

Общее описание
Программы для ЭВМ Модуль цифровой
когнитивной платформы «Контроль
пенообразования флотомашин»



**Общее описание
Программы для ЭВМ Модуль цифровой когнитивной
платформы «Контроль пенообразования флотомашин»**

Содержание

Термины и определения	3
1. Введение	5
2. Назначение Программы.....	6
3. Описание интерфейса администрирования Программы	9
3.1. Авторизация подключения	9
3.2. Общий вид дашборда и элементы управления	9
3.3. Видеотрансляция с точки контроля	10
3.4. Графики показателей с нормативными коридорами	11
3.5. Показатели АСУТП	13
3.6. Показатели АСУТП	14
3.7. Показатели АСУТП	15
3.8. Равномерность распределения пузырей.....	15
3.9. Настройка нормативных значений	16
3.10. Экспорт данных	17

Термины и определения

В настоящем документе используются следующие сокращения и соответствующие им определения.

Термин	Определение
CV	Computer Vision (компьютерное зрение)
CNN	Convolutional Neural Network (свёрточная нейронная сеть)
MSE	Media Source Extensions – технология воспроизведения потокового видео в браузере
OPC UA	Open Platform Communications Unified Architecture – протокол промышленного взаимодействия
HSV	Цветовая модель, описывающая цвет через компоненты: тон (Hue), насыщенность (Saturation) и яркость (Value)
Modbus TCP	Промышленный протокол связи для обмена данными с контроллерами по сети Ethernet
RTSP	Real Time Streaming Protocol – протокол потоковой передачи видеоданных в реальном времени
WebRTC	Web Real-Time Communication – технология передачи потокового видео и аудио в реальном времени через браузер
АСУТП	Автоматическая система управления технологическим процессом

БД	База данных
КИП	Контрольно-измерительные приборы
ОС	Операционная система
ПО	Программное обеспечение
ПЛК	Программируемый логический контроллер
Программа	Модуль цифровой когнитивной платформы «Контроль пенообразования флотомашины»
SDK	Software Development Kit – набор средств разработки для взаимодействия с оборудованием
СУБД	Система управления базами данных
Флотомашина	Флотационная машина – аппарат для разделения мелких твёрдых частиц минералов методом флотации
Дашборд	Интерактивная панель визуализации данных, отображаемая в веб-браузере

1. Введение

Настоящий документ является описанием Программы для ЭВМ Модуль цифровой когнитивной платформы «Контроль пенообразования флотомашин» (далее – «Программа», «ПО»).

Программа предназначена для непрерывного автоматизированного мониторинга и анализа состояния пенного слоя во флотационных машинах на обогатительных производствах с помощью видеофиксации, дальнометрии и последующей обработки поступающих данных в реальном времени.

Рассчитанные в Программе показатели архивируются в базу данных и визуализируются на интерактивном дашборде в виде графиков временных рядов и информационных виджетов. Доступна двусторонняя интеграция с АСУТП через протокол OPC UA: чтение показателей, собираемых при помощи КИП, а также запись рассчитанных показателей в АСУТП при предоставлении специалистами АСУТП выделенных для этого тегов.

Программа разворачивается на базе операционной системы Linux, построена на микросервисной архитектуре с использованием контейнеризации Docker. В качестве СУБД используется PostgreSQL, визуализация данных осуществляется при помощи платформы Grafana.

2. Назначение Программы

Программа предназначена для непрерывного мониторинга и количественной оценки состояния пенного слоя во флотационных машинах в рамках технологического процесса обогащения полезных ископаемых. В основе Программы лежит использование камеры и дальномера, подключённых к вычислительному модулю, который обрабатывает данные, непрерывно поступающие с указанных устройств в реальном времени.

