повреждение реплицируются внутри массива.

Три механизма RAID

Striping - чередование

Последовательные фрагменты распределены между дисками; растёт параллелизм.

Mirroring - зеркало

Идентичные копии блоков хранятся на независимых участниках массива.

Parity - контроль

Избыточные данные позволяют восстановить отсутствующий блок.

Strip - фрагмент на одном диске; stripe - набор фрагментов на дисках уровня чередования.

RAID 0 - чередование без защиты

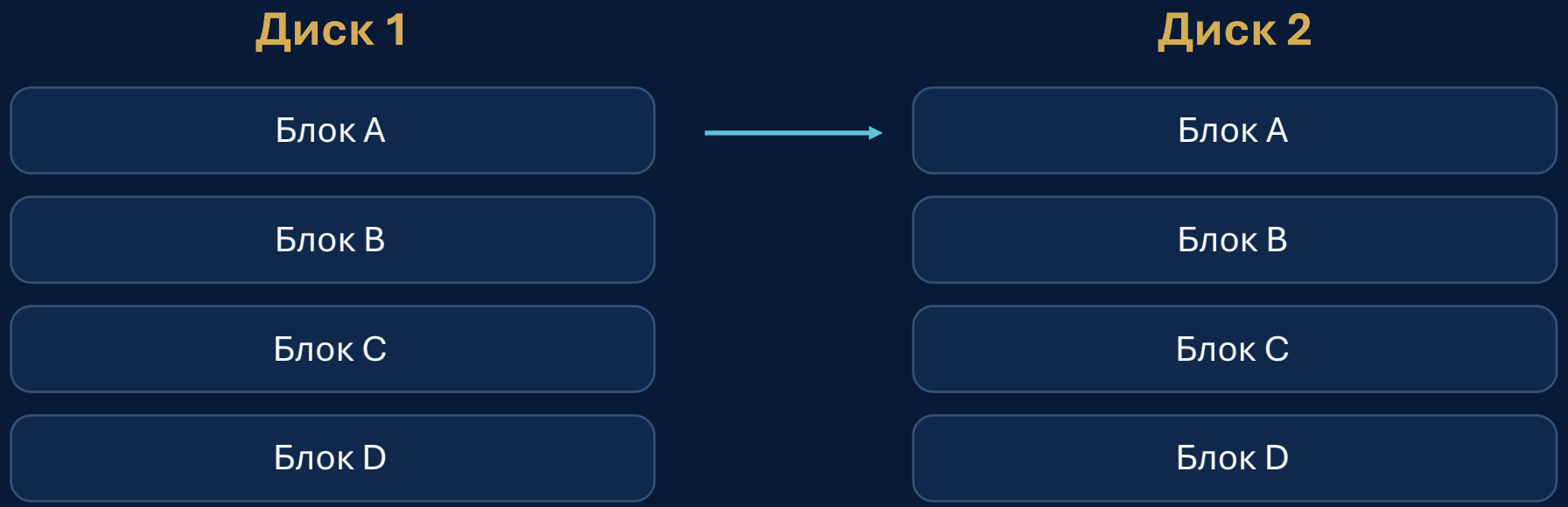
От двух дисков; полезная ёмкость равна сумме ёмкостей одинаковых дисков

Диск 1	Диск 2
A1	A2
A3	A4
A5	A6
A7	A8

Нет зеркала и parity: отказ одного накопителя обычно делает весь массив недоступным.

RAID 1 - зеркалирование

Одинаковые блоки записываются на два накопителя



Полезная ёмкость типовой пары: около 50 %

RAID 3 - выделенный диск parity

Историческая схема чередования данных и контроля

Диск 1	Диск 2	Диск 3	Parity
A1	A2	A3	P(A)
B1	B2	B3	P(B)
C1	C2	C3	P(C)

Один выделенный диск контроля может стать узким местом при записи.

RAID 5 - распределённая parity

Не менее трёх дисков; выдерживает отказ одного участника

Диск 1	Диск 2	Диск 3
A1	A2	P(A)
B1	P(B)	B2
P(C)	C1	C2

После отказа - деградированный режим и реконструкция на новый диск.

