

**Программируемый линейный источник  
питания постоянного тока**

**RIGOL серии DP2000**

**Инструкция по эксплуатации**

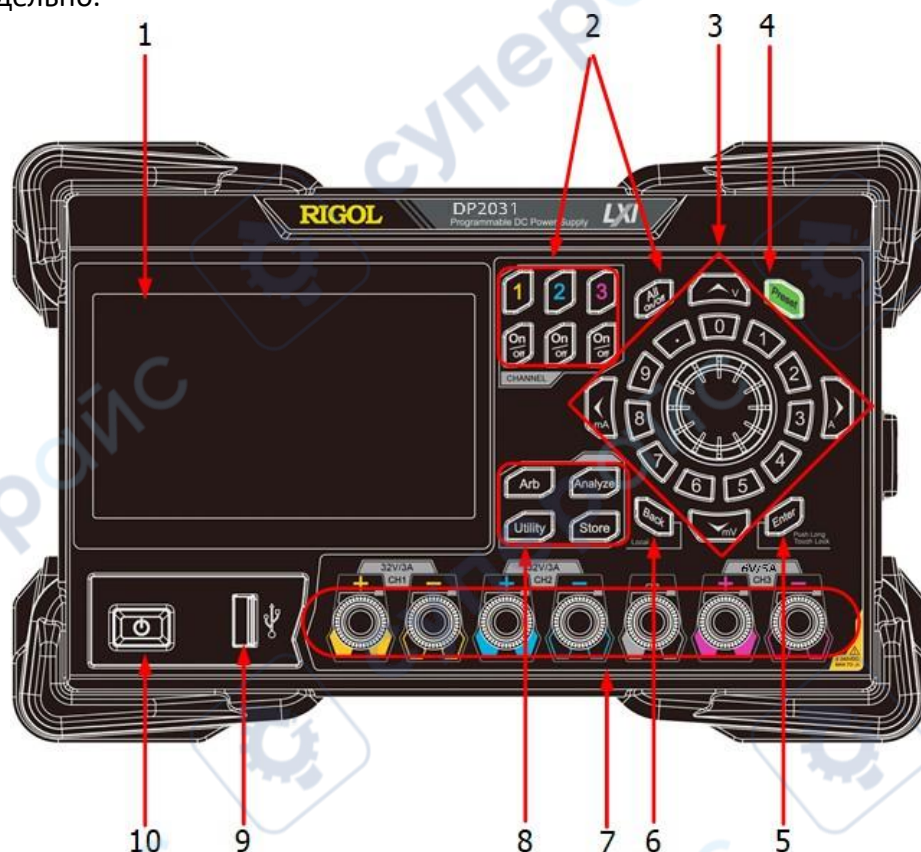
## Содержание

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 Быстрый старт.....                                                          | 3  |
| 1.1 Передняя панель.....                                                      | 3  |
| 1.2 Задняя панель .....                                                       | 5  |
| 1.3 Пользовательский интерфейс.....                                           | 7  |
| 1.4 Подключение выходных цепей .....                                          | 9  |
| 2 Использование функций защиты .....                                          | 10 |
| 3 Режим стабилизации напряжения (Constant Voltage Output).....                | 11 |
| 4 Режим стабилизации тока (Constant Current Output) .....                     | 13 |
| 5 Последовательное/параллельное соединение (Series/Parallel Connections)..... | 14 |
| 5.1 Последовательное соединение (Series Connections).....                     | 14 |
| 5.2 Параллельное соединение (Parallel Connections) .....                      | 17 |
| 6 Функция Arb (произвольная форма сигнала)).....                              | 19 |
| 6.1 Настройка свойств Arb.....                                                | 20 |
| 6.2 Редактор Arb.....                                                         | 22 |
| 6.2.1 Вставка одиночной точки .....                                           | 23 |
| 6.2.2 Редактирование шаблонов форм сигналов .....                             | 23 |
| 6.2.3 Удаление .....                                                          | 28 |
| 6.3 Импорт и экспорт .....                                                    | 28 |
| 6.4 Включение вывода Arb.....                                                 | 28 |

## 1 Быстрый старт

### 1.1 Передняя панель

Данный раздел знакомит с передней панелью серии DP2000 на примере модели DP2031 (как показано на рисунке ниже). Особенности, специфичные для конкретных моделей, будут рассмотрены отдельно.



Передняя панель DP2000

#### 1. ЖК-дисплей

4,3-дюймовый TFT сенсорный экран для отображения настроек параметров системы, состояния выхода, пунктов меню, подсказок и т. д.

#### 2. Клавиши выбора канала и клавиши включения/выключения выхода

Данные клавиши представляют собой клавиши выбора канала и клавиши включения/выключения выхода.



Нажмите эту клавишу для выбора канала CH1 для управления. Вы можете настроить параметры данного канала, такие как напряжение, ток и защита от перенапряжения/перегрузки по току.



Нажмите эту клавишу для выбора канала CH2 для управления. Вы можете настроить параметры данного канала, такие как напряжение, ток и защита от перенапряжения/перегрузки по току.



Нажмите эту клавишу для выбора канала CH3 для управления. Вы можете настроить параметры данного канала, такие как напряжение, ток и защита от перенапряжения/перегрузки по току.

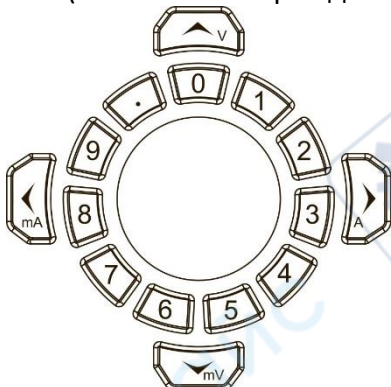


Нажатие данной клавиши включает или выключает соответствующий канал.

Нажмите данную клавишу — появится подсказка с вопросом, включить ли все каналы. Нажмите ОК, чтобы включить все каналы. Повторное нажатие данной клавиши позволяет выключить все каналы.

### 3. Область ввода параметров

Как показано на рисунке ниже, область ввода параметров включает клавиши со стрелками (клавиши выбора единиц измерения), цифровую клавиатуру и ручку регулировки.



- Клавиши со стрелками / клавиши выбора единиц измерения

Клавиши со стрелками: в обычном режиме данные клавиши позволяют перемещаться по пунктам меню; в режиме редактирования параметров вы можете использовать клавишу влево/вправо для выбора разряда числа либо клавишу вверх/вниз для увеличения или уменьшения значения в выбранном разряде. Вы можете нажать ручку регулировки для входа в режим редактирования параметров или выхода из него.

Клавиши выбора единиц измерения: при настройке параметров с помощью цифровой клавиатуры на передней панели вы также можете использовать клавиши со стрелками для выбора единицы измерения напряжения (V/mV) или единицы измерения тока (A/mA).

- Цифровая клавиатура

Кольцевая цифровая клавиатура: клавиатура состоит из цифровых значений от 0 до 9 и десятичной точки. Нажатие соответствующей клавиши позволяет напрямую ввести число или десятичную точку.

- Ручка регулировки (Rotary Knob)

Нажатие: в обычном режиме нажатие ручки позволяет переключиться в режим редактирования; повторное нажатие ручки отключает режим редактирования.

Вращение: вы можете вращать ручку как по часовой стрелке, так и против часовой стрелки. В обычном режиме вращение ручки позволяет перемещаться по меню или пунктам меню; после выбора элемента для управления вы можете вращать ручку для увеличения или уменьшения значения либо для выбора опций из раскрывающейся кнопки.

### 4. Клавиша Preset (Предустановка)



Нажмите данную клавишу для восстановления заводских настроек прибора по умолчанию.

### 5. Клавиша Enter (Ввод)



Нажмите данную клавишу для подтверждения введенного значения.

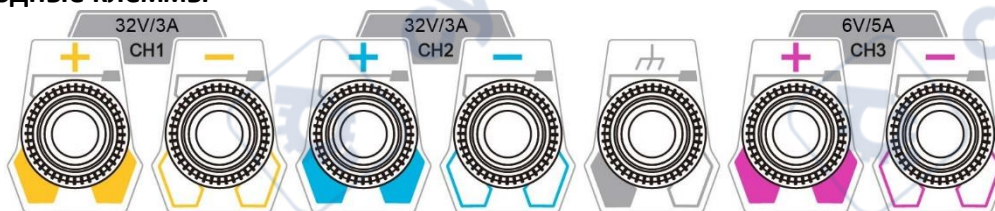
Долгое нажатие данной клавиши позволяет заблокировать сенсорный экран, после чего настройка прибора через сенсорный экран становится невозможной. Повторное долгое нажатие данной клавиши разблокирует сенсорный экран.

#### 6. Клавиша Back (Назад)

 Нажмите данную клавишу для удаления символа, находящегося непосредственно перед курсором.

Когда прибор находится в режиме дистанционного управления, нажатие данной клавиши позволяет вернуться в локальный режим управления (с передней панели).

