

«АРС.СИМ»

Инженерная платформа цифровых двойников

Документация, содержащая описание функциональных характеристик

ООО «АРС»

1. Общие положения

1.1. Назначение документа

Данный документ описывает функциональные характеристики программного обеспечения инженерной платформы цифровых двойников «АРС.СИМ» (далее – Платформа, АРС.СИМ, ПО).

1.2. Термины и определения

В настоящем документе применяются следующие термины с соответствующими определениями, обозначения и сокращения:

Инженерная платформа цифровых двойников -	Программное обеспечение, обеспечивающее унифицированный запуск, развертывание и эксплуатацию виртуальных копий физических объектов, процессов и систем различной природы (оборудования, робототехнических комплексов, систем, технологических процессов, зданий и сооружений и пр.) и предоставление инструментов для работы с цифровыми двойниками
Цифровой двойник -	Виртуальная копия физического объекта, процесса или системы, включающая его геометрию, кинематику, динамику, сенсоры и алгоритмы управления
ПО -	Программное обеспечение
Технологическое ПО -	Сторонние программные продукты (СУБД, брокеры сообщений, контейнеризация, системы мониторинга), с которыми интегрируется платформа
Симуляция -	Процесс моделирования физических процессов, движения робота и работы его сенсоров в виртуальной среде
Телеметрия -	Совокупность измеряемых параметров (температура, давление, вибрация, ток, положение и т.д.), передаваемых от физического актива
Имитационное моделирование -	Метод исследования, при котором поведение реальной системы заменяется моделью, воспроизводящей её динамику с заданной точностью
Актив (физический актив) -	Реальный объект (оборудование, робототехнический комплекс, здание, технологическая установка, транспортное средство и т.п.), для которого создаётся цифровой двойник
Датчик (сенсор) -	Виртуальный компонент, имитирующий работу реального измерительного устройства (камера, лидар, IMU, GPS и др.)

Исполнитель -	Разработчик, владелец платформы, ООО «АРС»
Заказчик -	Пользователь Платформы

1.3. Цели и назначение

Инженерная платформа предназначена для взаимодействия с цифровыми двойниками в том числе унифицированного запуска, развертывания и эксплуатации виртуальных копий физических объектов, процессов и систем различной природы (оборудования, робототехнических комплексов, систем, технологических процессов, зданий и сооружений и пр.) и предоставления инструментов для работы с цифровыми двойниками. ПО «АРС.СИМ» обеспечивает синхронизацию виртуальных моделей с физическими активами в режиме, близком к реальному времени, и предоставляет инструменты для моделирования сценариев, предиктивной аналитики, оптимизации параметров, а также для перехода от реактивного обслуживания к предиктивному ТОиР.

2. Функциональные характеристики

Среда моделирования является ядром платформы, реализованным на базе движка симуляции реального времени (Unity). Она обеспечивает:

- Создание и редактирование цифровых двойников;
- Имитационное моделирование физических процессов (кинематика, динамика, гидравлика, теплопередача, электромагнитные поля и др.) с возможностью подключения пользовательских математических моделей;
- Поддержку различных типов цифровых двойников: от простых (один датчик) до сложных (целый цех или город);
- Сбор и консолидацию гетерогенных данных через поддержку промышленных протоколов (OPC UA, MQTT, Modbus, BACnet, Profinet) и API (REST, WebSocket);
- Построение и валидацию математических и имитационных моделей – встроенные средства верификации и сравнения с реальными данными;
- Обработку телеметрии в реальном времени (фильтрация, нормализация, агрегация) и генерацию команд управления на исполнительные механизмы;
- Применение методов машинного обучения;
- Прогнозирование состояния объекта и выработку рекомендаций для системы управления (в виде числовых параметров, сценариев, предупреждений);
- Редактор сценариев «что-если» – возможность вручную изменять параметры среды или объекта и наблюдать за реакцией модели;
- Отработку нештатных ситуаций без риска для производства (аварии, отказы оборудования, сбои связи);
- Мониторинг цифровых двойников в реальном времени (дашборды с графиками,

индикаторами, таблицами);

- Просмотр 2D/3D-визуализации;
- Управление проектами и библиотекой двойников (просмотр, поиск, редактирование метаданных);
- Формирование отчётной информации об объектах моделирования;
- Администрирование платформы (управление пользователями, ролями, просмотр логов, настройка правил оповещения);
- Интеграцию с API для внешних систем.

