

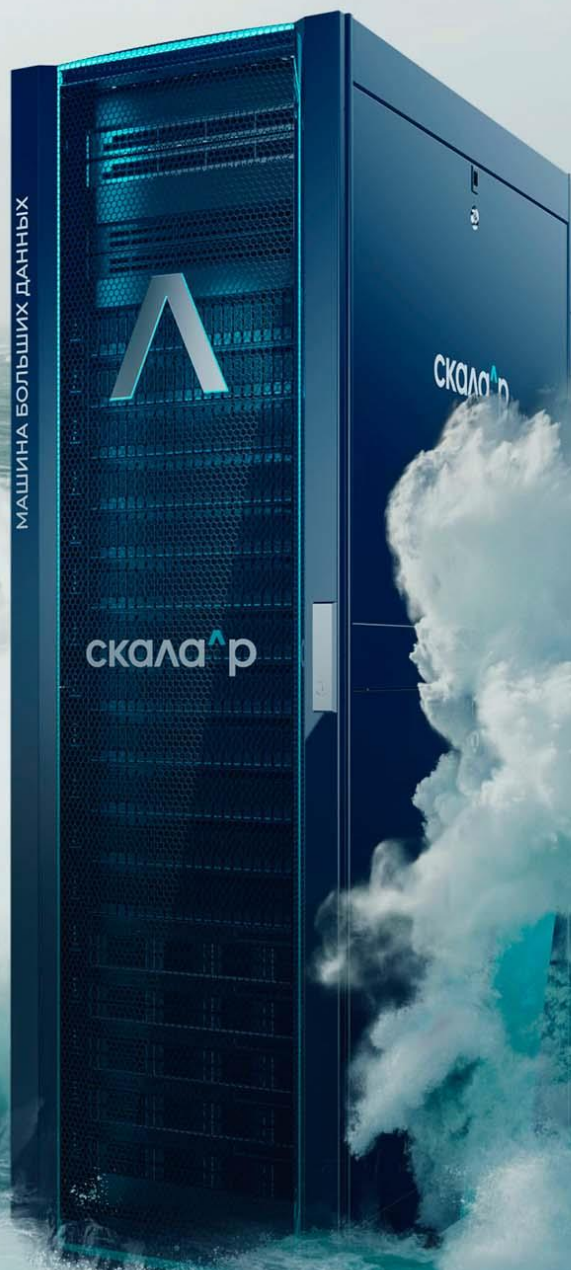


Машина больших данных Скала^р МБД.КХ

Программно-аппаратный комплекс для быстрых аналитических витрин с реляционным доступом на базе технологии ClickHouse (Arenadata QuickMarts)

Технический обзор

версия 2.4 от 24.10.2024



ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Предисловие.....	4
1.1 Описание документа	4
1.2 Аудитория	4
1.3 Обратная связь	4
2. Введение	5
3. Основы аналитических СУБД с колоночным хранением	6
4. Отличительные черты	8
5. Подтвержденная безопасность	9
6. Особенности сценариев применения	11
7. Способы работы с данными	12
8. Технологические особенности решения	14
9. Состав решения	18
10. Специфичные черты	33
11. Гарантированное качество.....	35
12. Реакция Машины на возможные отказы	37
13. Вариативность решения	39
14. Требования к размещению решения.....	40
15. Техническая поддержка	41
16. Поставка и лицензирование ПО	43
Политика обновления ПО.....	43
О Компании	44

Информация, представленная в документе, носит исключительно информационный характер, является актуальной на дату размещения.

Технические характеристики, приведенные в документе — справочные и не могут служить основанием для претензий.

Технические характеристики могут отличаться от приведенных вследствие модификации изделий.

Технические характеристики и комплектация изделий могут быть изменены производителем без уведомления.

Документ не является публичной офертой и не содержит каких-либо обязательств ООО «СКАЛА-Р».

1. ПРЕДИСЛОВИЕ

1.1 Описание документа

Этот технический обзор дает концептуальный и архитектурный обзоры **Машины больших данных Скала^{Ар} МБД.КХ**.

Брошюра описывает то, как оптимизированные программно-аппаратные комплексы отвечают современным вызовам, и фокусируется на **Машине больших данных Скала^{Ар} МБД.КХ** как одном из лидирующих решений в этом сегменте.

1.2 Аудитория

Эта брошюра предназначена для сотрудников компании **Скала^{Ар}**, партнеров и Заказчиков, перед которыми ставятся задачи разработки решения, закупки, управления или эксплуатации **Машины больших данных Скала^{Ар} МБД.КХ**.

1.3 Обратная связь

Скала^{Ар} и авторы этого документа будут рады обратной связи по нему.

Свяжитесь с командой **Скала^{Ар}** по электронной почте MV@skala-r.ru.

2. ВВЕДЕНИЕ

Машина больших данных Скала^р МБД.КХ — это программно-аппаратный комплекс быстрых аналитических витрин с реляционным доступом под управлением СУБД Arenadata QuickMarts (ADQM), созданной на основе ClickHouse.

Скала^р МБД.КХ — готовое решение, обеспечивающее высокую производительность и отказоустойчивость, позволяет снизить затраты за счёт проработанной интеграции аппаратного и программного обеспечения, оптимизации алгоритмов для используемых технологий, широкого применения методов обеспечения надёжности, комплексности решения, специальных моделей лицензирования.

Скала^р МБД.КХ более чем в 100 раз быстрее реляционных СУБД общего назначения и 2—20 раз быстрее классических аналитических реляционных СУБД с колоночным хранением на нагрузках витринного типа.

Скала^р МБД.КХ комплексное решение, включающее узлы сегментов баз данных, систему резервного копирования, высокоскоростную сетевую среду, систему интеллектуального управления.

Высокая производительность решения достигается, в том числе, применением оптимальных по производительности комплектующих и современных стандартов, накопителей SSD/NVMe, сетевых протоколов 100 Gigabit Ethernet.

Отказоустойчивость обеспечивается применением надёжных комплектующих, специализированной версии СУБД (ADQM) с резервированием критических компонентов, использованием устойчивых сетевых протоколов.

Скала^р МБД.КХ содержит все необходимые элементы для функционирования высоконагруженной СУБД ADQM. Подключение к внешним сетям осуществляется с помощью стандартного интерфейса Ethernet.

Машина допускает размещение сразу нескольких баз данных, предоставляя возможности для их консолидации и снижения стоимости эксплуатации.

Реализованы функции мониторинга состояния как аппаратных, так и программных компонентов решения, а также необходимые функции управления.

Машина больших данных Скала^р МБД.КХ впервые была представлена в 2021 году как продукт в линейке **Скала^р МБД.8**.

Решение внедрено в крупных корпоративных и государственных организациях, инсталляционная база составляет более 500 узлов.

Программно-аппаратные комплексы **Скала^р** включены в Единый реестр российской радиоэлектронной продукции и работают на ПО, включённом в реестр Минцифры РФ.

3. ОСНОВЫ АНАЛИТИЧЕСКИХ СУБД С КОЛОНОЧНЫМ ХРАНЕНИЕМ

Реляционные СУБД общего назначения очень хорошо справляются с задачами обработки и изменения единичных записей в транзакционных системах, однако, при выполнении аналитических запросов такая СУБД требует значительных аппаратных ресурсов и их производительность, как правило, недостаточна. Строчное хранение, используемое в реляционных системах общего назначения, обеспечивает эффективную обработку транзакций ценой крайне медленной работы сложных аналитических запросов, в тех случаях, когда необходимо агрегировать информацию из миллиардов строк и всего лишь нескольких столбцов.

При создании отчётов в строковых СУБД приходится анализировать множество связанной информации, это приводит к необходимости считывания всех строк, необходимых для выполнения запроса, при этом в записях используется лишь некоторые из полей, а остальные данные просто являются сопутствующей нагрузкой, что загружает ресурсы системы. На скорость построения выборок из такого количества записей не влияет даже оптимизация, настроенные индексы и ключевые поля. Агрегация данных происходит уже на последующем этапе.

Поэтому для эффективной обработки аналитических запросов применяется колоночное хранение: данные физически хранятся не по строкам, а по столбцам, что позволяет эффективно сжимать данные (поскольку данные в столбцах одного типа) и производить доступ только к запрошенным столбцам, в результате объёмы данных, пропускаемые через подсистему ввода-вывода, сокращаются на порядки. При этом вставка единичных записей при такой организации хранения намного более ресурсозатратна.

Для аналитических задач характерны следующие свойства:

- большинство запросов поступает на чтение данных
- данные добавляются и обновляются достаточно большими пачками более 1000 строк, а не по одной, или не добавляются и не обновляются
- при чтении используется значительное количество строк данных, и небольшое количество столбцов

Таким образом, неэффективность коротких вставок в базу данных с колоночной организацией хранения в аналитических системах не является критическим недостатком, а эффект, получаемый при доступе к данным, является существенным.

На Рис. 1 представлено сравнение колоночного хранения данных (по столбцам) и строкового хранения данных. Во втором случае объем считываемых данных существенно больше.

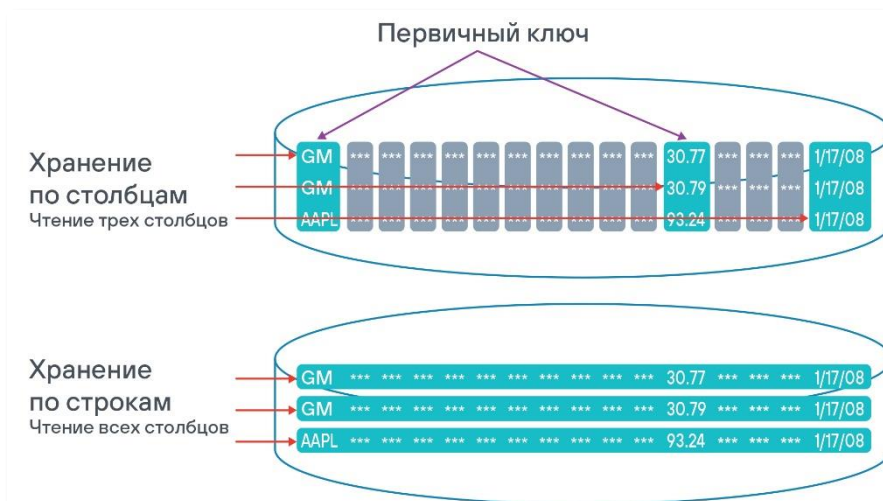


Рис. 1. Схема сравнения

Операции выборки при колоночном и строчном хранении СУБД ADQM созданы таким образом, чтобы можно было быстро строить аналитические отчёты по данным, не прошедшим предварительную агрегацию. Такой подход позволяет намного эффективнее, в сравнении с другими системами, решать задачи подготовки аналитической информации, поэтому его активно используют в мониторинге и бизнес-аналитике, а также для анализа данных телеметрии.