RAID 6 - двойная контрольная информация

Не менее четырёх дисков; выдерживает любые два отказа

Диск 1	Диск 2	Диск 3	Диск 4
A1	A2	P(A)	Q(A)
B1	P(B)	Q(B)	B2
P(C)	Q(C)	C1	C2

P и Q - независимые наборы контрольных данных; цена защиты - ёмкость и затраты на запись.

RAID 10 - зеркало и чередование

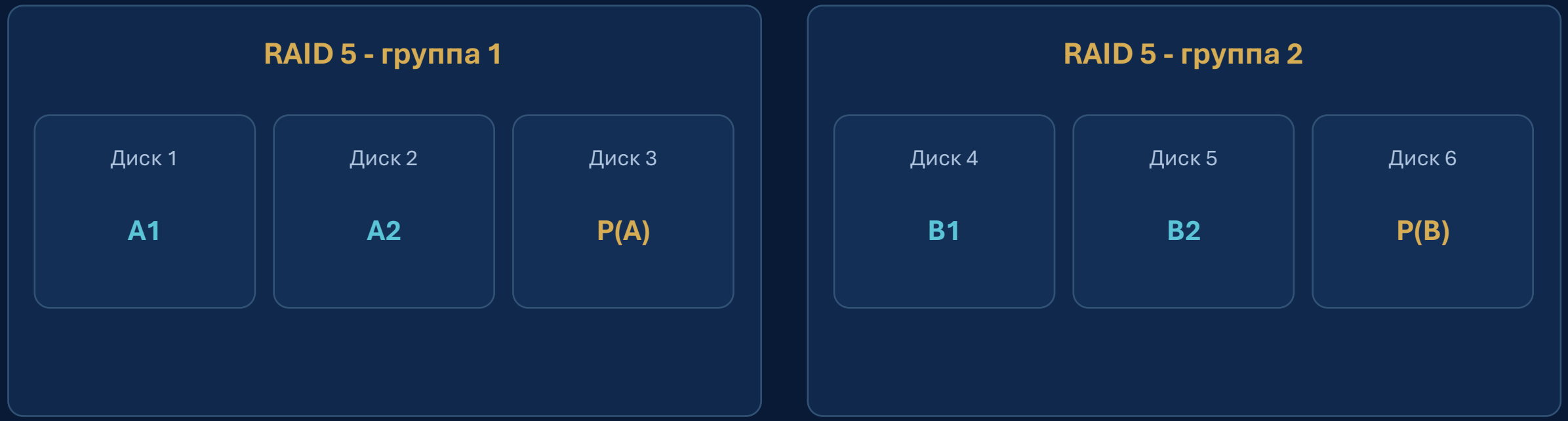
От четырёх дисков: RAID 1 пары, затем RAID 0 между парами



Несколько отказов допустимы, если ни одна зеркальная пара не потеряна полностью.

RAID 50 - чередование между группами RAID 5

Минимальная схема: две группы по три диска



Допустим один отказ в каждой группе. Два отказа в одной группе - критический риск.

Сравнение уровней RAID

Минимальные конфигурации и допустимые отказы

RAID	Дисков	Отказоустойчивость
0	2+	Нет
1	2	1 для пары
5	3+	1 диск
6	4+	2 диска
10	4+	Зависит от зеркальных пар
50	6+	1 диск на каждую группу RAID 5

Отказ диска и rebuild

Восстановление избыточности требует времени и контроля



Hot spare ускоряет начало восстановления, но не заменяет физическую замену отказавшего диска.

Как выбрать уровень RAID?

Системные тома

RAID 1: относительно простая схема зеркалирования критичных небольших ресурсов.

Транзакционные базы

RAID 10: высокая интенсивность случайных операций и понятная модель восстановления.

Файлы и архивы

RAID 5 / RAID 6: баланс полезной ёмкости и числа допустимых отказов.

Научные массивы

Оценить объём, запись, время rebuild, ресурс дисков и наличие внешних копий.

Итоги и контрольный вопрос

- RAID объединяет накопители с помощью striping, mirroring и parity.
- RAID 0 не обеспечивает избыточности; RAID 5 и RAID 6 защищают от заданного числа отказов.
- Для RAID 10 и RAID 50 важна структура зеркальных пар и групп.
- После отказа необходимы идентификация диска, rebuild и проверка состояния.

Вопрос: почему RAID 6 не заменяет независимую резервную копию?