#### 7. Выходные клеммы



Выходные клеммы DP2000

- Клеммы выхода канала: используются для вывода напряжения и тока канала.
- Клемма заземления: подключается к корпусу прибора и к защитному заземлению (клемме заземления сетевого кабеля) и является заземлённой.

#### 8. Меню функций

 Нажмите данную клавишу для входа в интерфейс Arb, в котором вы можете настроить параметры Arb, а также включить/выключить функцию Arb.

 Нажмите данную клавишу для настройки интерфейса Analyzer, в котором вы можете выбрать объект анализа и включить/выключить функцию Logger.

 Нажмите данную клавишу для входа в интерфейс настроек Utility, в котором вы можете настроить параметры, связанные с интерфейсом дистанционного управления, системой, выходами и опциями. Кроме того, вы также можете настроить дисплей и функцию дистанционного измерения (Sense).

 Нажмите данную клавишу для входа в интерфейс Store and Recall (Сохранение и вызов), в котором вы можете сохранять, считывать, удалять, копировать или вставлять файлы. Доступные для сохранения типы файлов включают: файл состояния, лог-файл, файл Arb, файл калибровки, файл верификации установки опций и файл растрового изображения. Вы можете сохранить файл во внутреннюю или внешнюю память, а также вызвать файл из внутренней или внешней памяти.

#### 9. Порт USB HOST

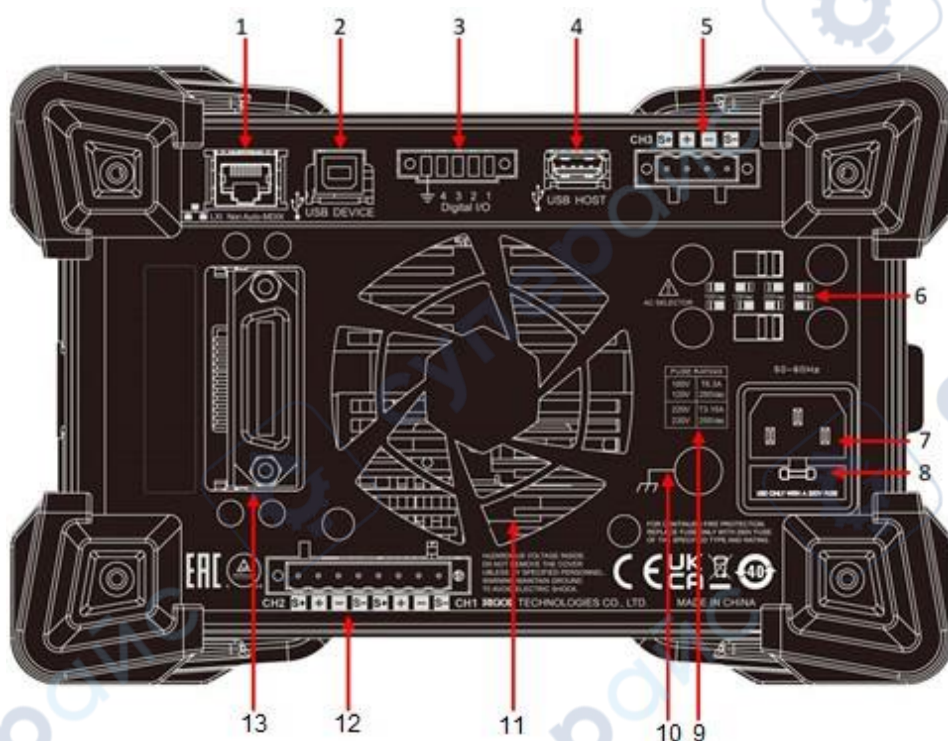
Прибор поддерживает только USB-накопители с флеш-памятью в формате FAT32.

#### 10. Клавиша выключателя питания

 Нажмите данную клавишу для включения или выключения прибора.

### 1.2 Задняя панель

Данный раздел знакомит с задней панелью серии DP2000 на примере модели DP2031 (как показано на рисунке ниже).



Задняя панель DP2000

#### Описание задней панели DP2000

| № | Название                              | Описание                                                                                                                                                                                                      |
|---|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Порт LAN                              | Прибор подключается к сети LAN через интерфейс RJ45.                                                                                                                                                          |
| 2 | USB DEVICE                            | Подключение прибора (в качестве устройства «slave») к внешнему USB-устройству (например, ПК).                                                                                                                 |
| 3 | Digital I/O                           | Порт цифрового ввода/вывода                                                                                                                                                                                   |
| 4 | USB HOST                              | Подключение прибора (в качестве устройства «host») к внешнему USB-устройству (например, USB-накопителю); расширение интерфейса GPIB для источника питания с помощью модуля интерфейса USB-GPIB (опционально). |
| 5 | CH3                                   | Выходные клеммные порты CH3                                                                                                                                                                                   |
| 6 | Переключатель AC (AC selector)        | Выбор номинала входного напряжения: 100, 120, 220 или 230                                                                                                                                                     |
| 7 | Гнездо ввода питания переменного тока | Разъем для подключения кабеля питания переменного тока                                                                                                                                                        |
| 8 | Предохранитель                        | Номинал предохранителя зависит от модели прибора и фактического входного напряжения                                                                                                                           |

|    |                                                |                                                                                                          |
|----|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | Требования к входному питанию переменного тока | В таблице приведено соотношение между частотой, напряжением входного питания и номиналом предохранителя. |
| 10 | Клемма заземления                              | —                                                                                                        |
| 11 | Вентиляционное отверстие вентилятора           | —                                                                                                        |
| 12 | CH1 и CH2                                      | Выходные клеммные порты CH1 и CH2                                                                        |
| 13 | Порт RS232/GPIB [1]                            | Доступен для интерфейса RS232 или GPIB (опционально)                                                     |

**Примечание [1]:** Серия DP2000 оснащена интерфейсом RS232 (стандартно) и GPIB (опционально). Данные два интерфейса используют один физический порт и не могут применяться одновременно.

### 1.3 Пользовательский интерфейс

Нажмите  > **Display**, чтобы перейти к интерфейсу, показанному на рисунке ниже. Данный раздел знакомит с отображением показаний приборов (meter-view) источника питания.



Пользовательский интерфейс

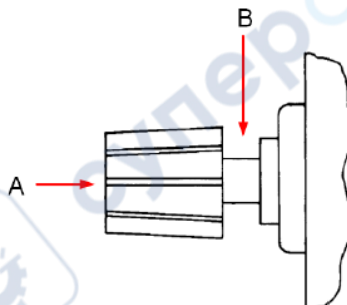
## Описание пользовательского интерфейса

| №  | Описание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Идентификатор канала                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 2  | Фактическое выходное напряжение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 3  | Фактический выходной ток                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 4  | Режим выхода.<br>CV: выход находится в режиме стабилизации напряжения (постоянное напряжение).<br>CC: выход находится в режиме стабилизации тока (постоянный ток).<br>UR: выход нестабилизирован (нерегулируемый режим).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 5  | Подключение функции дистанционного измерения (Sense).<br>4W означает, что используется 4-проводное измерение (дистанционное измерение).<br>2W означает, что используется 2-проводное измерение (местное измерение).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 6  | Фактическая выходная мощность                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 7  | Значок навигации                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 8  | Установленное значение напряжения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 9  | Индикатор состояния защиты от перенапряжения (OVP), отображающий текущее состояние включения/выключения OVP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 10 | Установленное значение тока                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 11 | Индикатор состояния защиты от перегрузки по току (OCP), отображающий текущее состояние включения/выключения OCP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 12 | <p>Приведённые ниже значки отображают состояние системы.</p> <p> : CH1 и CH2 независимы друг от друга.</p> <p> : CH1 и CH2 соединены последовательно.</p> <p> : CH1 и CH2 соединены параллельно.</p> <p> : сработала защита от перегрева.</p> <p> : экран заблокирован.</p> <p> : подключена сеть.</p> <p> : обнаружено USB-устройство.</p> <p> : прибор находится в режиме дистанционного управления.</p> <p> : звуковой сигнал выключен.</p> <p> : звуковой сигнал включён.</p> <p> : выполняется загрузка файла обновления встроенного ПО.</p> |

## 1.4 Подключение выходных цепей

Данная серия источников питания оснащён выходными клеммами на передней и задней панелях. В этом разделе описываются способы подключения к передним и задним выходным клеммам.

### Подключение к передним выходным клеммам



**Способ 1:** Подключите провода к передней части клемм, как показано на рисунке (А).

**Способ 2:** Поверните винты клеммной колодки против часовой стрелки и подключите провода к клеммам в положении (В). Затем поверните винты по часовой стрелке для фиксации проводов.