На основе видеопотока с камеры при помощи свёрточной нейронной сети (CNN) выполняется детекция пузырей пенного слоя с последующим расчётом статистических метрик: средней площади пузыря, распределения пузырей по классам крупности и равномерности их распределения в кадре. С помощью отдельного алгоритма выполняется расчет скорости движения пены. Данные с дальномера используются для расчёта высоты пенного слоя над фиксированным переливом флотомашины. На основании совокупности полученных показателей Программой рассчитывается объём схода пены, а также статистические метрики цветности пены в цветовом пространстве HSV.

Программа поддерживает работу с множеством источников данных – парами «камера + дальномер», установленными на различных флотомашинах. Сбор показаний дальномера осуществляется путём опроса регистров программируемого логического контроллера (ПЛК), к которому подключён дальномер, по протоколу Modbus TCP. Сбор видеоданных выполняется через модульный сервис-шлюз, допускающий работу с различными типами камер: IP-камерами, возвращающими

видеопоток в формате RTSP, а также специализированными камерами компьютерного зрения Daheng с интеграцией через SDK производителя. Данные со всех источников агрегируются в единую базу данных с возможностью визуализации в едином дашборде с выбором конкретного устройства к просмотру. Подключение нового устройства не требует остановки существующей цепочки передачи и обработки данных – достаточно развернуть дополнительные экземпляры соответствующих сервисов, после чего данные с нового устройства автоматически появятся в базе данных и станут доступны на дашборде.

Программу можно использовать как в качестве самостоятельного инструмента для контроля и мониторинга состояния пенного слоя, так и в составе более сложной системы управления технологическим процессом флотации с интеграцией в существующую АСУТП. Ключевые функции Программы:

- Видеотрансляция пенного слоя флотомашины в реальном времени на дашборде, а также по отдельной ссылке в различных форматах (MSE, WebRTC) с использованием видеосервера go2rtc;
- Расчёт высоты пенного слоя над фиксированным переливом флотомашины (мм) при помощи дальномера;
- Расчёт скорости движения пены (мм/с);
- Расчёт объёма схода пены (м³/ч);
- Детекция пузырей пенного слоя при помощи свёрточной нейронной сети (CNN) и расчёт статистических метрик: средняя площадь пузыря (мм²), доли трёх классов крупности пузырей в кадре, равномерность распределения размеров пузырей по кадру;

- Расчёт статистических метрик цветности пены в цветовом пространстве HSV (тон, насыщенность, яркость);
- Установка пользователем допустимых нормативных диапазонов для показателей: объём схода пены, скорость схода пены, высота пены над переливом и средняя площадь пузыря – с выделением нормального диапазона и критического диапазона, отображение диапазонов на графиках и индикация статуса каждого показателя (норма, выше/ниже нормы, превышение/недостаток);
- Архивирование всех рассчитанных показателей, нормативных диапазонов и статусов в базу данных;
- Экспорт статистики за выбранный пользователем временной интервал в формате Excel;
- Поддержка выбора окна агрегации данных в минутах для визуализации графиков и экспорта;
- Двусторонняя интеграция с АСУТП через протокол OPC UA для чтения и записи показателей;
- Поддержка одновременной работы с множеством источников данных (пар «камера + дальномер») с агрегацией в единую базу данных и единый дашборд.

3. Описание интерфейса администрирования Программы

Доступ к дашборду Программы осуществляется через веб-браузер по IP-адресу или доменному имени вычислительного модуля с указанием порта сервиса визуализации.

3.1. Авторизация подключения

При открытии адреса в браузере отображается страница авторизации Grafana. Для входа необходимо ввести:

- Логин – имя пользователя, предоставленное администратором системы;
- Пароль – пароль учётной записи.

После успешной авторизации пользователь перенаправляется на главный дашборд Программы.

3.2. Общий вид дашборда и элементы управления

Дашборд Программы представляет собой единую страницу, включающую панели визуализации показателей, виджеты управления и видеотрансляцию.

