

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Факультет компьютерного проектирования
Кафедра проектирования информационно-компьютерных систем

ОТЧЕТ
по лабораторной работе № 5
на тему:
**«ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
КОМПОНЕНТОВ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА»**

Проверил _____ И.Н. Тонкович
(подпись)

Выполнила _____  В.Д. Концевая
(подпись) гр. 314301

Минск, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

1 Описание архитектур данных и приложений	3
2 Моделирование технологической архитектуры.....	12
3 Моделирование внедрения и миграции.....	17
Вывод	22
Список использованных источников.....	23
Приложение А Отчет Archi Jasper.....	24

1 ОПИСАНИЕ АРХИТЕКТУР ДАННЫХ И ПРИЛОЖЕНИЙ

Модель *Data Model View* представлена на рисунке 1.1 [1].

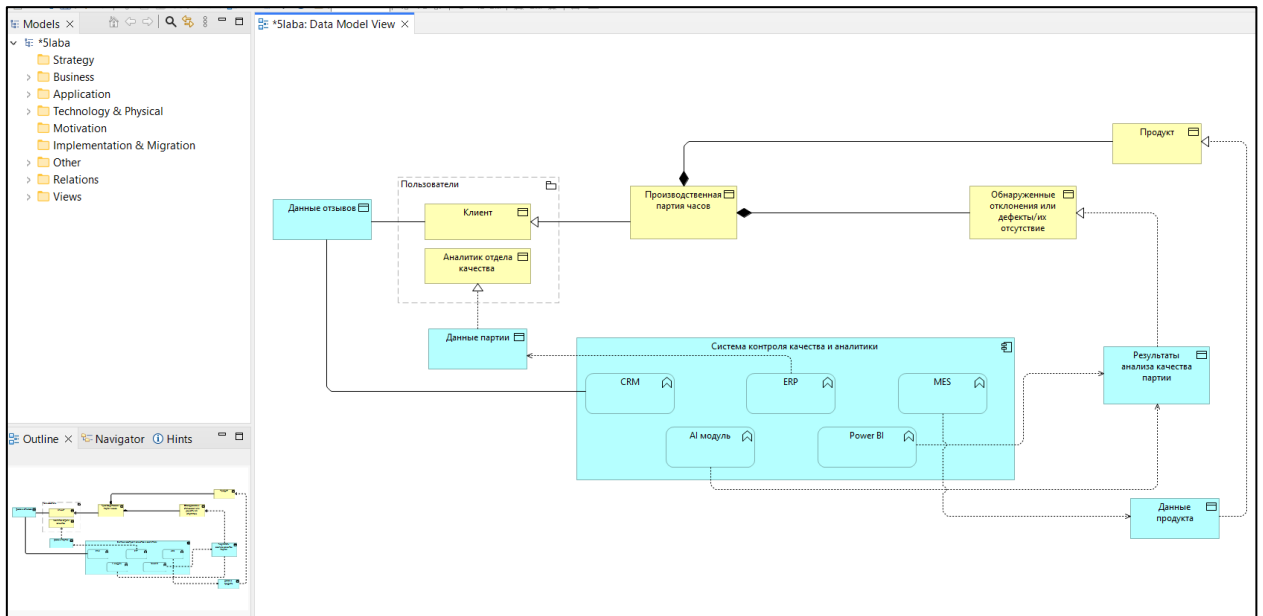


Рисунок 1.1 – *Data Model View*

Модель данных системы контроля качества Минского часового завода представляет собой интегрированную структуру, объединяющую клиентские отзывы, производственные параметры и аналитические инструменты в единый управленческий контур. В основе модели лежит производственная партия как центральный объект, характеристики которой отслеживаются на всех этапах жизненного цикла. Клиенты взаимодействуют с системой через *CRM*-интерфейсы, оставляя отзывы и оценки качества, которые автоматически фиксируются и категоризируются. Эти данные поступают в общий аналитический контур вместе с производственными показателями из *ERP*-системы, содержащими информацию о номерах партий, датах выпуска и спецификациях моделей, а также с оперативными технологическими параметрами из *MES*-системы, такими как режимы сборки, параметры обработки деталей и данные оборудования.

Система контроля качества выступает интеграционным ядром, объединяющим разнородные данные в единое информационное пространство. *AI*-модуль анализирует поступающую информацию, применяя алгоритмы классификации для выявления типовых дефектов, методы корреляционного анализа для установления взаимосвязей между параметрами производства и качеством продукции, а также прогнозные модели для предупреждения потенциальных проблем. Результаты анализа трансформируются в интерактивные отчеты и визуализации через платформу *Power BI*, предоставляя аналитикам инструменты для мониторинга ключевых

показателей качества, выявления трендов и принятия решений.

Обратная связь реализуется через механизмы корректировки производственных процессов, когда выявленные системой закономерности и рекомендации преобразуются в конкретные корректировки технологических параметров, которые автоматически передаются в *MES*-систему для внедрения в производство. Модель обеспечивает сквозную прослеживаемость от клиентского отзыва до конкретной производственной партии и обратно, создавая замкнутый цикл непрерывного улучшения качества. Интеграция разнородных систем и применение аналитических алгоритмов позволяют не только оперативно реагировать на возникающие проблемы, но и выявлять глубинные причинно-следственные связи, оптимизируя производственные процессы на основе данных.

Структура модели подчеркивает взаимозависимость между клиентскими ожиданиями, зафиксированными в *CRM*, объективными производственными показателями из *ERP* и *MES*, и аналитическими выводами, генерируемыми *AI*-компонентами. Такой подход обеспечивает целостное представление о качестве продукции на всех этапах — от проектирования и производства до эксплуатации у конечного потребителя, формируя среду для принятия управленческих решений в области контроля и обеспечения качества.

Модель *Information Structure Viewpoint* представлена на рисунке 1.2.

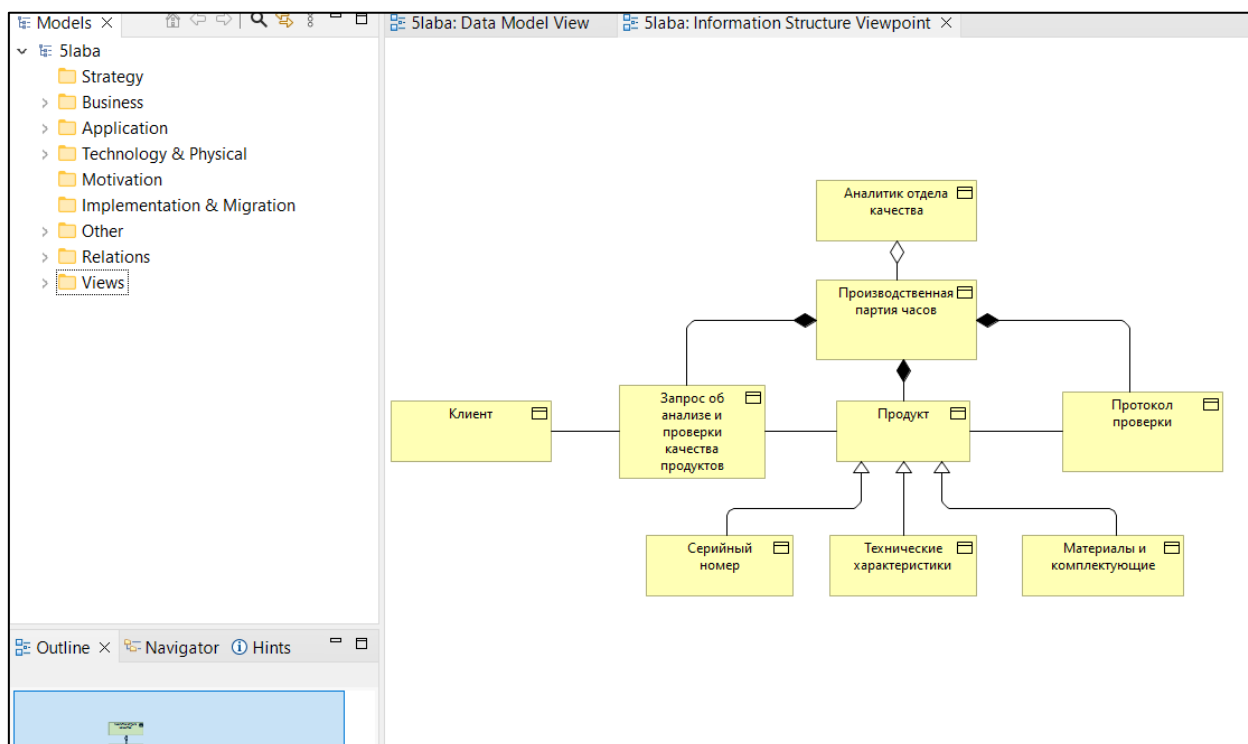


Рисунок 1.2 – *Information Structure Viewpoint*

Данная модель представляет собой структурированное отображение информационных потоков и взаимосвязей между ключевыми компонентами

системы контроля качества на Минском часовом заводе. В центре модели находится производственная партия часов как основной объект контроля, содержащая идентификационные данные, включая номер партии, дату производства и модельный ряд. Каждая партия состоит из конкретных продуктов, которые детализируются через серийные номера, технические характеристики, а также перечни используемых материалов и комплектующих.

