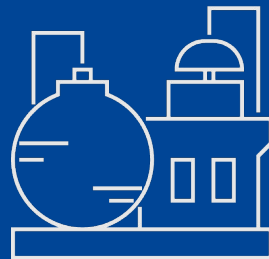




ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ПРОТИВ
ВНЕПЛАНОВЫХ ПРОСТОЕВ: РАЗРАБОТКА
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ

«7 Вольт»





Документы по ссылке:

1. ФТТ_Система диагностики электродвигателей
2. Архитектура системы
3. Требования к информационной безопасности
4. Расчет экономической модели
5. Описание работы модели
6. Руководства:
 - a. Администратора
 - b. Пользователя
 - c. По разворачиванию и установке

Состав команды



Тукаев
Ильдар
Team Lead

Управление
проектной
командой,
проработка
алгоритма поиска
дефектов, ИБ



Гречушкин
Александр
Архитектор

Проектирование
архитектуры
решения,
проработка ФТТ



Имморталем
Вадим
Backend

Разработка всех
backend-
сервисов,
настройка CI/CD-
процессов



Худеньких
Юлия
ML-специалист

Разработка ML-
сервиса,
обучение модели,
проработка
алгоритма
определения
дефектов



Максина
Елизавета
Инфраструктура

Разработка
инфраструктуры
проекта, расчет
рисков проекта



Бакиров
Дамир
Frontend

Дизайн системы,
реализация
frontend-части
приложения



Блинов
Максим
Аналитик

Расчёт ФЭМ,
написание БТ

БИЗНЕС-ТРЕБОВАНИЯ, НЕФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Бизнес- требования