Ниже приведены архитектурные особенности ADQM:

- хранение данных в столбцах позволяет считывать информацию только из нужных колонок, а также обеспечивать сжатие однотипной информации
- поддерживаются приближённые вычисления для частичных выборок данных, что позволяет снизить число обращений к подсистеме хранения и повышает скорость обработки запросов
- физическая сортировка данных по первичному ключу позволяет быстро получать конкретные значения или диапазоны
- векторные вычисления по фрагментам данных столбцов позволяют снизить издержки на диспетчеризацию и повысить эффективность использования процессоров
- применение параллельных операций как в пределах одного сервера на несколько процессорных ядер, так и в рамках распределённых вычислений на кластере за счёт механизма сегментирования позволяет существенно повысить производительность системы
- линейная масштабируемость позволяет построить кластер со многими десятками узлов
- отказоустойчивость реализована, в том числе, за счёт репликации сегментов

ADQM поддерживает множество клиентских программ для подключения: консольный клиент, HTTP API, компоненты Python, PHP, Node.js, Perl, Ruby, R и многие другие. Также для ADQM применяются ODBC, JDBC и Golang драйверы.

4. ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ЧЕРТЫ

Важное преимущество **Машины больших данных Скала[^]р МБД.КХ** по сравнению с аналогичными решениями — это **линейная масштабируемость**. Поставляемая **Машина** способна линейно масштабироваться на петабайты данных. Применение решения cross-datacenter позволяет даже «растянуть» решение на несколько удалённых друг от друга центров обработки данных.

Система построена так, что сервис **будет всегда доступен** за счет применения кластеризации. С помощью штатной настройки можно получить требуемый коэффициент репликации и распределения.

Машина больших данных Скала[^]р МБД.КХ обеспечивает сжатие данных в десятки, сотни и даже тысячи раз за счет колоночного хранения и большого количества оптимизаций.

Поддерживаемый **диалект SQL** имеет разнообразные дополнительные функции для приблизительных вычислений, для обработки URL и для работы с дополнительными типами данных.

Машина больших данных Скала[^]р МБД.КХ имеет следующие особенности ввода-вывода:

- **Сокращенное считывание.** Для выполнения аналитического запроса требуется прочитать небольшое количество столбцов таблицы, в этом случае система сканирует только необходимые столбцы.
- **Блочное сжатие.** Так как данные читаются блоками, то их проще сжимать. Данные, лежащие по столбцам, также лучше сжимаются. За счёт этого дополнительно уменьшается объём ввода-вывода.

В **Маchine больших данных Скала[^]р МБД.КХ** используется **векторный движок**. Операции осуществляются не над отдельными значениями, а над наборами значений с использованием векторных процессорных инструкций (AVX). За счёт этого издержки на диспетчеризацию становятся пренебрежимо малыми.

Так же одной из особенностей вычислений **Машины больших данных Скала[^]р МБД.КХ** является **кодогенерация** — осуществляется динамическая компиляция запросов в нативный код, что обеспечивает лучшую производительность в сравнении с интерпретируемым выполнением.

5. ПОДТВЕРЖДЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Машина больших данных Скала^р МБД.КХ поставляется с сертифицированной ОС Альт 8 СП (сертификат ФСТЭК 3866 от 10.08.2018, действует до 10.08.2028), которая:

Может применяться для защиты информации:

- В значимых объектах критической информационной инфраструктуры 1 категории, в государственных информационных системах 1 класса защищенности
- В автоматизированных системах управления производственными и технологическими процессами 1 класса защищенности
- В информационных системах персональных данных при необходимости обеспечения 1 уровня защищенности персональных данных
- В информационных системах общего пользования II класса

Соответствует требованиям следующих нормативных документов:

- «Требования безопасности информации к операционным системам» (ФСТЭК России, 2016) и «Профиль защиты операционных систем типа А четвертого класса защиты. ИТ.ОС.А4.ПЗ» (ФСТЭК России, 2017) по 4 классу защиты
- «Требования по безопасности информации к средствам контейнеризации» (ФСТЭК России, 2022, приказ № 118) по 4 классу защиты
- «Требования по безопасности информации к средствам виртуализации» (ФСТЭК России, 2022, приказ № 187) по 4 классу защиты
- «Требования по безопасности информации, устанавливающие уровни доверия к средствам технической защиты информации и средствам обеспечения безопасности информационных технологий» (ФСТЭК России, 2020, приказ № 76) по 4 уровню доверия

Протестирована совместимость с наложенными средствами защиты:

Сертифицированное антивирусное средство защиты Kaspersky Endpoint Security для Linux (сертификат ФСТЭК 2534 от 27.12.2011, действует до 27.12.2025):

- «Требования по безопасности информации, устанавливающие уровни доверия к средствам технической защиты информации и средствам обеспечения безопасности информационных технологий» (ФСТЭК России, 2020) — по 2 уровню доверия, «Требования к средствам антивирусной защиты» (ФСТЭК России, 2012), «Профиль защиты средств антивирусной защиты типа Б второго класса защиты. ИТ.САВ3.Б2.13» (ФСТЭК России, 2012), «Профиль защиты средств антивирусной защиты типа В второго класса защиты. ИТ.САВ3.В2.ПЗ» (ФСТЭК России, 2012), «Профиль защиты средств антивирусной защиты типа Г второго класса защиты.

Сертифицированное средство доверенной загрузки ПК «Соболь» версия 4:

- Подтверждает соответствие требованиям руководящих документов к средствам доверенной загрузки, а также 2 уровню доверия средств технической защиты безопасности и обеспечения безопасности информационных технологий и возможность использования в ИСПДн до УЗ1 включительно, в ГИС до 1-го класса защищенности включительно и в ЗОКИИ до 1 категории включительно.

Машина больших данных Скала^р МБД.КХ используется сертифицированная СУБД Arenadata QuickMarts (Сертификат ФСТЭК 4682 от 08.06.2023, действует до 08.06.2028), которая:

Может применяться для защиты информации:

- В значимых объектах критической информационной инфраструктуры 3 категории
- В государственных информационных системах 3 класса защищенности
- В автоматизированных системах управления производственными и технологическими процессами 3 класса защищенности
- В информационных системах персональных данных при необходимости обеспечения 3 и 4 уровня защищенности персональных данных

Соответствует требованию следующих нормативных документов:

- «Требования по безопасности информации, устанавливающие уровни доверия к средствам технической защиты информации и средствам обеспечения безопасности информационных технологий» (ФСТЭК России, 2020, приказ № 76) - по 6 уровню доверия

6. ОСОБЕННОСТИ СЦЕНАРИЕВ ПРИМЕНЕНИЯ

Машина больших данных Скала^р МБД.КХ эффективно применяется в сценариях, где подавляющее большинство запросов выполняются на чтение. Максимальная эффективность достигается при соблюдении следующих условий:

Оптимальные сценарии чтения данных

- при чтении извлекается достаточно большое количество строк из БД и небольшое подмножество столбцов
- запросы осуществляются к таблицам с большим количеством столбцов и огромным числом строк, и при этом используются соединения только с небольшими таблицами (словарями, «справочниками»)
- запросы поступают относительно редко (не более сотни в секунду на сервер)
- при выполнении простых запросов допустимы задержки порядка 50 мс
- результат выполнения запроса существенно меньше исходных данных;
- результат выполнения запроса помещается в оперативную память одного узла
- требуется высокая пропускная способность при обработке одного запроса (до миллиардов строк в секунду на один сервер)

Особенности хранения и обработки данных

В ADQM не поддерживаются механизмы изоляции транзакций. В качестве значений в столбцах должны быть записаны числа или относительно небольшие строки (пример — 60 байтов для URL).

Сферы применения

Благодаря своим возможностям, **Машина больших данных Скала^р МБД.КХ** на основе СУБД ADQM может использоваться в самых разных сферах, для которых характерны задачи аналитики над накапливаемыми данными журнального характера — платёжных систем, систем диспетчеризации, для веб-проектов, мобильных приложений.

Сверхвысокая скорость на аналитических запросах к огромным ненормализованным таблицам — это одно из главных преимуществ решения, которое в режиме реального времени генерирует данные для аналитических отчётов, что позволяет с успехом использовать её для нужд государственных органов, телекоммуникаций, ритейла, в области электронной коммерции, торгов в реальном времени, интернета вещей.

Отслеживание бизнес-показателей предоставляет широкие возможности для бизнес-аналитики, анализа поведения пользователей в различных системах, таких как интернет-магазины или онлайн-игры. Возможность создания витрин данных без предварительной разработки моделей хранилищ данных и сложных ETL-процессов позволяет безопасно предоставлять пользователям только нужный контент.

7. СПОСОБЫ РАБОТЫ С ДАННЫМИ

В **Машине больших данных Скала^Λр МБД.КХ** используется набор движков для работы с данными. Движок — это код, встроенный в таблицу, который определяет или обеспечивает:

- как и где хранятся данные, куда их записывать и откуда считать
- какие запросы поддерживаются и каким образом
- конкурентный доступ к данным
- использование индексов, если они есть
- возможность многопоточного выполнения запроса
- параметры репликации данных

В **Машине больших данных Скала^Λр МБД.КХ** используются движки, показанные в таблице ниже.

Таблица 1 Движки Скала^Λр МБД.КХ

Семейство	Описание	Движок
MERGETREE	Основное семейство для колоночного хранения, обеспечивают относительно быструю вставку данных без синхронизации с последующим слиянием в фоновом режиме.	MergeTree
		ReplacingMergeTree
		SummingMergeTree
		AggregatingMergeTree
		CollapsingMergeTree
		VersionedCollapsingMergeTree
LOG	Движки разработаны для сценариев, когда необходимо быстро записывать много таблиц с небольшим объёмом данных (менее 1 миллиона строк), а затем читать их целиком.	TinyLog
		StripeLog
		Log
Движки интеграции	Конфигурирование интеграционных движков для интеграции с внешними системами осуществляется с помощью запросов. С точки зрения пользователя, настроенная интеграция выглядит как обычная таблица, но запросы к	Kafka
		MySQL
		ODBC
		JDBC

Семейство	Описание	Движок
	ней передаются через прокси во внешнюю систему. Этот прозрачный запрос является одним из ключевых преимуществ этого подхода по сравнению с альтернативными методами интеграции, такими как внешние словари или табличные функции, которые требуют использования пользовательских методов запроса при каждом использовании.	S3
		EmbeddedRocksDB
		RabbitMQ
		PostgreSQL
Специальные движки	Несгруппированные в другие семейства движки таблиц, уникальные по назначению.	Distributed
		MaterializedView
		Dictionary
		Merge
		File
		Null
		Set
		Join
		URL
		View
		Memory
		Buffer

8. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЯ

Для обеспечения отказоустойчивости и высокой производительности при проектировании программно-аппаратного комплекса были заложены технологические принципы и применён ряд технических решений, описанных ниже.