Клиенты взаимодействуют с системой через механизм запросов на анализ качества, которые содержат информацию о типе проверки и ее приоритетности. Эти запросы поступают к аналитикам отдела качества - основным исполнителям процесса контроля, обладающим соответствующими полномочиями для инициирования проверок и анализа результатов.

Процесс проверки качества формализуется через протоколы, которые фиксируют дату проведения проверки, примененные методы контроля и полученные результаты тестирования. Протоколы служат связующим звеном между фактическим состоянием продукции и аналитической обработкой данных, обеспечивая документальное подтверждение соответствия или выявленных отклонений.

Информационные потоки в модели организованы по замкнутому циклу: от клиентского запроса через производственные данные к результатам проверки и обратной связи с потребителем. Клиентские обращения преобразуются в формализованные запросы, которые инициируют проверку конкретных производственных партий. Полученные результаты проходят анализ и интерпретацию, после чего оформляются в стандартизированные протоколы и доводятся до сведения клиентов.

Модель обеспечивает сквозную прослеживаемость продукции на всех этапах – от производственных параметров до результатов конечного контроля. Каждый компонент системы содержит четко определенные атрибуты для однозначной идентификации и связан с другими элементами через формализованные отношения. Такая структура позволяет эффективно управлять качеством продукции, оперативно реагировать на запросы потребителей и принимать обоснованные решения на основе достоверных данных.

Модель *Application Cooperation Viewpoint* представлена на рисунке 1.3.

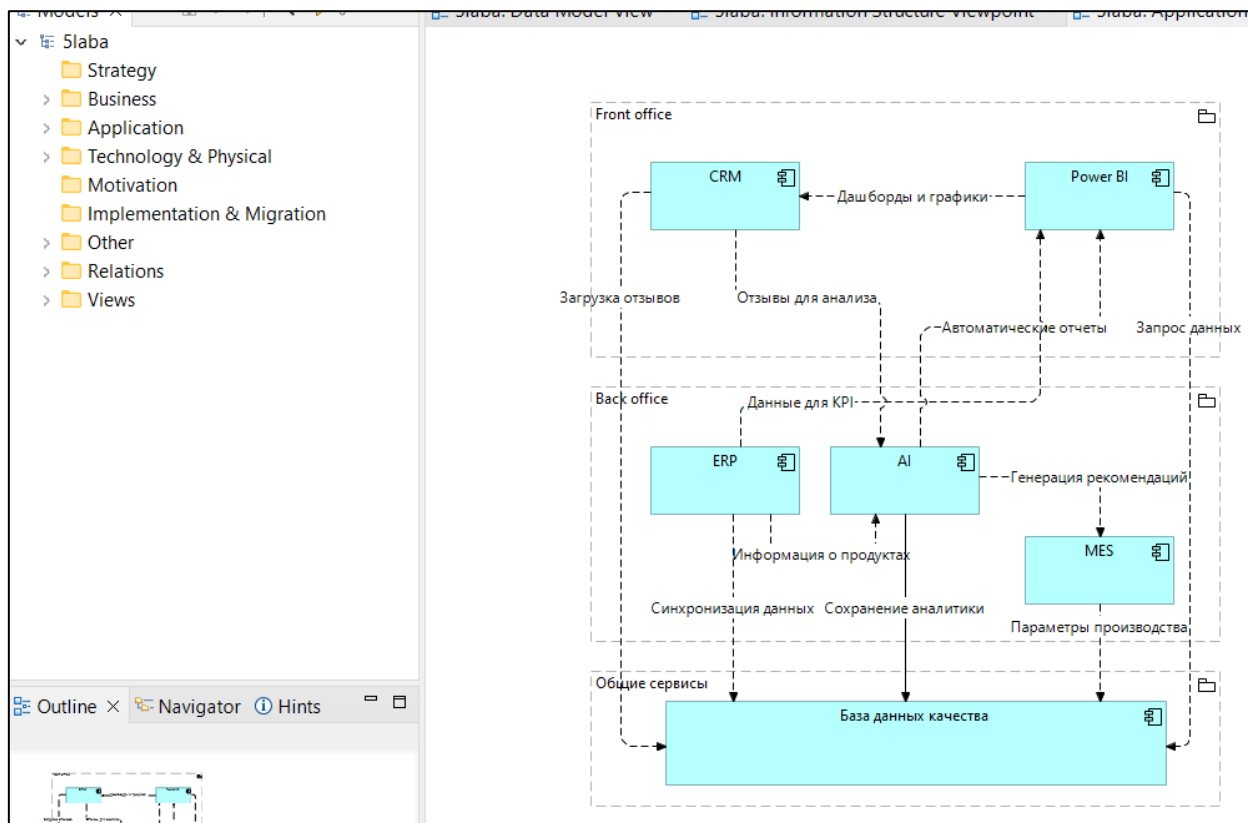


Рисунок 1.3 – *Application Cooperation Viewpoint*

Модель взаимодействия приложений системы контроля качества Минского часового завода структурно разделена на три ключевых слоя, обеспечивающих сквозной поток информации от клиентских интерфейсов до производственных систем. В *front-office* слое расположена *CRM*-система, выполняющая функции первичного приема и обработки клиентских отзывов, которая обеспечивает загрузку обратной связи от потребителей и передачу данных для последующего анализа. В этом же слое функционируют аналитические дашборды, предоставляющие визуализацию ключевых показателей качества через графики и автоматически формируемые отчеты, с возможностью запроса актуальных данных из нижележащих систем.

Back-office слой включает *ERP*-систему, содержащую полную информацию о продуктах и производственных партиях, которая осуществляет синхронизацию данных с другими компонентами архитектуры. Здесь же работает *MES*-система, отвечающая за сбор и обработку параметров производства в реальном времени, обеспечивающая мониторинг технологических процессов. Важным элементом *back-office* слоя выступает модуль аналитики, который на основе поступающих данных генерирует рекомендации по улучшению качества продукции и формирует показатели для *KPI*.

Центральным интегрирующим элементом архитектуры выступает общий сервис – база данных качества, выполняющая роль единого источника истины для всех подсистем. Она аккумулирует информацию из *CRM* о клиентских отзывах, производственные данные из *ERP* и *MES*, а также

аналитические выводы, обеспечивая согласованность данных во всей системе. База предоставляет унифицированные интерфейсы для доступа к информации как *front-office*, так и *back-office* компонентам, что позволяет реализовать замкнутый цикл управления качеством - от фиксации клиентского отзыва до корректировки производственных параметров на основе аналитических выводов. Все компоненты системы взаимодействуют через стандартизированные протоколы обмена данными, что обеспечивает масштабируемость и надежность архитектуры.

Модель *Application Structure Viewpoint* представлена на рисунке 1.4.