Сокращение
затрат на
мониторинг

Минимизация убытков
от внеплановых
простоев

Интеграция с
АСУ ТП

Масштабируемо
сть

Нефункциональн ые требования

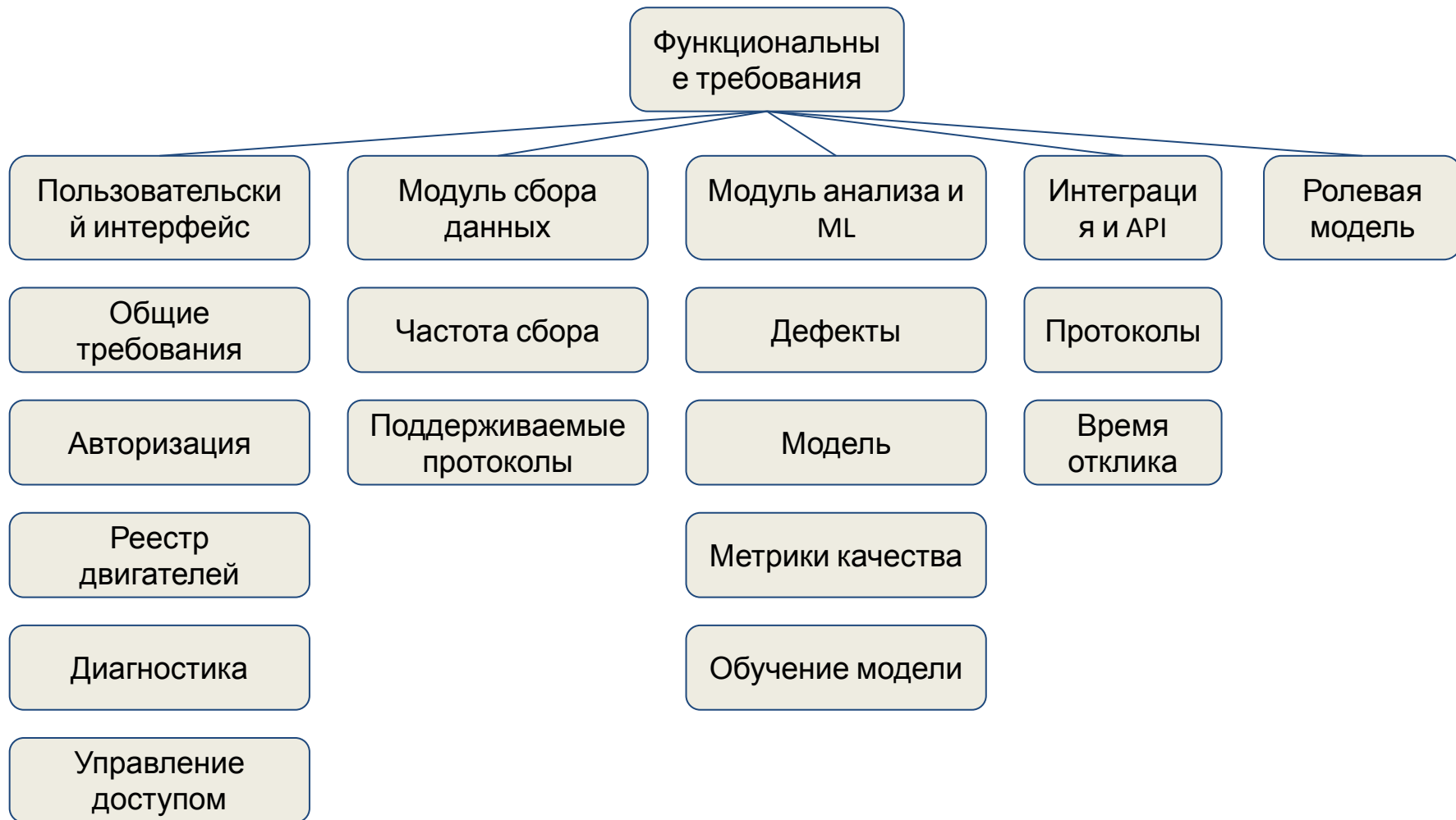
Производительность

Надежность

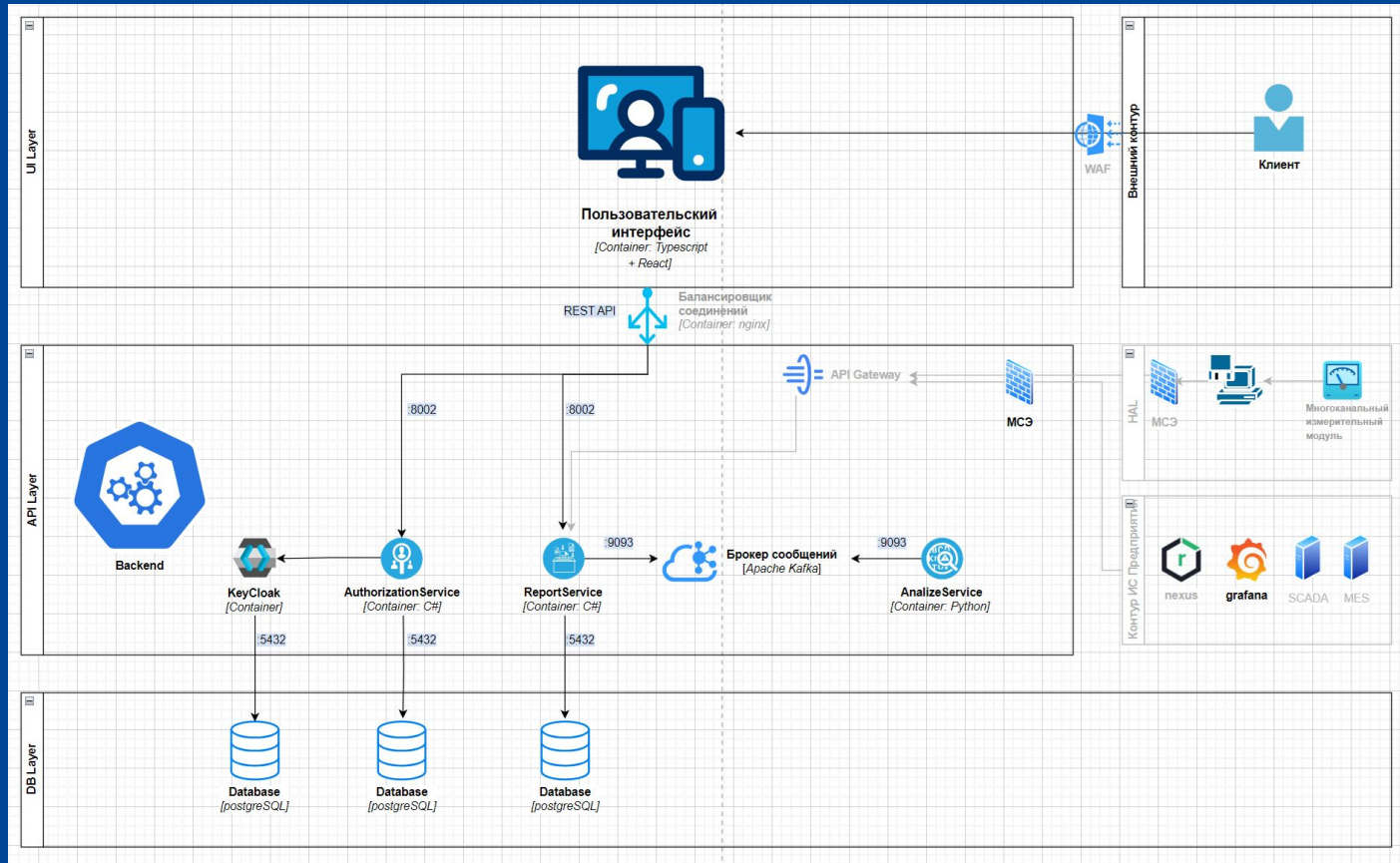
Безопасность

Инфраструктура

Документация

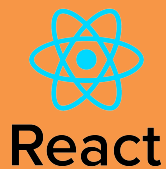


АРХИТЕКТУРА РЕШЕНИЯ



ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КОМПОНЕНТЫ

Frontend



RTK Query



Мониторинг системы



ML-Сервис



Инфраструктура



APACHE
ZooKeeper™

Backend



База данных



ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ



- Видео

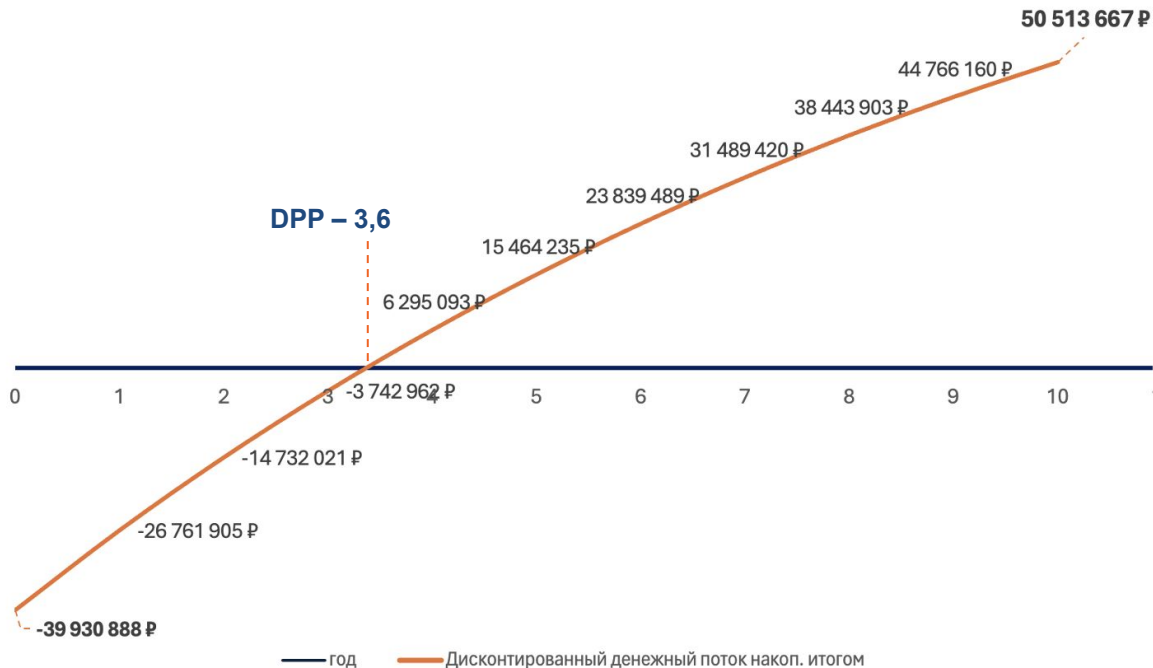
КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ

| Разработанное решение 7Volt | Fluke 438-II / Ti400 PRO | Siemens SIMOTICS IQ | КОМПАКС-РПЭ | Megger Baker EXP4000 / NetEP |
|--|--|--|---|---|
| <div>✓Автоматический мониторинг входных данных по трехфазному току.</div> <div>✓Определение дефектов, диагностика.</div> | <div>✗Ограниченный функционал, нет глубокого анализа и постоянного мониторинга, не подходит для крупных предприятий.</div> | <div>✗Очень высокая стоимость, требует развитой ИТ-инфраструктуры, не для малых и средних предприятий.</div> | <div>✗Требует остановки двигателя, ориентирован на ремонтные предприятия, нет онлайн-мониторинга.</div> | <div>✗Очень высокая стоимость, сложная интеграция, требует остановки для ряда тестов, не для малых предприятий.</div> |

Готовность к внедрению: Разработка завершена на 100%, требования ФТТ соблюдены.

Анализ юридических и регуляторных аспектов: использование в разрабатываемом продукте 100% решений и библиотек с открытым исходным и распространяемых на бесплатной основе, которые доступны внутри корпоративной сети.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА



NPV – 50 513 667 Р

Дисконтированный денежный
поток накоп. итогом

PI – 1,27

Рентабельность инвестиций

IRR – 28%

Ставка дисконтирования при
которой NPV = 0

DPP – 3 года 7 мес.

Дисконтированный срок окупаемости

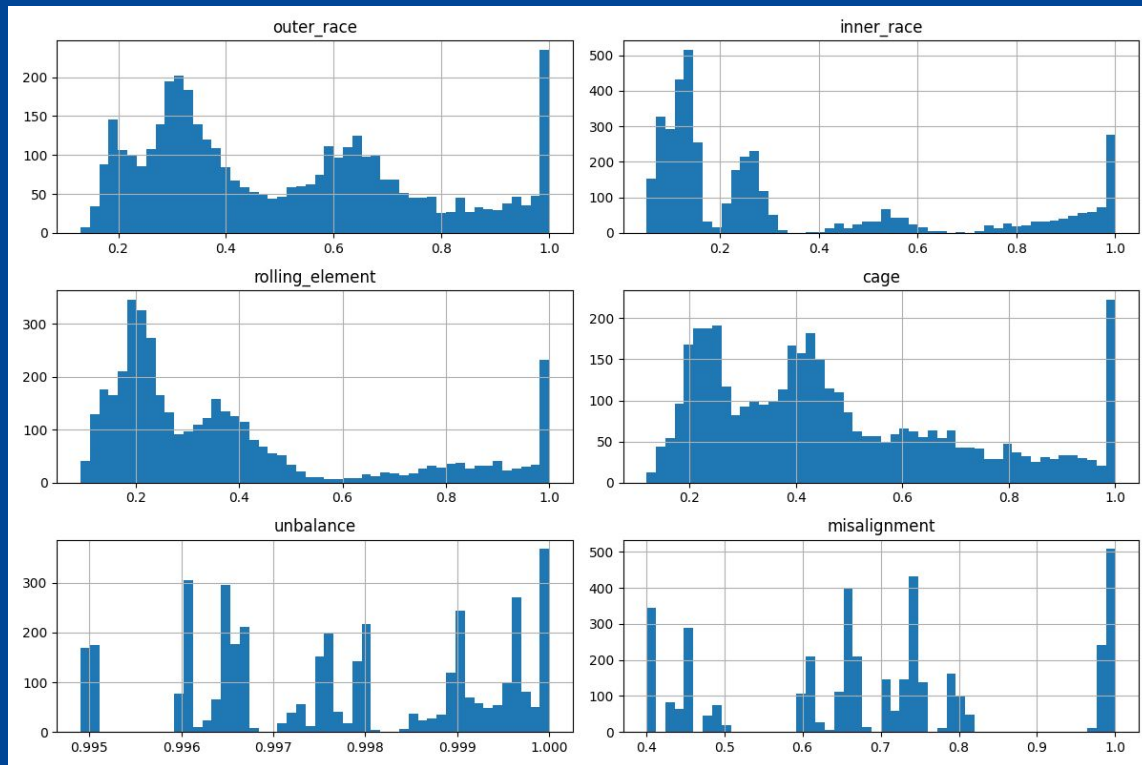
* Расчет приведен для одной площадки (800 двигателей) сроком на 10 лет.