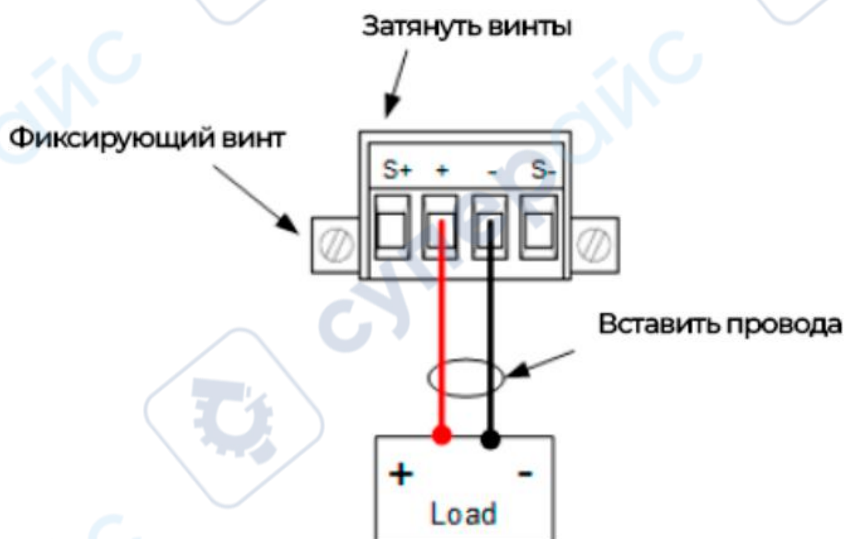
Данный способ позволяет снизить вероятность ошибок, связанных с сопротивлением контактов клемм.

### ⚠ ВНИМАНИЕ

Перед выполнением подключения к передней панели отключите питание переменного тока (АС). Все провода и перемычки должны быть правильно подключены во избежание повреждения нагрузки током.

### Подключение к задним выходным клеммам

Вставьте разъём в заднюю клеммную колодку. Зафиксируйте разъём, затянув крепёжные винты.



### ⚠ ВНИМАНИЕ

Перед выполнением подключения к задней панели отключите питание переменного тока (АС). Все провода и перемычки должны быть правильно подключены во избежание повреждения нагрузки током.

### ⚠ ПРИМЕЧАНИЕ

Не используйте одновременно выходные клеммы передней и задней панелей.

## 2 Использование функций защиты

Каждый канал выхода имеет независимые функции защиты от перенапряжения (OVP) и защиты от перегрузки по току (OCP). Индикатор состояния «OVP»/«OCP» загорается, когда соответствующая функция защиты включена.

### Защита от перенапряжения (OVP)

При включении функции OVP выход будет отключён, если выходное напряжение достигнет установленного предельного значения напряжения.

Нажмите  > **Display** для перехода в режим отображения измерений нескольких выходов. Затем нажмите одну из меток каналов в нижней части экрана для открытия режима отображения измерений отдельного канала. Например, настройки выхода CH1 можно выполнить в режиме измерений данного канала, как показано на рисунке ниже.



Метки канала

Интерфейс настройки выхода CH1

Значение OVP можно установить следующими способами:

- Нажмите поле ввода «OVP» и задайте предельное значение с помощью появившейся цифровой клавиатуры.
- Поверните ручку управления или используйте клавиши со стрелками для выбора поля ввода «OVP». Затем нажмите ручку для входа в режим редактирования. После этого значение можно ввести напрямую с помощью цифровой клавиатуры на передней панели или изменить значение выбранного разряда с помощью клавиш со стрелками вверх/вниз. Повторно нажмите ручку для выхода из режима редактирования.

После завершения настройки предельного значения напряжения нажмите кнопку включения/выключения «OVP», чтобы включить или отключить функцию защиты OVP.

### Защита от перегрузки по току (OCP)

При включении функции OCP выход будет отключён, если выходной ток достигнет установленного предельного значения тока.

Нажмите  > **Display** для перехода в режим отображения измерений нескольких выходов. Затем нажмите одну из меток каналов в нижней части экрана для открытия режима отображения измерений отдельного канала.

Например, настройки выхода CH1 можно выполнить в режиме измерений данного канала, как показано на рисунке выше.

Значение OCP можно установить следующими способами:

- Нажмите поле ввода «OCP» и задайте значение с помощью появившейся цифровой клавиатуры.
- Поверните ручку управления или используйте клавиши со стрелками для выбора поля ввода «OCP». Затем нажмите ручку для входа в режим редактирования. После этого значение можно ввести напрямую с помощью цифровой клавиатуры на передней панели или изменить значение выбранного разряда с помощью клавиш со стрелками вверх/вниз. Повторно нажмите ручку для выхода из режима редактирования.

После завершения настройки предельного значения тока нажмите кнопку включения/выключения «OCP», чтобы включить или отключить функцию защиты OCP.

### Задержка срабатывания OCP

При включении источника питания, программировании значения выхода или подключении нагрузки выходной ток может кратковременно достигать пикового значения, превышающего установленное значение OCP. В большинстве случаев такие временные состояния не считаются ошибкой защиты от перегрузки по току, поэтому отключение выхода не требуется.

Данный источник питания серии игнорирует это состояние в течение установленного времени задержки (по умолчанию 10 мс). После истечения времени задержки OCP, если ток по-прежнему превышает установленное ограничение, выход будет отключён.

Также можно установить время задержки OCP с помощью команды SCPI: :OUTPut:OCP:DELAy [CH1|CH2|CH3], {<value>|MINimum|MAXimum} (см. руководство по программированию серии).

Диапазон настройки задержки: **от 0 до 1000 мс.**

### 3 Режим стабилизации напряжения (Constant Voltage Output)

Данная серия источников питания обеспечивает три режима выхода: режим стабилизации напряжения (CV), режим стабилизации тока (CC) и нерегулируемый режим (UR). В режиме CV выходное напряжение равно установленному значению напряжения, а выходной ток определяется нагрузкой; тогда как в режиме CC выходной ток равен установленному значению тока, а выходное напряжение определяется нагрузкой. Режим UR представляет собой нерегулируемое состояние между режимами CV и CC. Данная глава знакомит с тем, как настроить работу прибора в режиме CV.

#### Порядок выполнения операций:

1. Подключите нагрузку к выходным клеммам канала.

## **⚠ ВНИМАНИЕ**

При выполнении подключений соблюдайте полярность во избежание повреждения прибора или подключённых к нему устройств.

2. Нажмите клавишу питания для запуска прибора — появится отображение показаний.

3. Настройка напряжения

### **Способ 1:**

Вы можете использовать область ввода параметров на передней панели для настройки напряжения.

a. С помощью ручки регулировки или клавиш со стрелками выберите поле напряжения в отображении показаний или в интерфейсе настроек выхода канала.

b. Нажмите ручку регулировки — поле ввода станет синим, что означает возможность редактирования выбранного поля.

c. С помощью клавиш влево/вправо выберите разряд числа, затем вращайте ручку регулировки или используйте клавиши вверх/вниз для изменения значения в выбранном разряде. Вы также можете напрямую задать напряжение с помощью цифровой клавиатуры на передней панели. Единица измерения по умолчанию — В.

d. Повторно нажмите ручку регулировки для выхода из режима редактирования.

### **СОВЕТ**

В отображении показаний, если вы выбрали для редактирования поле «Set» (установка) для тока, вы всё равно можете задать напряжение с помощью цифровой клавиатуры на передней панели, введя значение и затем нажав клавишу выбора единицы измерения



### **Способ 2:**

Вы также можете использовать функцию сенсорного экрана для настройки напряжения.

В интерфейсе настроек выхода канала коснитесь поля «Set» напряжения и с помощью всплывающей цифровой клавиатуры введите значение и единицу измерения.

Вы можете нажать на виртуальной клавиатуре или клавишу на передней панели для удаления символа перед курсором.

4. Настройка тока

### **Способ 1:**

Вы можете использовать область ввода параметров на передней панели для настройки тока.

a. С помощью ручки регулировки или клавиш со стрелками выберите поле тока в отображении показаний или в интерфейсе настроек выхода канала.

b. Нажмите ручку регулировки — поле ввода станет синим, что означает возможность редактирования выбранного поля.

c. С помощью клавиш влево/вправо выберите разряд числа, затем вращайте ручку регулировки или используйте клавиши вверх/вниз для изменения значения в выбранном разряде. Вы также можете напрямую задать ток с помощью цифровой клавиатуры на передней панели. Единица измерения по умолчанию — А.

d. Повторно нажмите ручку регулировки для выхода из режима редактирования.

### СОВЕТ

В отображении показаний, если вы выбрали для редактирования поле «Set» (установка) для напряжения, вы всё равно можете задать ток с помощью цифровой клавиатуры на передней панели, введя значение и затем нажав клавишу выбора единицы измерения.

### Способ 2:

Вы также можете использовать функцию сенсорного экрана для настройки тока.

В интерфейсе настроек выхода канала коснитесь поля «Set» тока и с помощью всплывающей цифровой клавиатуры введите значение и единицу измерения.

Вы можете нажать  на виртуальной клавиатуре или клавишу  на передней панели для удаления символа перед курсором.

### 5. Настройка OCP

Задайте значение OCP, затем коснитесь кнопки включения/выключения **OCP**, чтобы включить функцию OCP. Выход будет автоматически отключён при достижении фактическим выходным током значения OCP.

