

ДОКУМЕНТАЦИЯ ДЛЯ ЭКСПЕРТНОЙ ПРОВЕРКИ

Программное обеспечение “Система предиктивной аналитики производственных параметров для заводов по производству газобетона”

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общие сведения
2. Доступ к системе
3. Функциональные модули
4. ML-серверы
5. Тестовые сценарии
6. Известные ограничения
7. Производительность экземпляра
8. Содержимое тестовой базы данных
9. Безопасность экземпляра
10. Мониторинг и логирование
11. Контакты для экспертной проверки
12. Приложения

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Параметры экземпляра

- **Тип развертывания:** Docker-контейнеризация
- **Операционная система:** Ubuntu 24.04 LTS
- **Веб-сервер:** Nginx 1.24.0
- **База данных:** PostgreSQL 17

2. ДОСТУП К СИСТЕМЕ

2.1. URL-адреса

Frontend (веб-интерфейс): <https://app.gazobeton.tech>

Документация API: <http://62.113.41.114:8000/api/documentation>

2.2. Тестовые учетные данные

Администратор:

- Email: test@test.ru
- Пароль: password

Примечание: Первый зарегистрированный пользователь автоматически получает права администратора.

2.3. Порты системы

- **80** (HTTP) - перенаправление на HTTPS
- **443** (HTTPS) - веб-интерфейс и API
- **3000** (внутренний) - Frontend контейнер
- **8000** (внутренний) - Backend контейнер
- **5432** (внутренний) - PostgreSQL
- **1082-1085** (внутренние) - ML-серверы

3. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МОДУЛИ

3.1. Модуль аутентификации

Описание

Модуль обеспечивает безопасный вход и управление сессиями пользователей с использованием OAuth2.

Функции

- **Вход/выход из системы** - Аутентификация по email и паролю - Генерация JWT токенов (OAuth2 Passport) - Автоматическое обновление токенов
- **Управление профилем пользователя** - Просмотр и редактирование личных данных - Изменение пароля - Загрузка аватара
- **Ролевая модель доступа** - Роли: Администратор, Пользователь - Разграничение прав доступа к модулям - Первый пользователь = Администратор

Как проверить

Откройте <https://app.gazobeton.tech>

Войдите с учетными данными `test@test.ru / password`

Перейдите в "Профиль" → проверьте редактирование

Проверьте выход и повторный вход

3.2. Модуль управления данными

Описание

Центральный модуль для импорта, хранения и управления производственными данными.

Функции

3.2.1. Импорт производственных данных

- Форматы: CSV, Excel
- Типы данных: - **АК** (данные автоклава) - **АПТ** (автоклавная парообработка) - **General** (общие производственные данные) - **Mixreport** (отчеты смешивания) - **ОТК** (отдел технического контроля)
- Возможности: - Автоматический парсинг CSV - Валидация данных - История загрузок - Индикатор прогресса

3.2.2. Просмотр и редактирование данных

- Табличное представление с пагинацией
- Фильтрация по параметрам
- Сортировка по столбцам
- Поиск по значениям

3.2.3. Экспорт результатов

- Экспорт в CSV
- Выгрузка отфильтрованных данных
- Экспорт результатов анализа

Как проверить

- Перейдите в раздел "Данные"
- Нажмите "Синхронизация"
- Загрузятся тестовый CSV файлы
- Проверьте отображение данных в таблице
- Попробуйте фильтрацию

Тестовые данные: В системе уже загружено 14 наборов производственных данных.

3.3. Модуль предиктивной аналитики

Описание

Модуль для обучения ML-моделей и прогнозирования дефектов продукции.

Функции

3.3.1. Подготовка данных (Prepare)

- Объединение данных из разных источников
- Нормализация значений
- Обработка пропущенных значений
- Создание признаков (feature engineering)
- Балансировка классов

3.3.2. Обучение ML-моделей (Train)

- Поддерживаемые алгоритмы: - **CatBoost** (Gradient Boosting) - **LightGBM** (Light Gradient Boosting) - **RandomForest**
- Параметры обучения: - 5-fold кросс-валидация - Автоматическая балансировка классов - Early stopping - Оптимизация гиперпараметров
- Метрики качества: - Precision (точность) - Recall (полнота) - F1-score - ROC-AUC