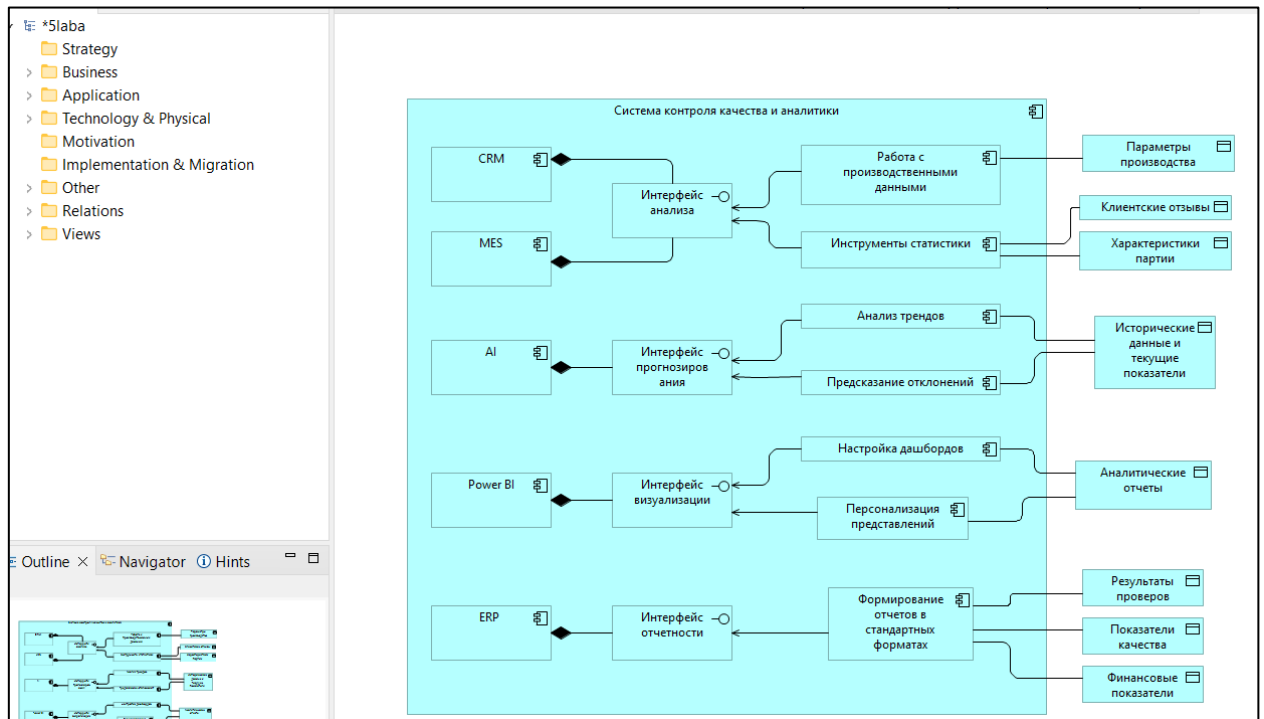


Рисунок 1.4 – *Application Structure Viewpoint*

Модель структуры приложений системы контроля качества представляет собой целостную архитектуру, объединяющую несколько взаимосвязанных компонентов, каждый из которых выполняет специализированные функции в общем процессе управления качеством продукции. В центре системы находится основной модуль контроля качества и аналитики, который выступает интеграционным ядром для всех остальных элементов.

CRM-система обеспечивает сбор и первичную обработку клиентских отзывов, предоставляя важную информацию о фактическом качестве продукции в условиях эксплуатации. Эти данные поступают в интерфейс анализа, где специалисты могут работать с производственными данными, применяя различные инструменты статистики для выявления закономерностей и проблемных зон.

MES-система предоставляет актуальные параметры производства в реальном времени, что позволяет коррелировать технологические параметры с конечным качеством продукции.

AI-модуль реализует функции прогнозной аналитики через специализированный интерфейс прогнозирования, где осуществляется анализ трендов и предсказание возможных отклонений от стандартов качества. Этот компонент использует сложные алгоритмы для обработки исторических данных и текущих показателей, формируя превентивные рекомендации по улучшению процессов.

Power BI предоставляет мощные инструменты визуализации через соответствующий интерфейс, где пользователи могут настраивать дашборды и персонализировать представления данных в соответствии со своими задачами. Система позволяет создавать интерактивные отчеты, отражающие все аспекты качества продукции.

ERP-система отвечает за формирование стандартизированных отчетов через интерфейс отчетности, где консолидируются данные о характеристиках производственных партий, результатах проверок и ключевых показателях качества. Особое внимание уделяется финансовым показателям, связанным с качеством продукции, что позволяет оценивать экономическую эффективность принимаемых мер.

Все компоненты системы работают с единым набором данных, включающим параметры производства, клиентские отзывы, детальные характеристики партий, исторические данные и текущие показатели. Такой комплексный подход обеспечивает сквозную аналитику качества – от первичных производственных параметров до конечных потребительских оценок. Аналитические отчеты, генерируемые системой, содержат не только констатацию фактов, но и практические рекомендации по улучшению, основанные на данных и прогнозных моделях.

Архитектура системы построена таким образом, что каждый интерфейс получает именно те данные и инструменты, которые необходимы для эффективного выполнения соответствующих задач. При этом обеспечивается необходимая интеграция между компонентами, позволяющая рассматривать качество продукции как комплексный показатель, зависящий от множества факторов – от выбора материалов и настроек оборудования до условий эксплуатации и потребительских ожиданий.

Модель *Application Usage Viewpoint* представлена на рисунке 1.5.

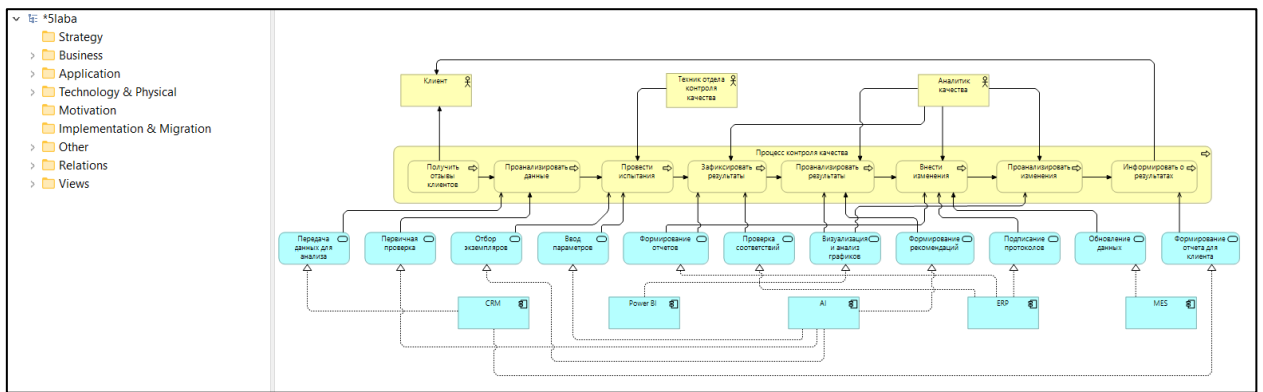


Рисунок 1.5 – *Application Usage Viewpoint*

Модель описывает последовательность взаимодействия пользователей с прикладными системами в рамках полного цикла контроля качества, начиная от получения клиентских отзывов до внедрения корректирующих мер. Процесс инициируется, когда клиент оставляет отзыв о продукции через *CRM*-систему, которая фиксирует обращение и передает данные для дальнейшего анализа. *AI*-модуль получает эту информацию и проводит первичную оценку, выявляя потенциальные проблемные зоны и формируя гипотезы для проверки.

На следующем этапе техник отдела контроля качества проводит физические испытания образцов продукции, используя *MES*-систему для ввода параметров проверки и фиксации результатов. *MES* автоматически синхронизирует эти данные с *ERP*-системой, где происходит сравнение фактических показателей с установленными нормативами и техническими требованиями. Одновременно аналитик качества работает с *Power BI*, изучая визуализацию данных, где интегрированы результаты испытаний, клиентские отзывы и производственные параметры.

AI-модуль обрабатывает весь массив информации, включая исторические данные из *ERP*, текущие показатели из *MES* и статистику отзывов из *CRM*, проводя комплексный анализ и выявляя корневые причины выявленных проблем. На основании этого анализа формируются конкретные рекомендации по оптимизации производственных процессов, которые передаются в *ERP*-систему. Производственный менеджер изучает эти предложения, при необходимости вносит корректировки и утверждает изменения, которые затем реализуются через *MES*-систему.

После завершения этого процесса *CRM*-система автоматически формирует отчет для клиента, информируя о результатах проведенной работы и принятых мерах по улучшению качества. Весь процесс документируется в *ERP*-системе, где фиксируются протоколы испытаний, акты внедрения изменений и другие регламентные документы.

Особенностью данной модели является тесная интеграция всех систем: *CRM* обеспечивает обратную связь с клиентами, *MES* предоставляет актуальные производственные данные, *ERP* служит единой платформой для учета и отчетности, *Power BI* визуализирует информацию, а *AI*-модуль выполняет сложную аналитику. Такая архитектура позволяет реализовать

Инфраструктурная основа системы реализована в разделе Общие сервисы. База данных качества выступает единым хранилищем аналитической информации, включая исторические данные и актуальные показатели. *Security Gateway* обеспечивает защищенный доступ к системе через управление токенами и аудит событий. *Message Broker* координирует асинхронный обмен данными между компонентами, оперативно распределяя запросы метрик и уведомления о критических событиях.