Документ «Расчёт экономической модели»

ПРЕДОБРАБОТКА ДАННЫХ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ МОДЕЛИ

- Разметка основана на анализе характерных частот дефектов, вычисляемых по геометрическим параметрам подшипника NSK6205DDU.
- Применяются следующие методы анализа сигналов:
 - анализ огибающей
 - спектральный анализ
 - фазовый анализ
 - статистический анализ
- Метки нормализуются в диапазон $[0, 1]$ с использованием 95-го перцентиля.

ПРЕДОБРАБОТКА ДАННЫХ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ МОДЕЛИ



Используются временные и спектральные признаки.

Временные признаки включают:

- среднее значение (уровень постоянной составляющей сигнала)
- стандартное отклонение (энергия переменной составляющей)
- асимметрия (смещение распределения значений)
- эксцесс ("острота" распределения пиков)
- пиковое значение (максимальная амплитуда сигнала)
- фактор амплитуды (отношение пика к среднеквадратичному)

Спектральный признак представлен куртозисом (коэффициент эксцесса) огибающей.

Выбор признаков основан на физическом анализе проявления дефектов:

- дефекты подшипников проявляются в изменении статистических характеристик огибающей сигнала
- дисбаланс и расцентровка влияют на симметрию фаз и гармонический состав

- Используем MultiOutputRegressor в сочетании с RandomForestRegressor из библиотеки scikit-learn.
- Данный подход предусматривает обучение отдельного регрессора для каждого типа дефекта при использовании общего набора признаков.
- Подбор гиперпараметров для модели был выполнен с использованием библиотеки Optuna с проведением 100 испытаний.

- RMSE (Root Mean Square Error)
- Тестовая выборка представляет собой 20% от всех данных.
- Результаты оценки модели на тестовой выборке:
 - для дефекта наружного кольца - $RMSE = 0.0568$
 - для дефекта внутреннего кольца - $RMSE = 0.0291$
 - для дефекта тел качения - $RMSE = 0.0501$
 - для дефекта сепаратора - $RMSE = 0.0308$
 - для дисбаланса - $RMSE = 0.0001$
 - для расцентровки - $RMSE = 0.0005$

