

Описание функциональных характеристик программного  
обеспечения «Автоматизированное управление  
многофункциональным комплексом нанесения покрытий  
газотермическим методом V1.X.»

на 31 листе

Москва, 2023г.

## Содержание

<b>1 Введение.....</b>	<b>3</b>
<b>2 Назначение и условия применения.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Объекты управления программного обеспечения:.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Функциональные возможности программы.....</b>	<b>4</b>
<b>2.3 Программные и аппаратные требования к системе.....</b>	<b>8</b>
<b>3 Состав системы.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Структура программы.....</b>	<b>10</b>
<b>4 Полный функционал системы после окончания разработки.....</b>	<b>16</b>
<b>4.1 Отображения внешнего вида.....</b>	<b>16</b>

## 1 Введение

Программное обеспечение Автоматизированное управление многофункциональным комплексом нанесения покрытий газотермическим методом V1.X.

Краткое название программы: ТСЗП АУ МФК 1.X.

Программное обеспечение "ТСЗП АУ МФК V1.X" предназначено для промышленных программируемых контроллеров, управляющих многофункциональным комплексом нанесения защитных покрытий газотермическим методом компании ТСЗП. Контроллер, под управлением программы, контролирует процесс напыления отслеживая показания датчиков МФК, регулирует состав топливо-воздушной смеси или мощность плазмы для поддержания оптимального режима процесса напыления порошка на металлические поверхности. В программе анализируются входные данные и принимается решение об аварийной остановке системы, если значение какого-то из показаний вышло за пределы нормы.

## **2 Назначение и условия применения**

### **2.1 Объекты управления программного обеспечения:**

1. Пульт управления установкой напыления.
2. Шкаф управления установкой напыления.
3. Шкаф газоподготовки.
4. Шкаф подачи топлива.
5. Блок коммутации (Delta).
6. Блок коммутации (F4/K2).
7. Блок контроля качества воды.
8. Питатель порошка.
9. Охладитель.
10. Источник тока F4/F1.
11. Источник тока Delta.
12. Шкаф управления роботом KRC 4.
13. Замок двери шумозащитной камеры.
14. Устройство контроля уровня газа.

### **2.2 Функциональные возможности программы**

По заложенной программе контроллер ОВЕН обрабатывает данные, поступающие от периферийных устройств (датчики, электронные расходомеры, кнопки пульта и т.д.) через модули ввода и через модули вывода управляет исполнительными механизмами.

Параметры выполняемого процесса обрабатываются программой и наглядно отображаются на сенсорной панели оператора ОВЕН. На панели оператора в программу задаются следующие режимы работы комплекса

- выбор типа плазмотрона (горелки) для напыления (F1; F4; Delta; K2);
- расход плазмообразующих газов (Ar, H<sub>2</sub> ; л/мин);
- расход транспортирующего газа (Ar; л/мин);

- расход кислорода (O<sub>2</sub>; л/мин);
- расход топлива (л/мин);
- параметры источника тока (ток; А);
- обороты миксера и диска питателя порошка (об/мин).

Задание параметров, процесса напыления, в программу, осуществляется с помощью панели оператора. На панели оператора в реальном режиме времени отображаются параметры работы комплекса.

Во время проведения процесса напыления на панели оператора отображаются следующие параметры:

- входное давление газов (Ar, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, воздух; бар);
- входное давление топлива;
- проток воды;
- температура воды на входе;
- температура воды на выходе;
- графики расхода газов, топлива.

На пульте управления находятся кнопки и лампы, сигналы с кнопок обрабатываются программой производя соответствующие кнопкам действия, а лампы индикации сигнализируют выполнение этих действий и ошибку в случае её возникновения.

В программе предусмотрены режимы работы, автомат, ручной и экономичный. В режиме автомат после нажатия кнопки старт при условии без аварийного состояния, комплекс согласно заданному программой алгоритму после достижения параметров необходимых для поджига произведёт его образовав плазму или горение распылённой смеси керосина с кислородом и выйдет в рабочий режим (согласно параметрам, заданных оператором). В ручном режиме после нажатия кнопки старт при условии без аварийного состояния, комплекс согласно заданному программой алгоритму выводит комплекс к готовности поджога для образования плазмы или горения распылённой смеси керосина с кислородом, который

можно совершить нажатием соответствующей кнопки, после удачного поджига, при повторном нажатии кнопки старт комплекс выйдет в рабочий режим (согласно параметрам, заданных оператором). При экономичном режиме, в момент перехода, в рабочий режим, комплекс будет поддерживать пламя, не выходя в рабочий режим (согласно параметрам, заданных оператором), до момента, отключения экономичного режима, путём повторного нажатия соответствующей кнопки. Аналогично, при включении экономичного режима в момент осуществления рабочего режима (согласно параметрам, заданных оператором) комплекс будет поддерживать пламя задав параметры, соответствующие экономичному режиму.

Программа считает число запусков комплекса, время работы сопла, (для анализа продолжительности работы плазмотрона), оперативное время наработки, время работы питателя порошка, общий расход газов и топлива.

Установка параметров поджига горелок, экономичного пламени, критических ошибок и граничных установок производится на панели оператора через соответствующее меню в энергонезависимую память контроллера.

Программой предусмотрена работа с «Рецептами», что позволяет сохранять заданные параметры технологического процесса в память панели оператора, загружать данные в память контроллера и выгружать данные из контроллера в память панели.

В целях обеспечения безопасности рабочего персонала и оборудования, комплекс оснащен системой автоматической блокировки при неисправности.

Большинство возможных ошибок будет отражено на панели оператора в виде специальных сообщений. Однако, если оператор подтверждает сообщение об ошибке без устранения ее причин, сообщение появится вновь.

Программа определяет неисправности и аварии, выводимые на панель оператора в виде аварийных сообщений:

- Критическая температура на вводе K2;
- Критическая температура воды на выводе K2;
- Критическая расход воды K2;
- Критически низкое давление (Керосин ввод);
- Критически низкое давление (Кислород ввод);
- Критически высокое давление в камере сгорания;
- Критическая температура на вводе F4;
- Критическая температура воды на выводе F4;
- Критическая расход воды F4;
- Критически высокая мощность F1 более 25 кВт;
- Критически низкое напряжение F4;
- Ток не выходит на величину заданного значения F4;
- Критическая температура на вводе DELTA;
- Критическая температура воды на выводе DELTA;
- Критическая расход воды на вводе DELTA (АНОД 1);
- Критическая расход воды на вводе DELTA (АНОД 2);
- Критическая расход воды на вводе DELTA (АНОД 3);
- Критическая расход воды на выводе DELTA;
- На источнике тока DELTA имеется напряжение при несоблюдении условий, разрешающих его запуск;
- Критическая разница в напряжениях на анодах;
- Авария чиллера;
- Неисправность керосиновой помпы;
- Внешняя авария;
- Низкий уровень воды в чиллере;
- Уровень концентрации газа в ШЗК превышен;
- Уровень концентрации газа в ШГП превышен;

- Авария деминерализатора;
- Авария вентиляции;
- Критическая проводимость воды;
- Критически большое давление (Водород ввод);
- Критически высокое давление (Ввод аргона);
- Критически высокое давление (Питатель порошка №1);
- Критически высокое давление (Питатель порошка №2);
- Критически высокое давление (Питатель порошка №3);
- Критически высокое давление (Сжатый воздух ввод);
- Критически высокое давление (Сжатый воздух вывод);
- Критически низкое давление (Водород ввод);
- Критически низкое давление (Ввод аргона);
- Критически низкое давление (Сжатый воздух ввод);
- Критически низкое давление (Сжатый воздух вывод).

Все сообщения комплекса для нанесения покрытий записываются в меню «Архив сообщений» и могут быть вызваны при необходимости. В «Архив сообщений» записываются как информационные, так и аварийные сообщения.

Программами предусмотрено меню диагностики предназначенное для проведения пусконаладочных работ и настройки оборудования. В данном меню возможно осуществить настройку источников тока, произвести настройку ПИД регулирования для системы подачи топлива горелки K2 и произвести выборочное включение клапанов и задание расходов расходомеров.

### **2.3 Программные и аппаратные требования к системе**

Языки программирования, применявшиеся при разработке ПО:

- LD; ST; C#.

Среда разработки ПО:

Для контроллера ОВЕН используется программа, разработанная в среде программирования «CODESYS V3.5», которая позволяет с помощью данной программы осуществлять автоматизированное управление многофункциональным комплексом нанесения покрытий газотермическим методом и обратную связь с панелью оператора ОВЕН.

Конфигурирование панелей ОВЕН СПЗхх осуществляется в среде «Конфигуратор СП300», программа, разработанная в данной среде, создаёт требуемый интерфейс для управления многофункциональным комплексом нанесения покрытий газотермическим методом и осуществляет обратную связь с контроллером ОВЕН.