Технологические принципы

- Дублирование критичных компонентов
- Применение высокопроизводительных компонентов
- Горизонтальное масштабирование вычислительных ресурсов
- Сохранение работоспособности при отказе отдельных элементов системы (в отдельных случаях — со снижением производительности)

Технические решения

- Блочно-модульная архитектура
- Специальное ПО управления и мониторинга
- Глубокая адаптация компонентов для совместной работы в составе продукта
- Многоуровневое тестирование комплекса и его узлов и компонентов при производстве для исключения отказов

Архитектура **Машины больших данных Скала^Ар МБД.КХ** базируется на следующих принципах:

Спрогнозированная нагрузка

- Распараллеливание нагрузки достигается с помощью сегментирования
- Производительность можно выбирать встраиванием согласованного с задачей движка

Выделенный интерконнект

- Высокоскоростная сеть интерконнекта по схеме «Spine-Leaf» ускоряет взаимодействие между узлами, что отражено на (Рис. 2)
- Параллельная обработка запросов на узлах приводит к суммированию мощностей всех узлов
- Создание параллельной синхронной копии не влияет на выполнение задания
- Все узлы взаимодействуют между собой с одинаковой скоростью

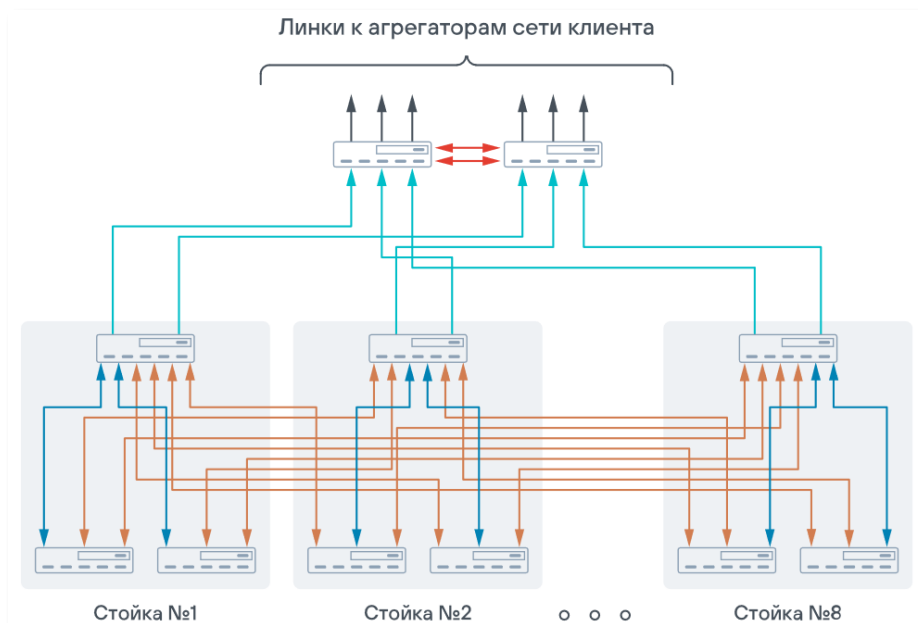


Рис. 2. Схема внутренних соединений Leaf-Spine с увеличением скорости при горизонтальном масштабировании

Отказоустойчивость

В **Машине больших данных Скала^Λр МБД.КХ** осуществляется синхронное копирование сегментов, что позволяет обеспечивать стабильную доступность данных (Рис. 3).

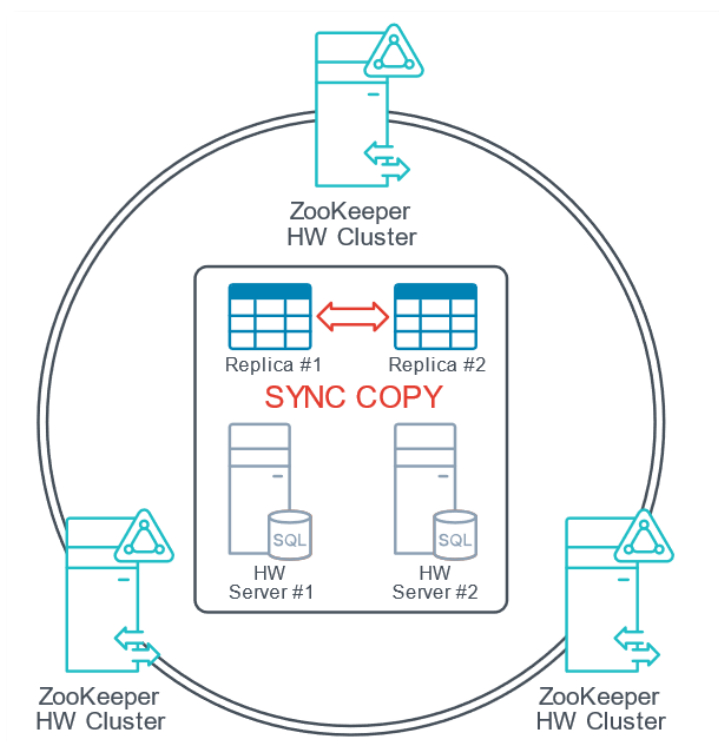


Рис. 3. Схема синхронного копирования БД

Синхронная репликация доступна для следующих таблиц семейства MergeTree:

- ReplicatedMergeTree
- ReplicatedSummingMergeTree
- ReplicatedReplacingMergeTree
- ReplicatedAggregatingMergeTree
- ReplicatedCollapsingMergeTree
- ReplicatedVersionedCollapsingMergeTree
- ReplicatedGraphiteMergeTree

Метаинформация о репликах хранится в трехточечном кластере Модуля Управления **Машины**.

Репликация работает на уровне отдельных таблиц, а не всей базы данных. На каждом узле могут быть расположены одновременно реплицируемые и нереплицируемые таблицы. Репликация не зависит от сегментирования, не привязана к именам таблиц и основана на запросах INSERT и ALTER.

Повышенная надежность

Асинхронная репликация позволяет повысить надежность системы и осуществлять распараллеливание запросов (Рис. 4).

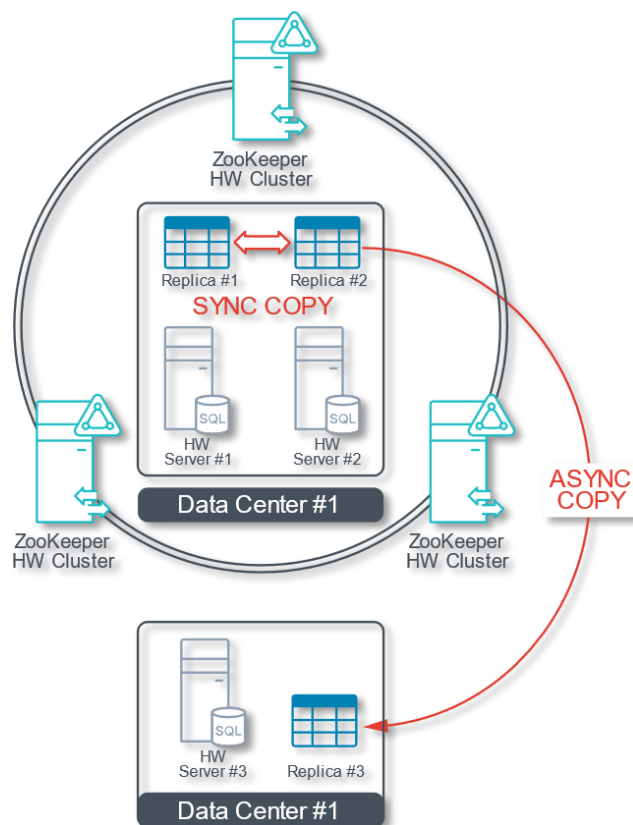


Рис. 4. Схема асинхронного копирования БД

Машина больших данных Скала^Ар МБД.КХ использует распределенный кластер, что позволяет увеличить надежность за счет децентрализации и отсутствия единой точки отказа.

Асинхронная многосторонняя репликация обеспечивает реплицирование данных в фоновом режиме. СУБД поддерживает полную идентичность данных на разных репликах, автоматически восстанавливая их после сбоев.

В **Машине** используется кворумный режим записи данных. Запись считается успешной только после того, как информация записана на несколько узлов — обеспечен кворум.

Отставание асинхронной реплики определяется шириной канала связи и задержками.

Асинхронная реплика может быть использована для создания резервных копий, чтобы не останавливать основной синхронный контур.

Расширение объёма данных — сегментирование

Основные преимущества сегментирования:

- Снимает ограничение ресурсов одного узла, увеличивая объем базы на десятки и сотни узлов
- Позволяет распараллеливать выполнение запросов, увеличивая скорость в десятки и сотни раз
- Позволяет с помощью реплик строить защиту на любом уровне — таблицы, узла, кластера, стойки, ряда стоек, зала, центра обработки данных

На схеме (Рис. 5) приведен вариант сегментирования и кольцевой репликации, при котором можно допустить выход из строя целой серверной стойки без потери данных.

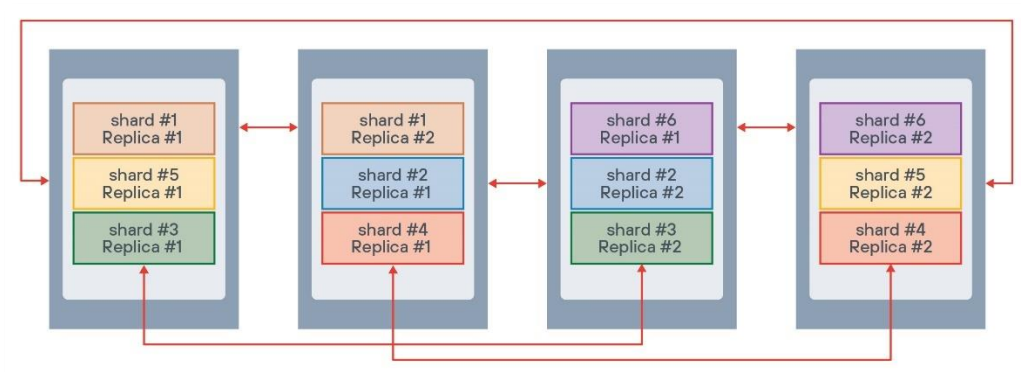


Рис. 5. Вариант сегментирования и кольцевой репликации

Сокращенное считывание

Для выполнения аналитического запроса, требуется прочитать небольшое количество столбцов таблицы, что обеспечивается колоночным хранением, используемым в ADQM.

Блочное сжатие

Так как данные читаются блоками, то их проще сжимать. Данные, лежащие по столбцам, также лучше сжимаются, за счет этого дополнительно уменьшается объем ввода-вывода.

9. СОСТАВ РЕШЕНИЯ

Ниже приведены термины, используемые для комплектации **Машины больших данных Скала^р МБД.КХ**.

Машина — это набор аппаратного и программного обеспечения в виде Модулей **Скала^р**, соединенных вместе для обеспечения определенного метода обработки данных или предоставления ИТ сервиса с заданными характеристиками.

Блок — группа Модулей, выполняющих единую функцию в одной или нескольких стойках.

Модуль — это единица поставки **Машин Скала^р**, выполняющих определенные функции в соответствии с их назначением. Он является единым и неделимым элементом спецификации, содержит набор аппаратных узлов и программного обеспечения (ПО).

Узел — это элемент Модуля, выполняющий определенную задачу в составе Модуля.

Секция (Стойка) — набор функциональных Блоков модульной архитектуры **Машин Скала^р**, объединенных в один серверный шкаф.