3.3.3. Прогнозирование дефектов (Predict)

- 7 типов дефектов:
 1. Технологические трещины
 2. Механические трещины
 3. Сколы от слипания
 4. Сколы по сырому
 5. Сколы (общие)
 6. Сколы от разделительной машины
 7. Задиры
- Выходные данные: - Вероятность каждого типа дефекта (0-100%) - Общая оценка качества - Рекомендации

3.3.4. Оптимизация параметров (Optimize)

- Поиск оптимальных значений производственных параметров
- Минимизация вероятности дефектов
- Сценарный анализ "что-если"
- Рекомендации по рецептуре

3.3.5. Анализ важности параметров (Feature Importance)

- Ранжирование факторов по влиянию на дефекты
- Визуализация важности параметров
- Интерпретация модели
- Рекомендации по контролю критичных параметров

Как проверить

Подготовьте данные для анализа:

1. Во вкладке Данные отметьте 5 основных таблиц:
 - Информация по автоклавам
 - Информация по разделению массива
 - Связывающая таблица
 - Производственные показатели
 - Контроль качества
2. Кнопка “Подготовить данные” станет активной. Нажмите на кнопку.
3. Сформируется 6 таблица под названием “Данные для анализа” (10-20 минут)
4. Отметьте таблицу “Данные для анализа”
5. Из выпадающего списка выберите модель обучения:
 - Catboost
 - Lightgbm
 - RandomForest
6. Кнопка “Запустить анализ данных” станет активной. Нажмите на кнопку.
7. Дождитесь завершения обучения (10-30 минут)
8. Перейдите в раздел "Аналитика"
9. Проверьте метрики качества моделей

Предобученные модели: В системе уже есть обученные модели для демонстрации.

3.4. Модуль прогнозов

Описание

Модуль для создания и просмотра прогнозов качества продукции на основе обученных ML-моделей.

Функции

3.4.1. Генерация прогнозов

- Выбор обученной модели
- Загрузка входных данных
- Получение прогнозов по всем типам дефектов
- Визуализация вероятностей

3.4.2. Прогнозные линии (Forecast Lines)

- Построение трендов для производственных партий
- Прогнозирование на N партий вперед
- Выявление опасных трендов
- Графическое представление

3.4.3. История прогнозов

- Сохранение всех выполненных прогнозов
- Сравнение фактических и прогнозируемых значений
- Анализ точности модели

- Калибровка моделей

Как проверить

- Перейдите в раздел "Прогнозы"
- Выберите обученную модель
- Просмотрите результаты прогноза
- Проверьте визуализацию вероятностей
- Изучите прогнозные линии

3.5. Модуль контроля качества

Описание

Модуль для ведения журнала контроля качества и мониторинга производственных параметров.

Функции

3.5.1. Журнал записей контроля качества

- Добавление записей вручную
- Редактирование записей
- Удаление записей

3.5.2. Параметры контроля

- Дата заливки
- Номер смены
- Партия продукции
- Показатели прочности (D350, D400, D500, D600)

- Показатели плотности (B2.0, B2.5)
- Отклонения от нормы
- Выявленные дефекты

3.5.3. Фильтрация и поиск

- Настройка видимости колонок
- Фильтр по датам
- Фильтр по сменам
- Фильтр по типам дефектов
- Поиск по номеру партии

Как проверить

- Перейдите в раздел "Контроль качества"
- Просмотрите существующие записи (записи в тестовой БД)
- Добавьте новую запись вручную
- Используйте фильтры для поиска
- Сохраните данные

3.6. Модуль лабораторных исследований

Описание

Модуль для ведения журнала лабораторных испытаний образцов газобетона.

Функции

3.6.1. Управление исследованиями

- Регистрация проб и образцов

- Ведение протоколов испытаний
- Хранение результатов измерений

3.6.2. Параметры исследований

- Дата отбора пробы
- Номер образца
- Тип испытания
- Результаты прочностных испытаний
- Результаты плотности
- Заключение лаборатории
- Соответствие ГОСТ

3.6.3. Импорт/экспорт

- Импорт данных из CSV
- Шаблоны для импорта

3.6.4. Поиск и аналитика

- Настройка видимости колонок
- Фильтрация по датам
- Фильтрация по типам испытаний
- Статистика по результатам
- Динамика показателей

Как проверить

- Перейдите в раздел "Лабораторные исследования"

- Просмотрите журнал исследований (записи в тестовой БД)
- Добавьте новое исследование
- Заполните параметры образца
- Сохраните данные

3.7. Информационно-аналитическая таблица

Описание

Сводная таблица с комплексным анализом всех производственных данных, объединяющая информацию из разных источников.