Целевая модель обеспечивает замкнутый цикл управления качеством: от первичного сбора клиентских отзывов через *CRM* до их глубокого анализа, формирования корректирующих мер и визуализации ключевых показателей. Все компоненты системы интегрированы через четко определенные интерфейсы взаимодействия, что гарантирует согласованность данных и оперативность принятия решений на всех уровнях управления.

Таким образом, в данном разделе представлены ключевые модели, описывающие архитектуру системы контроля качества Минского часового завода. Модель *Data Model View* демонстрирует интегрированную структуру данных, объединяющую клиентские отзывы, производственные параметры и аналитические инструменты. *Information Structure Viewpoint* подчеркивает важность сквозной прослеживаемости продукции, а *Application Cooperation Viewpoint* и *Application Structure Viewpoint* раскрывают взаимодействие между *CRM*, *ERP*, *MES* и *AI*-модулями. Модель *Application Usage Viewpoint* описывает цикл управления качеством от клиентских отзывов до корректирующих мер. Анализ разрывов выявил необходимость оптимизации архитектуры для обеспечения более эффективного взаимодействия компонентов и автоматизации процессов.

2 МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ

Модель *Infrastructure View* представлена на рисунке 2.1.

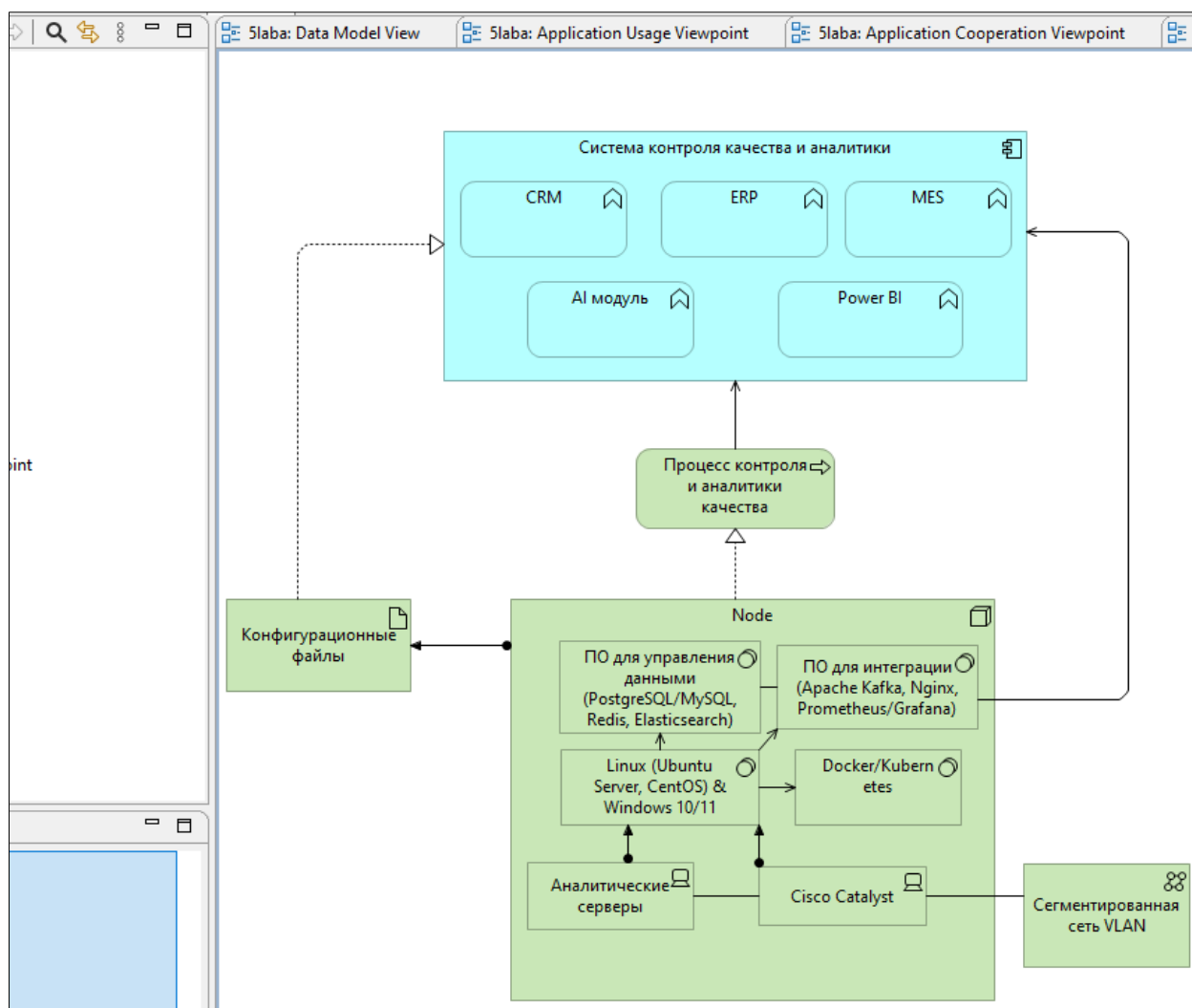


Рисунок 2.1 – Модель *Infrastructure View*

Представленная модель *Infrastructure View* системы контроля качества и аналитики описывает технологическую инфраструктуру, обеспечивающую работу всех компонентов системы. В основе лежит комбинированная серверная архитектура, использующая операционные системы *Linux (Ubuntu Server, CentOS)* для *backend*-компонентов и *Windows 10/11* для клиентских рабочих станций. Для контейнеризации и оркестрации микросервисов применяется *Docker* и *Kubernetes*, что обеспечивает гибкость разворачивания и масштабируемость системы.

Ключевые бизнес-приложения, включая *CRM*, *ERP* и *MES*, работают на выделенных серверах, интегрируясь через специализированное программное обеспечение. Для управления данными используется комплекс решений: *PostgreSQL/MySQL* в качестве основной СКУД, *Redis* для кэширования и

Elasticsearch для полнотекстового поиска и анализа неструктурированных данных. Интеграция между компонентами осуществляется через *Apache Kafka* для асинхронной обработки событий, *Nginx* в качестве *API Gateway* и системы балансировки нагрузки, а также *Prometheus/Grafana* для мониторинга состояния инфраструктуры.

Сетевая инфраструктура построена на оборудовании *Cisco Catalyst* и организована по принципу сегментированной *VLAN*-сети, что обеспечивает безопасное разделение трафика между различными функциональными зонами системы. Аналитические серверы, включая *GPU*-кластеры для работы *AI*-модуля, обеспечивают высокопроизводительные вычисления для задач машинного обучения и анализа качества. Вся конфигурация системы описывается через набор артефактов, включая конфигурационные файлы для *Docker* и *Nginx*, что позволяет легко воспроизводить и масштабировать инфраструктуру.

Модель *Technology Viewpoint* представлена на рисунке 2.2.