Формирование решения основано на принципе разделения на Блоки и Модули. Каждый из Блоков комплектуется из набора стандартных Модулей. Этим обеспечивается универсальный подход, более высокий уровень технологичности и надежности эксплуатации. Модули, в свою очередь, формируются из одного или нескольких узлов.

Решение **Скала^р МБД.КХ** состоит из следующих Блоков:

Блок вычисления и хранения

Блок коммутации и агрегации

Блок управления и распределения

Блок мониторинга и регистрации

Блок резервного копирования



Рис. 6 Блоки в составе Машины больших данных Скала^р МБД.КХ

Блок вычисления и хранения

Блок вычисления и хранения состоит из типовых Модулей вычисления и хранения на базе аппаратных узлов и программной платформы ADQM.

Образуемый узлами Модулей кластер ADQM не имеет мастер-узла и единой точки входа. Запросы могут отправляться к любому из узлов в кластере. Архитектура кластера представлена на Рис. 7.

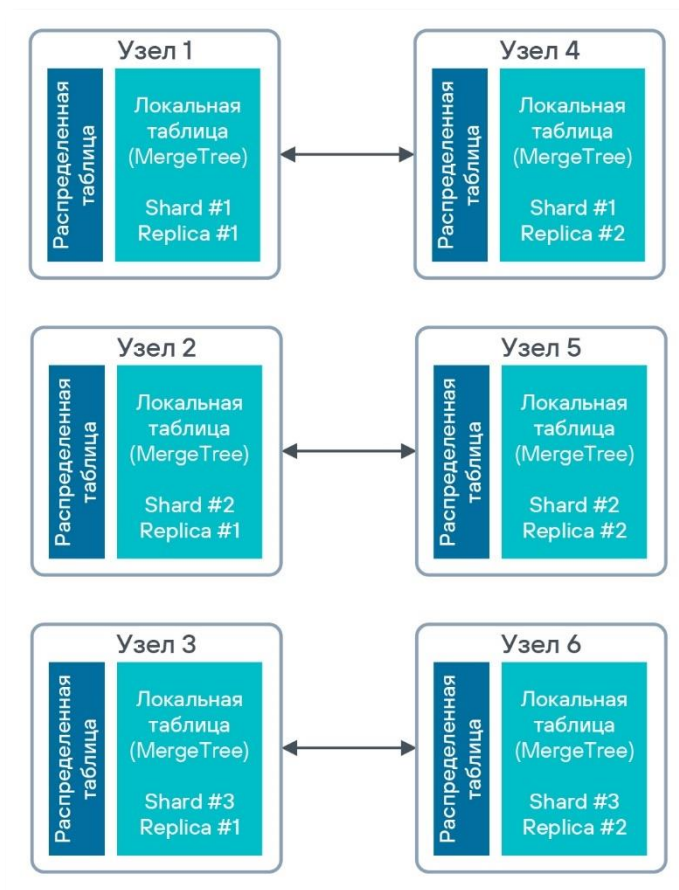


Рис. 7. Архитектура кластера

Локальные таблицы (Local table) отвечают за хранение и репликацию данных.

Распределенные таблицы (Distributed table) не хранят данные, они позволяют сделать запрос на несколько локальных таблиц, распределенных на хостах, объединённых в виртуальный кластер (remote_servers).

Сегменты (shards) — части данных, распределенные по серверам для распараллеливания запросов. Реплики (replicas) позволяют обеспечить отказоустойчивость на уровне узлов (hosts).

Модуль вычисления и хранения состоит из двух или трёх узлов и соединен с Модулем сетевого взаимодействия и сетевым узлом управления (Рис. 8).

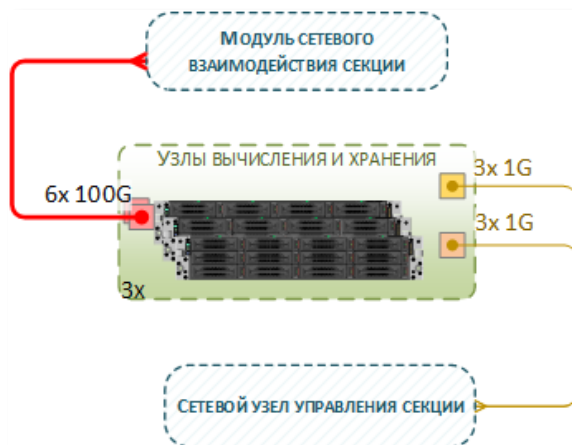


Рис. 8. Модуль вычисления и хранения

Каждый отдельный узел вычисления и хранения:

- содержит выделенные накопители SAS SSD для загрузки ОС
- использует локальные SAS SSD для размещения образов данных и журналов (RAID 10), что обеспечивает повышение производительности (нет необходимости дополнительного внешнего обмена с системой хранения)
- имеет дублированные интерфейсы данных (стандарт IEEE 802.3ad LACP) — повышение производительности, отказоустойчивость (в случае отказа одного из интерфейсов возможно снижение производительности)
- оснащен двухпортовыми сетевыми картами 100 Gigabit Ethernet для интерконнекта в рамках **Машины**
- содержит два блока питания в режиме резервирования по схеме 1+1
- имеет два процессора Xeon не ниже 3-го поколения
- использует 512 ГБАЙТ ОЗУ в узле 1-го типа и 384 ГБАЙТ ОЗУ в узле 2-го типа

Применяемое программное обеспечение:

- ОС: Альт 8 СП
- специальная версия платформы ADQM
- управление резервным копированием: специализированные программные модули платформы ADQM
- управление кластером средствами ADQM

Блок коммутации и агрегации

Обеспечивает передачу данных между элементами **Машиной больших данных Скала^{Ар} МБД.КХ** (интерконнект) и информационный обмен с внешними сетями, а также низкоуровневое управление узлами **Машины**. Соответственно эффективное сетевое взаимодействие является важным фактором для быстрого и надежного функционирования кластера.

Схема сетевого взаимодействия представлена на Рис. 9.

Реализованные подсети:

- Internal VLAN — сеть интерконнекта, для внутреннего взаимодействия между узлами БД, сеть резервного копирования, сеть кластерного взаимодействия на схеме ниже обозначена стрелками (оранжевого цвета)
- External VLAN — сеть для подключения к сервисам БД внешних пользователей и прикладных систем, подключение к серверу управления на схеме ниже обозначена стрелками (черного цвета)
- Сети мониторинга и управления - обмен служебными данными, данными для мониторинга и сеть управления узлами **Машины** на схеме ниже обозначена стрелками (синего цвета)

Стрелками зеленого цвета обозначены соединения коммутаторов между стойками с агрегированным трафиком:

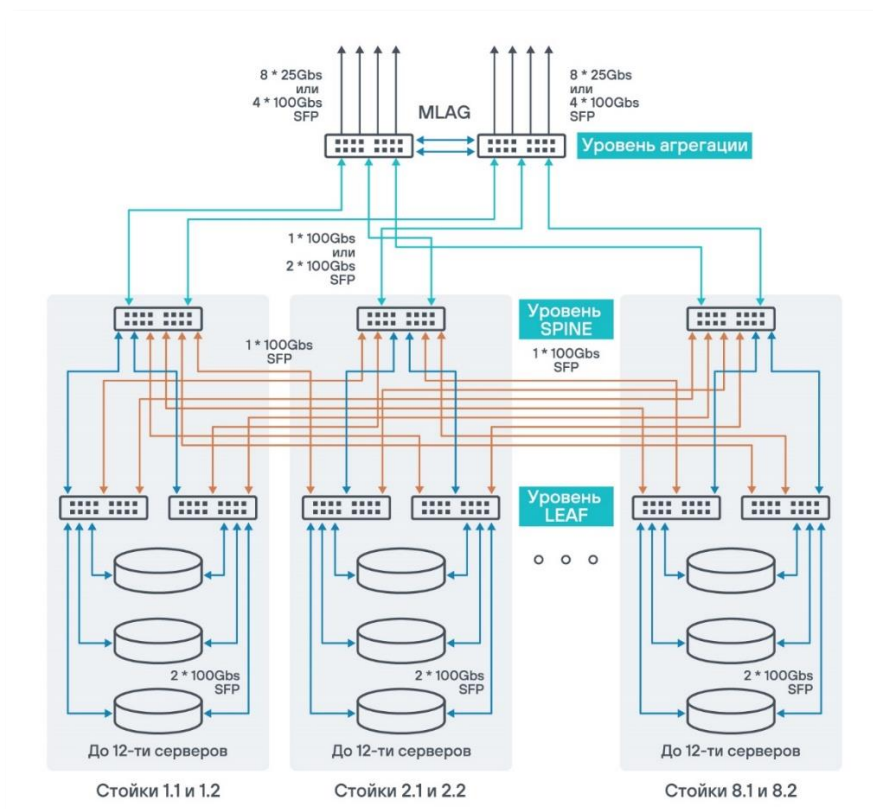


Рис. 9. Общая схема сети интерконнекта

Сети мониторинга и управления Машины:

- PXE (OS) VLAN — сеть для развёртывания операционной системы по PXE, платформы МБД, мониторинга (оранжевого цвета)
- Агрегация (Ring VLAN) — резервная сеть кластерного взаимодействия, доступ к IPMI (зеленого цвета)
- IPMI VLAN — сеть управления оборудованием через интерфейсы удалённого управления (синего цвета)

На рисунке Рис. 10 представлена архитектура сети управления.

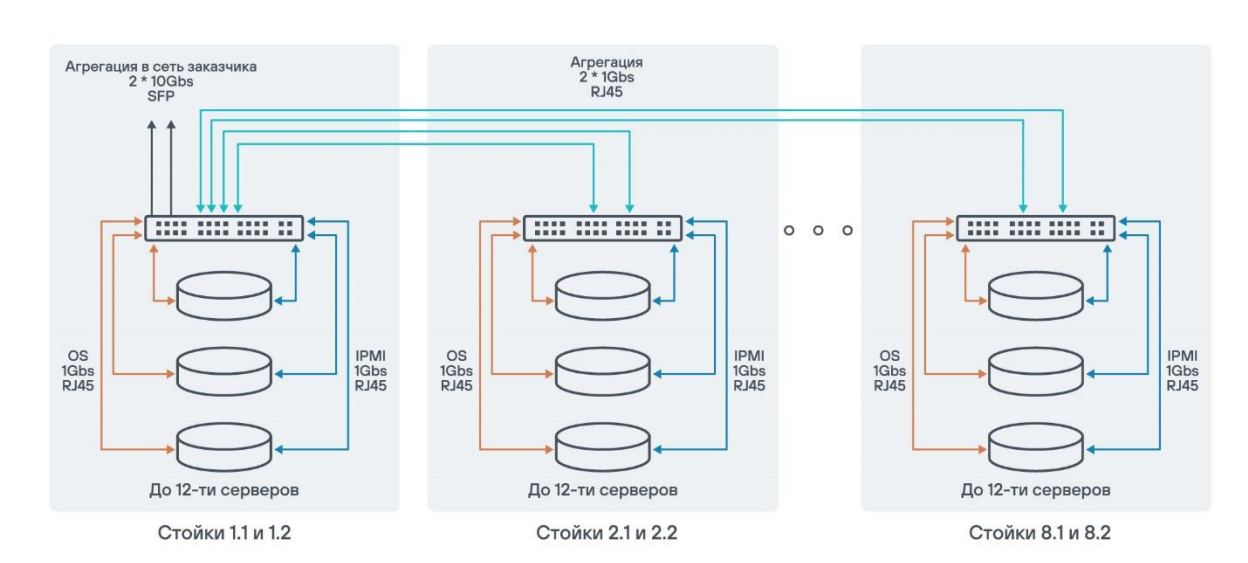


Рис. 10. Общая схема сетей мониторинга и управления

Сетевой узел управления

Сетевой узел управления состоит из одного коммутатора для организации сетей мониторинга, управления и служебного обмена (Рис. 11).