Функции

3.7.1. Агрегация данных

Объединение данных из: - Производственных систем (АК, АПТ) - Отчетов смешивания - Контроля качества (ОТК) - Лабораторных исследований

3.7.2. Аналитические показатели

- Производственные параметры
- Показатели качества
- Статистика дефектов
- Корреляции между параметрами

3.7.3. Визуализация

- Табличное представление
- Временные ряды

3.7.4. Фильтрация и сортировка

- Настройка видимости колонок
- Группировка по сменам
- Фильтр по датам
- Фильтр по типам данных
- Многоуровневая сортировка
- Сохранение настроек фильтров

Как проверить

- Перейдите в раздел "Информационно-аналитическая таблица"
- Выберите период анализа (подготовлены демонстрационные данные за период)
- Нажмите на кнопку "Загрузить данные" (5 мин)
- Откройте фильтры
- Включите группировку по сменам
- Изучите сводные показатели

3.8. Модуль информационная (общая)

Описание

Общий информационный модуль для просмотра расшифровки производственных данных.

Функции

3.8.1. Информационные данные

- Информация по автоклавам
- Информация по разделению массива

- Связывающая таблица
- Производственные показатели
- Контроль качества
- Данные для анализа
- Контроль качества
- Лабораторные исследования

3.8.2. Просмотр и анализ

- Табличное представление
- Расшифровка параметров

Как проверить

- Перейдите в раздел "Информационная"
- Ознакомьтесь расшифровками данных

3.9. Модуль управления пользователями

Описание

Административный модуль для управления пользователями и их правами доступа.

Функции

3.9.1. Управление учетными записями

- Создание новых пользователей
- Редактирование данных пользователей
- Деактивация/удаление пользователей
- Сброс паролей

- **3.9.2. Управление ролями и правами**
- Назначение ролей: - Администратор (полный доступ) - Пользователь (ограниченный доступ)
- Права доступа: - view data - просмотр данных - edit data - редактирование данных - run analysis - запуск анализа - view analysis - просмотр результатов анализа - edit users - управление пользователями

Как проверить

- Перейдите в раздел "Пользователи" (доступно только администратору)
- Просмотрите список пользователей
- Создайте нового пользователя
- Назначьте роль и права
- Войдите под новым пользователем (в другом браузере)
- Проверьте ограничения доступа

4. ML-СЕРВЕРЫ

4.1. Prepare Server (порт 1082)

Назначение

Подготовка данных для обучения и прогнозирования.

Функции

- Нормализация данных
- Feature engineering
- Обработка выбросов
- Создание обучающей выборки

Endpoint

POST http://localhost:1082/prepare

Параметры

```
{ "input_path": "/path/to/data", "output_path": "/path/to/prepared", "file":  
  "dataset_name" }
```

4.2. CatBoost Server (порт 1083)

Назначение

Обучение и прогнозирование с использованием алгоритма CatBoost.

Функции

- Обучение модели

- Прогнозирование вероятностей
- Расчет метрик качества

Endpoints

- POST /train - обучение модели
- POST /predict - прогнозирование

4.3. LightGBM Server (порт 1084)

Назначение

Обучение и прогнозирование с использованием LightGBM.

Функции

- Быстрое обучение на больших данных
- Эффективное использование памяти
- Высокая точность прогнозов

4.4. RandomForest Server (порт 1085)

Назначение

Обучение и прогнозирование с использованием Random Forest.

Функции

- Ансамблевое обучение
- Устойчивость к переобучению
- Feature importance

Общие характеристики ML-серверов

- **Язык:** Python 3
- **Библиотеки:** CatBoost, LightGBM, scikit-learn, pandas, numpy
- **Формат обмена:** CSV файлы
- **Время обучения:** 10-30 минут (зависит от объема данных)
- **Время прогнозирования:** < 1 секунды

5. ТЕСТОВЫЕ СЦЕНАРИИ

5.1. Сценарий 1: Импорт и просмотр данных

Шаги:

- Войдите в систему как администратор
- Перейдите в "Данные"
- Нажмите "Синхронизация"
- Дождитесь завершения импорта
- Проверьте отображение данных в таблице
- Используйте фильтры и сортировку

Ожидаемый результат: Данные успешно импортированы, отображаются корректно, фильтры работают.

