

Руководство по эксплуатации  
Программы для ЭВМ Модуль цифровой  
когнитивной платформы «Контроль  
пенообразования флотомашины»



**Руководство по эксплуатации  
Программы для ЭВМ Модуль цифровой когнитивной  
платформы «Контроль пенообразования флотомашины»**

город Москва, 2026

## **Содержание**

1. Введение .....	5
2. Описание интерфейса.....	6
2.1. Авторизация .....	6
2.2. Общий вид дашборда и элементы управления .....	6
2.3. Видеотрансляция .....	7

## Перечень принятых сокращений

В настоящем документе используются следующие сокращения и соответствующие им определения.

<b>Термин/ сокращение</b>	<b>Определение/расшифровка</b>
<b>CV</b>	Computer Vision (компьютерное зрение)
<b>CNN</b>	Convolutional Neural Network (свёрточная нейронная сеть)
<b>OPC UA</b>	Open Platform Communications Unified Architecture – протокол промышленного взаимодействия
<b>Grafana</b>	ПО с открытым исходным кодом для визуализации, мониторинга и анализа данных
<b>HSV</b>	Цветовая модель, описывающая цвет через компоненты: тон (Hue), насыщенность (Saturation) и яркость (Value)
<b>MSE</b>	Media Source Extensions – технология воспроизведения потокового видео в браузере
<b>WebRTC</b>	Web Real-Time Communication – технология передачи потокового видео и аудио в реальном времени через браузер

<b>Термин/ сокращение</b>	<b>Определение/расшифровка</b>
<b>RTSP</b>	Real Time Streaming Protocol – протокол потоковой передачи видеоданных в реальном времени
<b>Modbus TCP</b>	Промышленный протокол связи для обмена данными с контроллерами по сети Ethernet
<b>АСУТП</b>	Автоматическая система управления технологическим процессом
<b>БД</b>	База данных
<b>КИП</b>	Контрольно-измерительные приборы
<b>ОС</b>	Операционная система
<b>ПЛК</b>	Программируемый логический контроллер
<b>ПО</b>	Программное обеспечение
<b>Программа</b>	Модуль цифровой когнитивной платформы «Контроль пенообразования флотомашины»
<b>СУБД</b>	Система управления базами данных
<b>Флотомашина (ФМ)</b>	Флотационная машина – аппарат для разделения мелких твёрдых частиц минералов методом флотации
<b>Дашборд</b>	Интерактивная панель визуализации данных, отображаемая в веб-браузере

## **1. Введение**

Настоящий документ является руководством по эксплуатации программы для ЭВМ Модуль цифровой когнитивной платформы «Контроль пенообразования флотомашины» (далее – «ПО», «Программа»).

Программа предназначена для непрерывного автоматизированного мониторинга и анализа состояния пенного слоя во флотационных машинах на обогатительных производствах. В основе Программы лежит использование камеры и дальномера, подключённых к вычислительному модулю, который обрабатывает данные, непрерывно поступающие с указанных устройств в реальном времени. Все рассчитанные показатели архивируются в базу данных и визуализируются на интерактивном дашборде.

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.

Основным интерфейсом взаимодействия пользователя с Программой является веб-дашборд, доступный через браузер. Для доступа к дашборду необходима авторизация.

## 2. Описание интерфейса

### 2.1 Авторизация

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

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.