2.1. Библиотека датчиков

Цифровой двойник может быть реализован с помощью разработанной APC библиотекой датчиков с настройкой параметров, шума, частоты дискретизации и пр.:

- Камера RGB – разрешение, FOV, шум, искажения, экспозиция;
- Камера глубины (RGB-D) – генерация карты глубины, тип (структурированный свет);
- Лидар (2D / 3D) – количество лучей, угол обзора, дальность, разрешение, шум, интенсивность;
- IMU – акселерометр, гироскоп, магнитометр; настройка смещений (bias) и белого шума;
- GPS/ГЛОНАСС – частота, ошибка позиционирования (гауссов шум);
- Одометрия – энкодеры колёс, добавление ошибок проскальзывания;
- Контактные датчики – настраиваемая зона срабатывания;
- Ультразвуковой дальномер – угол конуса, отражения;
- Тактильные датчики – распределение давления по поверхности.

2.2. Управление симуляцией

Запуск / пауза / сброс симуляции.

Управление скоростью симуляции (от 0.1x до 10x, где позволяет производительность).

Пошаговый режим – выполнение одного кадра (для детальной отладки).

Headless-режим – запуск симуляции без графики (для CI/CD и пакетного тестирования).

Сохранение и загрузка состояния симуляции – полный слепок всех объектов, датчиков, переменных.

2.3. Окружение

Загрузка окружения из CAD/BIM (цеха, склады, полигоны) с автоматической генерацией коллайдеров.

Создание статических и динамических препятствий (ящики, стены, движущиеся платформы, конвейеры).

Импорт карт местности (GeoTIFF, растры) для симуляции навигации на больших

пространствах.

Динамическое изменение окружения (появление объектов по таймеру, разрушение стен, изменение освещения).

Погодные эффекты (дождь, снег, туман) с влиянием на сенсоры (камера, лидар).

2.4. Администрирование

Управление пользователями, ролями, лицензионными ключами, просмотр логов.

2.5. Технологическое ПО

Платформа использует или взаимодействует со следующим технологическим ПО:

ПО	Назначение	Пользовательские функции
ROS (Robot Operating System)	Экспорт/импорт топиков	Публикация показаний датчиков в топики, приём команд управления от пользовательских ROS-узлов
Docker	Контейнеризация	Запуск пользовательских алгоритмов в изолированных контейнерах, подключенных к симулятору
Git	Контроль версий	Импорт/экспорт конфигураций роботов, сценариев в Git-репозитории пользователя
Jupyter Notebook	Аналитика	Встроенная интеграция для анализа логов симуляции и построения графиков

2.6. Визуализация и интерфейс

3D-отображение робота и окружения с использованием PBR-материалов, динамического освещения, теней.

Режимы камеры: от третьего лица, от первого лица (сенсорная), птичий глаз, следование за объектом.

Инспектор робота – панель со всеми датчиками и актуаторами (компонент робота, отвечающий за движение или усилие - мотор, сервопривод, пневмоцилиндр), возможность принудительной установки значений для отладки.

Отображение отладочной информации (линии лучей лидара, траектории, векторы скоростей).

Таймлайн событий – визуальная шкала с отметками тревог, столкновений, изменений состояния.

2.7. Параметры и ограничения

Параметр	Значение
Максимальное количество одновременных двойников	20
Максимальная частота симуляции (зависит от сложности сцены)	1000 Гц (физика), 60 FPS (графика)
Глубина истории телеметрии (база данных)	30 дней (настраивается)