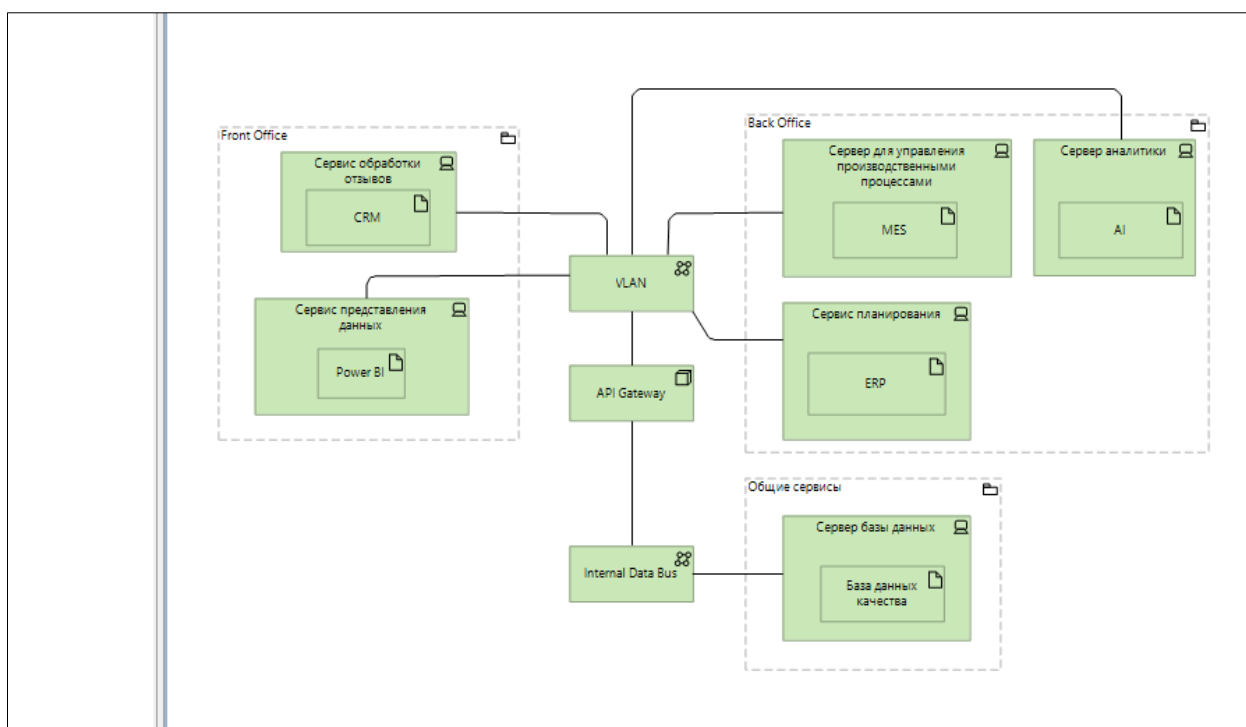


Рисунок 2.2 – Модель *Technology Viewpoint*

Модель *Technology Viewpoint* демонстрирует трехуровневую архитектуру, организованную по функциональному принципу. В разделе *Front Office* расположены компоненты, непосредственно взаимодействующие с пользователями: *CRM*-система, реализующая сервис обработки отзывов, и *Power BI*, обеспечивающий сервис представления данных в виде интерактивных отчетов и дашбордов. Эти компоненты связаны через сегментированную *VLAN*-сеть и взаимодействуют с другими частями системы через *API Gateway*, выполняющий функции единой точки входа для всех запросов и данных.

Back Office содержит ключевые бизнес-системы, включая *MES*-сервер для управления производственными процессами и *ERP*-систему, обозначенную как сервис планирования. Эти системы обмениваются данными через *Internal Data Bus* – внутреннюю шину данных, обеспечивающую надежную интеграцию между различными компонентами архитектуры. Особое внимание уделено общим сервисам, где размещены критически важные элементы инфраструктуры: сервер базы данных, хранящий всю информацию о качестве продукции, и сервер аналитики с *AI*-компонентами для интеллектуальной обработки данных.

Архитектура модели построена по принципу разделения ответственности, где каждый уровень выполняет строго определенные функции. *Front Office* отвечает за сбор и визуализацию данных, *Back Office* – за бизнес-логику и управление процессами, а общие сервисы предоставляют инфраструктурную поддержку всей системе. Такая организация обеспечивает масштабируемость, безопасность и высокую доступность системы контроля качества, позволяя эффективно обрабатывать большие объемы данных и оперативно реагировать на изменения в производственных процессах.

Модель *Technology Usage Viewpoint* представлена на рисунке 2.3.

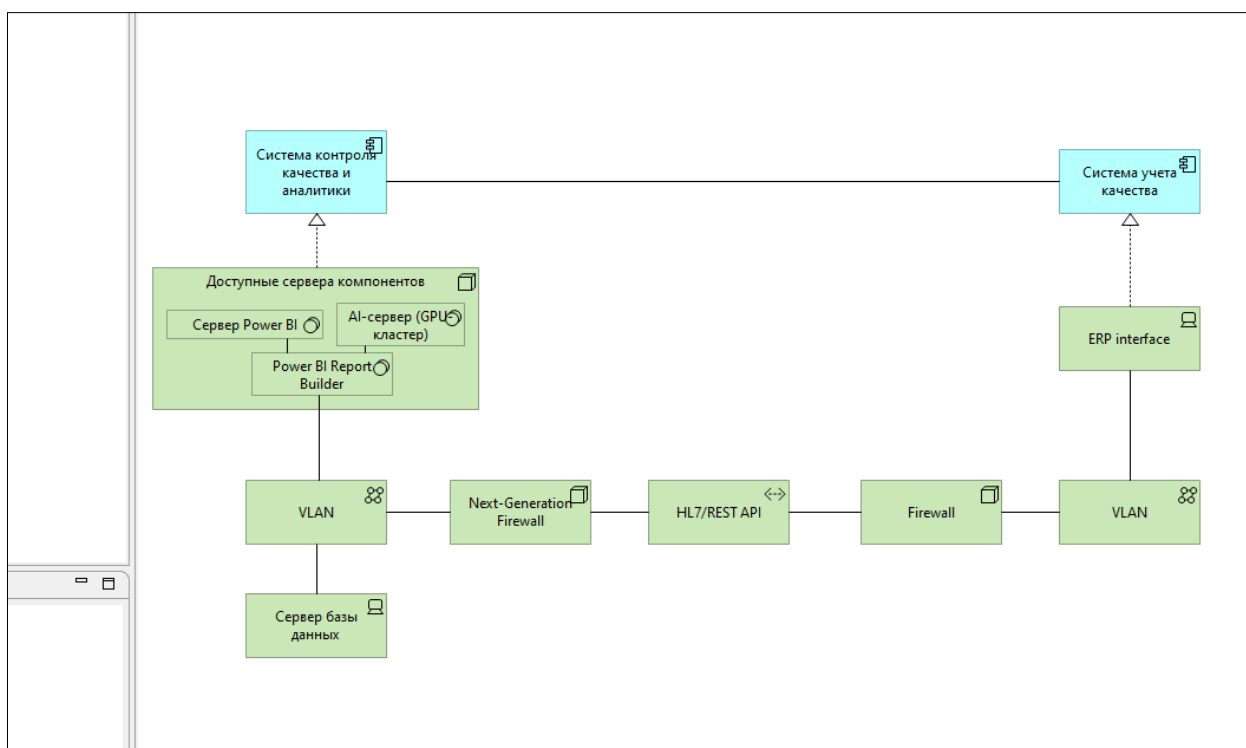


Рисунок 2.3 – Модель *Technology Usage Viewpoint*

Представленная модель *Technology Usage Viewpoint* системы контроля качества и аналитики описывает ключевые технологические компоненты и их взаимодействие. В центре архитектуры находятся серверы приложений, включая специализированный сервер *Power BI* с инструментом *Report Builder* для создания аналитических отчетов и *GPU*-сервер для выполнения

ресурсоемких *AI*-алгоритмов анализа качества. Эти компоненты образуют аналитическое ядро системы, обеспечивающее обработку данных и генерацию инсайтов.

Сетевая инфраструктура построена на основе сегментированной *VLAN*-архитектуры с использованием межсетевых экранов нового поколения (*Next-Generation Firewall*), которые обеспечивают безопасное взаимодействие между сегментами сети. Особое внимание уделено интеграционным компонентам: *ERP*-интерфейсу для обмена данными с корпоративной системой планирования ресурсов и *HL7/REST API* для подключения лабораторной информационной системы. Эти шлюзы реализуют безопасный обмен данными между различными подсистемами.

Фундаментом системы выступает сервер базы данных, хранящий всю информацию о качестве продукции, результатах аналитики и производственных показателях. Вся архитектура спроектирована с учетом требований к производительности, безопасности и масштабируемости, что позволяет системе эффективно обрабатывать большие объемы данных и обеспечивать надежный контроль качества на всех этапах производственного процесса.

Результаты анализа разрывов для технологической архитектуры визуализированы на рисунке 2.4.