5.2. Сценарий 2: Обучение ML-модели

Шаги:

- Перейдите в "Аналитика"
- Убедитесь, что есть подготовленные данные
- Если нет - выполните "Запустить анализ данных" (вкладка "Данные")
- Выберите тип модели (CatBoost)
- Нажмите "Запустить анализ данных"
- Дождитесь завершения обучения
- Проверьте метрики качества (F1-score, Precision, Recall)

Ожидаемый результат: Модель обучена, метрики > 0.85 , модель доступна для прогнозирования.

5.3. Сценарий 3: Прогнозирование дефектов

Шаги:

- Перейдите в "Прогнозы"
- Выберите обученную модель
- Выберите марку бетона
- Выберите заливку
- Просмотрите вероятности для каждого типа дефекта
- Проверьте визуализацию результатов

Ожидаемый результат: Прогноз выполнен за < 5 секунд, вероятности в диапазоне 0-100%.

5.4. Сценарий 4: Контроль качества

Шаги:

- Перейдите в "Контроль качества"
- Просмотрите существующие записи
- Нажмите "Добавить запись"
- Заполните форму с параметрами
- Сохраните запись

Ожидаемый результат: Записи создаются, сохраняются, работают корректно.

5.5. Сценарий 5: Лабораторные исследования

Шаги:

- Перейдите в "Лабораторные исследования"
- Добавьте новое исследование
- Заполните параметры образца
- Внесите результаты испытаний
- Сохраните исследование

Ожидаемый результат: Исследование зарегистрировано, данные сохранены

5.6. Сценарий 6: Оптимизация параметров

Шаги:

- Перейдите в "Аналитика"
- Выберите обученную модель
- Нажмите "Оптимизировать параметры"
- Выберите целевые значения
- Получите рекомендации по параметрам

Ожидаемый результат: Система предложит оптимальные значения параметров для минимизации дефектов.

6. ИЗВЕСТНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ

6.1. Функциональные ограничения

- Максимальный размер CSV файла: 100 MB
- Максимальное количество записей в одной таблице: не ограничено (зависит от памяти)
- Время обучения модели: до 1 часа

6.2. Технические ограничения

- Одновременные пользователи: рекомендуется до 50
- Параллельное обучение моделей: 1 задача за раз
- Хранение файлов: ограничено дисковым пространством сервера

6.3. Системные требования экземпляра

- **RAM:** Используется ~2-4 GB
- **CPU:** Используется 20-40% при обучении моделей
- **Диск:** Занято ~15 GB (включая БД и модели)

7. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЭКЗЕМПЛЯРА

7.1. Время отклика

| Операция | Среднее время | Максимальное время |
|---------------------------|---------------|--------------------|
| Загрузка страницы | 0.5–1 сек | 2 сек |
| API-запрос (простой) | 50–200 мс | 500 мс |
| Импорт CSV (1000 строк) | 5–10 сек | 30 сек |
| Импорт CSV (100000 строк) | 2–5 мин | 10 мин |
| Обучение модели | 10–30 мин | 60 мин |
| Прогнозирование | 0.5–2 сек | 5 сек |

7.2. Точность ML-моделей

Метрики на тестовых данных:

| Тип дефекта | Precision | Recall | F1-score | ROC-AUC |
|-------------------------|-----------|--------|----------|---------|
| Технологические трещины | 0.89 | 0.85 | 0.87 | 0.93 |
| Механические трещины | 0.92 | 0.88 | 0.90 | 0.95 |
| Сколы от слипания | 0.85 | 0.82 | 0.83 | 0.91 |
| Сколы по сырому | 0.87 | 0.83 | 0.85 | 0.92 |
| Сколы (общие) | 0.88 | 0.86 | 0.87 | 0.94 |
| Сколы от раздел. машины | 0.86 | 0.84 | 0.85 | 0.92 |
| Задиры | 0.84 | 0.80 | 0.82 | 0.90 |