Для корректной работы с платформой необходима следующая конфигурация автоматизированного рабочего места пользователя:

- ОС Windows 10/11 (64 bit);
- Процессор intel atom 2,2 ГГц не менее;
- Оперативная память 4 ГБ не менее;
- Жесткий диск HDD 2 Гб не менее.Необходимое

## 3 Состав системы

### 3.1 Структура программы

Структура программы состоит из следующих модулей и действий:  
DELTA\_MODE – Модуль, назначением которого является управление комплексом объектов для работы плазматрона DELTA.

ERROR\_DELTA – Действие, осуществляющее контроль над комплексом объектов системы DELTA. Позволяет определить отклонения и ошибки в работе, предотвращает работу при наличии не устранённых неисправностей.

Water\_DELTA – Действие, осуществляющее измерение и контроль над водяным контуром плазматрона DELTA. Позволяет определить отклонения и ошибки в работе, предотвращает работу при наличии не устранённых неисправностей. Осуществляет управление исполнительными механизмами.

Work\_time\_DELTA – Действие, осуществляющее счёт времени работы плазматрона DELTA, времени подачи порошка и времени оперативной наработки.

GAS\_DELTA – Действие, осуществляющее управление исполнительными механизмами распределяющие потоки газов в требуемой последовательности для работы системы DELTA.

Power\_source\_DELTA – Действие, осуществляющее управление источником тока DELTA. Рассчитывает текущую мощность источника тока DELTA. Определяет момент достижения заданной величины тока.

Ignition\_DELTA – Действие, осуществляющее поджиг плазмы. Предоставляет разрешение на выполнение поджига и определяет образование плазмы. Считает количество удачных поджигов.

Flow\_DELTA – Действие, осуществляющее выбор количественного расхода газов и величины тока источника системы DELTA, в определённый момент времени или события.

DELTA – Действие, осуществляющее управление и переключение режимов работы системы DELTA. Определяет количество запусков в работу системы DELTA.

DIAGNOSTICS\_MODE – Модуль, назначением которого является возможность в режиме диагностики, осуществить настройку источников тока, ПИД регулирования для системы подачи топлива горелки K2 и выполнение выборочного включения клапанов и задание расходов расходомеров.

Test\_Flow – Действие, осуществляющее возможность задания расхода любому расходомеру в режиме диагностики.

Test\_simulation – Действие, осуществляющее возможность настройки источников тока, ПИД регулирования для системы подачи топлива горелки K2 в режиме диагностики.

Test\_valve – Действие, осуществляющее возможность управления исполнительными механизмами распределяющие потоки газов, воды и топлива.

F4\_MODE – Модуль, назначением которого является управление комплексом объектов для работы плазматрона F4.

Water\_F4 – Действие, осуществляющее измерение и контроль над водяным контуром плазматрона F4. Позволяет определить отклонения и ошибки в работе, предотвращает работу при наличии не устранённых неисправностей. Осуществляет управление исполнительными механизмами.

ERROR\_F4 – Действие, осуществляющее контроль над комплексом объектов системы F4. Позволяет определить отклонения и ошибки в работе, предотвращает работу при наличии не устранённых неисправностей.

Work\_time\_F4 – Действие, осуществляющее счёт времени работы плазматрона F4, времени подачи порошка и времени оперативной наработки.

GAS\_F4 – Действие, осуществляющее управление исполнительными механизмами распределяющие потоки газов в требуемой последовательности для работы системы F4.

Power\_source\_F4 – Действие, осуществляющее управление источником тока F4. Рассчитывает текущую мощность источника тока F4. Определяет момент достижения заданной величины тока.

Ignition\_F4 – Действие, осуществляющее поджиг плазмы. Предоставляет разрешение на выполнение поджига и определяет образование плазмы. Считает количество удачных поджигов.

Flow\_F4\_F1 – Действие, осуществляющее выбор количественного расхода газов и величины тока источника системы F4, в определённый момент времени или события.

F4 – Действие, осуществляющее управление и переключение режимов работы системы F4. Определяет количество запусков в работу системы F4.

K2\_MODE – Модуль, назначением которого является управление комплексом объектов для работы горелки K2.

ERROR\_K2 – Действие, осуществляющее контроль над комплексом объектов системы K2. Позволяет определить отклонения и ошибки в работе, предотвращает работу при наличии не устранённых неисправностей.

Water\_K2 – Действие, осуществляющее измерение и контроль над водяным контуром горелки K2. Позволяет определить отклонения и ошибки в работе, предотвращает работу при наличии не устранённых неисправностей. Осуществляет управление исполнительными механизмами.

Work\_time\_K2 – Действие, осуществляющее счёт времени работы горелки K2, времени подачи порошка и времени оперативно наработки.

Kerosene\_K2 – Действие, осуществляющее управление исполнительными механизмами подачи топлива для работы системы K2.

Oxygen\_K2 – Действие, осуществляющее управление исполнительными механизмами подачи кислорода для работы системы K2.

Ignition\_K2 – Действие, осуществляющее поджиг смеси керосина с кислородом. Предоставляет разрешение на выполнение поджига.

Flow\_K2 – Действие, осуществляющее выбор количественного расхода топлива и кислорода системы K2, в определённый момент времени или события.

K2 – Действие, осуществляющее управление и переключение режимов работы системы K2.

PLC\_PRG – Модуль, назначением которого является: активация выбранного режима; преобразование входных и выходных сигналов всех объектов комплекса; работа с рецептами; управление общими объектами для каждой из систем; подсчёт общего количественного расхода; оптимизация работы с панелью оператора; обработка ошибок и отклонений; управление системой питателя порошка; ввод придельных значений для безопасной работы комплекса; активация экономичного режима.

AI\_Gas\_Argon – Действие, осуществляющее преобразование сигналов от измерительных устройств в конкретную физическую величину по линии аргона.

AI\_Gas\_Hydrogen – Действие, осуществляющее преобразование сигналов от измерительных устройств в конкретную физическую величину по линии водорода.

AI\_Power\_source\_DELTA – Действие, осуществляющее преобразование сигналов от измерительных устройств в конкретную физическую величину от источника тока DELTA.

AI\_Power\_source\_F4 – Действие, осуществляющее преобразование сигналов от измерительных устройств в конкретную физическую величину от источника тока F4.

AI\_Gas\_K2 – Действие, осуществляющее преобразование сигналов от измерительных устройств в конкретную физическую величину по линии кислорода и керосина.

AI\_Pressure\_in\_the\_combustion\_chamber\_K2 – Действие, осуществляющее преобразование сигналов от измерительных устройств в конкретную физическую величину от камеры сгорания K2.

AI\_Switching\_unit\_DELTA – Действие, осуществляющее преобразование сигналов от измерительных устройств в конкретную физическую величину по водяному контуру DELTA.

AI\_Switching\_unit\_F4 – Действие, осуществляющее преобразование сигналов от измерительных устройств в конкретную физическую величину по водяному контуру F4.

AI\_Switching\_unit\_K2 – Действие, осуществляющее преобразование сигналов от измерительных устройств в конкретную физическую величину по водяному контуру K2.

AI\_Demineralizer – Действие, осуществляющее преобразование сигналов от измерительных устройств в конкретную физическую величину от деминерализатора.

AI\_Argon – Действие, осуществляющее преобразование сигналов от измерительных устройств в конкретную физическую величину по линии аргона (Питатель порошка).

AI\_Compressed\_air – Действие, осуществляющее преобразование сигналов от измерительных устройств в конкретную физическую величину по линии сжатого воздуха.

AO\_Argon\_and\_hydrogen\_F4\_DELTA – Действие, осуществляющее преобразование и подачу сигнала на исполнительные устройства по линии аргона и водорода.

AO\_Power\_source\_DELTA – Действие, осуществляющее преобразование и подачу сигнала на исполнительные устройства источника тока DELTA.

AO\_Power\_source\_F4 – Действие, осуществляющее преобразование и подачу сигнала на исполнительные устройства источника тока F4.

AO\_Oxygen\_and\_kerosene\_K2 – Действие, осуществляющее преобразование и подачу сигнала на исполнительные устройства по линии кислорода и керосина.

AO\_Argon – Действие, осуществляющее преобразование и подачу сигнала на исполнительные устройства по линии аргона (Питатель порошка).

AO\_Powder\_Feeder – Действие, осуществляющее преобразование и подачу сигнала на привод миксера (Питатель порошка).

Ventilation – Действие, осуществляющее управление вентиляцией.

Door – Действие, осуществляющее управление замком двери шумозащитной камеры.

Demineralizer – Действие, осуществляющее управление деминерализатора.