В верхней части дашборда расположены элементы управления:

- **Селектор устройства** – выпадающий список, позволяющий выбрать конкретную флотомашину (пару «камера + дальномер») для отображения соответствующих данных на всех панелях дашборда;
- **Окно агрегации** – выпадающий список для выбора интервала агрегации данных (в секундах), применяемого при построении графиков. Позволяет регулировать степень усреднения отображаемых показателей;

➤ **Временной диапазон** – стандартный селектор Grafana для выбора отображаемого временного интервала на графиках (например, последние 1 час, 6 часов, 24 часа или произвольный диапазон).

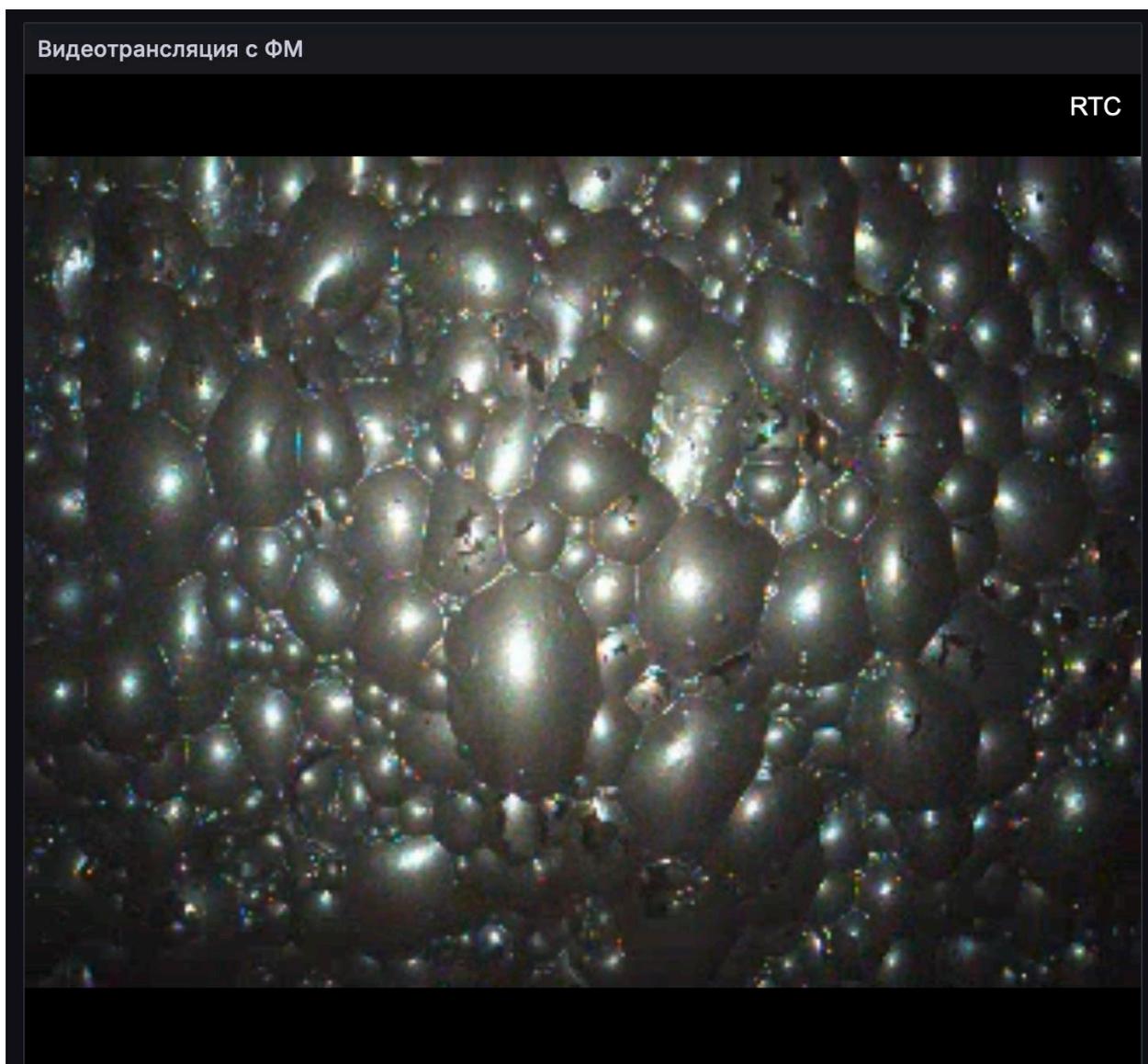


3.3. Видеотрансляция с точки контроля

Панель «Видеотрансляция с ФМ» отображает видеопоток с камеры, направленной на пенный слой выбранной флотомашины, в реальном времени. Видеопоток транслируется через встроенный видеосервер go2rtc.

В правом верхнем углу панели видеотрансляции отображается индикатор используемого формата передачи видео (например, «RTC» – при использовании протокола WebRTC).

Видеотрансляция также доступна по отдельной прямой ссылке в различных форматах (MSE, WebRTC), что позволяет просматривать видеопоток вне дашборда, в том числе встраивать его в сторонние системы.



3.4. Графики показателей с нормативными коридорами

Основную часть дашборда занимают панели графиков временных рядов для следующих показателей:

- **Скорость схода пены (мм/с)** — скорость движения пенного слоя;
- **Высота пены над переливом (мм)** — расстояние от верхней границы пенного слоя до фиксированного перелива флотомашины, измеряемое при помощи дальномера;

➤ **Средняя площадь пузыря (мм²)** – средняя площадь пузыря пенного слоя, рассчитанная на основании детекции пузырей при помощи CNN;

➤ **Объём снимаемой пены (м³/ч)** – объём пены, сходящей через перелив флотомашины.

Каждый из перечисленных графиков отображает:

➤ **Линию показателя** (синяя) – временной ряд значений показателя с учётом выбранного окна агрегации;

➤ **Нормальный диапазон** (зелёный коридор) – область между границами «Верх нормы» и «Низ нормы», задаваемыми пользователем;

➤ **Критический диапазон** (красный коридор) – область между границами «Верхний порог» и «Нижний порог», задаваемыми пользователем. Критический диапазон шире нормального и задаёт предельно допустимые значения показателя.

Справа от каждого графика расположен информационный виджет, отображающий:

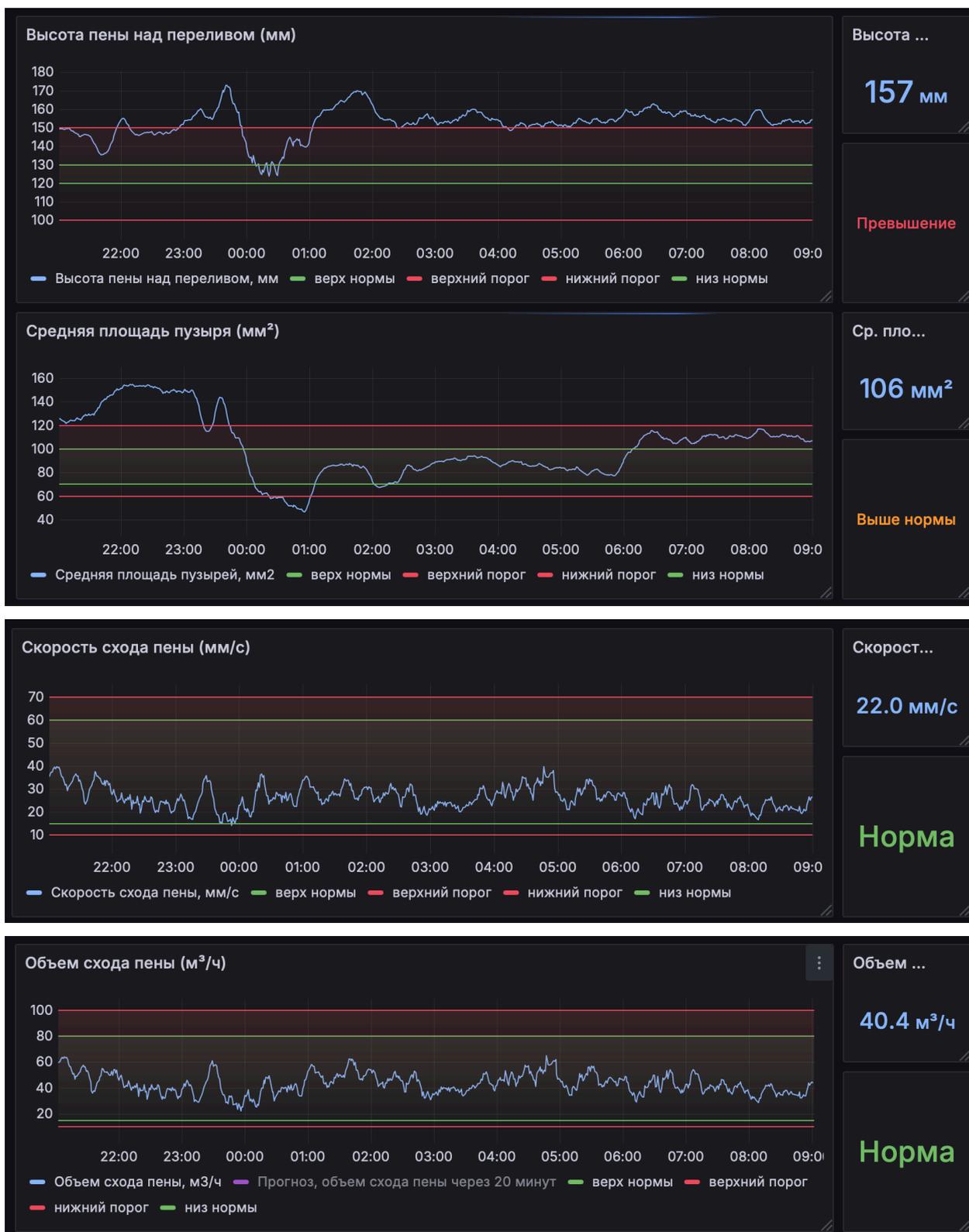
➤ **Текущее значение** показателя с единицей измерения;

➤ **Статус** показателя относительно заданных нормативных диапазонов. Возможные статусы:

– **Норма** (зелёный) – значение находится в пределах нормального диапазона;

– **Выше нормы / Ниже нормы** (жёлтый) – значение вышло за пределы нормального диапазона, но не достигло критического порога;

– **Превышение / Недостаток** (красный) – значение вышло за пределы критического диапазона.