### 6. Включение выхода

Нажатие клавиши включения/выключения канала  позволяет включить выход соответствующего канала. Когда канал включён, его клавиша включения/выключения подсвечивается. Соответственно, при выключении канала подсветка гаснет. Вы можете нажать клавишу  для одновременного включения или выключения всех выходов.

### ⚠ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Во избежание поражения электрическим током включайте выход только после правильного подключения выходных клемм.

### 7. Проверка режима выхода

В режиме CV отображаемый режим выхода — «CV»; если отображается «CC», соответствующим образом увеличьте значение тока, и источник питания автоматически переключится в режим CV.

### СОВЕТ

В режиме выхода CV, когда ток нагрузки превышает установленное значение тока, источник питания автоматически переключится в режим CC. В этом случае выходной ток становится равным установленному значению тока, а выходное напряжение можно рассчитать как произведение тока на сопротивление нагрузки.

## 4 Режим стабилизации тока (Constant Current Output)

В режиме CC выходной ток равен установленному значению тока, а выходное напряжение определяется нагрузкой. Данная глава знакомит с тем, как настроить работу прибора в режиме CC.

### Порядок выполнения операций:

#### 1. Подключение выходных клемм

Подключите нагрузку к выходным клеммам канала на передней панели

#### 2. Нажмите выключатель питания для запуска прибора.

#### 3. Настройка напряжения

Задайте требуемое значение напряжения (см. раздел «Режим стабилизации напряжения»).

#### 4. Настройка тока

Задайте требуемое значение тока (см. раздел «Режим стабилизации напряжения»).

#### 5. Настройка OVP

Задайте необходимое значение OVP (см. раздел «Использование функции защиты»), затем включите функцию OVP, коснувшись кнопки включения/выключения **OVP**. Выход будет автоматически отключён при достижении фактическим выходным напряжением значения OVP.

#### 6. Включение выхода

Включите выход (см. раздел «Режим стабилизации напряжения»).

#### **⚠ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ**

Во избежание поражения электрическим током включайте выход только после правильного подключения выходных клемм.

#### 7. Проверка режима выхода

В режиме CC отображаемый режим выхода должен быть «CC»; если отображается «CV», соответствующим образом увеличьте значение напряжения, и источник питания автоматически переключится в режим CC.

#### **СОВЕТ**

В режиме CC, когда напряжение нагрузки превышает установленное значение напряжения, источник питания автоматически переключится в режим выхода CV. В этом случае выходное напряжение становится равным установленному значению напряжения, а выходной ток можно рассчитать как напряжение, делённое на сопротивление нагрузки.

### **5 Последовательное/параллельное соединение (Series/Parallel Connections)**

Соединение двух или более изолированных каналов последовательно обеспечивает бóльшую возможность по напряжению, тогда как соединение двух или более изолированных каналов параллельно обеспечивает бóльшую возможность по току. Данная серия источников питания поддерживает как внутреннее, так и внешнее последовательное/параллельное соединение.

#### **СОВЕТ**

Три канала источника питания электрически изолированы друг от друга и имеют независимые выходы. Для одного источника питания любые два из трёх каналов могут быть внешне соединены последовательно/параллельно.

Изолированные каналы разных источников питания могут быть внешне соединены последовательно/параллельно.

CH1 и CH2 могут быть соединены внутренне последовательно/параллельно.

В режиме внутреннего последовательного соединения CH1 и CH2 не могут быть дополнительно соединены внешне параллельно; в режиме внутреннего параллельного соединения CH1 и CH2 не могут быть дополнительно соединены внешне последовательно.

Настройки параметров для последовательного и параллельного соединения должны соответствовать требованиям безопасности.

#### **5.1 Последовательное соединение (Series Connections)**

Последовательное соединение выходов обеспечивает бóльшую возможность по напряжению, чем можно получить от одного выхода. Суммарное напряжение равно сумме отдельных напряжений всех каналов, соединённых последовательно. Для последовательного соединения выходов необходимо обеспечить идентичные номиналы тока для каждого канала.

### ⚠ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Во избежание поражения электрическим током не прикасайтесь к выходным клеммам, если выходное напряжение в последовательном режиме превышает 60 В.

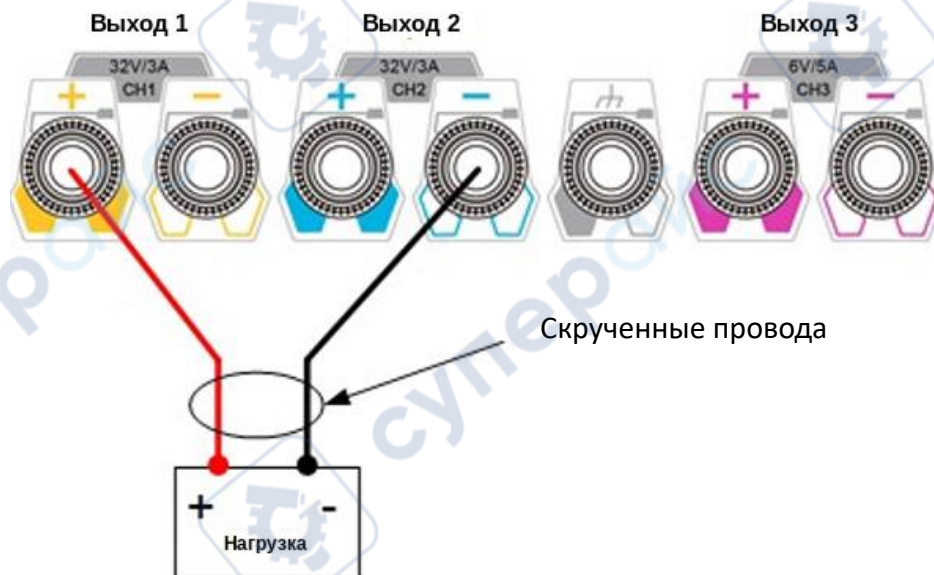
### Внутреннее последовательное соединение

Данный источник питания поддерживает внутреннее последовательное соединение для CH1 и CH2. В режиме внутреннего последовательного соединения выходное напряжение вдвое превышает установленное значение напряжения. Выходное напряжение и ток отображаются в показаниях CH1, как показано на рисунке ниже.

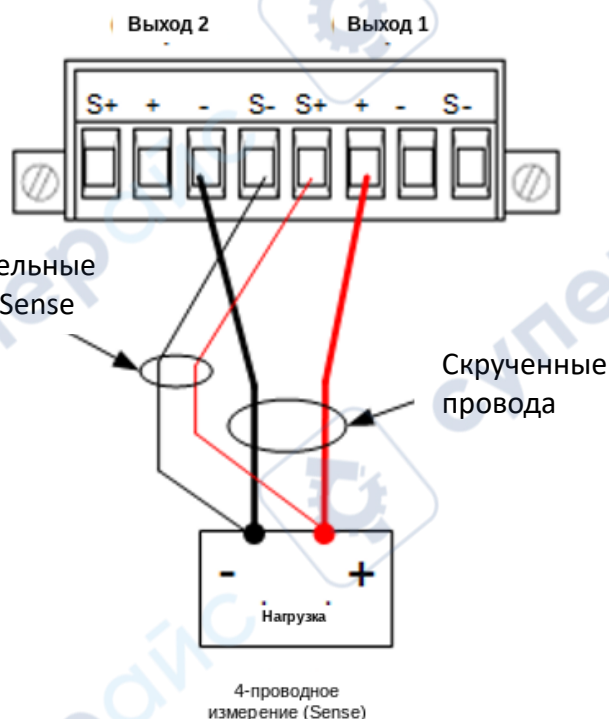
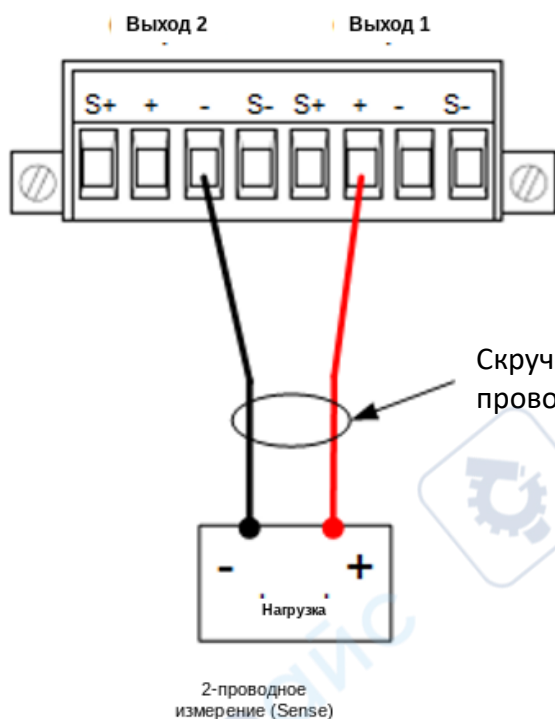


### Интерфейс последовательного выхода

Рисунок ниже показывает, как подключить выходные клеммы передней панели к одиночной нагрузке в режиме внутреннего последовательного соединения.