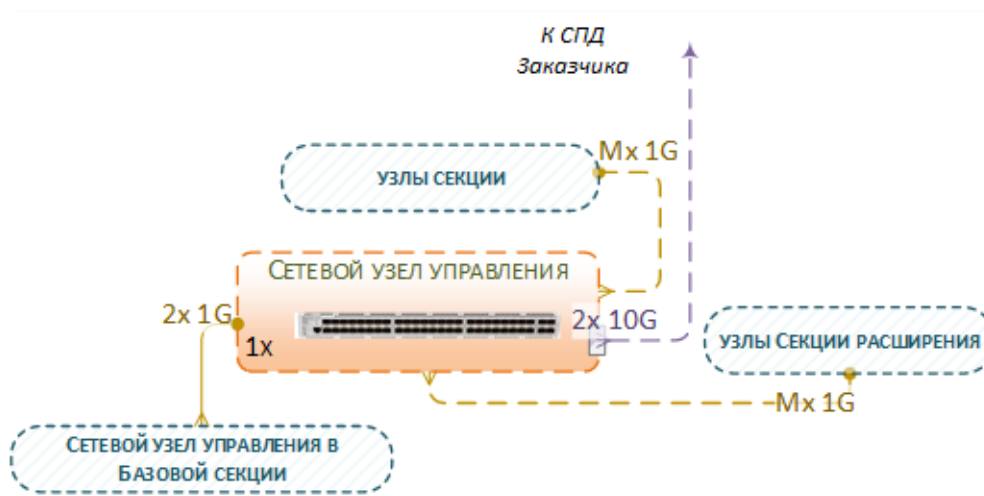


Рис. 11. Сетевой узел управления

Модуль агрегации

Модуль агрегации — пара коммутаторов, собранных по технологии MLAG для агрегации коммутаторов интерконнекта.

Модуль агрегации устанавливается в Базовый Модуль в тех случаях, когда уже нет доступных портов в базовом комплекте узлов сетевого взаимодействия.

Модуль состоит из узлов сетевого взаимодействия (Рис. 12).



Рис. 12. Модуль агрегации

Блок управления и распределения

Основное предназначение Блока — управление синхронизацией реплик БД и поддержание отказоустойчивого кластера средствами Zookeeper. Он состоит из трехузлового кластера показанного на Рис. 13.



Рис. 13. Модуль управления и распределения

Каждый узел управления и распределения:

- использует SSD для обеспечения высокой производительности при хранении служебных данных
- содержит выделенные SSD для загрузки ОС
- оснащен двухпортовыми сетевыми картами 100 Gigabit Ethernet для интерконнекта в рамках **Машины**
- имеет 2 порта 10 Gigabit Ethernet для сетей управления и IPMI
- содержит два блока питания в режиме резервирования по схеме 1+1
- имеет два процессора Xeon не ниже 3-го поколения
- использует 128 Гбайт ОЗУ

Блок мониторинга и регистрации

Блок мониторинга и регистрации состоит из двух или трех узлов вычисления и хранения — высокопроизводительных серверов одного из двух типов на выбор. Он обеспечивает управление **Машиной** на всех этапах жизненного цикла программных и аппаратных компонентов.

Основные функции Блока:

- мониторинг и визуализация работы сети и оборудования, входящего в состав **Машины**
- мониторинг и визуализация функционирования платформы ADQM, связи реплик платформы и компонентов физической инфраструктуры (Рис. 14)
- накопление данных о функционировании **Машины** для автоматизированной и/или ручной оптимизации настроек аппаратной и программной платформы
- автоматизированное реагирование на неблагоприятные события и отклонения параметров функционирования **Машины**
- репозиторий пакетов для ОС и платформы ADQM для автоматизированной установки

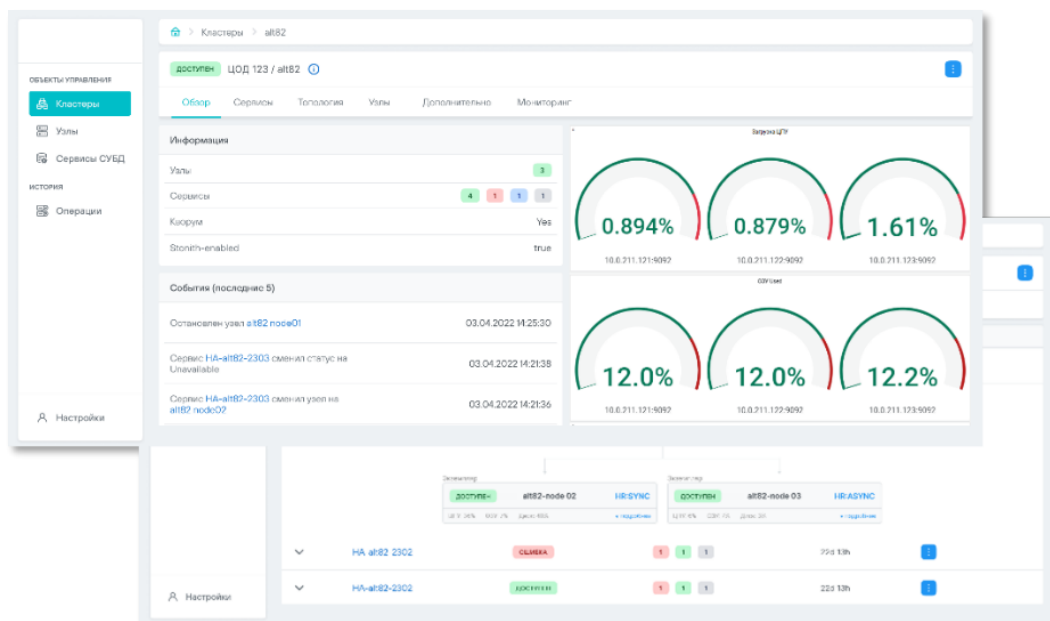


Рис. 14. Пример экрана подсистемы мониторинга МБД.КХ

Модуль мониторинга и регистрации состоит из двух высокопроизводительных узлов, объединенных в зеркальный кластер (Рис. 15).



Рис. 15. Модуль мониторинга и регистрации

Каждый узел мониторинга и регистрации представлен специализированным серверным узлом:

- использует SSD для обеспечения высокой производительности при хранении служебных данных
- содержит выделенные SSD для загрузки ОС
- оснащен двухпортовыми сетевыми картами 100 Gigabit Ethernet для интерконнекта в рамках **Машины**
- имеет 2 порта 1 Gigabit Ethernet для сетей управления и IPMI
- содержит два блока питания в режиме резервирования по схеме 1+1
- имеет два процессора Xeon не ниже 3-го поколения
- использует 256 Гбайт ОЗУ

Применяемое программное обеспечение:

- ОС: Альт Линукс, сервер с виртуализацией Альт Виртуализация
- мониторинг и управление: ПО Скала^Ар Визион
- управление жизненным циклом: ПО Скала^Ар Геном

Блок резервного копирования

Основное предназначение Блока — запись хранение резервных копий базы данных, а также их восстановление. Блок собирается из Модулей резервного копирования. Каждый такой Модуль состоит из одного узла резервного копирования (Рис. 16).

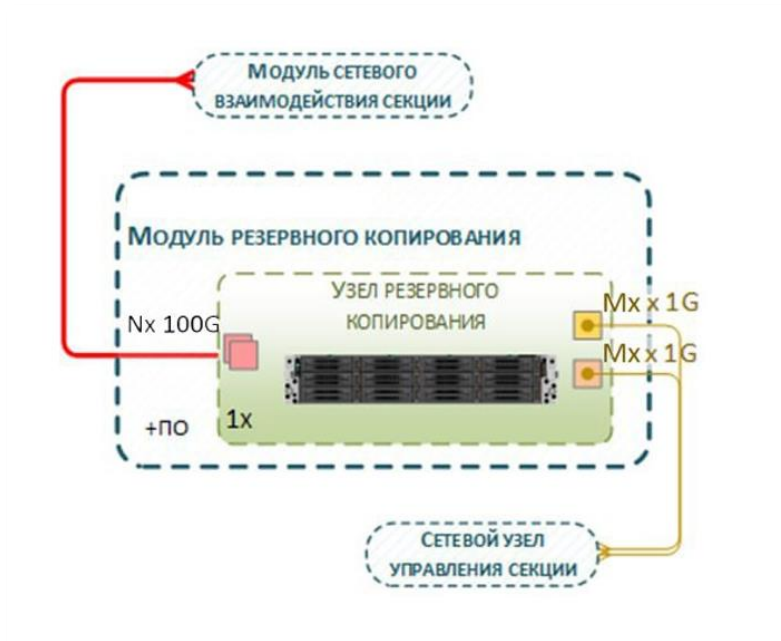


Рис. 16. Модуль резервного копирования

Каждый отдельный узел резервного копирования:

- содержит выделенные накопители SSD для загрузки ОС — обеспечение отказоустойчивости
- применяется аппаратный RAID
- оснащен 14 HDD для хранения данных
- имеет интерфейсы данных дублированы (стандарт IEEE 802.3ad LACP) — повышение производительности, отказоустойчивость (в случае отказа одного из интерфейсов возможно снижение производительности)
- оснащен двухпортовыми сетевыми картами 100 Gigabit Ethernet для интерконнекта в рамках **Машины**
- содержит два блока питания в режиме резервирования по схеме 1+1
- имеет два процессора Xeon не ниже 3-го поколения
- использует 384 Гбайт ОЗУ

Применяемое программное обеспечение

Для создания резервных копии используются встроенные средства резервного копирования.

Резервное копирование рассчитывается для объема от 4-х копий максимальной базы.

Базовый Модуль

Базовый модуль — основа любого решения. Может содержать все виды Модулей и узлов **Машины** (Рис. 17) и способен доукомплектовываться отдельно стоящими секциями (стойками) расширения. Состоит из узлов сетевого взаимодействия, мониторинга и регистрации и узла сетевого управления.