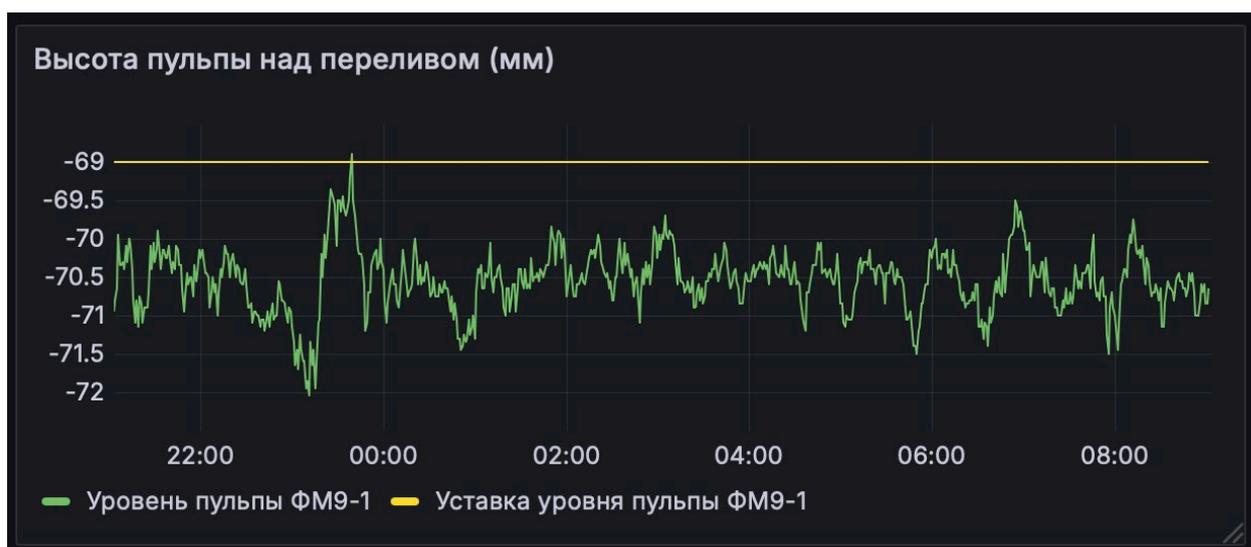
3.5. Показатели АСУТП

При наличии интеграции с АСУТП через протокол OPC UA на дашборде отображается панель с показателями, получаемыми от

контрольно-измерительных приборов. В частности, доступен график «Высота пульпы над переливом (мм)», на котором отображаются:

- **Уровень пульпы** – текущее значение уровня пульпы в ванне флотомашины, получаемое по OPC UA;
- **Уставка уровня пульпы** – заданное целевое значение уровня.

Данная панель позволяет сопоставлять показатели пенного слоя, рассчитанные Программой, с данными АСУТП для комплексного анализа состояния технологического процесса.

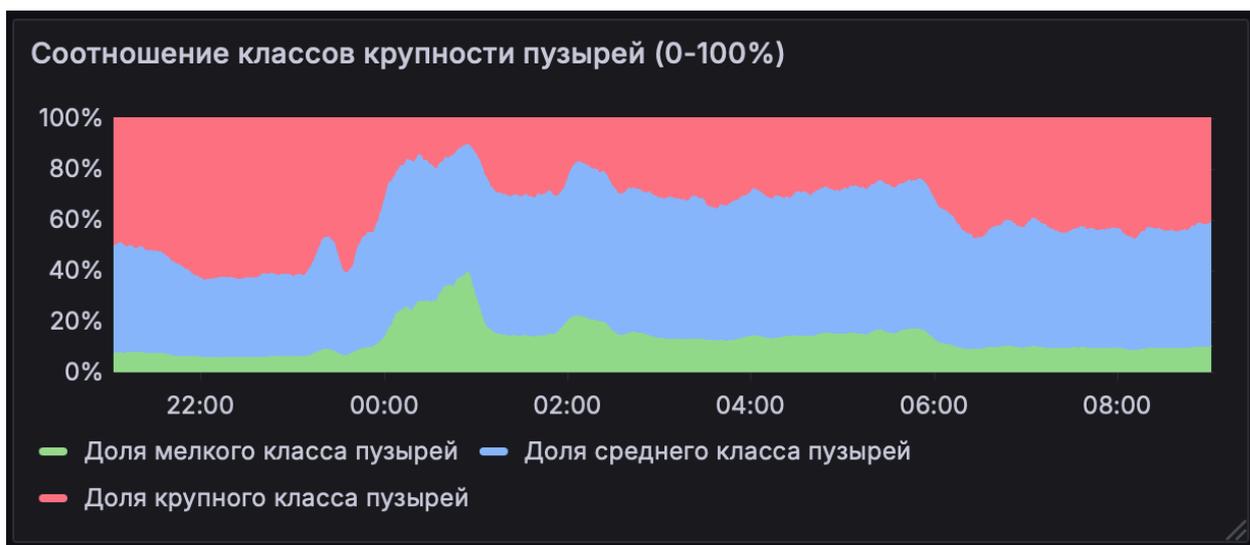


3.6. Показатели АСУТП

Панель «Соотношение классов крупности пузырей (0–100%)» отображает диаграмму с областями (stacked area chart), на которой визуализируются доли трёх классов крупности пузырей в кадре во времени:

- **Доля мелкого класса пузырей** (зелёный);
- **Доля среднего класса пузырей** (синий);
- **Доля крупного класса пузырей** (красный/розовый).