Если падение напряжения в проводах нагрузки является значимым фактором, подключите измерительные провода дистанционного измерения (Sense) к нагрузке. Подключения на задней панели в режиме внутреннего последовательного соединения показаны на рисунке ниже.



### СОВЕТ

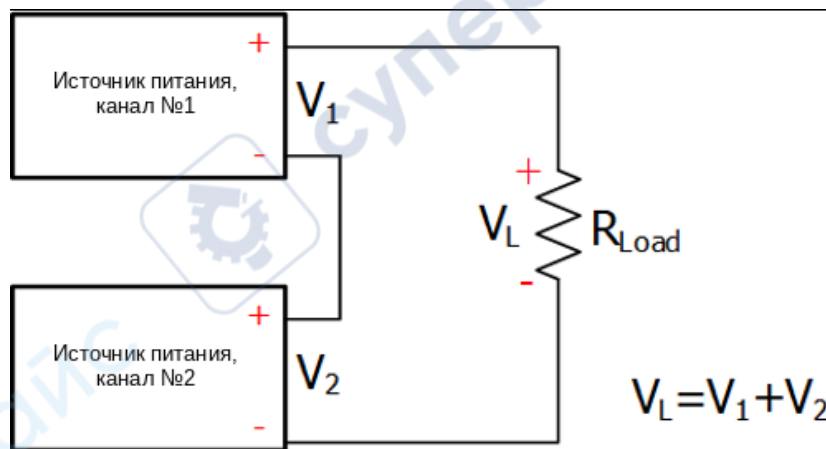
При внутреннем последовательном/параллельном соединении CH1 и CH2 всегда имеют идентичные установленные значения напряжения и тока.

Выходное напряжение, отображаемое в показаниях CH1, вдвое превышает установленное значение напряжения. У CH2 показания отсутствуют.

В режиме внутреннего последовательного соединения выходное напряжение на клемме вдвое превышает установленное значение напряжения. Во избежание повреждения нагрузки задавайте соответствующие значения напряжения.

### Внешнее последовательное соединение

Данный источник питания поддерживает внешнее последовательное соединение для нескольких каналов (от одного источника питания или от нескольких источников питания). Рисунок ниже иллюстрирует, как соединить два канала в режиме внешнего последовательного соединения.



Внешняя последовательная схема ( $V_L = V_1 + V_2$ )

### Порядок выполнения операций:

1. Подключите источник питания к нагрузке, как показано на рисунке выше. При выполнении подключений соблюдайте полярность.
2. Задайте соответствующие значения напряжения, тока и защиты от перегрузки по току для каждого канала (см. раздел «Режим стабилизации напряжения») и включите выходы каналов. Все каналы, соединённые последовательно, должны быть настроены на режим CV и иметь идентичные установленное значение тока и значение OCP.

### ⚠ ВНИМАНИЕ

Убедитесь, что все каналы, соединённые последовательно, работают в режиме CV. Если один из каналов работает в режиме CC, это может привести к нерегулируемому режиму выхода для остальных каналов.

## 5.2 Параллельное соединение (Parallel Connections)

Параллельное соединение выходов обеспечивает бóльшую возможность по току, чем можно получить от одного выхода. Суммарный ток равен сумме отдельных токов всех каналов, соединённых параллельно. Для внешнего параллельного соединения выходов необходимо обеспечить идентичное значение напряжения и значение OVP для каждого канала.

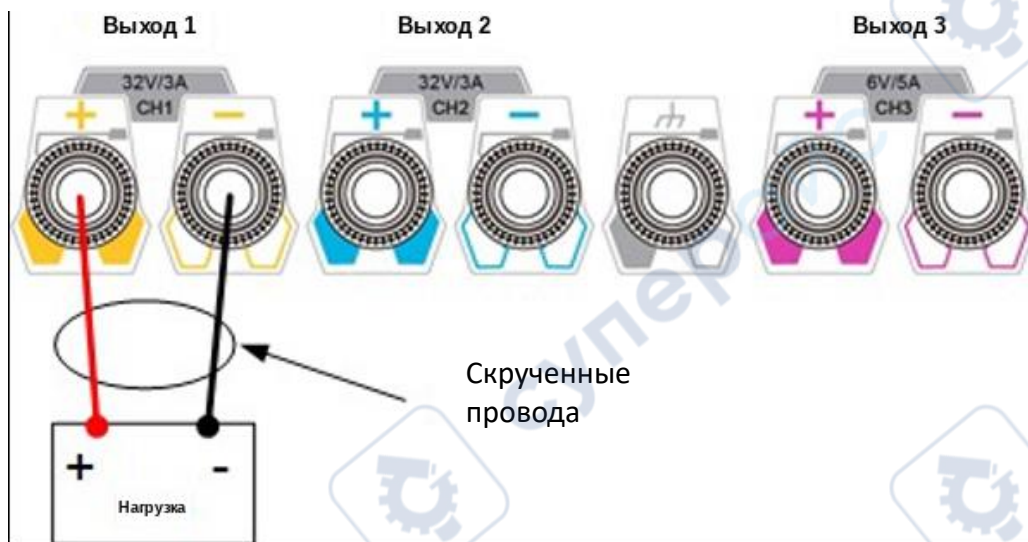
### Внутреннее параллельное соединение

Данный источник питания поддерживает внутреннее параллельное соединение для CH1 и CH2. В режиме внутреннего параллельного соединения выходной ток (до 6 А) вдвое превышает установленное значение тока. Выходное напряжение и ток отображаются в показаниях CH1, как показано на рисунке ниже.

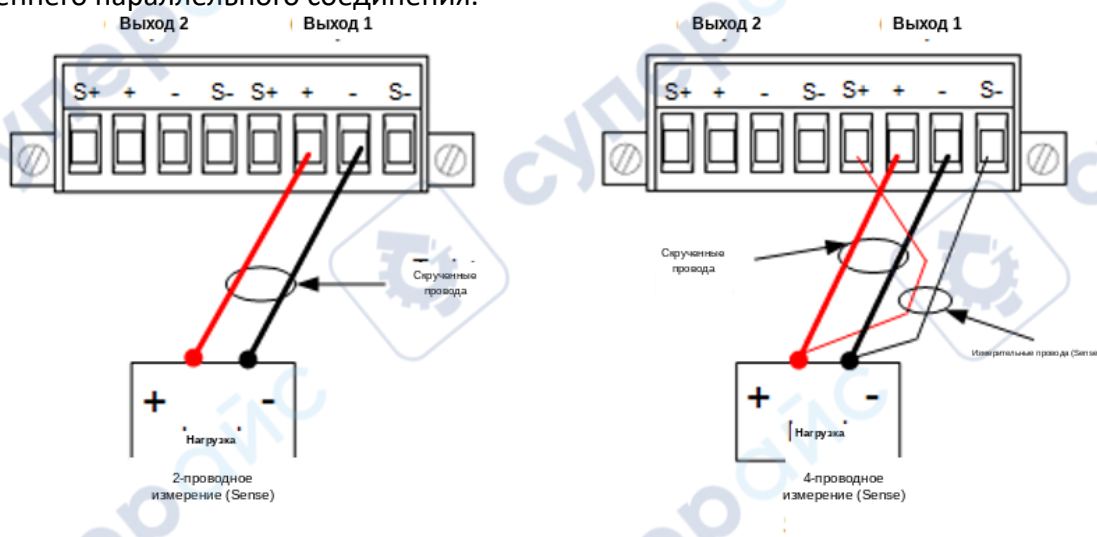


### Интерфейс параллельного выхода

Рисунок ниже показывает, как подключить выходные клеммы передней панели к одиночной нагрузке в режиме внутреннего параллельного соединения.



Если падение напряжения в проводах нагрузки является значимым фактором, подключите измерительные провода дистанционного измерения (Sense) к нагрузке. Рисунок ниже показывает, как подключить выходные клеммы задней панели к нагрузке в режиме внутреннего параллельного соединения.

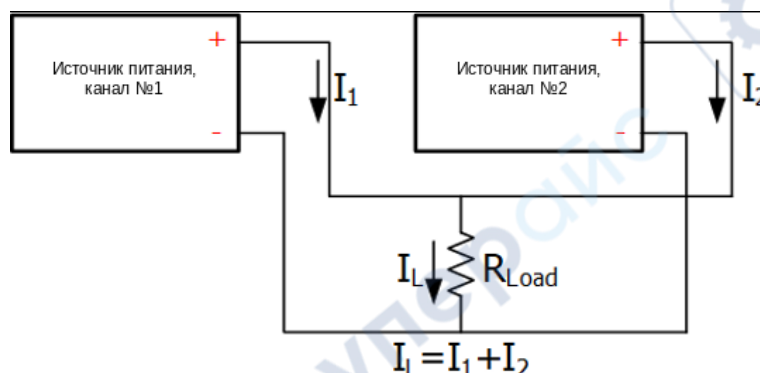


#### СОВЕТ

При внутреннем последовательном/параллельном соединении CH1 и CH2 всегда имеют идентичное установленное значение напряжения и тока.