Lamp\_Powder\_feeder – Действие, осуществляющее подачу сигнала на лампы индикации работы дисков (Питатель порошка).

Lamp\_Remote\_Control – Действие, осуществляющее подачу сигнала на лампы пульта управления.

FLOW\_ALL – Действие, осуществляющее подсчёт общего количественного расхода.

Optimization – Действие, осуществляющее оптимизацию работы с панелью оператора.

ERROR\_Alarm – Действие, осуществляющее контроль над работой комплекса. Позволяет определить отклонения и ошибки в работе, предотвращает работу при наличии не устранённых неисправностей.

Byte\_permutation – Действие, осуществляющее оптимизацию работы с панелью оператора.

Flow\_Powder\_Feeder – Действие, осуществляющее выбор количественного расхода аргона в определённый момент времени или события (Питатель порошка).

Powder\_Feeder – Действие, осуществляющее управление системой питателя порошка. Производит включение миксера и привода дисков в определённый момент времени, а также выполняет регулировку и преобразования привода дисков (Питатель порошка).

Set\_point – Действие, осуществляющее ввод предельных значений для безопасной работы комплекса.

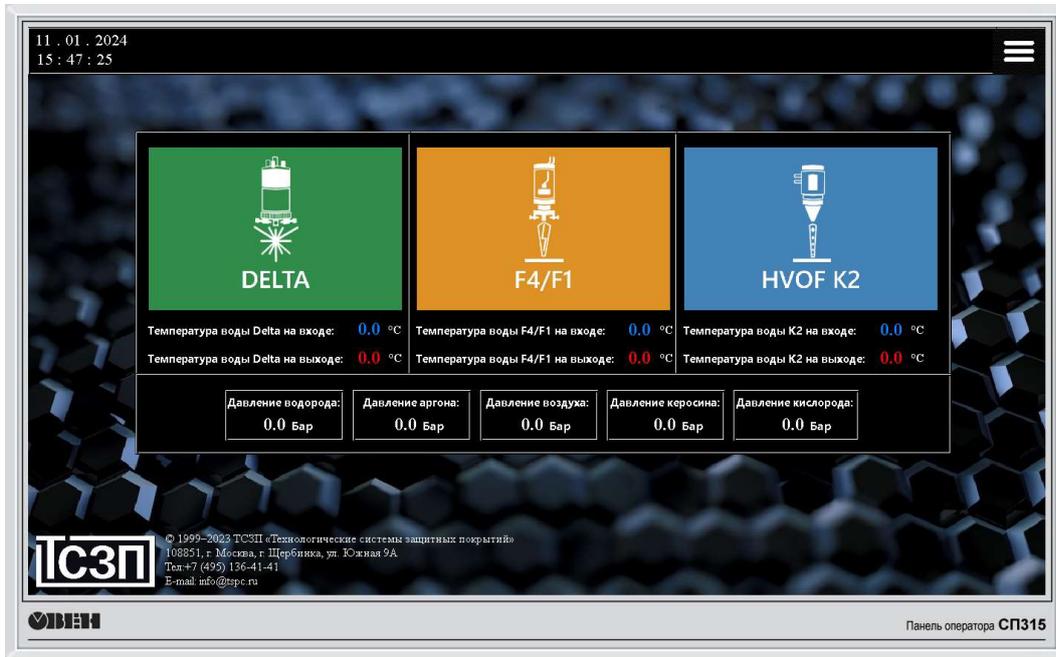
Compressed\_air – Действие, осуществляющее управление

Economy\_mode – Действие, осуществляющее активацию экономичного режима.

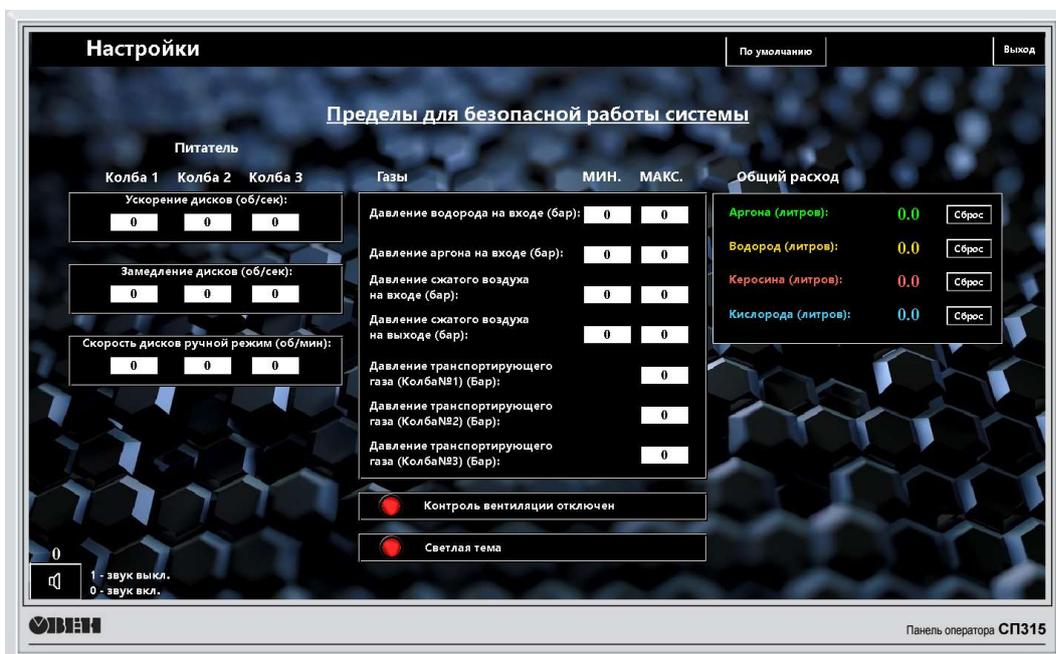
## 4 Полный функционал системы после окончания разработки

