Лекция 2

Архитектура и аппаратные компоненты систем хранения данных

6B06201 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации

А.А. Хохлов • Алматы, 2026

Цель лекции

- Сформировать знания об архитектурных принципах построения современных систем хранения данных и функциональном назначении их аппаратных компонентов.
- Изучить конструктивные особенности контроллерных и дисковых полок, организацию работы контроллеров, кэш-памяти, интерфейсных модулей и накопителей, а также принципы взаимодействия между вычислительными серверами и подсистемой хранения.
- Рассмотреть механизмы резервирования аппаратных компонентов, защиты кэшированных данных при сбоях электропитания, организации питания и охлаждения оборудования.
- Сформировать понимание взаимосвязи между архитектурой системы хранения, её производительностью, масштабируемостью и устойчивостью к аппаратным отказам.

Результаты обучения

По завершении лекции обучающийся сможет:

- Объяснять логическую и аппаратную архитектуру СХД, определять назначение контроллеров, дисковых полок и интерфейсных модулей.
- Характеризовать принципы кэширования, защиты данных с помощью BBU и специальных накопителей, а также резервирования аппаратных компонентов.
- Анализировать схемы подключения серверов и накопителей, различать интерфейсы Front-end и Back-end и определять основные требования к эксплуатации оборудования.

Что представляет собой СХД?

Специализированный комплекс оборудования и программного обеспечения

Обслуживаемые системы

Серверы приложений, виртуальные машины, базы данных и файловые сервисы.

Ключевые функции

Приём, размещение и выдача данных, мониторинг, защита, отказоустойчивость и расширение.

Доступность

Целостность

Защита

Логическая архитектура СХД

Управление

Конфигурация ресурсов
Права доступа
События и мониторинг

Обработка запросов

Операции чтения и записи
Кэш и метаданные
Маршрутизация I/O

Размещение данных

Диски и дисковые полки
Пулы и RAID
Механизмы защиты

Плоскости логически разделяются, но могут находиться в одном корпусе.

Как выполняется операция ввода-вывода?

Типовой путь записи и чтения данных

Сервер → Front-end → Контроллер → Back-end → Накопители

Запись

Контроллер учитывает логический том, состояние кэша и механизмы защиты перед размещением на дисках.

Чтение

Контроллер определяет место расположения блока; часть запросов может обслуживаться из кэша.

Конструктивные исполнения СХД

Компактная компоновка

Контроллеры и накопители размещаются в одном корпусе. Экономит пространство.

Раздельная компоновка

Контроллерная полка подключается к внешним дисковым полкам. Упрощает масштабирование ёмкости.

Монтажные форматы: 2U, 4U и другие варианты

Проверять питание, охлаждение, глубину стойки и допустимую нагрузку.

Контроллерная полка

Центральный аппаратный узел системы хранения

Контроллеры

CPU, ОЗУ, обработка I/O

Интерфейсные модули

Связь с серверами и полками

Объединительная плата

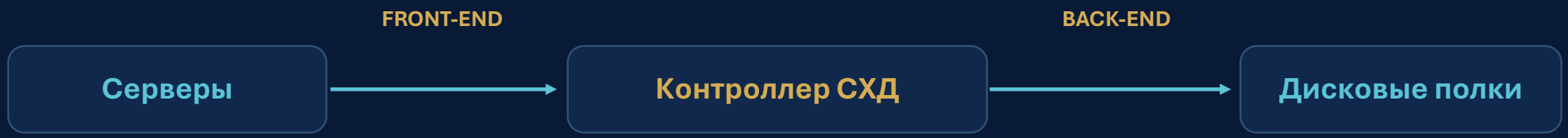
Сигналы и распределение питания

Обеспечивающие узлы

Питание, охлаждение, сервис

Front-end и Back-end

Разделение внешнего и внутреннего обмена



Внешние порты

Принимают запросы приложений от серверов.

Внутренние соединения

Обеспечивают доступ контроллера к накопителям.

Кэширование и защита записи

Кэш СХД

Высокоскоростной буфер между серверными интерфейсами и физическими накопителями.

Преимущество

Сокращает задержку чтения и помогает организовать поток операций записи.

Риск: энергозависимый кэш теряет данные при отключении питания.

BBU и coffer disk

Механизм защиты данных при аварийном отключении электропитания

1. Отказ питания

Прекращается штатное электроснабжение

2. Поддержка BBU

Аккумулятор обеспечивает резервную энергию

3. Сохранение кэша

Критические данные переносятся на защищённый носитель

4. Восстановление

После подачи питания восстанавливается состояние

Coffer disk - специальный накопитель для аварийного сохранения данных.

Отказоустойчивость аппаратных узлов

Два контроллера

Резервирование обработки и возможность переключения при поддержке платформы.

Независимые линии питания

Подключение блоков питания к разным PDU; контроль ИБП.

Охлаждение и диагностика

Контроль вентиляторов, температуры, предупреждений и отказов.

Дублирование компонентов само по себе не гарантирует непрерывность сервиса.

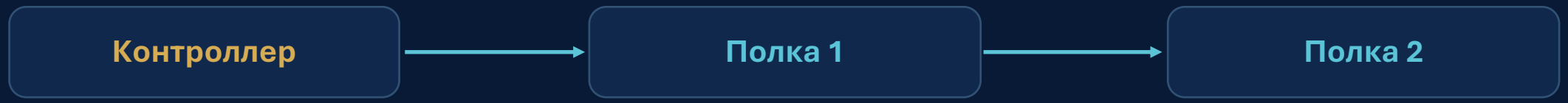
Дисковые полки и расширение

Состав полки

Накопители, объединительная плата, модули расширения, питание.

Интерфейсы расширения

В зависимости от платформы используются SAS и NVMe; проверяется совместимость.



Резервные пути уменьшают зависимость от одного кабеля или модуля.

Сетевые интерфейсы хранения

Ethernet / IP

IP-ориентированные сети хранения; Ethernet-коммутаторы, логическая изоляция трафика.

Fibre Channel SAN

Выделенная фабрика FC: HBA серверов, FC-коммутаторы и порты СХД.

Кабели и трансиверы: Mini SAS HD, SFP, QSFP - совместимость обязательна.

Пример инфраструктуры университетской СХД

Виртуальные машины, базы студентов и лабораторные данные

Серверы приложений → Резервируемые коммутаторы → Контроллерная полка

Дисковые полки и пулы

Базы и виртуализация

Важны стабильная задержка, доступность сервисов и корректный путь ввода-вывода.

Лабораторные файлы

Важны рост ёмкости, учёт данных и контролируемое расширение дисковых полок.

Управление, диагностика и итоги

- Проверять контроллеры, накопители, BBU, питание и охлаждение.
- Контролировать состояние front-end, back-end и резервных путей.
- После обслуживания тестировать операции чтения и записи.
- Архитектура СХД должна соответствовать нагрузке и планам расширения.

Вопрос: почему двух контроллеров недостаточно для гарантии отказоустойчивости?