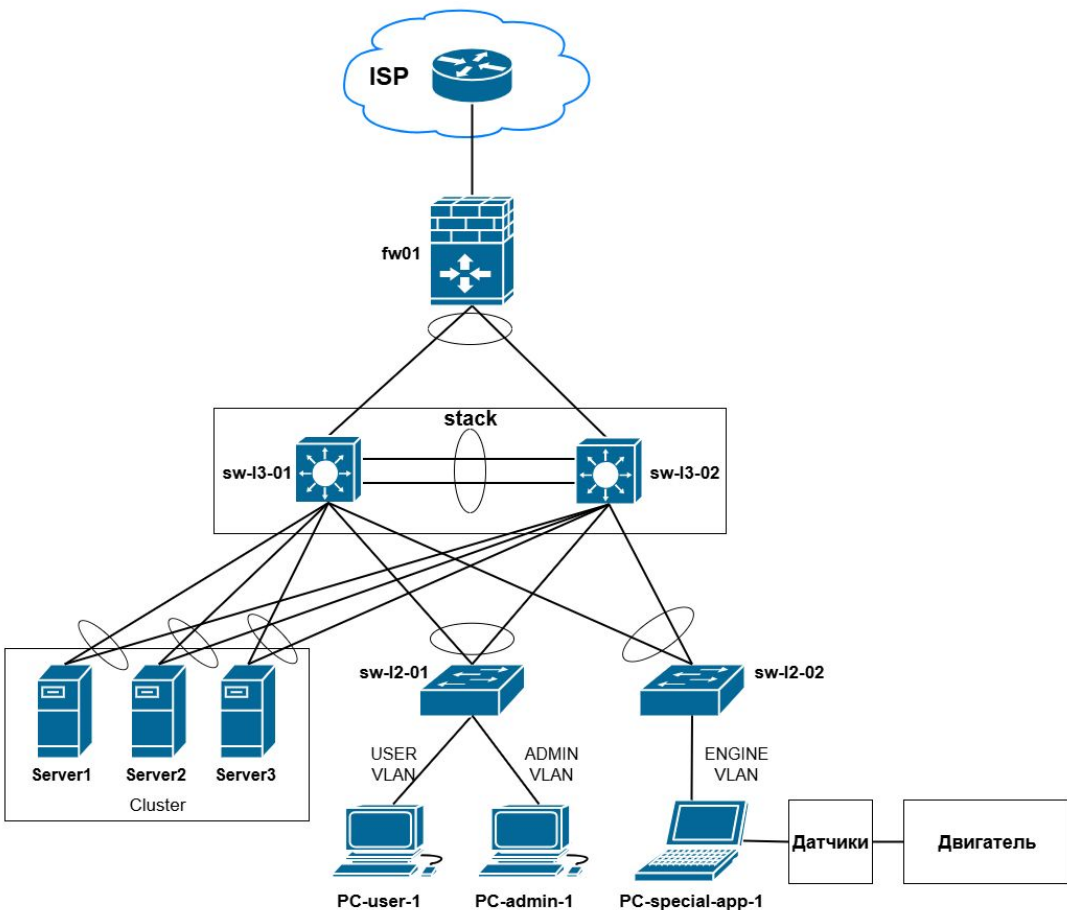
Оптимизация получения предсказаний с помощью:

- векторизация вычислений при извлечении признаков из временных рядов с помощью библиотеки NumPy, позволяющих обрабатывать все фазы данных одновременно вместо последовательной обработки в циклах
- оптимизирован механизм работы с памятью через использование массивов NumPy вместо объектов Pandas
- Конвертация RandomForestRegressor моделей в оптимизированный формат ONNX

В результате ускорение получения предсказаний в 300 раз.

Время обработки 1 секунды (25600 записей) составляет около 0.23 секунды

ИНФРАСТРУКТУРА РЕШЕНИЯ



| Параметр | Требование | Условие |
|--|---|----------|
| Сервер | | |
| Количество процессоров | 2 | не менее |
| Рекомендуемая модель процессора | Intel® Xeon® Silver 4314 (16 ядер / 2.40 GHz) | не хуже |
| Минимальный объем установленной памяти | 192 Гб (16 Гб x 12) | не менее |
| Накопители | SSD SATA 480 GB x 2, SSD SATA 960 GB x 2 | не менее |
| Контроллер накопителей | RAID 0/1, 2 x SATA | не менее |
| Контроллер сетевой | 10/25 Gbit x 2 | не менее |
| Коммутатор | | |
| Количество интерфейсов (10/100/1000BASE-T (RJ-45)) | 24 | не менее |
| Уровень работы | L3 | соответ. |
| Производительность, Mpps (64 байт) | 90 | не менее |
| Пропускная способность, Гбит/с | 128 | не менее |
| Межсетевой экран | | |
| Количество пользователей | 500 | не менее |

| Подходящее оборудование | |
|--------------------------------|----------------------|
| Сервер | Yadro VEGMAN R120 G2 |
| Коммутатор | Элтекс MES2424 |
| МСЭ | UserGate D500 |