### 4.1 Отображения внешнего вида

- Главный экран

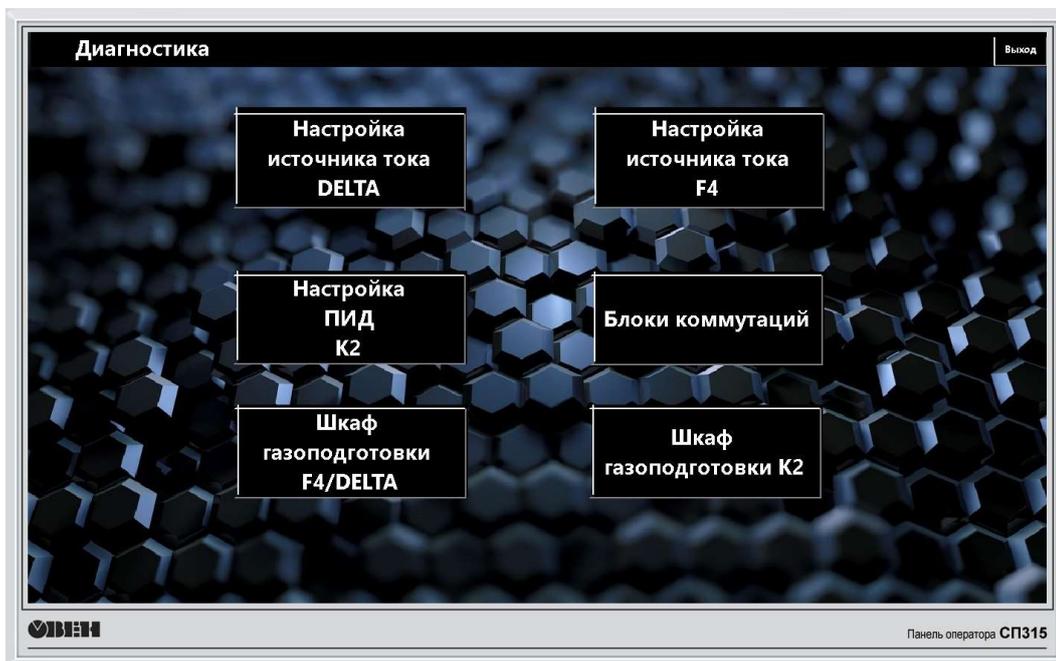


- Настройки

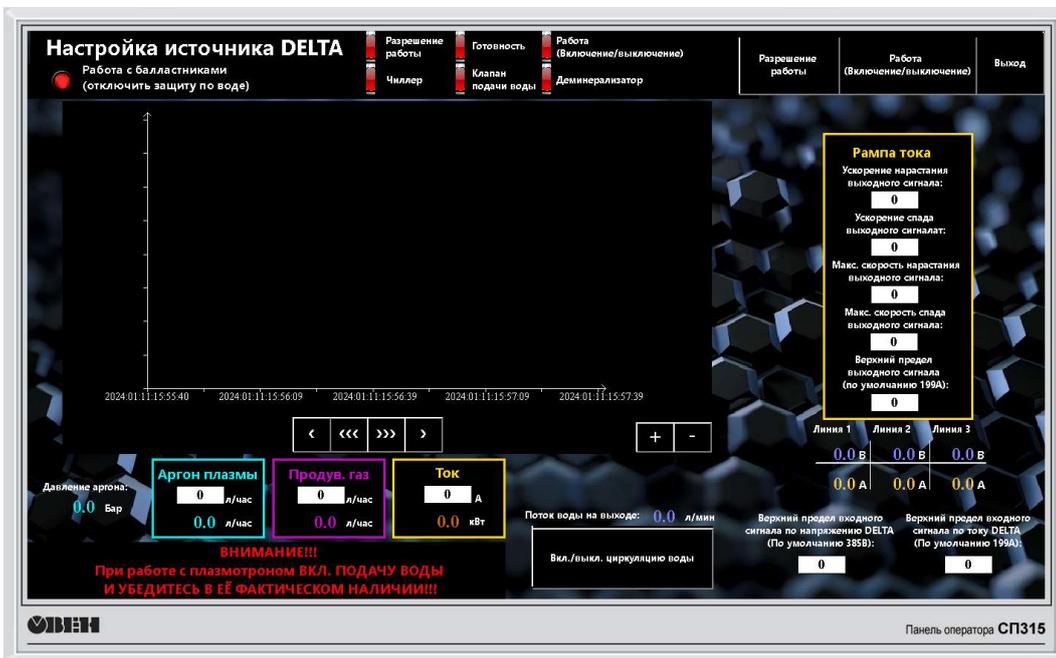




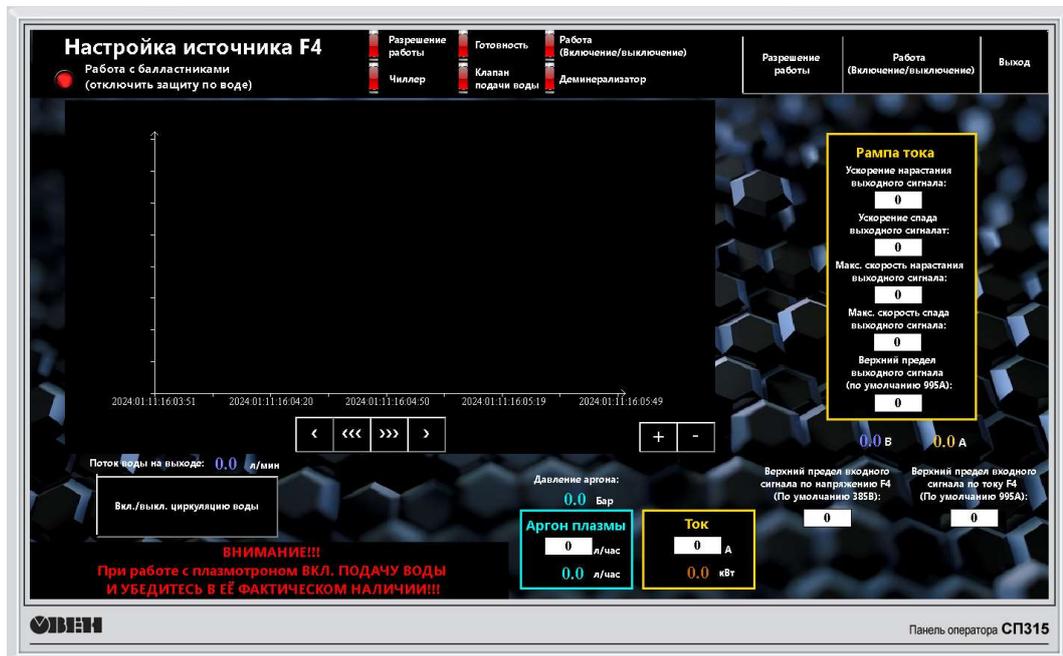
- Диагностика



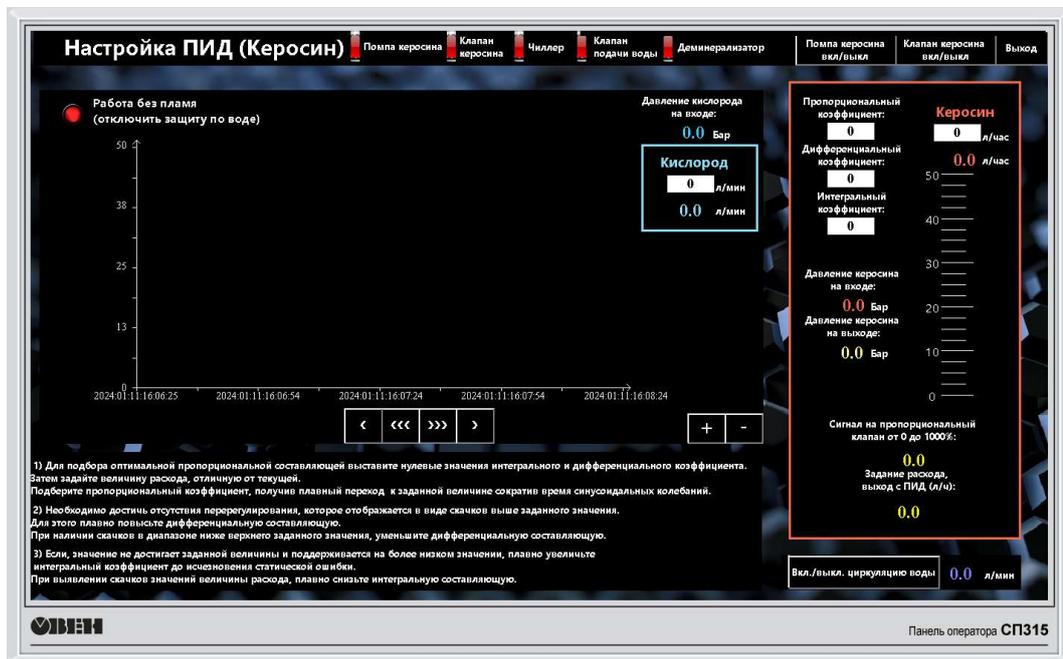
- Настройка источника DELTA



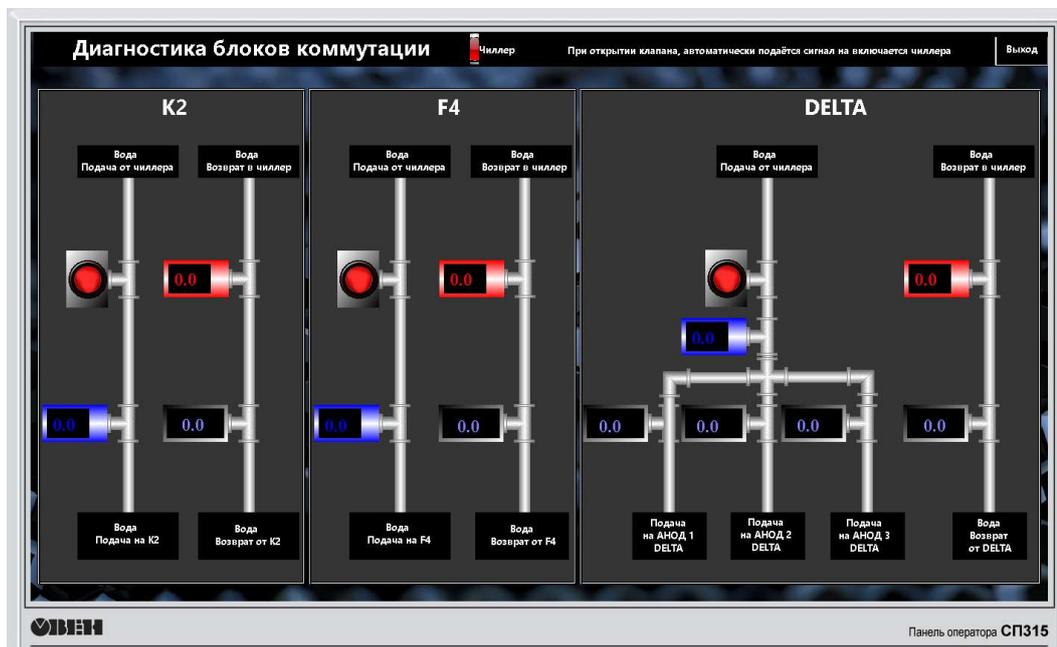
- Настройка источника F4



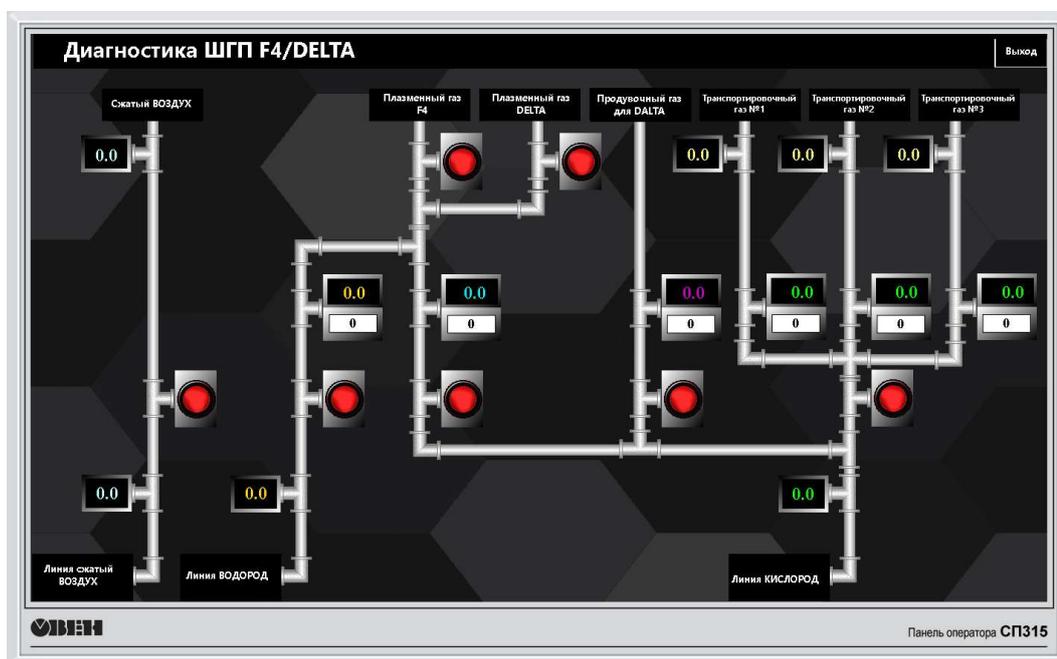
- Настройка ПИД (Керосин)