### 2.2. 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).

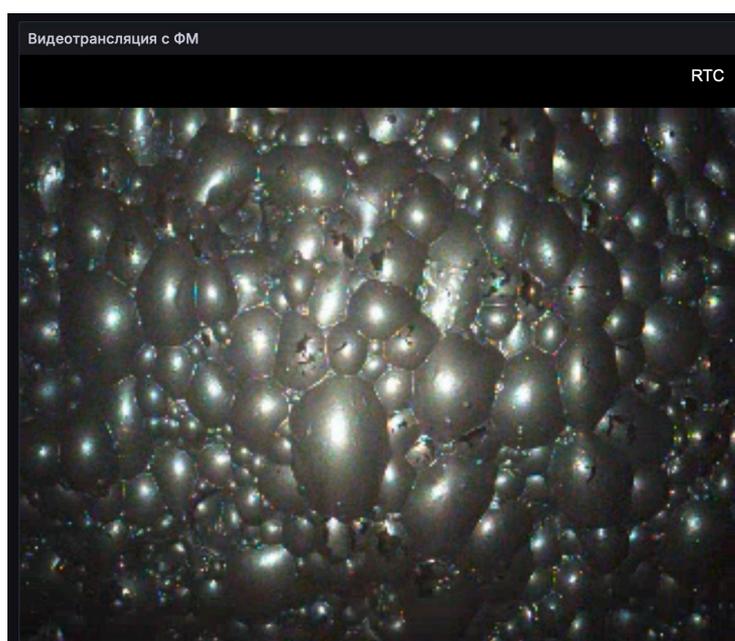


### 2.3. Видеотрансляция

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.



## 2.4. 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 (мм<sup>2</sup>)** – средняя площадь пузыря пенного слоя, рассчитанная на основании детекции пузырей при помощи CNN;

➤ **Объём снимаемой пены (м<sup>3</sup>/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;

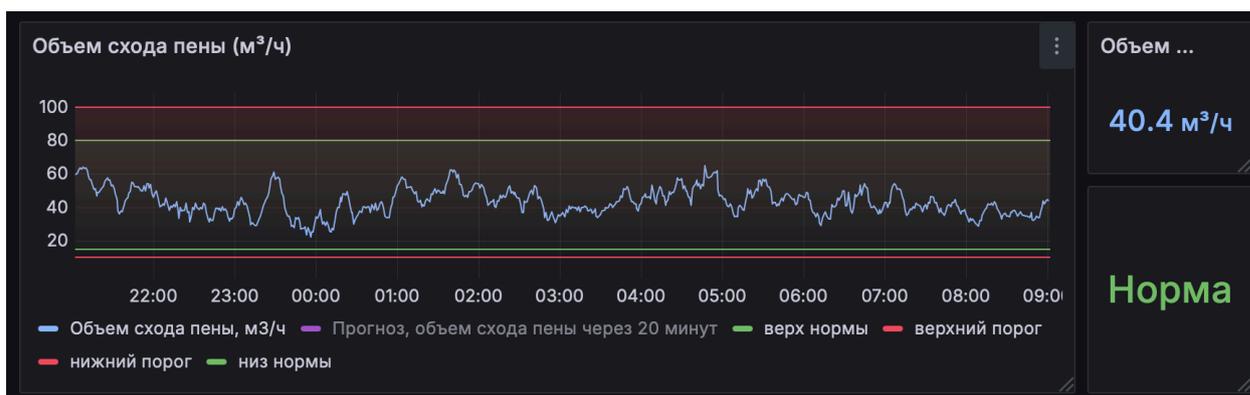
➤ **Статус** показателя относительно заданных нормативных диапазонов. Возможные статусы:

– **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.