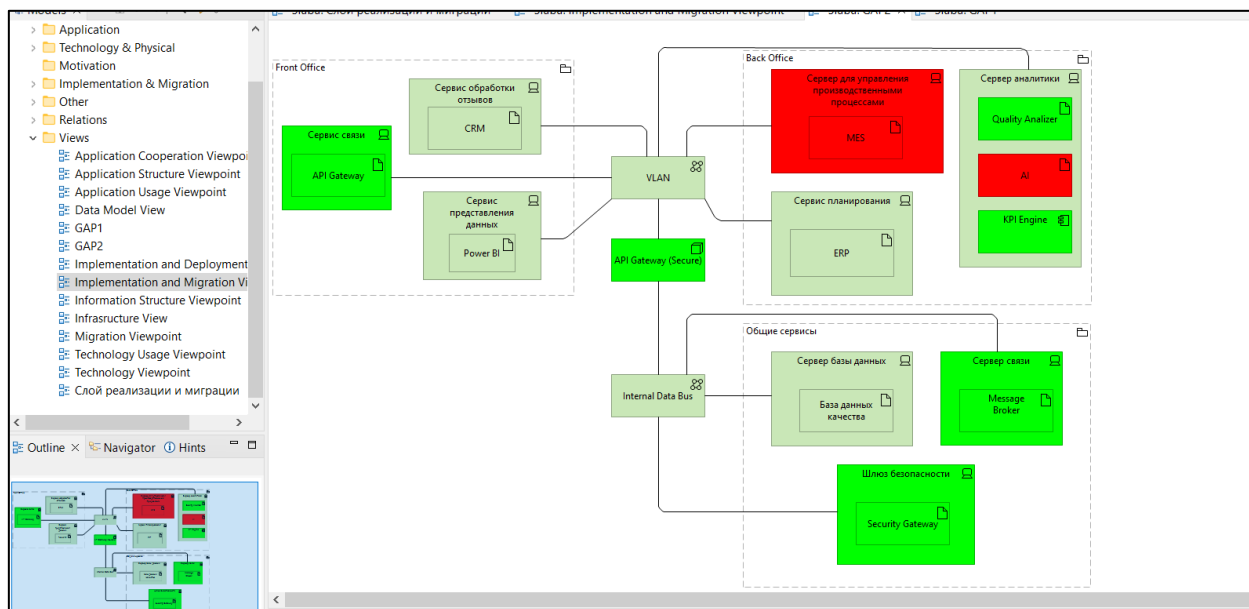


Рисунок 2.4 – Результаты анализа разрывов для технологической архитектуры

Данная модель представляет собой комплексную архитектуру системы контроля качества и аналитики, организованную по трехуровневой структуре. В разделе *Front Office* сосредоточены компоненты, непосредственно взаимодействующие с конечными пользователями. Центральным элементом здесь выступает *CRM*-система, реализующая сервис обработки отзывов,

который обеспечивает сбор и первичную обработку клиентской обратной связи. Для безопасного взаимодействия с другими компонентами системы используется *API Gateway*, выполняющий функции единой точки входа и обеспечивающий защищенный обмен данными. Сервис представления данных на основе *Power BI* предоставляет интуитивно понятные интерфейсы визуализации аналитической информации в виде интерактивных дашбордов и отчетов.

Back Office содержит ключевые системы управления бизнес-процессами. *MES*-сервер отвечает за контроль и управление производственными операциями в реальном времени, обеспечивая сбор данных с оборудования и мониторинг параметров качества. *ERP*-система в роли сервиса планирования интегрирует данные о качестве в общий контур управления предприятием. Особое значение имеет сервер аналитики с *Quality Analyzer*, который на основе *AI*-алгоритмов выполняет углубленный анализ данных, выявляя скрытые закономерности и генерируя прогнозные модели.

Инфраструктурную основу системы составляют Общие сервисы. *Internal Data Bus* обеспечивает надежную асинхронную передачу данных между всеми компонентами системы, выступая в роли центральной шины сообщений. Сервер базы данных хранит всю историческую и актуальную информацию о качестве продукции, формируя единый источник достоверных данных. *Message Broker* координирует обмен сообщениями между микросервисами, а *Security Gateway* реализует комплексные механизмы защиты, включая аутентификацию, авторизацию и шифрование передаваемых данных. Все компоненты связаны через сегментированную *VLAN*-сеть, что обеспечивает необходимый уровень изоляции и безопасности различных функциональных зон системы.

Таким образом, раздел посвящен технологической инфраструктуре системы, включая серверную архитектуру, сетевые решения и интеграционные компоненты. Модель *Infrastructure View* описывает комбинированную серверную среду с использованием *Linux* и *Windows*, а также инструменты контейнеризации. *Technology Viewpoint* и *Technology Usage Viewpoint* демонстрируют трехуровневую архитектуру, обеспечивающую безопасность и масштабируемость. Анализ разрывов показал, что целевая архитектура должна включать улучшенные механизмы интеграции и защиты данных, такие как *API Gateway* и *Security Gateway*.

3 МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ И МИГРАЦИИ

Модель *Implementation and Deployment Viewpoint* представлена на рисунке 3.1.

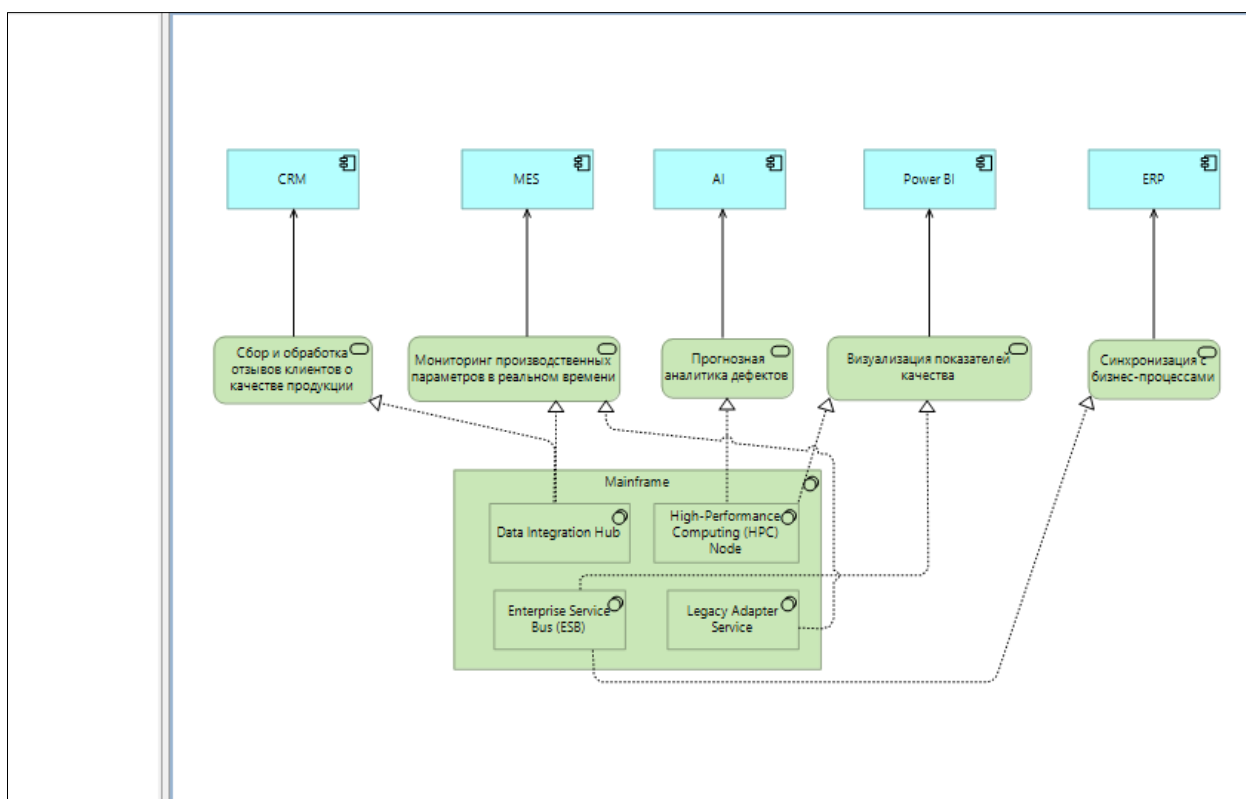


Рисунок 3.1 – Модель *Implementation and Deployment Viewpoint*

Представленная модель описывает архитектуру системы контроля качества, объединяющую функциональные компоненты и инфраструктуру их развертывания. В системе выделяются пять ключевых функциональных модулей: *CRM* отвечает за сбор и обработку отзывов клиентов о качестве продукции, *MES* обеспечивает мониторинг производственных параметров в реальном времени, *AI*-модуль выполняет прогнозную аналитику дефектов, *Power BI* визуализирует показатели качества, а *ERP* синхронизирует данные с бизнес-процессами предприятия.

Инфраструктурная часть системы построена вокруг четырех основных компонентов развертывания. *High-Performance Computing (HPC) Node* служит вычислительным ядром для обработки больших объемов данных и подготовки информации для *AI*-моделей. *Data Integration Hub* выступает центральным распределителем данных, объединяя информацию от различных источников. *Enterprise Service Bus (ESB)* обеспечивает оркестрацию взаимодействия между системами, преобразуя форматы данных и маршрутизируя сообщения. *Legacy Adapter Service* решает задачу интеграции с устаревшим оборудованием, преобразуя промышленные протоколы в современные форматы обмена.