Средняя точность: 87-90%

8. СОДЕРЖИМОЕ ТЕСТОВОЙ БАЗЫ ДАННЫХ

8.1. Предзагруженные данные

Пользователи:

1 администратор (test@test.ru)

Производственные данные:

- 14 наборов данных за период 2022-2023
- Общий объем: ~100 000 записей

Контроль качества:

Записи проверок за 2024 год

Лабораторные исследования:

Протоколы испытаний

Обученные ML-модели:

- Модели для всех 7 типов дефектов
- Алгоритмы: CatBoost, LightGBM, RandomForest

8.2. Статистика данных

Типы производственных данных:

- АК (автоклав): ~15 000 записей
- АПТ (парообработка): ~12 000 записей
- General: ~20 000 записей

- Mixreport: ~35 000 записей
- ОТК: ~18 000 записей

Период данных: 01.11.2022 - 01.10.2023

9. БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКЗЕМПЛЯРА

9.1. Аутентификация

- OAuth2 (Laravel Passport)
- JWT токены
- HTTPS (TLS 1.2+)
- Хеширование паролей (bcrypt)

9.2. Авторизация

- Ролевая модель доступа
- Проверка прав на уровне API
- Защита от CSRF
- Rate limiting: 10 000 запросов/минуту

9.3. Защита данных

- Шифрование соединений (SSL/TLS)
- Изоляция контейнеров Docker
- Регулярные резервные копии
- Журналирование действий

10. МОНИТОРИНГ И ЛОГИРОВАНИЕ

10.1. Доступные логи

Логи приложения:

```
docker compose logs backend docker compose logs frontend docker compose logs database
```

Логи Nginx:

```
# На хосте /var/log/nginx/access.log /var/log/nginx/error.log # В контейнере backend
docker compose exec backend cat /var/log/nginx/access.log
```

Логи Laravel:

```
docker compose exec backend cat /var/www/storage/logs/laravel.log
```

10.2. Метрики системы

Использование ресурсов:

```
docker stats
```

Здоровье контейнеров:

```
docker compose ps
```

Проверка доступности:

Frontend

```
curl https://app.gazobeton.tech
```

Backend API

```
curl https://app.gazobeton.tech/api/v1/analysis/types
```

База данных

```
docker compose exec database pg_isready -U postgres
```

11. КОНТАКТЫ ДЛЯ ЭКСПЕРТНОЙ ПРОВЕРКИ

11.1. Техническая поддержка

- **Email:** rezanovdv@mail.ru
- **Телефон:** +7 (913) 377-70-83
- **Рабочее время:** Пн-Пт 9:00-18:00 (МСК)

11.2. Доступ к документации

- **Сайт:** <https://gazobeton.tech>
- **Приложение:** <https://app.gazobeton.tech>
- **GitHub:** <https://github.com/smartcontrolsoft-lab/gazobeton-docker3>

11.3. Дополнительные материалы

- API документация: <https://app.gazobeton.tech/api/documentation>
- Руководство пользователя: доступно после входа в систему
- Видео-инструкции: по запросу

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А: Структура API

API документация доступна по:

<http://62.113.41.114:8000/api/documentation>

(либо <http://docs.gazobeton.tech/>)

Основные endpoints:

- POST /auth/login - вход в систему
- GET /auth/me - информация о пользователе
- GET /data - список наборов данных
- POST /data/import - импорт данных
- POST /analysis/prepare - подготовка данных
- POST /analysis/train - обучение модели
- POST /analysis/predict/{model} - прогнозирование
- GET /quality-control - журнал контроля качества
- GET /laboratory-research - лабораторные исследования

Приложение В: Технические спецификации

Frontend:

- React 18.2.0
- TypeScript 4.9.5
- Material-UI 5.x
- Redux Toolkit

Backend:

- Laravel 10.x
- PHP 8.1
- PostgreSQL 17
- Nginx 1.24.0

ML Stack:

- Python 3.10
- CatBoost 1.2
- LightGBM 4.0
- scikit-learn 1.3
- pandas 2.0
- numpy 1.24

Приложение С: Контрольные суммы

MD5 checksums основных компонентов: (Генерируются автоматически при сборке)