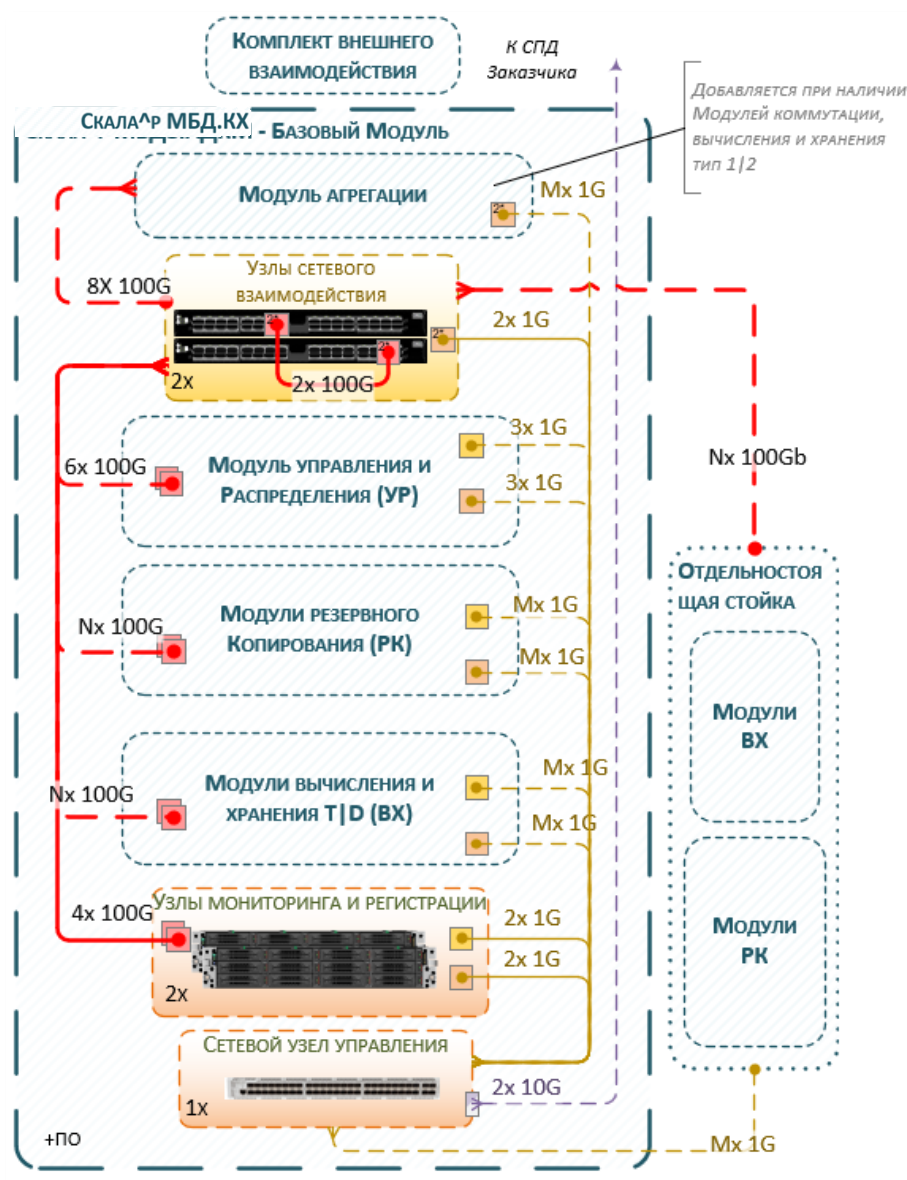


Рис. 17. Базовый Модуль

Модуль коммутации, вычисления и хранения

Модуль комплектуется в отдельную стойку и применяется для горизонтального масштабирования **Машины**. Содержит узлы сетевого взаимодействия и управления, наполняется следующими видами Модулей (Рис. 18):

- Модули вычисления и хранения

- Модули резервного копирования

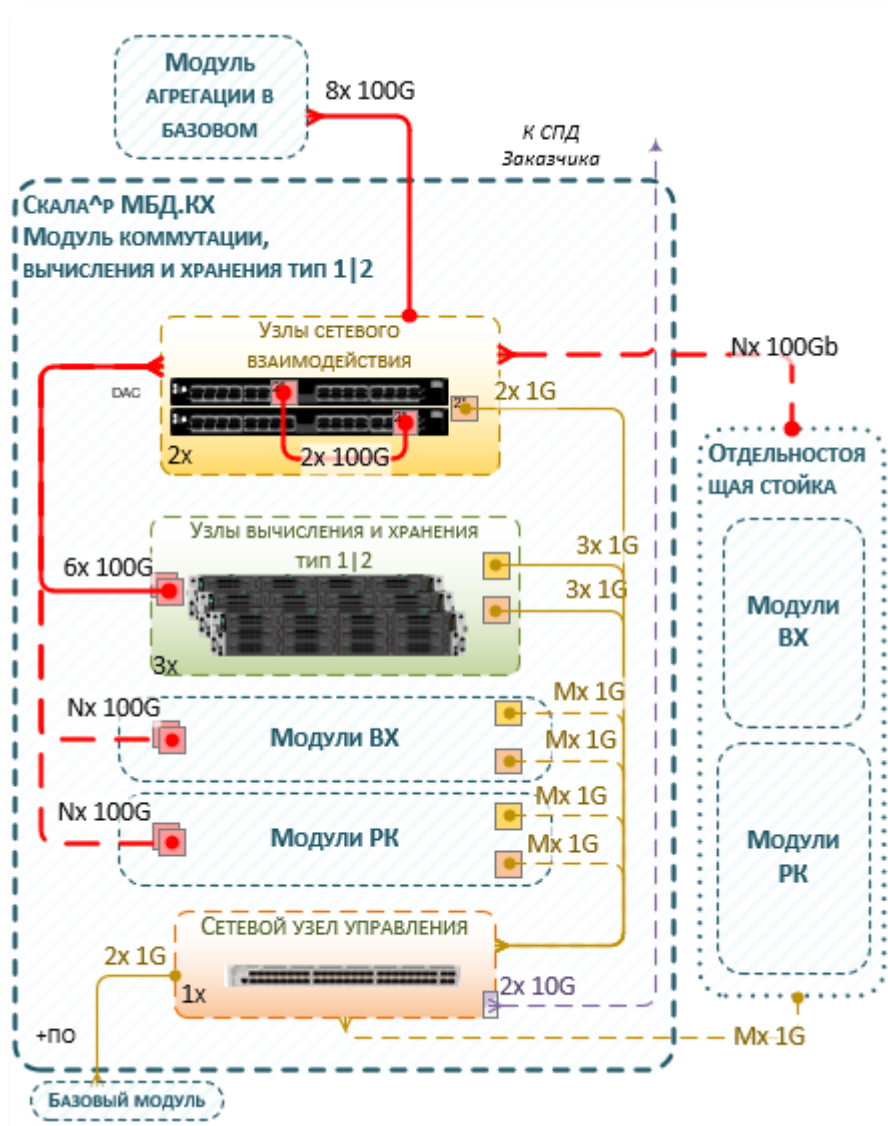


Рис. 18. Модуль коммутации, вычисления и хранения

Секция расширения (отдельно стоящая стойка)

Секция расширения (Рис. 19) предназначена для размещения дополнительных Модулей в дополнение к Базовому модулю и/или Модулю коммутации, вычисления и хранения и содержит следующие виды Модулей:

- Модули вычисления и хранения
- Модули резервного копирования

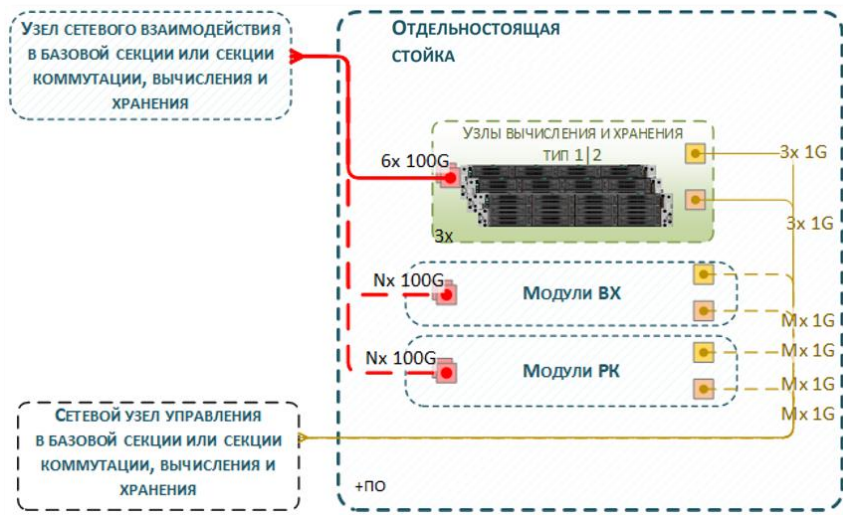


Рис. 19. Секция расширения

Применение дополнительных стоек обуславливается требованиями и ограничениями инженерной инфраструктуры Заказчика, в том числе — по допустимой потребляемой мощности и допустимому тепловыделению на отдельный серверный монтажный шкаф (стойку).

К любому основному Модулю можно добавить одну или две дополнительных секции (стойки).

Схема размещения Блоков и их Модулей в стойках по этапам роста масштаба Машины

На диаграмме ниже (Рис. 20) представлен пример размещения Базовых блоков и вариантов расширения при двух этапах горизонтального масштабирования.

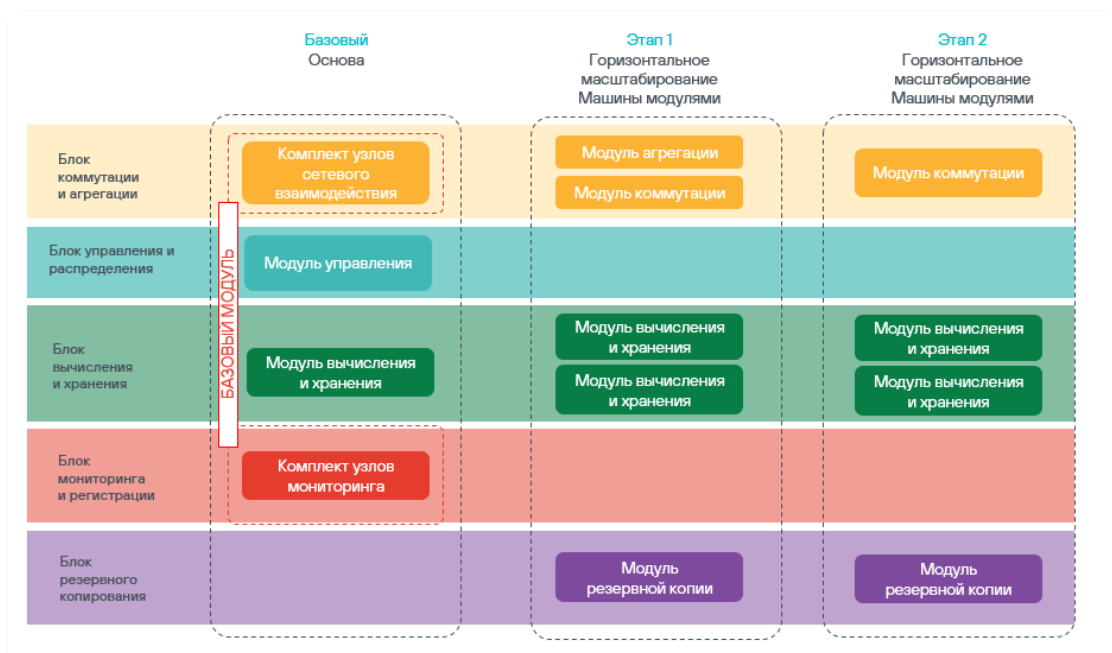


Рис. 20. Пример размещения Базовых блоков и вариантов расширения

Этапы масштабирования приведены ниже:

- Первый этап — это установка Модулей в Базовый модуль. Как правило, это возможно, пока позволяет предельная мощность энергопотребления первой стойки Базового модуля
- Далее устанавливается дополнительная отдельно стоящая стойка, в которой размещаются Модули вычисления и хранения, а также резервного копирования (при необходимости). Такое расширение возможно в одной или двух таких дополнительных стойках, и до достижения ограничения по питанию стоек или до заполнения количества портов в узлах внутреннего взаимодействия первой стойки — Базового Модуля. Важно, что в этих дополнительных стойках нет сетевого оборудования
- Установка Модуля коммутации, вычисления и хранения выполняется при заполнении портов внутреннего взаимодействия в Базовом Модуле. Стойка этого Модуля включает в себя набор узлов сетевого взаимодействия и требует установки дополнительного Модуля агрегации в Базовый модуль (первая стойка на схеме)

Пример такого размещения в стойках представлен на диаграмме ниже (Рис. 21).