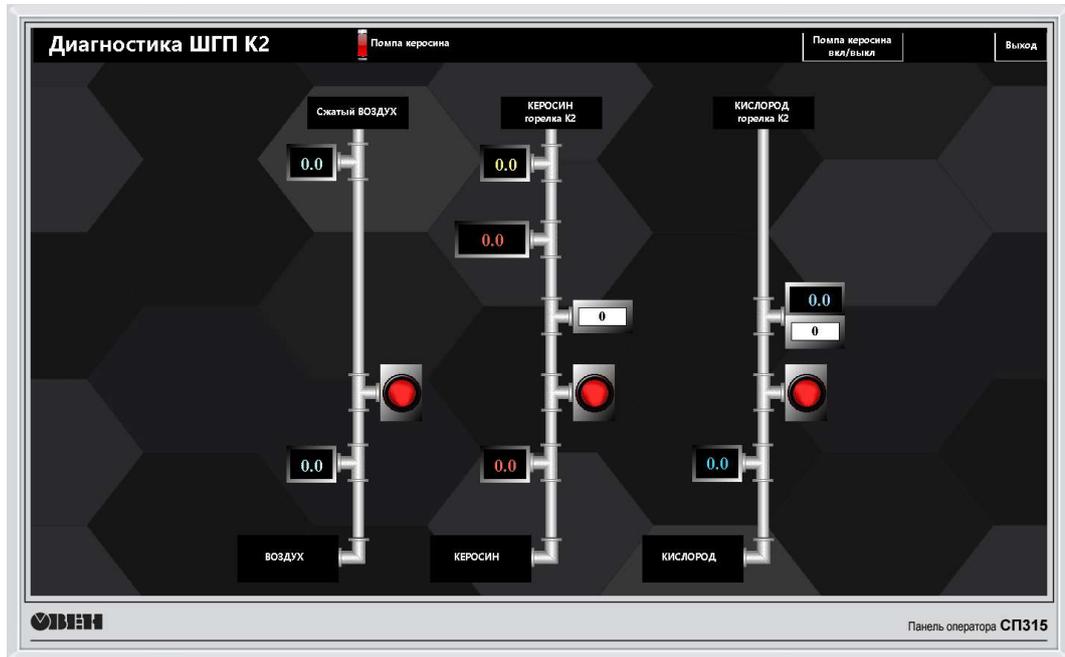
- Диагностика блоков коммутации



- Диагностика ШГП F4/DELTA



- Диагностика ШГП К2



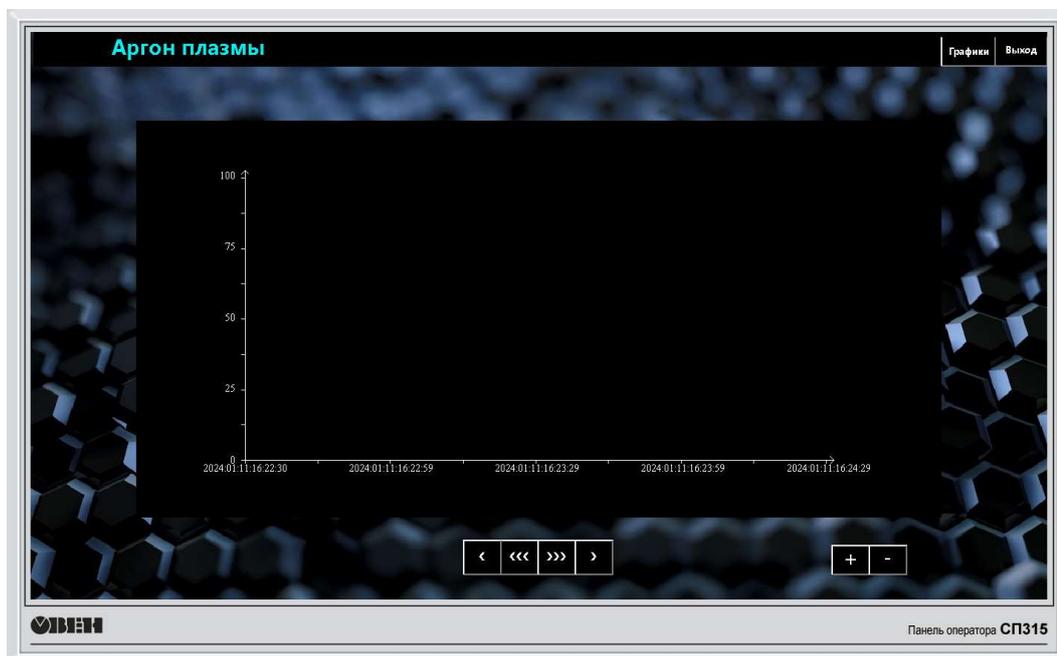
- Система DELTA



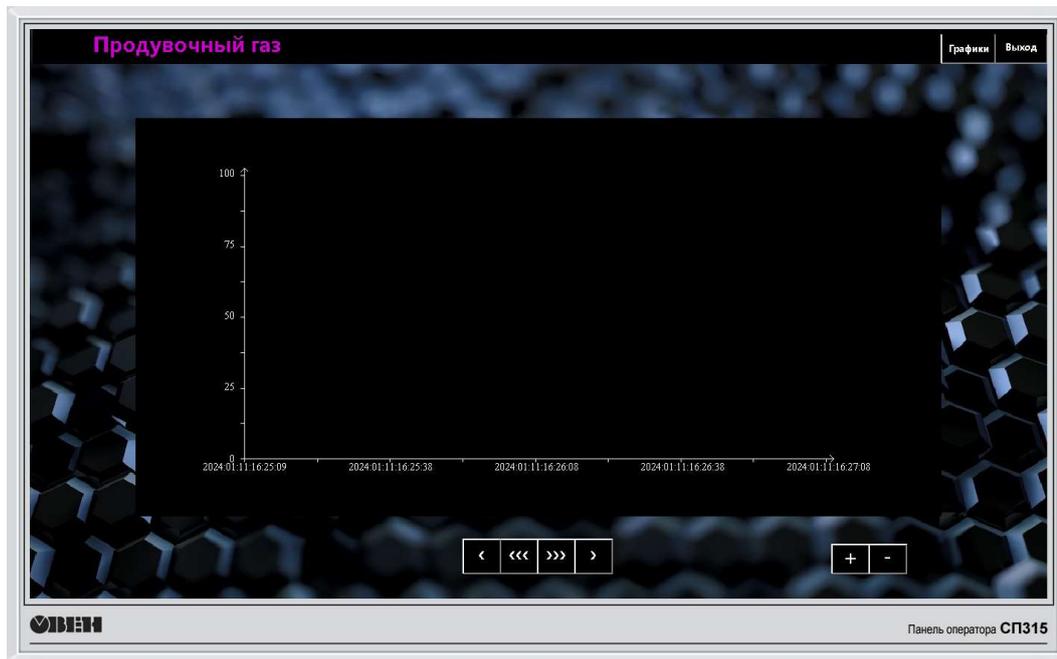
- Контур охлаждения DELTA



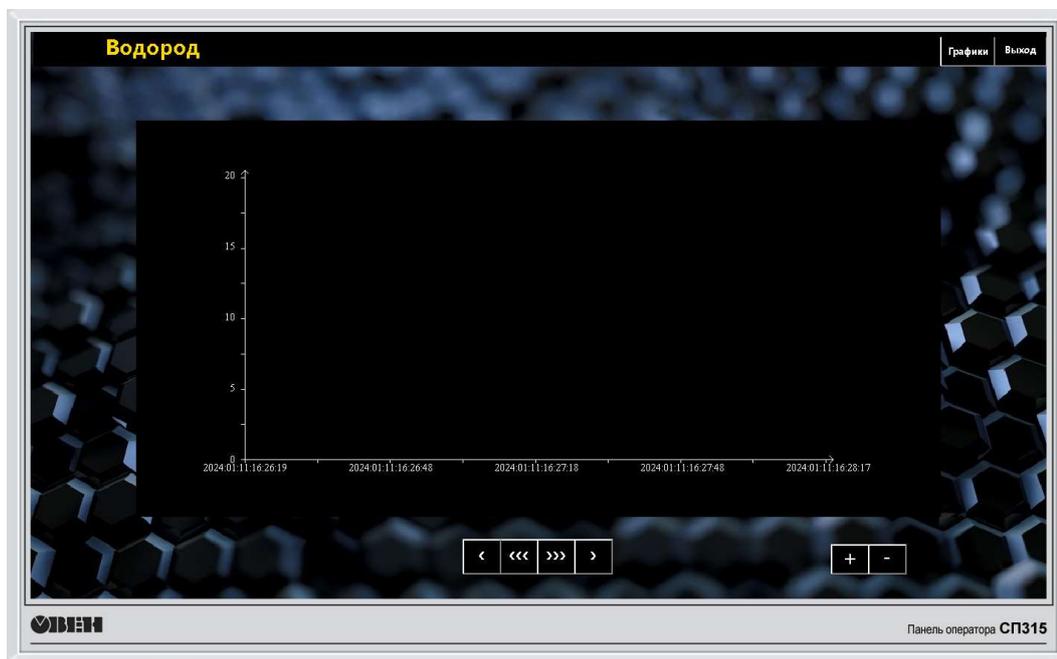