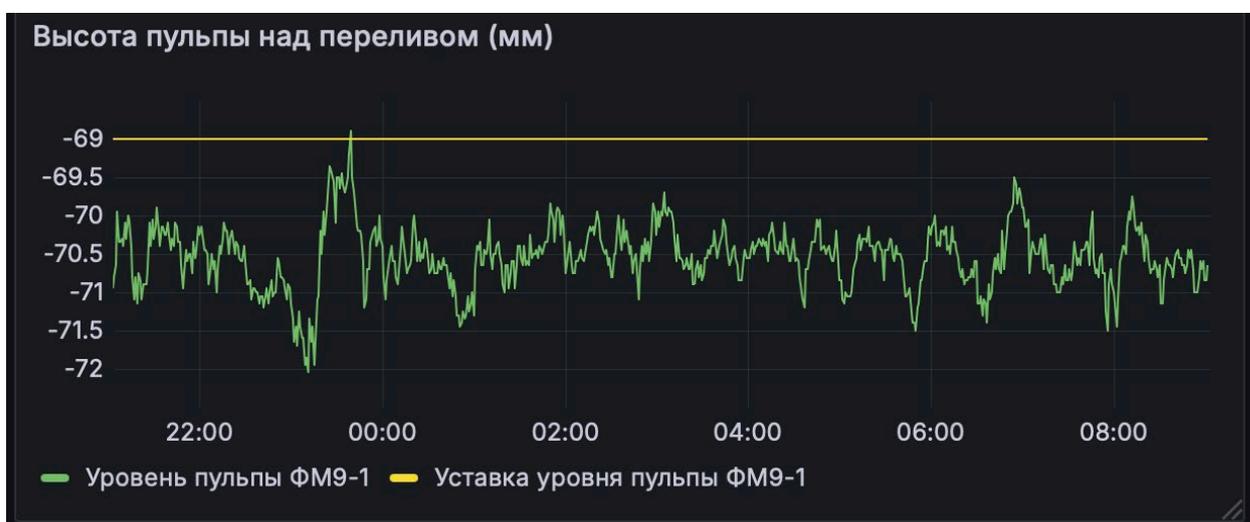


## 2.5. Показатели АСУТП

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.

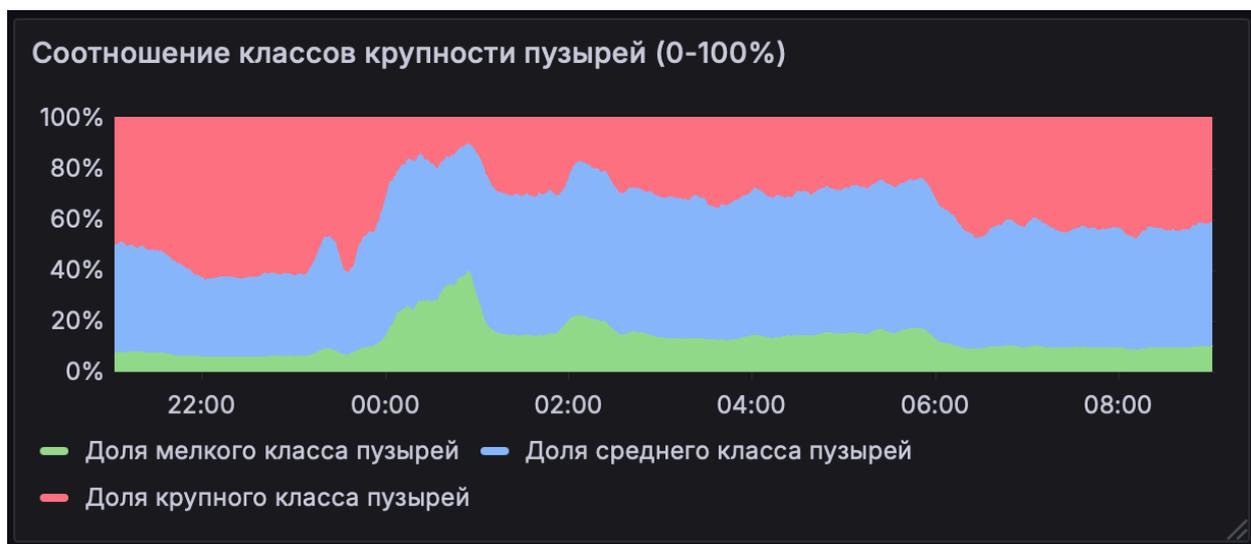


## 2.6. Показатели АСУТП

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.