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

| РИСК ИБ | СЗИ ИЛИ ОРГ. МЕРА | ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО НАСТРОЙКЕ СЗИ И РАЗМЕЩЕНИЮ |
|---|--------------------------------|---|
| Несанкционированный доступ к системе | KeyCloak, WAF, RBAC | <ul style="list-style-type: none">- Настроить многофакторную аутентификацию в KeyCloak- Реализовать политику сложных паролей (мин. 12 символов, цифры, спецсимволы)- Настроить блокировку после 5 неудачных попыток входа- Внедрить JWT с коротким временем жизни (15-30 минут) |
| Отказ в обслуживании (DDoS) | Межсетевой экран, WAF, CDN | <ul style="list-style-type: none">- Настроить rate limiting на API Gateway (макс. 100 запросов/сек с IP)- Использовать Cloudflare или аналоги для фильтрации трафика- Реализовать автоматическое масштабирование ресурсов при нагрузке- Настроить мониторинг аномальной сетевой активности |
| Компрометация учетных записей | PAM-системы, мониторинг сессий | <ul style="list-style-type: none">- Внедрить регулярную ротацию паролей (каждые 90 дней)- Реализовать принудительный logout неактивных сессий (>30 мин)- Внедрить аудит прав доступа (ежеквартально)- Мониторинг подозрительной активности (логины с новых устройств/IP) |
| Несанкционированный доступ к оборудованию | Сегментация сети, NAC | <ul style="list-style-type: none">- Выделить систему в отдельный VLAN- Реализовать микросегментацию сетевого трафика- Настроить доступ по принципу "least privilege"- Внедрить 802.1X аутентификацию для сетевых устройств |



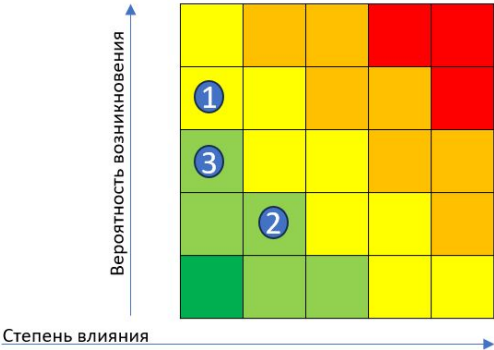
СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

«7 Вольт»

АНАЛИЗ РИСКОВ

Оценка вероятности возникновения рисков

| Категории риск-факторов | Описание риск-факторов | Вероятность возникновения | Мероприятия по управлению рисками | № риска |
|-------------------------|--|---------------------------|--|---------|
| Архитектура | Неоптимальный выбор компонентов решения и несоответствие его регламентам Компании, неготовность системы для интеграции | 2/5 | Контроль соответствия компонентов системы, контроль коннекторов для интеграции | 1 |
| Инфраструктура | Недостаточное количество ресурсов (CPU, RAM, HDD, GPU) в результате ошибок сайзинга системы | 4/5 | Проведение нагрузочного тестирования, проверка достаточности выделенных ресурсов Регулярный мониторинг потребляемых системой ресурсов, формирование заявок на расширение ресурсов | 1 |
| | Сбои в работе инфраструктурного оборудования/компонентов на котором построено бизнес-решение | 2/5 | Проектирование инфраструктуры с учетом отказоустойчивости Регулярный мониторинг состояния инфраструктуры дежурной службой | 1 |
| Данные | Утечка информации в результате реализации киберугроз, наличие уязвимостей | 2/5 | Контроль кода нового разрабатываемого решения | 2 |
| | | | Проектирование сетевой инфраструктуры с учетом изоляции системы для предотвращения реализации кибератак. | 2 |
| Компетенции | Неверная интерпретация прогнозов системы | 1/5 | Обучение сотрудников и разработка руководства по эксплуатации для пользователей | 3 |
| | Сложность установки и настройки системы | 3/5 | Разработка руководства по настройке для администраторов и централизованное администрирование системы | 3 |
| Санкции в сфере ИТ | Использование в решении СПО, которое может быть подвержено санкционным рискам при использовании | 2/5 | Проведение проверки используемого СПО на наличие санкционных рисков | 1 |



Оценка влияния от рисков

| № | Описание рисков | Финансовый ущерб | Влияние на бизнес | Соблюдение законодательства | Влияние на репутацию | Стратегия управления |
|---|------------------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | Недоступность | 1/5 | | | | Снижение |
| 2 | Нарушение ИБ | | 1/5 | 2/5 | 2/5 | Избежание |
| 3 | Низкая эффективность решения | 1/5 | | | | Снижение |