- График аргон плазмы



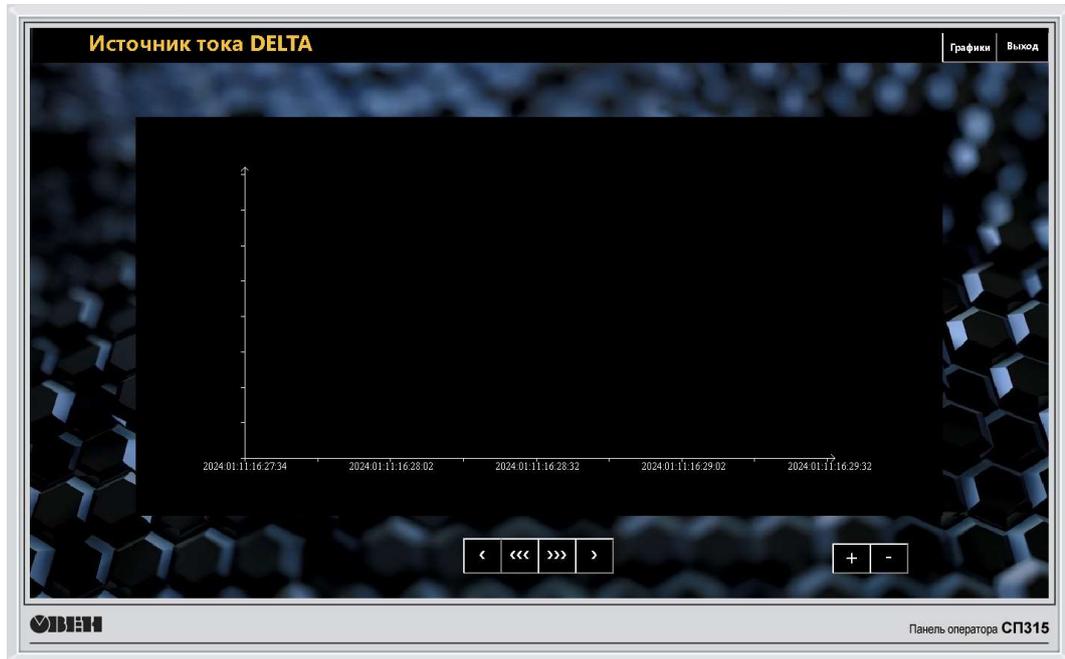
- График продувочный газ



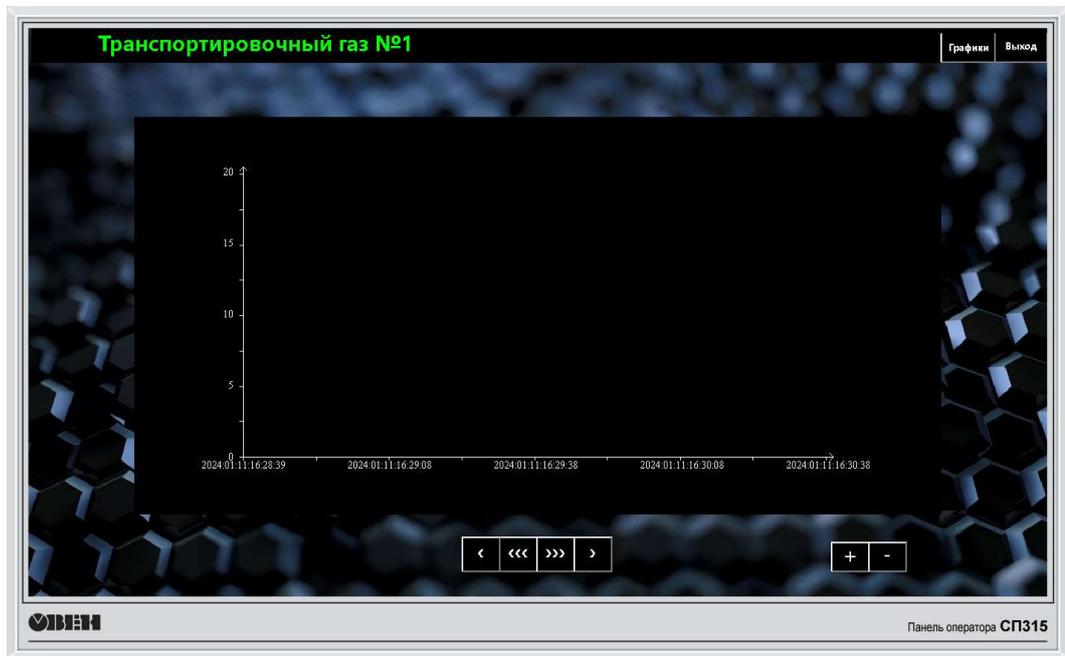
- График водород



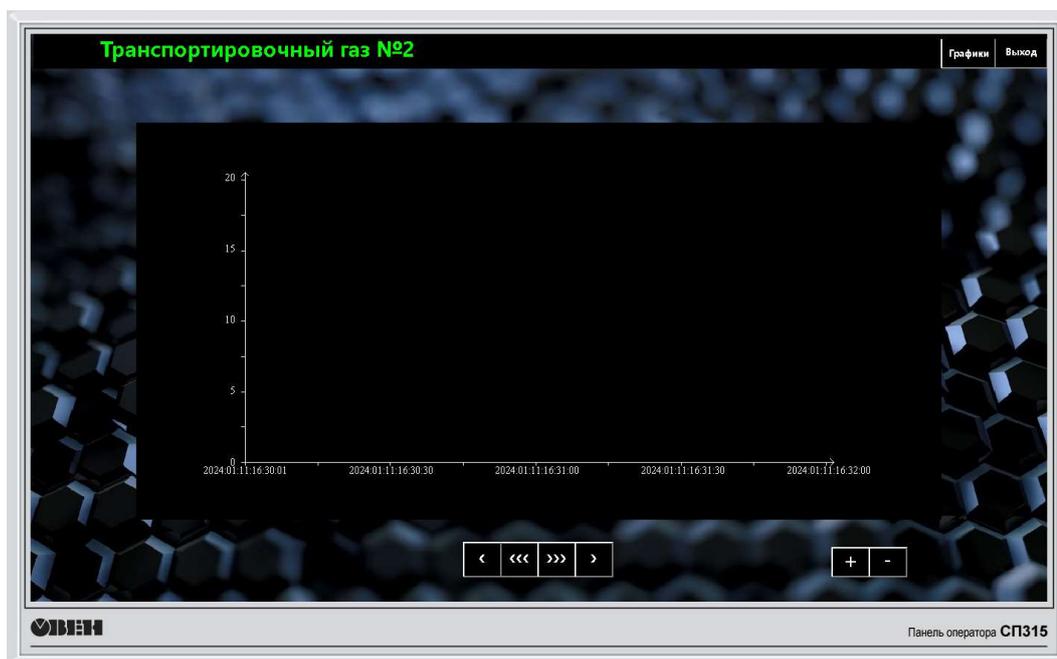
- График источника тока DELTA



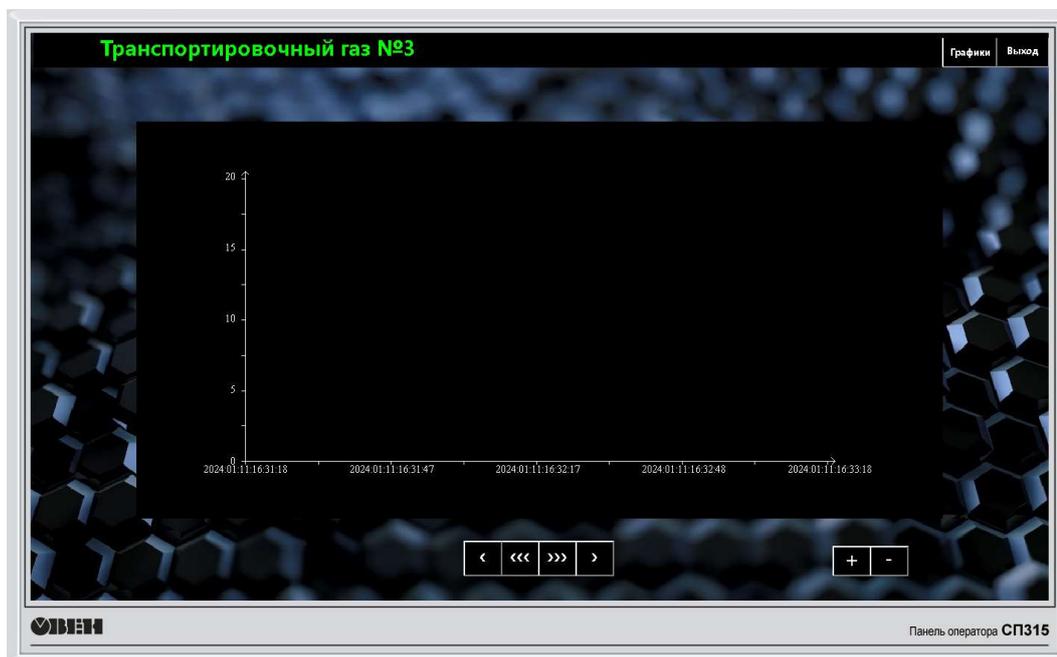