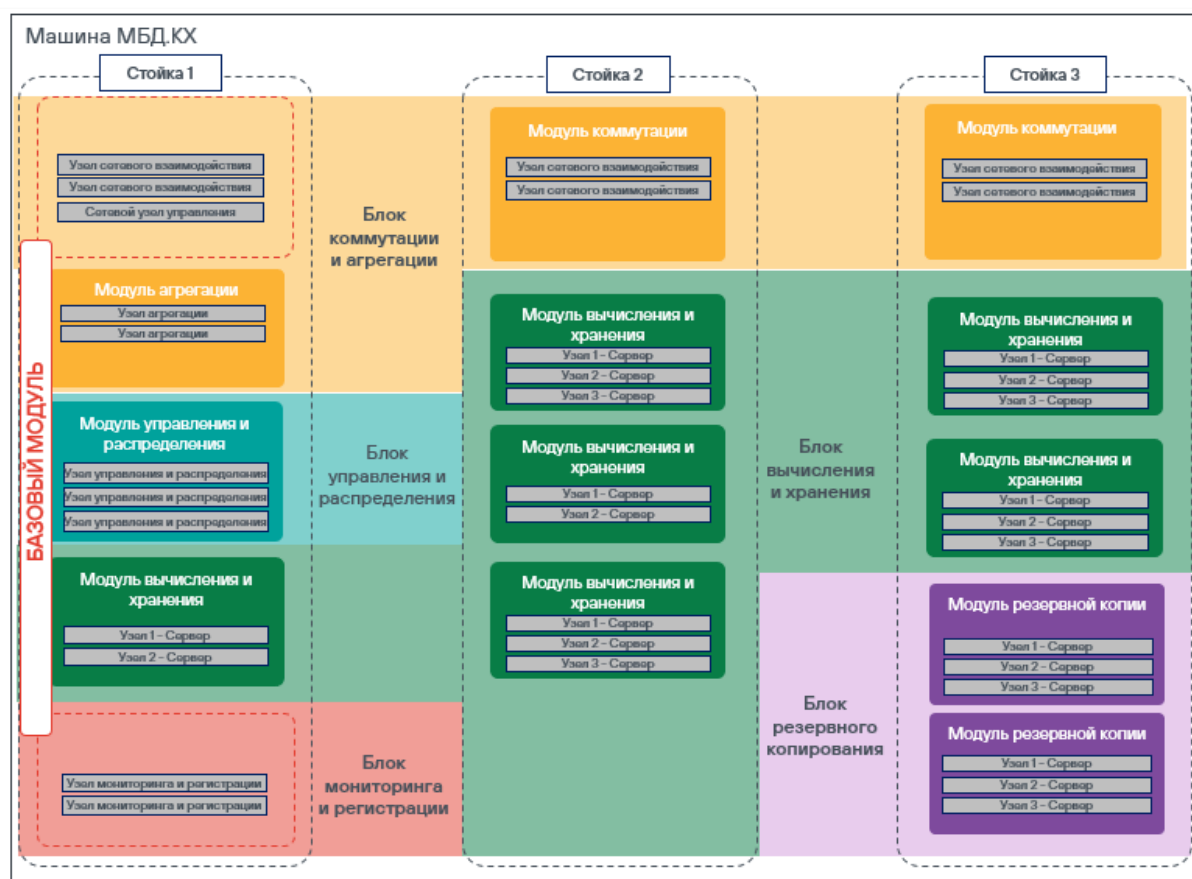


Рис. 21. Пример размещения базовых Блоков, Модулей и узлов в серверных стойках

Система управления жизненным циклом Скала^{Ар} Генот

В **Маchine больших данных Скала^{Ар} МБД.КХ** применяется специализированное программное обеспечение **Скала^{Ар} Генот** (Рис. 22).

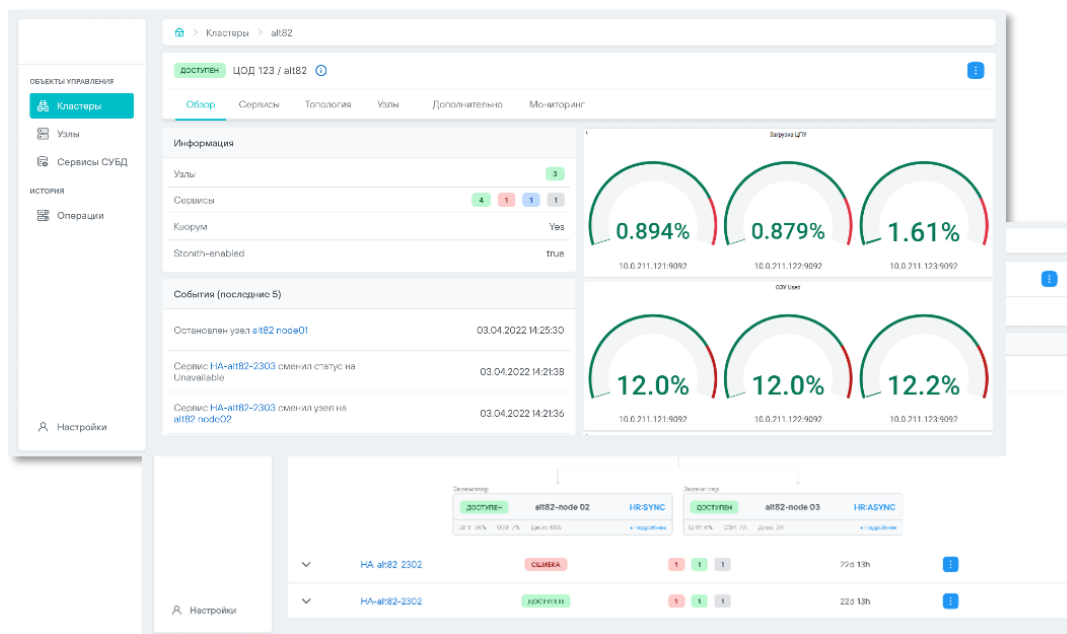


Рис. 22. Пример интерфейса Скала^{Ар} Генум

Данный программный продукт обеспечивает:

- контроль развертывания компонентов **Машины**
- ведение электронного паспорта **Машины**
- отслеживание состояния узлов
- отслеживание конфигурации программно-аппаратного состава **Машины**

снижение влияния человеческого фактора — сокращение рисков, связанных с ошибками эксплуатирующего персонала

10. СПЕЦИФИЧНЫЕ ЧЕРТЫ

Проектирование и реализация **Машины больших данных Скала^Ар МБД.КХ** осуществлялись с учётом ряда выбранных приоритетов, оказывающих непосредственное влияние на функциональные и эксплуатационные показатели. Наиболее значимые из них следующие:

Приоритет обеспечения сохранности данных перед повышенной доступностью

Эффект:

- Гарантия сохранности данных при любых отказах
- Быстрое восстановление из резервных копий в случае сбоев

Реализация вычислительного блока на аппаратном решении вместо использования виртуальной среды

Эффект:

- Максимум производительности на данном оборудовании (нет потерь на преобразования среды виртуализации, прочие сведены к минимуму)
- Повышение надёжности решения (нет дополнительного программного слоя)

Использование локальных дисков вместо сетевой системы хранения для снижения затрат на передачу данных

Эффект:

- Повышение производительности дисковой подсистемы (нет использования сетей для доступа к данным)
- Повышение производительности (СУБД ADQM изначально создана для работы с накопителями прямого подключения)
- Повышение надёжности решения (нет дополнительного сложного элемента в виде системы хранения)
- Снижение стоимости решения (нет расходов на внешнюю систему хранения в целом, только на твердотельные накопители)

Применение стандартного высоконадёжного и производительного оборудования в качестве платформы для размещения компонентов решения взамен уникальных аппаратных разработок

Эффект:

- Обеспечение стабильного уровня производительности (компоненты проверены временем)
- Повышение надёжности решения (нет уникальных элементов)
- Снижение стоимости сопровождения (доступность элементов при выходе из строя)

Возможность применения типовых и сторонних решений для мониторинга и управления в дополнение к предустановленным

Эффект:

- Сохранение ранее сделанных инвестиций в системы управления ИТ-инфраструктурой
- Возможность построения сквозных систем управления, в которые интегрируются **Машины** и в которых **Машина больших данных Скала^Ар МБД.КХ** — лишь один из элементов

11. ГАРАНТИРОВАННОЕ КАЧЕСТВО

Качественные показатели **Машины больших данных Скала^р МБД.КХ** обеспечиваются её соответствием проверенному стандартному варианту, соблюдением установленных норм и требований по формированию, реализацией работ высококвалифицированными специалистами на всех этапах жизненного цикла.