#### Внешнее параллельное соединение

Данный источник питания поддерживает внешнее параллельное соединение для нескольких каналов (от одного источника питания или от нескольких источников питания). Рисунок ниже иллюстрирует, как соединить два выхода во внешнем параллельном режиме.



**Внешняя параллельная схема ( $I_L = I_1 + I_2$ )**

#### **Порядок выполнения операций:**

1. Подключите источник питания к нагрузке, как показано на рисунке выше. При выполнении подключений соблюдайте полярность.
2. Задайте соответствующие параметры для каждого канала (см. разделы «Режим стабилизации напряжения» и «Режим стабилизации тока») и включите выход каждого канала. Все каналы могут работать в режиме CV или в режиме CC.

#### **⚠ ВНИМАНИЕ**

Все каналы могут работать в режиме CV или CC в зависимости от фактических потребностей нагрузки.

#### **6 Функция Arb (произвольная форма сигнала))**

Функция Arb источника питания серии DP2000 позволяет создавать свободно программируемые формы сигналов, которые могут воспроизводиться в пределах установленных ограничений по напряжению и току. Вы можете задать цикл повторения для произвольного сигнала, а также выходное напряжение/ток и время для каждой группы данных. Кроме того, прибор оснащён несколькими встроенными шаблонами форм сигналов для выбора и редактирования. Вы можете настроить параметры сигнала на основе этих шаблонов. Прибор будет выводить сигнал в соответствии с заданными параметрами.

Нажмите  или коснитесь  > **Arb**, чтобы войти в главный интерфейс Arb, как показано на рисунке ниже. Затем коснитесь раскрывающейся кнопки выбора канала в левом нижнем углу интерфейса, чтобы выбрать канал для управления. Клавиши меню и их функции следующие:

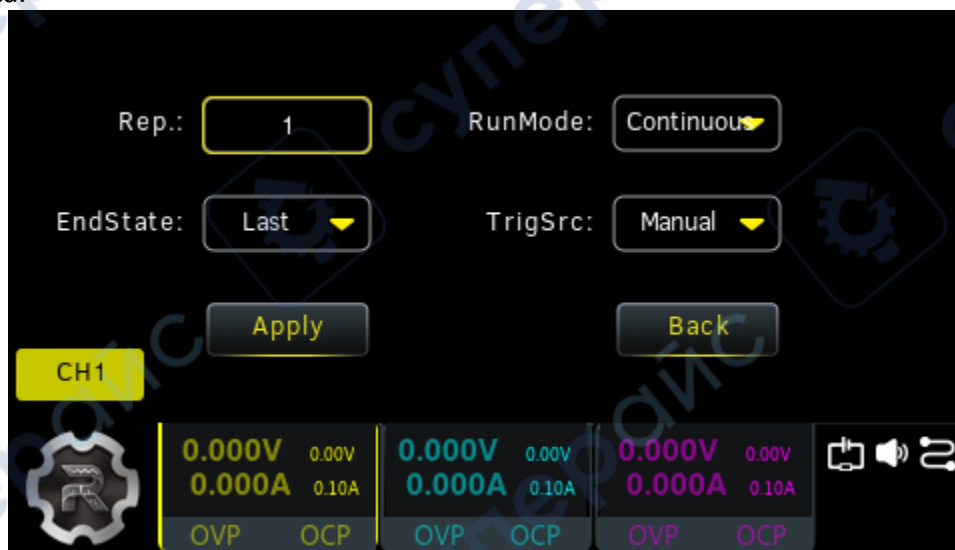
- **Run/Stop (Пуск/Стоп):** включение или выключение генератора произвольного сигнала.
- **Setting (Настройка):** открытие интерфейса настроек Arb для настройки выходных свойств произвольного сигнала.
- **Import (Импорт):** считывание файла Arb.
- **Export (Экспорт):** сохранение отредактированных параметров Arb.
- **Edit (Редактировать):** доступ к редактору Arb для редактирования данных.



Главный интерфейс Arb

### 6.1 Настройка свойств Arb

После входа в главный интерфейс Arb коснитесь **Setting**, чтобы войти в интерфейс настроек Arb, как показано на рисунке ниже. Выбранный канал выделяется в левом нижнем углу интерфейса.



Интерфейс настроек Arb

В данном интерфейсе вы можете настроить следующие выходные свойства произвольного сигнала.

#### Цикл повторения (Repetition Cycle)

Цикл повторения — это количество раз, которое произвольный сигнал повторяется на основе предустановленного напряжения/тока и времени. Вы можете коснуться поля ввода **Rep.**, чтобы задать нужный цикл повторения с помощью сенсорного экрана или цифровой клавиатуры на передней панели. Цикл повторения можно задать в диапазоне от 1 до 99999. Ввод «0» в данное поле устанавливает цикл повторения на значение «бесконечность».

### Конечное состояние (End State)

Конечное состояние — это состояние прибора после завершения выходной последовательности вывода всех значений напряжения/тока, когда цикл повторения задан конечным значением. Вы можете коснуться раскрывающейся кнопки **EndState**, чтобы выбрать «Off» (выкл.) или «Last» (последнее).

- Off: выход выбранного канала автоматически выключается после завершения выходной последовательности.
- Last: прибор сохраняет последние значения напряжения и тока после завершения выходной последовательности.

### СОВЕТ

Если цикл повторения установлен на значение «бесконечность», настройка конечного состояния недоступна.

### Режим выполнения (Run Mode)

Режим выполнения — это состояние выхода выбранного канала после включения генератора. Вы можете коснуться раскрывающейся кнопки **RunMode**, чтобы выбрать «Continuous» (непрерывный) или «Single» (одиночный).

- Если режим выполнения установлен на «Continuous», коснитесь **Run(Cont)** в главном интерфейсе Arb, и прибор будет непрерывно повторять последовательность согласно текущему количеству групп данных и заданному циклу повторения.
- Если режим выполнения установлен на «Single», коснитесь **Run(Sgl)**, и появится кнопка запуска одиночной произвольной точки , как показано на рисунке ниже. При каждом нажатии на  прибор выводит одну группу данных по порядку. Номер текущей выходной группы и цикл повторения отображаются в нижней части интерфейса.



### Источник запуска (Trigger Source)

Источник запуска определяет способ начала вывода произвольной последовательности. Вы можете коснуться раскрывающейся кнопки **TrigSrc**, чтобы выбрать «Manual» (ручной) или «BUS» (шина).

- **Manual:**
  - Выбор клавиши Run/Stop в качестве источника запуска. Если режим выполнения установлен на «Continuous», коснитесь **Run(Cont)**, и прибор будет непрерывно повторять

последовательность согласно текущему количеству групп данных и заданному циклу повторения.

- Если режим выполнения установлен на «Single», коснитесь **Run(Sgl)**, а затем коснитесь  для вывода одной группы данных.

- BUS: выбор удалённой команды в качестве источника запуска. Вы можете отправлять команды SCPI для управления выводом последовательности Arb. В главном интерфейсе Arb коснитесь **Run(Cont)** или **Run(Sgl)** — появится сообщение «Wait for Trigger signal...» («Ожидание сигнала запуска...»). Прибор начнёт или остановит вывод сигнала в соответствии с полученной командой SCPI. Список доступных команд SCPI см. в документе DP2000 Series Programmable Linear DC Power Supply Programming Guide («Руководство по программированию линейных источников питания постоянного тока серии DP2000»).

### Apply или Back

Коснитесь Apply, чтобы сохранить текущие настройки и вернуться в главный интерфейс Arb. В противном случае коснитесь Back, чтобы отменить текущие настройки и вернуться в главный интерфейс.

### СОВЕТ

Настройки действительны только для выбранного канала. Вы можете изменить выбранный канал на Рисунке выше, нажав соответствующую клавишу выбора канала на передней панели. Вы также можете выбрать канал с помощью сенсорного экрана.

## 6.2 Редактор Arb

После входа в главный интерфейс Arb вы можете коснуться Edit, чтобы получить доступ к интерфейсу редактора Arb, как показано на рисунке ниже. Редактор Arb позволяет создавать каждую отдельную точку сигнала и свободно редактировать отдельные точки. Вы также можете редактировать параметры Arb на основе встроенных в прибор шаблонов форм сигналов.



Интерфейс редактора Arb

Как показано на рисунке выше, таблица отображает 4 группы данных на странице. Вы можете просматривать и редактировать данные других групп следующими способами.

- Коснитесь **Prev** или **Next** для перелистывания страниц.

- Коснитесь поля ввода номера страницы и введите номер страницы для перехода с помощью всплывающей виртуальной клавиатуры или цифровой клавиатуры на передней панели.
- Коснитесь ячейки «No.» в левом верхнем углу таблицы и введите номер для перехода к указанной строке с помощью всплывающей виртуальной клавиатуры или цифровой клавиатуры на передней панели.