- График транспортировочный газ №1



- График транспортировочный газ №2



- График транспортировочный газ №3

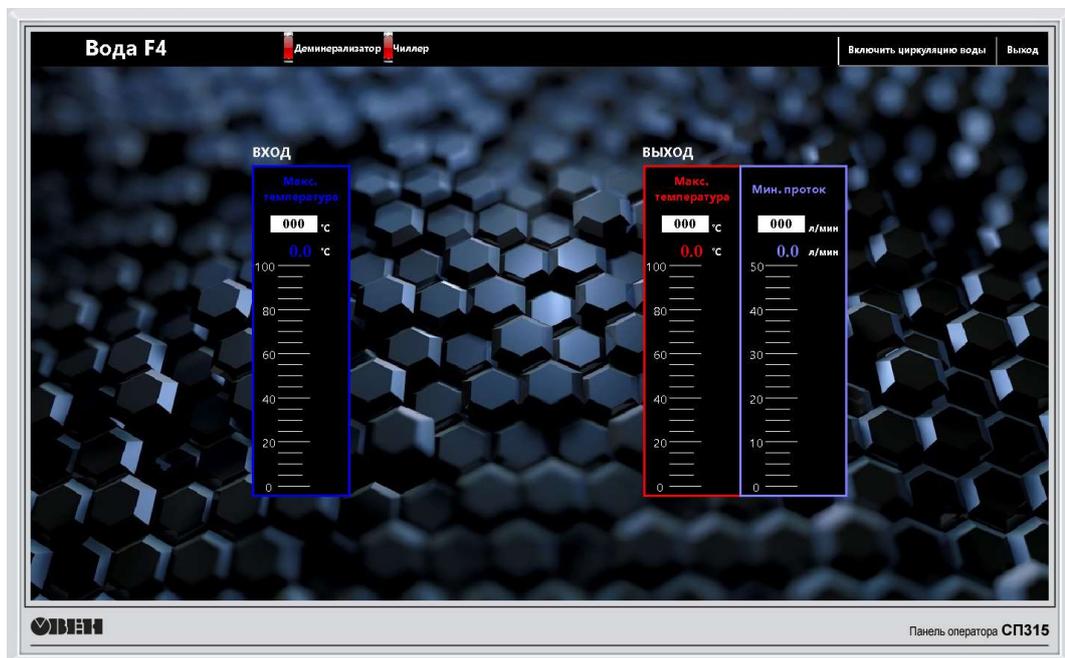




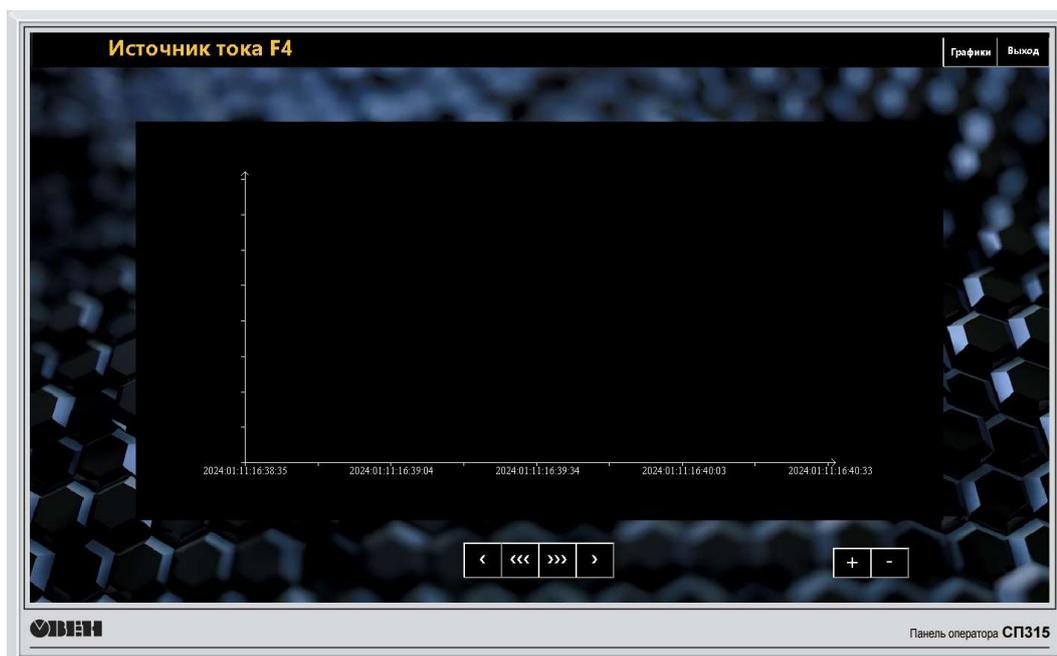
- Система F4



- Контур охлаждения F4



- График источника тока F4/F1

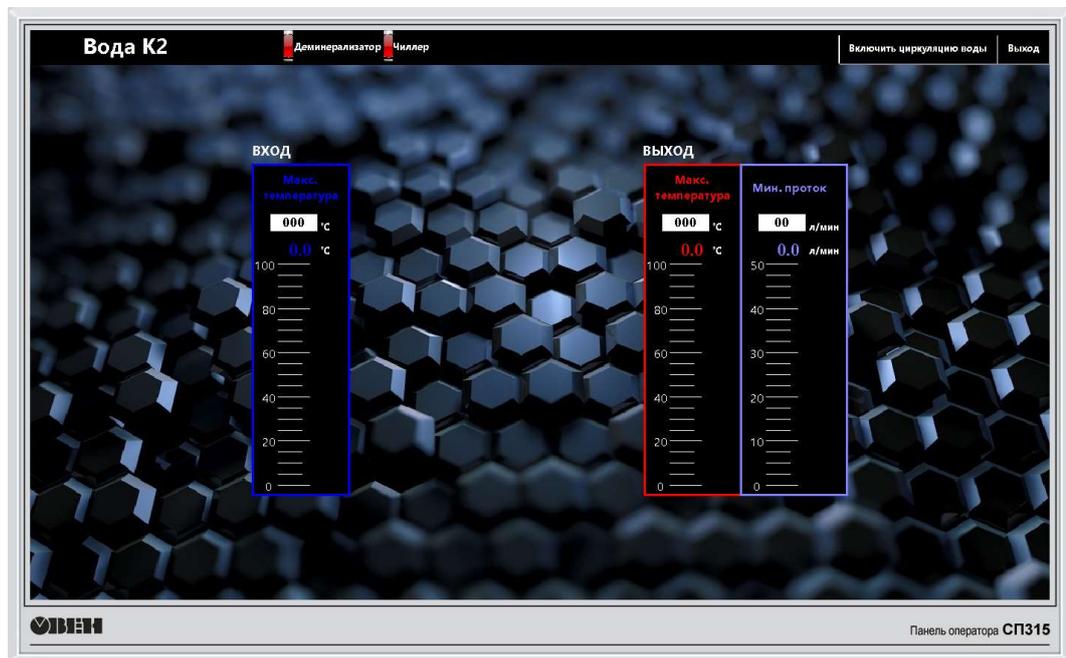