Все компоненты системы связаны в единый рабочий контур: данные от *CRM* и производственного оборудования через *Legacy Adapter* поступают в *Data Integration Hub*, где очищаются и нормализуются. *HPC Node* обрабатывает эту информацию, формируя датасеты для *AI*-моделей, которые генерируют прогнозы качества. Результаты через *ESB* передаются в *ERP* для корректировки бизнес-процессов и в *Power BI* для визуализации. Такая архитектура обеспечивает сквозной контроль качества продукции – от сбора первичных данных до принятия управленческих решений.

Модель *Migration Viewpoint* представлена на рисунке 3.2.

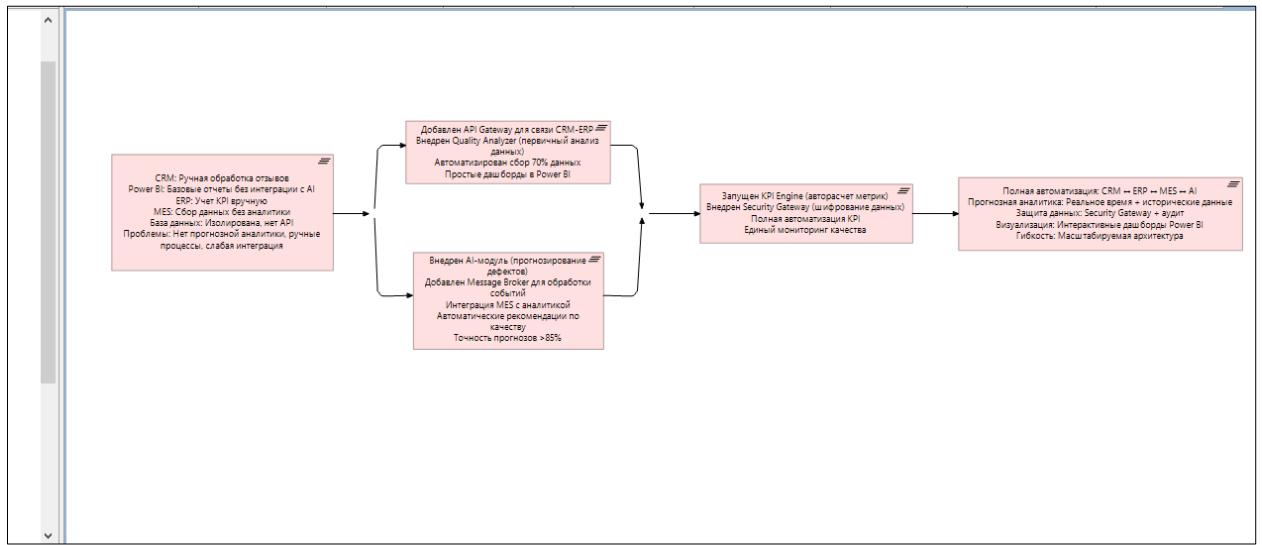


Рисунок 3.2 – Модель *Migration Viewpoint*

Модель описывает поэтапную миграцию системы контроля качества от текущего состояния к целевому, демонстрируя эволюцию архитектуры и функциональности. В исходном состоянии система характеризуется разрозненными компонентами: *CRM* обрабатывает отзывы вручную, *Power BI* предоставляет лишь базовые отчеты без интеграции с аналитическими инструментами, *ERP* ведет учет *KPI* без автоматизации, а *MES* ограничивается сбором данных без углубленного анализа. База данных существует изолированно, без программных интерфейсов для интеграции, что создает проблемы – отсутствие прогнозной аналитики, преобладание ручных процессов и слабую связность системы.

Первым этапом трансформации становится внедрение базовой интеграции, где появляются ключевые элементы: *API Gateway* для установления связи между *CRM* и *ERP*, а также *Quality Analyzer* для первичного анализа данных. Это позволяет автоматизировать сбор 70% информации и реализовать простые дашборды в *Power BI*. Следующий этап обогащает систему предиктивной аналитикой – добавляется *AI*-модуль для прогнозирования дефектов и *Message Broker* для обработки событий. Интеграция *MES* с аналитическими инструментами и автоматическая генерация рекомендаций по качеству доводят точность прогнозов выше 85%.

Заключительный этап перед достижением целевого состояния фокусируется на оптимизации процессов. Внедрение *KPI Engine* обеспечивает автоматический расчет метрик, а *Security Gateway* добавляет уровень защиты данных через шифрование. Система достигает полной автоматизации *KPI* и единого мониторинга качества. В финальном состоянии система представляет собой целостный организм: *CRM*, *ERP*, *MES* и *AI*-модуль полностью интегрированы, прогнозная аналитика работает с данными как в реальном времени, так и историческими, защита данных обеспечивается *Security Gateway* с функцией аудита, а *Power BI* предоставляет интерактивные дашборды. Архитектура становится масштабируемой, готовой к дальнейшему развитию и адаптации к новым требованиям.

Слой реализации и миграции представлен на рисунке 3.3.

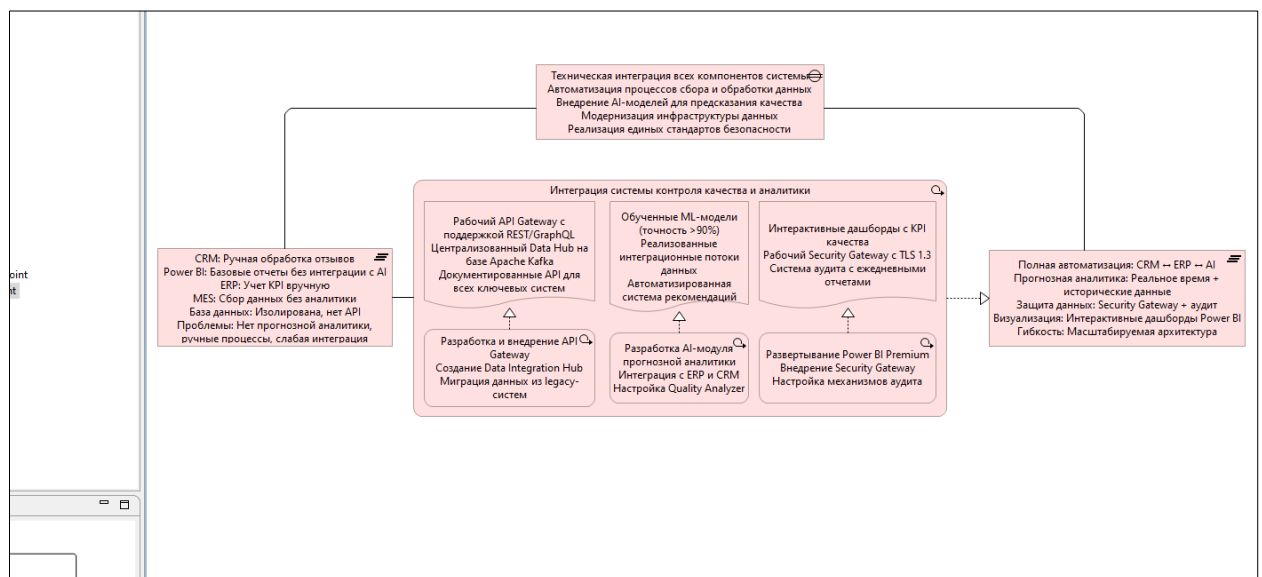


Рисунок 3.3 – Слой реализации и миграции

Модель описывает трансформацию системы контроля качества от текущего фрагментированного состояния к целевой интегрированной архитектуре. В исходной конфигурации система характеризуется следующими ограничениями: модуль *CRM* осуществляет ручную обработку клиентских отзывов, аналитическая платформа *Power BI* функционирует обособленно без интеграции с *AI*-компонентами, в *ERP* сохраняется ручной ввод показателей *KPI*, а данные от производственных систем поступают без последующей аналитической обработки. Централизованное хранилище данных изолировано от других компонентов, что порождает ключевые проблемы – отсутствие прогностических возможностей, доминирование ручных операций и слабую связность системы.

План модернизации включает три взаимосвязанных направления работ. Первое направление предусматривает создание унифицированного интеграционного слоя через разработку многофункционального *API Gateway*, внедрение *Data Hub* на платформе *Apache Kafka* для централизованного

управления потоками информации и перенос данных из устаревших систем. Второе направление сосредоточено на развитии аналитического функционала, включая внедрение *AI*-моделей прогнозирования с точностью свыше 90%, их адаптацию к бизнес-процессам через интеграцию с *ERP* и *CRM*, а также настройку специализированного *Quality Analyzer*. Третье направление охватывает совершенствование системы визуализации и безопасности путем развертывания *Power BI Premium*, внедрения *Security Gateway* с поддержкой современных протоколов шифрования и организации комплексного аудита.