Сумма долей всех классов в каждый момент времени составляет 100%. Данная панель позволяет отслеживать детализацию динамики изменения среднего размера пузырей в кадре.



3.7. Показатели АСУТП

Панель показателей цветности отображает графики статистических метрик цвета пенного слоя в цветовом пространстве HSV:

- **Hue (тон)** – преобладающий оттенок пены;
- **Saturation (насыщенность)** – степень насыщенности цвета;
- **Value (яркость)** – яркость пенного слоя.

Показатели цветности позволяют фиксировать изменения визуальных характеристик пены, которые могут свидетельствовать об изменении минерального состава продукта или режима флотации.

3.8. Равномерность распределения пузырей

Панель равномерности распределения отображает показатель, характеризующий однородность распределения размеров пузырей по площади кадра. Равномерное распределение

свидетельствует о стабильности процесса пенообразования, а выраженная неоднородность может указывать на локальные нарушения аэрации или иные отклонения в технологическом процессе.



3.9. Настройка нормативных значений

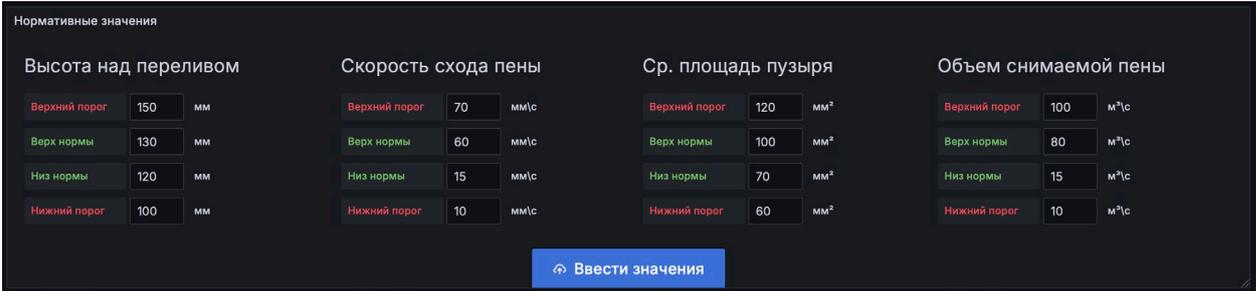
Виджет «Нормативные значения» предназначен для задания пользователем допустимых диапазонов для контролируемых показателей. Виджет содержит четыре группы параметров:

1. **Высота пены над переливом (мм);**
2. **Скорость схода пены (мм/с);**
3. **Ср. площадь пузыря (мм²);**
4. **Объём снимаемой пены (м³/ч).**

Для каждого показателя задаются четыре граничных значения:

Параметр	Описание
Верхний порог	Верхняя граница критического диапазона (красная)
Верх нормы	Верхняя граница нормального диапазона (зелёная)
Низ нормы	Нижняя граница нормального диапазона (зелёная)
Нижний порог	Нижняя граница критического диапазона (красная)

После ввода значений необходимо нажать кнопку «Ввести значения» для сохранения настроек. Заданные границы немедленно отображаются на соответствующих графиках в виде горизонтальных линий и цветовых коридоров, а статусы показателей обновляются в информационных виджетах. Все нормативные значения и статусы архивируются в базу данных.