### 6.2.1 Вставка одиночной точки

В интерфейсе редактора Arb вы можете коснуться **Single**, чтобы вставить одну группу данных в текущую выбранную строку (напряжение по умолчанию — 1 В, ток по умолчанию — 1 А, время по умолчанию — 1 с). Вы можете задать напряжение/ток/время для каждой группы с помощью сенсорного экрана или цифровой клавиатуры на передней панели.

#### СОВЕТ

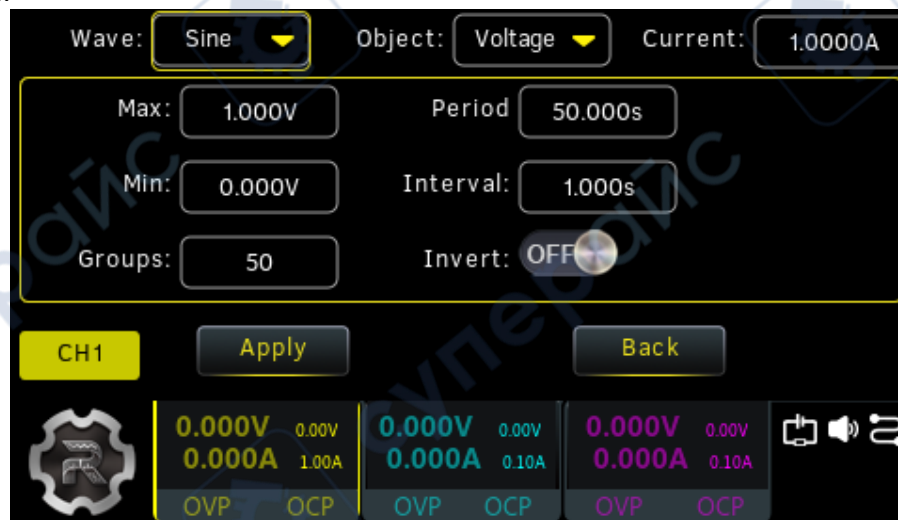
Если текущая выбранная строка пуста, а строка над выбранной строкой содержит данные, коснитесь **Single**, и одна группа данных будет вставлена в выбранную строку.

Если текущая выбранная строка содержит данные, коснитесь **Single**, и группа данных будет вставлена в выбранную строку, при этом исходная группа данных переместится в следующую строку.

### 6.2.2 Редактирование шаблонов форм сигналов

Прибор предоставляет несколько встроенных выходных шаблонов, на основе которых вы можете создавать и редактировать произвольные сигналы.

Коснитесь **Templet**, чтобы открыть меню редактирования шаблонов, как показано на рисунке ниже. Вы можете отредактировать и создать нужную форму сигнала, выполнив следующие шаги.



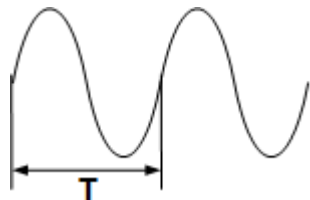
Меню редактирования шаблона

#### 1. Выбор шаблона формы сигнала

Коснитесь раскрывающейся кнопки **Wave**, чтобы выбрать шаблон формы сигнала. Доступные шаблоны форм сигналов: Sine (синусоида), Pulse (импульс), Ramp (пила/линейное нарастание), Stair UP (ступенчатое нарастание), Stair Dn (ступенчатое убывание), StairUpDn (ступенчатое нарастание-убывание), Exp Rise (экспоненциальный подъём) и Exp Fall (экспоненциальный спад).

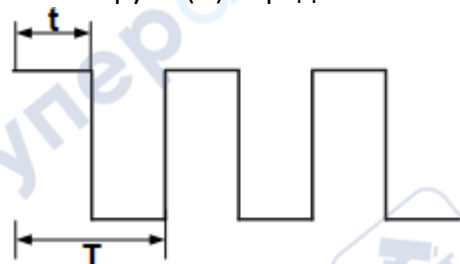
– **Sine (Синусоида)**

Форма сигнала Sine показана на рисунке ниже. Задание максимального и минимального значения создаёт амплитуду. Задание периода (T) и временного интервала создаёт общее количество точек (P) в полном периоде. Таким образом создаётся синусоидальный сигнал. Задание количества вставляемых групп (G) определяет количество групп, которые будут вставлены в редактор Arb.



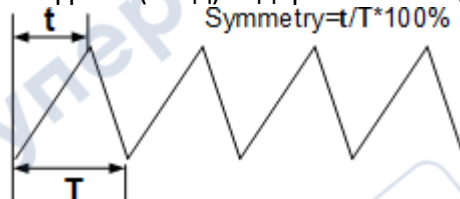
– **Pulse (Импульс)**

Форма сигнала Pulse показана на рисунке ниже. Задание максимального и минимального значения создаёт амплитуду. Задание положительной ширины импульса (t) определяет длительность высокого уровня. Текущий заданный период (T) минус положительная ширина импульса (t) — это длительность низкого уровня. Задание количества вставляемых групп (G) определяет количество групп, которые будут вставлены в редактор Arb.



– **Ramp (Линейное нарастание/спад)**

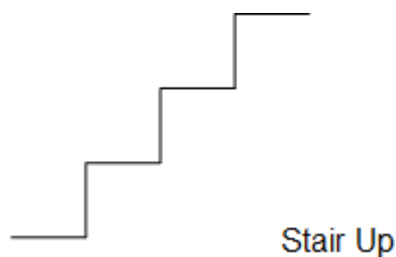
Форма сигнала Ramp показана на рисунке ниже. Задание максимального и минимального значения создаёт амплитуду. Задание периода (T) и временного интервала создаёт общее количество точек (P) в полном периоде. Задание симметрии (Sym) создаёт форму сигнала Ramp. Передний фронт (нарастание) сигнала Ramp содержит  $\text{int}(P \times \text{Sym})^{[1]}$  точек, а задний фронт (спад) содержит  $P - \text{int}(P \times \text{Sym})$  точек.



Примечание <sup>[1]</sup>:  $\text{int}(P \times \text{Sym})$  означает округление  $P \times \text{Sym}$  (с отбрасыванием дробной части).

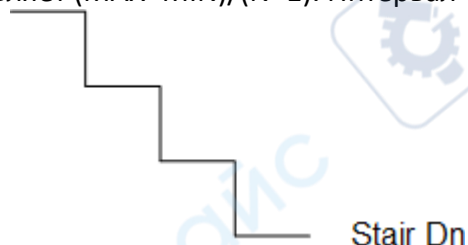
– **Stair Up (Ступенчатое нарастание)**

Форма сигнала Stair Up показана на рисунке ниже. Задание максимального значения (MAX), минимального значения (MIN), периода и общего числа ступеней (N) создаёт форму сигнала Stair Up. Число ступеней (N) охватывает диапазон от MIN до MAX. Размер ступени составляет  $(\text{MAX} - \text{MIN}) / (N - 1)$ . Интервал = Период / Число ступеней.



– **Stair Dn (Ступенчатое убывание)**

Форма сигнала Stair Dn показана на рисунке ниже. Задание максимального значения (MAX), минимального значения (MIN), периода и общего числа ступеней (N) создаёт форму сигнала Stair Dn. Число ступеней (N) охватывает диапазон от MIN до MAX. Размер ступени составляет  $(MAX-MIN)/(N-1)$ . Интервал = Период/Число ступеней.



– **Stair UpDn (Ступенчатое нарастание-убывание)**

Форма сигнала Stair UpDn показана на рисунке ниже. Задание максимального значения (MAX), минимального значения (MIN), периода (T) и общего числа ступеней (N) создаёт форму сигнала Stair UpDn. Если N — нечётное число, сигнал нарастает от MIN до MAX с размером ступени  $(MAX-MIN)/\text{int}(N/2)$ , а затем спадает до MIN с тем же размером ступени. Если N — чётное число, сигнал нарастает от MIN до MAX с размером ступени  $(MAX-MIN)/\{(N/2)-1\}$ , а затем спадает до MIN с размером ступени  $(MAX-MIN)/(N/2)$ . Интервал = Период/Число ступеней.



– **Exp Rise (Экспоненциальный подъём)**

Форма сигнала Exp Rise показана на рисунке ниже. Задание максимального значения (MAX), минимального значения (MIN), количества вставляемых групп (общего числа точек, обозначаемого P), интервала и индекса подъёма (обозначаемого RiseIndex) создаёт форму сигнала Exp Rise. Функция сигнала:  $(MAX-MIN) \times (1 - e^{-i \times \text{RiseIndex}/P})$ ; где «i» — независимая переменная, изменяющаяся от 0 до (P-1).