Производство (комплектование и развёртывание ПО)

- При производстве используются высококачественные комплектующие
- Сборка продукции осуществляется строго в соответствии с утверждённым планом размещения компонентов
- Первичное развёртывание ПО осуществляется в автоматическом режиме
- Дополнительные настройки ПО осуществляются в соответствии с утверждённой методикой и пошаговой инструкцией
- Осуществляется функциональное тестирование сформированной **Машины**
- Отклонения от типового решения **Машины больших данных Скала^р МБД.КХ** исключены

Передача в эксплуатацию

- **Машина больших данных Скала^р МБД.КХ** полностью сформирована, протестирована, готова к размещению в сети Заказчика и подключению прикладного ПО
- В комплекте с **Машиной больших данных Скала^р МБД.КХ** передаются паспорт решения, сертификат на поддержку
- Проводится обучение специалистов Заказчика работе с **Машиной больших данных Скала^р МБД.КХ** (по запросу)

Поддержка

- **Машина больших данных Скала^р МБД.КХ** поставляется с годовой поддержкой (более выгодный вариант — на 3 или 5 лет), которая включает в себя решение вопросов, связанных с нарушениями работоспособности как комплекса в целом, так и его отдельных аппаратных компонентов и программного обеспечения
- Первая и вторая линия поддержки предоставляются непосредственно производителем **Машины больших данных Скала^р МБД.КХ** или сертифицированным партнёром **Скала^р**
- У Заказчика есть возможность выбора варианта поддержки из актуальных на момент поставки (как минимум, из вариантов 9×5 или 24×7)
- В сложных случаях в решении проблем на третьей линии поддержки участвуют архитекторы и инженеры, разработчики **Машины больших данных Скала^р МБД.КХ**

Сопровождение

Возможна реализация дополнительных требований по модернизации или развитию **Машины больших данных Скала^р МБД.КХ** (по запросу), в том числе:

- аппаратная модернизация решения

- горизонтальное или вертикальное масштабирование нового или имеющегося решения
- установка и настройка компонентов, не входящих в дистрибутивы ПО для данного решения
- изменение функциональности компонентов дистрибутивов ПО, их доработка
- тестирование приложений, производительности приложений или иное другое запрошенное тестирование

Работы выполняются с участием архитекторов и инженеров, разработчиков **Машины** и ПО **Скала[^]р МБД.КХ.**

12. РЕАКЦИЯ МАШИНЫ НА ВОЗМОЖНЫЕ ОТКАЗЫ

Отказы, связанные со стандартными элементами Скала^р МБД.КХ

В рамках **Машины больших данных Скала^р МБД.КХ** обеспечена отказоустойчивость её основных элементов и процессов, в том числе:

- узлов (дублирование процессоров, источников питания и др.)
- подсистемы ввода-вывода (RAID)
- сети интерконнекта (дублирование сетевых интерфейсов и самих коммутаторов)
- системы резервного копирования

Отказы перечисленных элементов отрабатываются стандартными алгоритмами в соответствии с произведёнными настройками. Любой единичный отказ не повлияет на доступность системы в целом, хотя по конкретному сервису возможно небольшое снижение производительности. После устранения неисправности исходная производительность **Скала^р МБД.КХ** также восстанавливается.

Отказы, связанные с узлами кластера баз данных

Аппаратные сбои

Архитектура программного обеспечения, лежащего в основе **Скала^р МБД.КХ**, позволяет построить отказоустойчивый многоузловой кластер, в том числе катастрофоустойчивый кластер.

Отказоустойчивость обеспечивается за счет настройки репликации таблиц между узлами, а также избыточности экземпляров сервиса ZooKeeper, который отвечает за хранение метаданных, необходимых для репликации. При этом отказоустойчивым считается кластер, состоящий как минимум из трех узлов ZooKeeper и двух узлов сегментов ADQM.

Отказ любых двух узлов с разными ролями, либо отказ всех узлов с ролью ADQM, кроме одного, не влияет на работоспособность кластера и позволяет ему обрабатывать запросы как на чтение, так и на запись. При этом общая производительность системы снижается.

В случае, если ZooKeeper недоступен, реплицируемые таблицы остаются доступными только для чтения, а запросы на запись приведут к выдаче исключения. При восстановлении доступности сервиса данные будут автоматически синхронизированы, если это возможно, а в противном случае неизвестные участки данных будут перемещены в подкаталог detached. Если блоки данных внутри файлов оказались повреждены, запрос SELECT приведет к исключению, после чего будет предпринята попытка их проверки и восстановления.

Если после сбоя локальный набор данных критически отличается от ожидаемого, сработает защитный механизм, и потребуются ручное (полуавтоматическое) восстановление.

Если данные на одной из реплик полностью утеряны, доступен вариант ручного восстановления.

Программные сбои и человеческий фактор

Кроме обеспечения отказоустойчивости, необходимо организовать систему резервного копирования, исходя из ресурсов и потребностей.

Одним из вариантов решения данной задачи является дублирование данных в Hadoop или S3, например, путем подписки дополнительных подписчиков на темы Kafka.

Детальный порядок обеспечения отказоустойчивости кластера и рекомендации по действиям при его администрировании в той или иной конкретной ситуации с конкретным экземпляром **Машины больших данных Скала^Λр МБД.КХ** могут быть предоставлены по запросу.

13. ВАРИАТИВНОСТЬ РЕШЕНИЯ

Приоритет производительности

Область применения:

- Data Warehouse как единое корпоративное хранилище архивных данных из разных источников
- информация оперативного доступа
- множественные аналитические запросы бизнеса

Варианты решения:

- увеличенный объём оперативной памяти
- повышение базовой частоты работы процессоров
- высокопроизводительные твердотельные накопители с подключением SAS (16×1,92 Тбайт)
- RAID 10

Приоритет объёма хранения

Область применения:

- база знаний предприятия
- данные с датчиков, устройств интернета вещей
- журналы действий пользователей
- данные исторического анализа

Вариант решения:

- стандартные параметры Вычислительного модуля
- SSD повышенного объёма (16×7,64 Тбайт)

Специальный тюнинг для повышения производительности

Вариант решения:

- может использоваться в комплексе с любым из вариантов
- требуется участие разработчиков прикладных систем
- достигается адаптацией настроек и конфигурации оборудования под структуру данных Заказчика, типы и периодичность запросов и др.

14. ТРЕБОВАНИЯ К РАЗМЕЩЕНИЮ РЕШЕНИЯ

Решение представляет собой серверный монтажный шкаф 19", высота 42U, с дальнейшей возможностью модульной расширяемости до 14 стоек.

Наполнение шкафа оборудованием и совокупный вес зависят от выбранного варианта решения и могут составлять от 400 до 800 кг.

Для подключения шкафа к системе электроснабжения должны быть предусмотрены два независимых входа электропитания.

Расчётная потребляемая мощность шкафа составляет от 6 до 11 кВт.

В месте установки должны быть предусмотрены соответствующие мощности по отводу тепла.

Для подключения к локальной сети Заказчика необходим резервированный канал до 4×100 Gigabit Ethernet или до 8×10/25 Gigabit Ethernet. Требуемые трансиверы определяются на этапе формирования спецификации **Машины**.

При развёртывании решения на нём будут выполнены настройки сетевых адресов в соответствии со структурой сети Заказчика. Заказчик должен предоставить необходимые данные в соответствии с номенклатурой компонентов решения.

В сети Заказчика должны быть настроены соответствующие маршруты и права доступа.

Дальнейшие мероприятия по вводу в эксплуатацию осуществляются Заказчиком путём настройки прикладных программных систем.

15. ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА

Поставка **Машин больших данных Скала^р МБД.КХ** осуществляется с предварительными сборкой, тестированием и настройкой оборудования согласно требованиям Заказчика. Качественная поддержка **Скала^р МБД.КХ** обеспечивается едиными стандартами гарантийного и постгарантийного технического обслуживания:

- Пакет услуг по технической поддержке на первый год включен в поставку
- Заказчик может выбирать пакет в базовом режиме 9×5, или в расширенном режиме 24×7 (опция для критической функциональности)
- Срок начально приобретаемой технической поддержки может быть увеличен до 3-х и 5-и лет, также доступна пролонгация поддержки

Состав типовых пакетов услуг по технической поддержке представлен в таблице ниже (Таблица 2).

Таблица 2. Пакеты услуг по технической поддержке Машин больших данных Скала^р МБД.КХ

Услуги	Пакет «9×5»	Пакет «24×7»
«Обслуживание комплекса Скала^р в режиме 9×5» (в рабочее время по рабочим дням)	+	—
«Обслуживание комплекса Скала^р в режиме 24×7» (круглосуточно)	—	+
Предоставление доступа к системе регистрации запросов/инцидентов Service Desk	+	+
Предоставление доступа к базе знаний по продуктам Скала^р	+	+
Предоставление обновлений лицензионного ПО Скала^р	+	+
Диагностика, анализ и устранение проблем в работе комплекса Скала^р, включая: ▪ устранение аппаратных неисправностей ▪ техническое сопровождение ПО	+	+
Консультации по работе комплекса Скала^р	+	+
«Защита конфиденциальной информации» (неисправные носители информации не возвращаются Заказчиком)	Опция	Опция
Замена и ремонт оборудования по месту установки	+	+
Доставка оборудования на замену за счет производителя	+	+

Услуги	Пакет «9×5»	Пакет «24×7»
Расширенные опции обслуживания	—	+
Времена реагирования и отклика, не более:		
Время регистрации обращений	30 минут, рабочие часы (9×5)	30 минут, круглосуточно (24×7)
Подключение специалиста к решению инцидентов критичного и высокого уровней	В течение 1 рабочего часа (9×5)	В течение 1 часа (24×7)

Примечание к срокам ремонта оборудования

Комплекс **Машина больших данных Скала^р МБД.КХ** архитектурно является устойчивым к выходу из строя отдельных компонентов и даже узлов, поэтому нет необходимости в обеспечении дорогостоящего сервиса срочного восстановления оборудования в течение суток и менее. В комплексе предусмотрено, как минимум, двойное резервирование основных компонентов, позволяющее сохранять данные и работоспособность даже при выходе из строя нескольких дисков и/или серверов.

16. ПОСТАВКА И ЛИЦЕНЗИРОВАНИЕ ПО

Команда **Скала^р** активно занимается развитием программных продуктов **Машин больших данных Скала^р МБД.8**. Направления развития формируются на основе анализа мирового опыта использования систем подобного класса и пожеланий Заказчиков и партнеров. Новые функции реализуются в форме мажорных и минорных релизов: мажорные релизы выпускаются раз в квартал, минорные релизы выпускаются при необходимости более быстрого введения в эксплуатацию небольших улучшений в системе.

Программное обеспечение СУБД Arenadata QuickMarts (ADQM) лицензируется согласно объёму ресурсов в Модуле вычисления и хранения, при этом на каждый Модуль выдается единая лицензия.

Программное обеспечение **Скала^р Геном**, **Скала^р Визион** поставляется исключительно в составе **Машин больших данных Скала^р МБД.КХ** и лицензируется по метрикам комплекса в соответствии с его размером.

Политика обновления ПО

Обновления функционального и системного ПО предоставляются по минорным и мажорным версиям, выпускаемым партнером Arenadata и иными, в течение действия технической поддержки бесплатно.

Команда **Скала^р** активно занимается развитием собственных программных продуктов. Направления развития формируются на основе анализа мирового опыта использования систем подобного класса и пожеланий Заказчиков и партнеров. Новые функции реализуются в форме мажорных и минорных релизов: мажорные релизы выпускаются раз в квартал, минорные релизы выпускаются при необходимости более быстрого введения в эксплуатацию небольших улучшений в системе.

О КОМПАНИИ

Скала^р (продукт **Группы Rubytech**) с 2015 года выпускает программно-аппаратные комплексы (**Машины**) и сегодня предлагает широкий технологический стек для построения динамических инфраструктур и инфраструктур управления данными высоконагруженных информационных систем.

Продукты **Скала^р** включены в Реестр промышленной продукции, произведенной на территории Российской Федерации, и в Единый реестр российских программ для ЭВМ и БД. Соответствуют критериям доверенности и использованию для объектов критической информационной инфраструктуры (КИИ).

Дополнительная информация — на сайте www.skala-r.ru.