- Настройки F4/F1

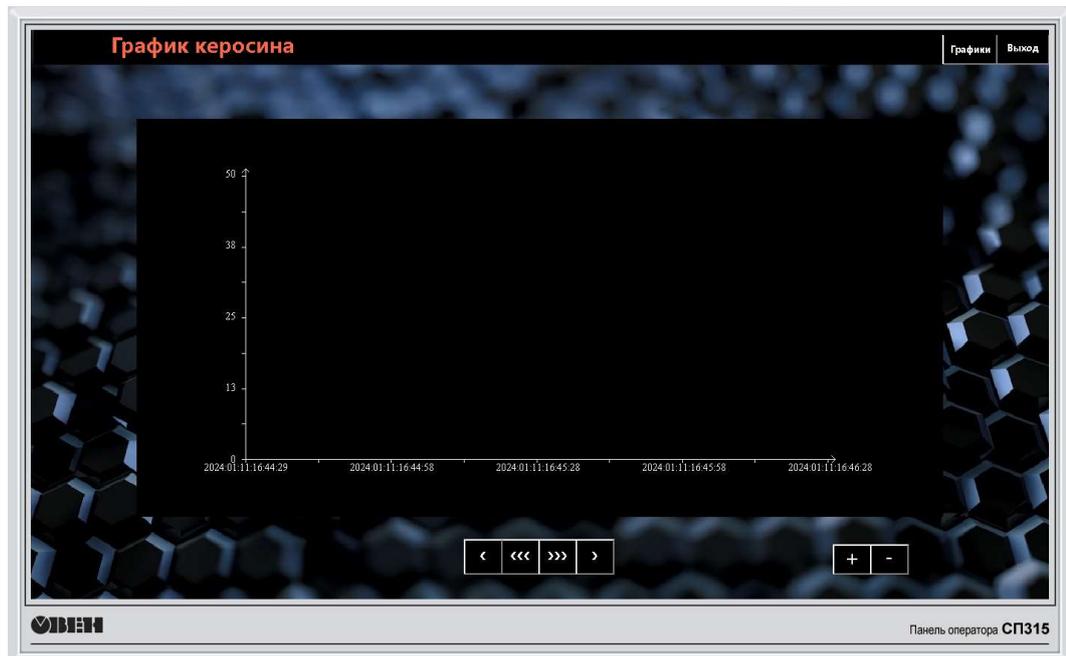
- Система K2



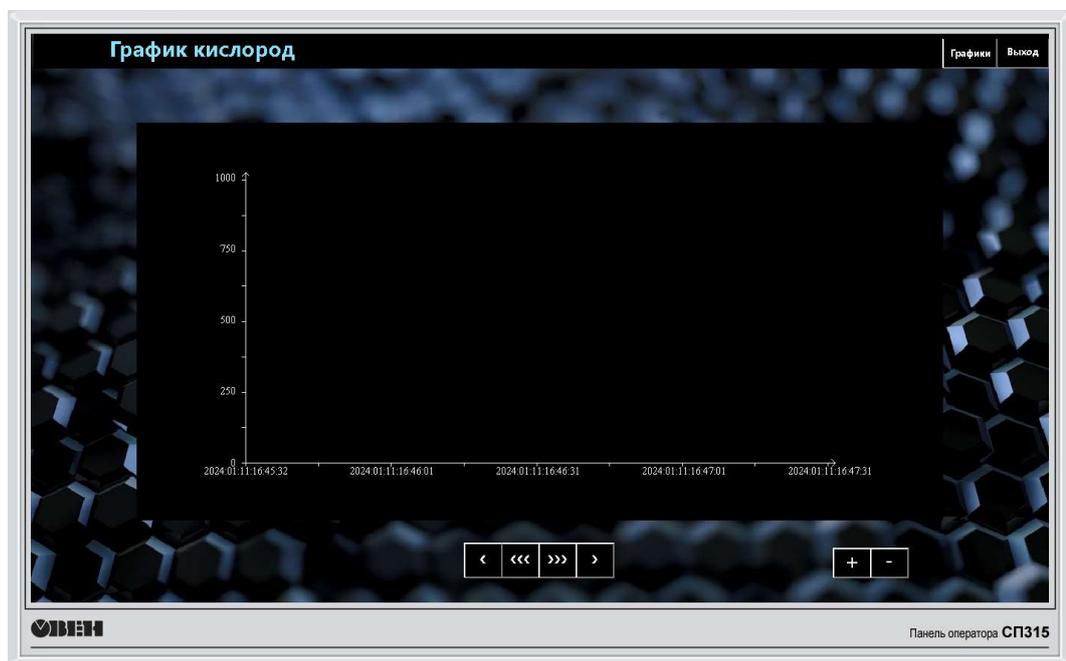
- Контур охлаждения K2



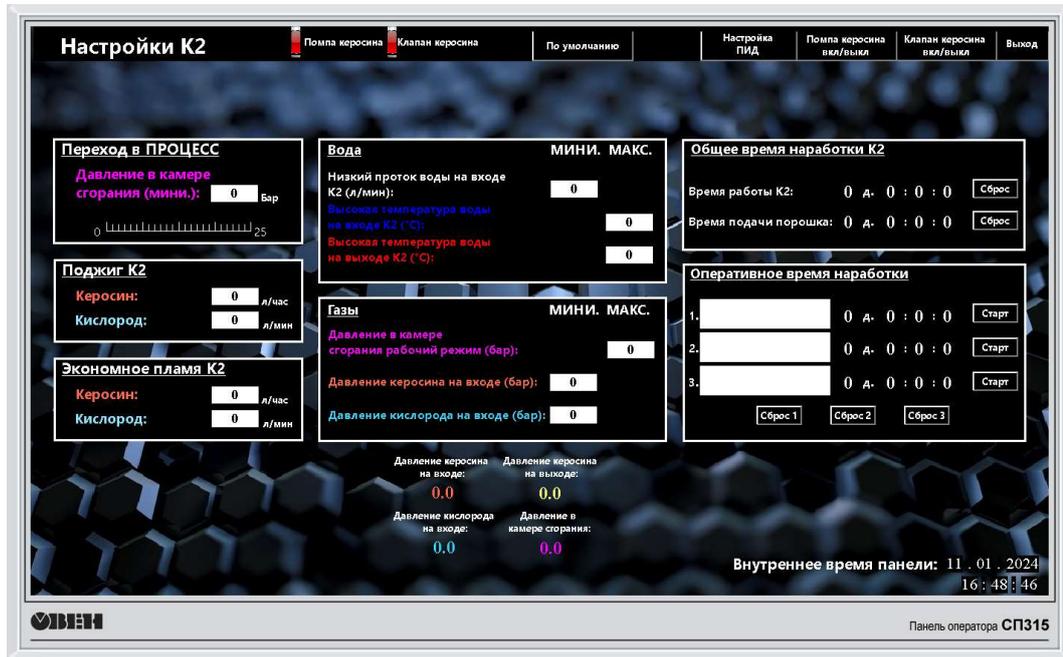
- График керосина



- График кислород



- Настройки K2



- Очистка экрана 1



- Очистка экрана 2