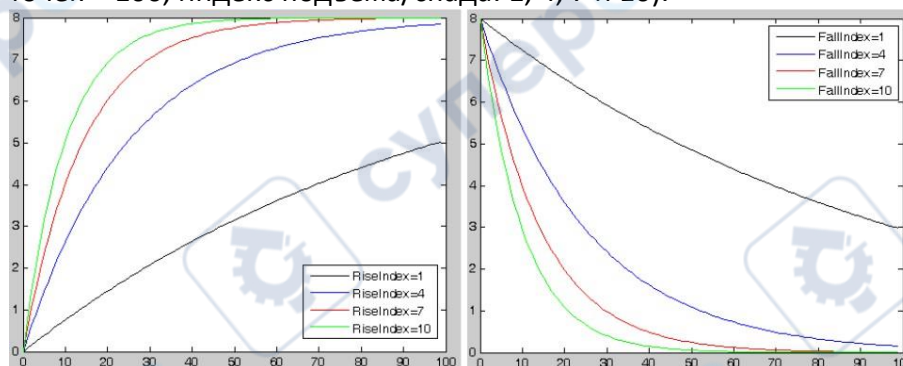


### – Exp Fall (Экспоненциальный спад)

Форма сигнала Exp Fall показана на рисунке ниже. Задание максимального значения (MAX), минимального значения (MIN), количества вставляемых групп (общего числа точек, обозначаемого P), интервала и индекса спада (обозначаемого FallIndex) создаёт форму сигнала Exp Fall. Функция сигнала:  $(MAX-MIN) \times e^{-ixFallIndex/P}$ ; где «i» — независимая переменная, изменяющаяся от 0 до (P-1).

### СОВЕТ

Когда выбран шаблон Exp Rise или Exp Fall, максимальное или минимальное значение не может быть достигнуто в силу свойств самой экспоненциальной функции. Доступный диапазон зависит от текущего заданного индекса подъёма/спада. Чем больше индекс подъёма/спада, тем шире диапазон, как показано на рисунках ниже (максимум = 8, минимум = 0, общее число точек = 100, индекс подъёма/спада: 1, 4, 7 и 10).



## 2. Выбор напряжения/тока для редактирования

Коснитесь раскрывающейся кнопки **Object** и выберите «Voltage» (напряжение) или «Current» (ток) для редактирования.

– Voltage: если выбрано напряжение, выходной ток всех групп фиксирован. Вы можете коснуться поля ввода **Current**, чтобы задать значение тока с помощью сенсорного экрана или области ввода параметров на передней панели.

– Current: если выбран ток, выходное напряжение всех групп фиксировано. Вы можете коснуться поля ввода **Voltage**, чтобы задать значение напряжения с помощью сенсорного экрана или области ввода параметров на передней панели.

## 3. Редактирование параметров Arb

При выборе различных шаблонов форм сигналов необходимо редактировать различные параметры. Подробности см. в таблице ниже.

### Параметры Arb (шаблон)

| Шаблон    | Параметры                                                     |
|-----------|---------------------------------------------------------------|
| Sine      | Max, Min, Period, Interval, Groups, Invert On/Off             |
| Pulse     | Max, Min, Period, Positive Pulse Width, Groups, Invert On/Off |
| Ramp      | Max, Min, Period, Interval, Groups, Symmetry, Invert On/Off   |
| Stair Up  | Max, Min, Period, Steps, Groups                               |
| Stair Dn  | Max, Min, Period, Steps, Groups                               |
| StairUpDn | Max, Min, Period, Steps, Groups                               |
| Exp Rise  | Max, Min, Groups, Interval, Exp                               |
| Exp Fall  | Max, Min, Groups, Interval, Exp                               |

– **Max (Максимум)** — задаёт максимальное напряжение/ток для текущего выбранного шаблона. Доступный диапазон зависит от текущего выбранного канала. Максимальное значение должно быть больше или равно текущему заданному минимальному значению.

– **Min (Минимум)** — задаёт минимальное напряжение/ток для текущего выбранного шаблона. Доступный диапазон зависит от текущего выбранного канала. Минимальное значение должно быть меньше или равно текущему заданному максимальному значению.

– **Period (Период)** — задаёт длительность одного цикла для текущего выбранного сигнала. Максимальный период — 3600 с.

– **Interval (Интервал)** — задаёт временной интервал между двумя точками (время, необходимое прибору для вывода каждой группы данных) для текущего выбранного шаблона. Максимальный интервал — 3600 с.

– **Groups (Группы)** — задаёт количество точек, выбираемых из сигнала через равные интервалы. Доступный диапазон — от 1 до 512.

– **Invert (Инверсия)** — если текущий выбранный шаблон — Sine, Pulse или Ramp, и функция Invert включена, прибор сначала перевернёт предустановленный сигнал, а затем создаст выходной сигнал.

– **Positive Pulse Width (Положительная ширина импульса)** — если текущий выбранный шаблон — Pulse, вы можете задать положительную ширину импульса (то есть длительность высокого уровня в пределах периода). Максимальная ширина импульса — 3600 с. Фактическая доступная положительная ширина импульса зависит от текущего заданного периода.

– **Symmetry (Симметрия)** — если текущий выбранный шаблон — Ramp, вы можете задать симметрию (то есть отношение длительности переднего фронта в пределах периода к полному периоду). Диапазон — от 0% до 100%.

– **Steps (Ступени)** — если текущий выбранный шаблон — Stair Up, Stair Dn или Stair UpDn, вы можете задать общее количество точек в пределах полного периода. Доступный диапазон — от 3 до 99999.

— **Exp (Экспонента)** — если текущий выбранный шаблон — Exp Rise, вы можете задать индекс подъёма, который изменяется в диапазоне от 0 до 10. Если текущий выбранный шаблон — Exp Fall, вы можете задать индекс спада, который изменяется в диапазоне от 0 до 10.

#### 4. Применение настроек

После редактирования параметров Arb (шаблона) коснитесь Apply, чтобы создать произвольный сигнал. Его параметры Arb будут отображены в редакторе Arb.

##### 6.2.3 Удаление

В интерфейсе редактора Arb вы можете коснуться **Delete**, чтобы удалить выбранную группу данных. Если в выбранной строке нет данных, будет отображено сообщение «No data in the unit» («В данной ячейке нет данных»).

Коснитесь **Clear** — появится сообщение «Clear all groups?» («Очистить все группы?»). Нажатие **Yes** удалит все данные из таблицы.

##### 6.3 Импорт и экспорт

Вы можете сохранить параметры Arb во внутреннюю или внешнюю память и вызвать их при необходимости.

###### Экспорт

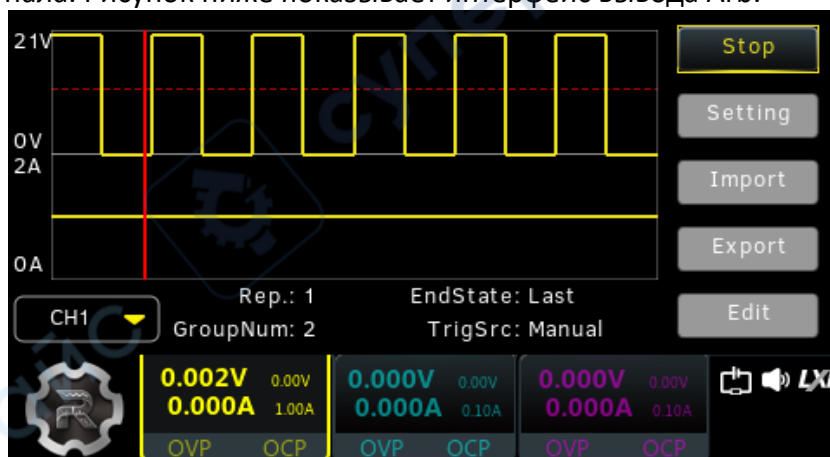
После редактирования параметров вы можете коснуться **Export**, чтобы перейти в интерфейс сохранения и вызова (Store and Recall). Выберите нужный путь сохранения, затем коснитесь **Save**. Задайте имя файла во всплывающем поле ввода имени файла. Появится сообщение «Arb file is exported successfully» («Файл Arb успешно экспортирован»). Тип файла фиксирован — «.RTF».

###### Импорт

Коснитесь **Import**, чтобы перейти в интерфейс сохранения и вызова. Выберите файл, который требуется считать, затем коснитесь **Read**. Появится сообщение «Arb file is imported successfully» («Файл Arb успешно импортирован»), и прибор вернётся в главный интерфейс Arb. Вы можете отредактировать импортированный файл Arb.

##### 6.4 Включение вывода Arb

После редактирования параметров Arb вы можете вернуться в главный интерфейс Arb и включить вывод сигнала. Рисунок ниже показывает интерфейс вывода Arb.



Интерфейс вывода Arb

### **СОВЕТ**

Включение вывода изменит значение выхода канала. Перед включением вывода убедитесь, что изменение выходного значения не повлияет на устройства, подключённые к источнику питания.

Когда генератор включён, необходимо включить соответствующий канал для обеспечения корректного вывода сигнала.

Когда вывод запущен, все настройки и параметры Arb недоступны для изменения.