В целевой архитектуре акцент сделан на создании сквозной автоматизированной системы, объединяющей *CRM*, *ERP* и *AI*-модуль в единый контур управления качеством. Особенностью новой конфигурации становится исключение *MES* из конечной архитектуры с переносом всех функций аналитики и контроля в централизованную платформу. Прогнозная аналитика будет работать в режиме реального времени с учетом исторических данных, а защита информации обеспечивается через единый *Security Gateway* с непрерывным мониторингом. Визуализация показателей реализуется через интерактивные дашборды *Power BI*, а масштабируемая архитектура позволяет гибко адаптироваться к изменяющимся требованиям. Такая конфигурация устраняет текущие проблемы разобщенности и создает основу для интеллектуального управления качеством на основе данных.

Модель *Implementation and Migration Viewpoint* представлена на рисунке 3.3.

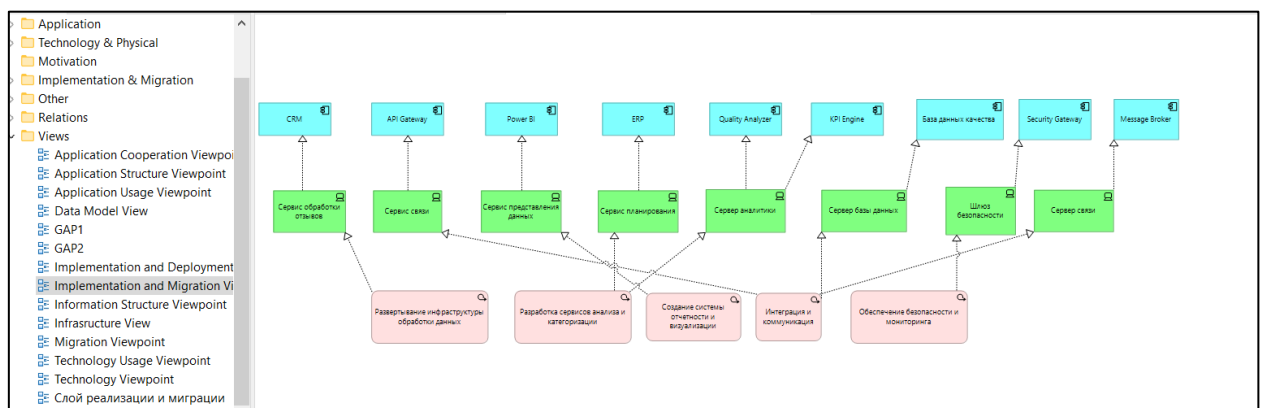


Рисунок 3.3 – Модель *Implementation and Migration Viewpoint*

Модель *Implementation and Migration Viewpoint* для Минского часового завода представляет собой комплексную схему внедрения и миграции системы анализа клиентских отзывов, основанную на модульной архитектуре и поэтапном подходе к реализации. В основе модели лежит разделение функциональности на ключевые сервисы, каждый из которых отвечает за определенный аспект работы системы и обеспечивает плавный переход от текущего состояния к целевому.

Центральным элементом архитектуры является СВМ (Система Взаимодействия с Модулями), которая объединяет основные сервисы обработки данных. Сервис сезонной аналитики и *Power BI* обеспечивают сбор и визуализацию данных, преобразуя сырые отзывы в структурированную информацию. Сервис представления данных отвечает за формирование понятных интерфейсов для пользователей, а сервис планирования координирует рабочие процессы и распределение задач между сотрудниками.

Особое внимание уделено аналитическому блоку, где сервер аналитики выполняет сложные вычисления и выявляет закономерности в клиентских отзывах. Этот блок интегрирован с подсистемами коммуникации и безопасности, что позволяет не только обрабатывать данные, но и обеспечивать защищенный обмен информацией между компонентами системы. Модуль безопасности включает специализированные решения для аутентификации, авторизации и шифрования данных, что особенно важно при работе с персональной информацией клиентов.

KPI Engine играет ключевую роль в оценке эффективности системы, работая с базой данных качества и генерируя показатели, которые помогают оценить как текущее состояние продукции, так и динамику изменений. Этот модуль тесно связан с сервером связи, который обеспечивает взаимодействие между различными подразделениями завода и автоматизированными компонентами системы.

Процесс миграции на новую систему построен с учетом минимального влияния на текущие бизнес-процессы предприятия. Реализация происходит поэтапно, начиная с пилотного внедрения отдельных модулей, их тестирования и последующего масштабирования на все подразделения. Такой подход позволяет своевременно выявлять и устранять потенциальные проблемы, а также адаптировать систему под конкретные нужды производства.

Особенностью модели является ее гибкость – возможность добавлять новые сервисы и функциональные блоки по мере развития системы и изменения требований завода. Это достигается за счет модульной архитектуры и использования стандартизированных интерфейсов взаимодействия между компонентами. В перспективе система может быть расширена за счет интеграции с другими производственными системами предприятия, создавая единую цифровую экосистему для управления качеством продукции.

Таким образом, в этом разделе представлен план поэтапной миграции от текущего состояния системы к целевой архитектуре. Модель *Implementation and Deployment Viewpoint* описывает ключевые модули, такие как *HPC Node* и *Data Integration Hub*, а *Migration Viewpoint* детализирует этапы трансформации, включая внедрение базовой интеграции, предиктивной аналитики и оптимизации процессов. Слой реализации и миграции подчеркивает важность создания унифицированного интеграционного слоя и развития аналитического функционала. В итоге система должна стать полностью автоматизированной, масштабируемой и готовой к дальнейшему развитию.

ВЫВОД

Проведенный анализ архитектуры системы контроля качества Минского часового завода позволил выявить ключевые аспекты ее функционирования, потенциал для дальнейшего развития и направления оптимизации. Система демонстрирует высокий уровень интеграции между различными компонентами, включая *CRM*, *ERP*, *MES* и *AI*-модули, что обеспечивает сквозное управление качеством продукции – от сбора клиентских отзывов до автоматизированной корректировки производственных процессов.

Основным преимуществом текущей архитектуры является ее гибкость и масштабируемость, что достигается за счет использования современных технологий, таких как контейнеризация (*Docker*, *Kubernetes*), распределенные системы обработки данных (*Apache Kafka*, *Elasticsearch*) и облачные решения для аналитики (*Power BI*). Однако анализ разрывов показал, что существующая система имеет ряд ограничений, связанных с ручными процессами ввода данных, недостаточной автоматизацией *KPI*-отчетности и слабой интеграцией между некоторыми модулями.

Технологическая инфраструктура системы построена на надежной и безопасной основе, включая сегментированную *VLAN*-сеть, межсетевые экраны нового поколения и механизмы шифрования данных. Это обеспечивает защиту критически важной информации и соответствие современным стандартам кибербезопасности. Вместе с тем, для дальнейшего повышения эффективности требуется усиление интеграционного слоя, включая внедрение унифицированного *API Gateway* и оптимизацию потоков данных между подсистемами.

План миграции к целевой архитектуре предусматривает поэтапное внедрение изменений, что минимизирует риски для производственных процессов. Первоочередными шагами являются автоматизация сбора и обработки данных, внедрение предиктивной аналитики на основе *AI* и создание единого хранилища данных. В долгосрочной перспективе система должна полностью исключить ручные операции, обеспечив автоматизированный контроль качества в реальном времени.

Внедрение предложенных улучшений позволит Минскому часовому заводу не только повысить качество выпускаемой продукции, но и сократить издержки, связанные с браком и повторными проверками. Кроме того, система получит возможность адаптироваться к новым требованиям рынка, таким как персонализированные запросы клиентов или изменения в производственных стандартах.

Таким образом, дальнейшее развитие системы контроля качества должно быть направлено на углубление интеграции между модулями, расширение аналитических возможностей и полную автоматизацию процессов. Это создаст прочную основу для цифровой трансформации предприятия и укрепления его конкурентных позиций на рынке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] Руководство пользователя Archi 5.5 (Google-диск)
- [2] ArchiMate® 3.2 Specification – Режим доступа:
<https://pubs.opengroup.org/architecture/archimate3-doc/>
- [3] ArchiMate-Cookbook (Google-диск) – сборник примеров схем на языке ArchiMate Режим доступа: <https://www.opengroup.org/sites/default/files/docs/downloads/>

Приложение А Отчет Archi Jasper