## 2.7. 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.

## 2.8. 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.



## 2.9. Настройка нормативных значений

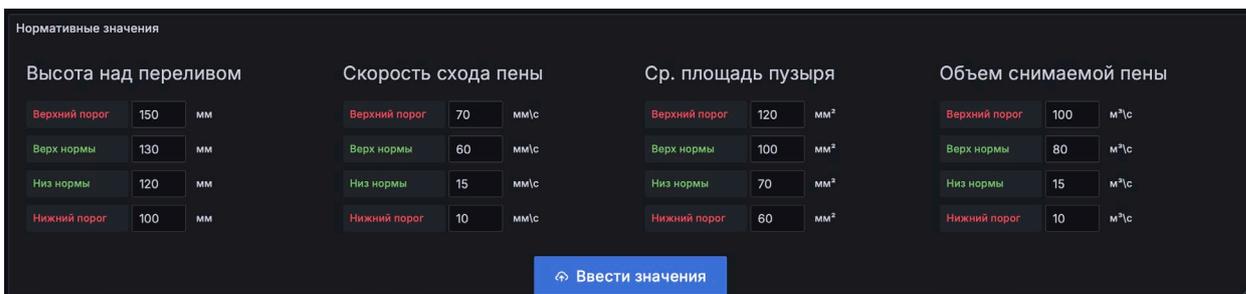
Виджет «Нормативные значения» предназначен для задания пользователем допустимых диапазонов для контролируемых показателей. Виджет содержит четыре группы параметров:

1. **Высота пены над переливом** (мм);
2. **Скорость схода пены** (мм/с);
3. **Ср. площадь пузыря** (мм<sup>2</sup>);
4. **Объём снимаемой пены** (м<sup>3</sup>/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 <sup>2</sup>	Верхний порог	100 м <sup>3</sup> /с
Верх нормы	130 мм	Верх нормы	60 мм/с	Верх нормы	100 мм <sup>2</sup>	Верх нормы	80 м <sup>3</sup> /с
Низ нормы	120 мм	Низ нормы	15 мм/с	Низ нормы	70 мм <sup>2</sup>	Низ нормы	15 м <sup>3</sup> /с
Нижний порог	100 мм	Нижний порог	10 мм/с	Нижний порог	60 мм <sup>2</sup>	Нижний порог	10 м <sup>3</sup> /с

[Ввести значения](#)

## 2.10. 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);

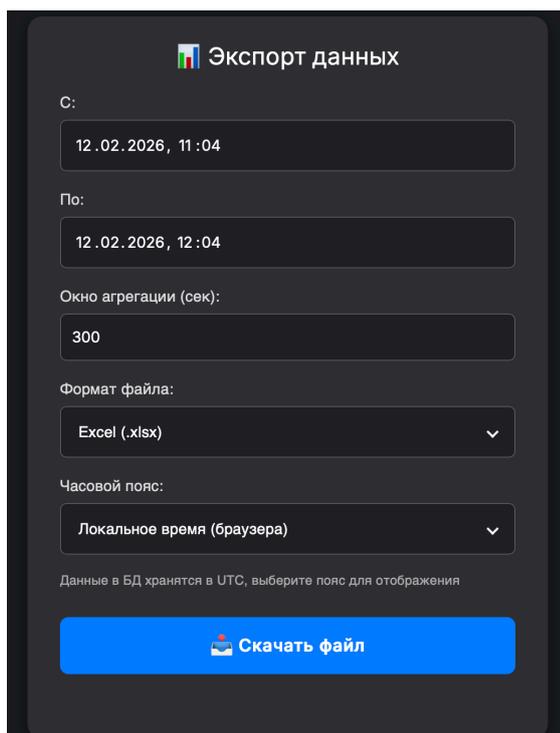
➤ **По** – дата и время окончания интервала выгрузки;

➤ **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 form titled "Экспорт данных" (Export data). It contains several input fields and dropdown menus. The "С:" field is set to "12.02.2026, 11:04". The "По:" field is set to "12.02.2026, 12:04". The "Окно агрегации (сек):" field is set to "300". The "Формат файла:" dropdown is set to "Excel (.xlsx)". The "Часовой пояс:" dropdown is set to "Локальное время (браузера)". At the bottom, there is a blue button with a download icon and the text "Скачать файл". A small note at the bottom of the form reads: "Данные в БД хранятся в UTC, выберите пояс для отображения".