Высота над переливом		Скорость схода пены		Ср. площадь пузыря		Объем снимаемой пены	
Верхний порог	150 мм	Верхний порог	70 мм/с	Верхний порог	120 мм ²	Верхний порог	100 м ³ /с
Верх нормы	130 мм	Верх нормы	60 мм/с	Верх нормы	100 мм ²	Верх нормы	80 м ³ /с
Низ нормы	120 мм	Низ нормы	15 мм/с	Низ нормы	70 мм ²	Низ нормы	15 м ³ /с
Нижний порог	100 мм	Нижний порог	10 мм/с	Нижний порог	60 мм ²	Нижний порог	10 м ³ /с

3.10. Экспорт данных

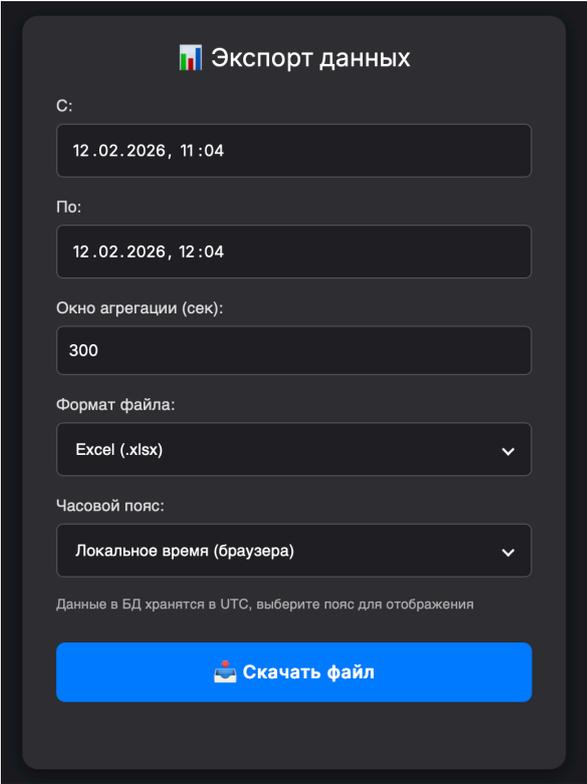
Виджет «Экспорт данных» предназначен для выгрузки архивных данных по всем рассчитанным показателям за произвольный временной интервал. Экспорт реализован в виде отдельного веб-сервиса, к которому виджет дашборда отправляет запрос.

Для выполнения экспорта необходимо заполнить следующие поля:

- **С** – дата и время начала интервала выгрузки (формат: ДД.ММ.ГГГГ ЧЧ:ММ);
- **По** – дата и время окончания интервала выгрузки;
- **Окно агрегации (сек)** – интервал усреднения данных в секундах. Например, значение 300 означает агрегацию данных за каждые 5 минут;
- **Формат файла** – формат выгружаемого файла. Доступные варианты: Excel (.xlsx), CSV (.csv);

➤ **Часовой пояс** – выбор часового пояса для временных меток в выгружаемом файле. Доступные варианты: «Локальное время (браузера)» или UTC. Данные в БД хранятся в формате UTC.

После заполнения параметров необходимо нажать кнопку «Скачать файл». Файл с данными будет сформирован и загружен через браузер.



The screenshot shows a dark-themed web interface for data export. At the top, it says 'Экспорт данных' with a small icon. Below are several input fields: 'С:' (From) with the value '12.02.2026, 11:04'; 'По:' (To) with the value '12.02.2026, 12:04'; 'Окно агрегации (сек):' (Aggregation window) with the value '300'; 'Формат файла:' (File format) with a dropdown menu showing 'Excel (.xlsx)'; and 'Часовой пояс:' (Time zone) with a dropdown menu showing 'Локальное время (браузера)'. Below these fields is a small note: 'Данные в БД хранятся в UTC, выберите пояс для отображения'. At the bottom, there is a prominent blue button with a download icon and the text 'Скачать файл'.