

## ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

### Источники-измерители напряжения и силы тока серии Keithley 2400

#### Назначение средства измерений

Источники-измерители напряжения и силы тока серии Keithley 2400 (далее – источники-измерители) предназначены для воспроизведения и измерения напряжения и силы постоянного тока, измерения электрического сопротивления постоянному току.

#### Описание средства измерений

Источники-измерители включают в себя прецизионные источник постоянного тока, источник постоянного напряжения, измеритель постоянного тока, измеритель постоянного напряжения, а также микропроцессор для управления режимами работы и устройство индикации. В режиме измерения электрического сопротивления на исследуемый объект подается испытательный ток и измеряется падение напряжения на объекте, при этом сила испытательного тока выбирается автоматически в зависимости от значения измеряемого сопротивления или задается пользователем. Источники-измерители оснащены вакуумным флуоресцентным дисплеем с максимальным разрешением 6 разрядов.

Серия Keithley 2400 включает в себя модификации 2400, 2400-C, 2410, 2410-C, 2420, 2420-C, 2425, 2425-C, 2430, 2430-C, 2440, 2440-C, которые отличаются значениями диапазонов и погрешностей измерения величин. Поставляемая по заказу опция с дефисом “С” при одинаковых метрологических характеристиках имеет дополнительную функцию проверки целостности контактов испытательного объекта. Разъемы для соединений с измерительным объектом расположены на передней и задней панелях.

Связь с компьютером и другими внешними устройствами осуществляется с помощью интерфейсов IEEE-488 (GPIB) и/или RS-232, разъемы которых установлены на задней панели.

Источники-измерители выполнены в виде моноблока в настольном исполнении. Вид передней панели показан на рисунке 1. Вид задней панели с указанием места нанесения знака утверждения типа и знака поверки и схема пломбировки от несанкционированного доступа показан на рисунке 2.



Рисунок 1 – Вид передней панели источников-измерителей серии Keithley 2400



### Программное обеспечение

Программное обеспечение, установленное на внутренний контроллер, выполняет функции управления режимами работы, выбора диапазонов, задания параметров и функций представления и обработки измерительной информации.

Уровень защиты программного обеспечения от непреднамеренных и преднамеренных изменений «низкий» по Р 50.2.077-2014.

Идентификационные данные программного обеспечения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование	Keithley 2400 Firmware
Номер версии (идентификационный номер)	не ниже C32

### Метрологические и технические характеристики

Метрологические характеристики представлены в таблицах 2 – 7, технические характеристики приведены в таблице 8.

Таблица 2 – Диапазоны воспроизведения и измерения постоянного напряжения

Обозначение модификаций					
2400, 2400-C	2410, 2410-C	2420, 2420-C	2425, 2425-C	2430, 2430-C	2440, 2440-C
±200 мВ	±200 мВ	±200 мВ	±200 мВ	±200 мВ	±200 мВ
±2 В	±2 В	±2 В	±2 В	±2 В	±2 В
±20 В	±20 В	±20 В	±20 В	±20 В	±10 В
±200 В	±1000 В	±60 В	±100 В	±100 В	±40 В

Таблица 3 – Диапазоны воспроизведения и измерения силы постоянного тока

Обозначение модификаций					
2400, 2400-С	2410, 2410-С	2420, 2420-С	2425, 2425-С	2430, 2430-С	2440, 2440-С
±1 мкА	±1 мкА				
±10 мкА	±10 мкА	±10 мкА	±10 мкА	±10 мкА	±10 мкА
±100 мкА	±100 мкА	±100 мкА	±100 мкА	±100 мкА	±100 мкА
±1 мА	±1 мА	±1 мА	±1 мА	±1 мА	±1 мА
±10 мА	±20 мА	±10 мА	±10 мА	±10 мА	±10 мА
±100 мА	±100 мА	±100 мА	±100 мА	±100 мА	±100 мА
±1 А	±1 А	±1 А	±1 А	±1 А	±1 А
		±3 А	±3 А	±3 А	±5 А
				±10 А <sup>1)</sup>	

1) В прерывистом режиме при длительности импульса не более 2,5 мс и скважности импульсов не более 10 %.

Таблица 4 – Диапазоны измерения электрического сопротивления постоянному току

Обозначение модификаций		Обозначение модификаций	
2400, 2400-С, 2410, 2410-С		2420, 2420-С, 2425, 2425-С 2430, 2430-С, 2440, 2440-С	
Верхний предел диапазона	Сила испытательного тока <sup>1)</sup>	Верхний предел диапазона	Сила испытательного тока <sup>1)</sup>
≤0,2 Ом <sup>2)</sup>		≤0,2 Ом <sup>2)</sup>	
2 Ом <sup>2)</sup>		2 Ом	1 А
20 Ом	100 мА	20 Ом	100 мА
200 Ом	10 мА	200 Ом	10 мА
2 кОм	1 мА	2 кОм	1 мА
20 кОм	100 мкА	20 кОм	100 мкА
200 кОм	10 мкА	200 кОм	10 мкА
2 МОм	1 мкА	2 МОм	1 мкА <sup>3)</sup>
20 МОм	1 мкА	20 МОм	1 мкА <sup>3)</sup>
200 МОм	100 нА	200 МОм <sup>2)</sup>	
>200 МОм <sup>2)</sup>		>200 МОм <sup>2)</sup>	

1) Значения силы тока указаны для автоматического режима измерения, в ручном режиме значения силы испытательного тока выбираются пользователем.  
2) В ручном режиме.  
3) 5 мкА в модификациях 2440, 2440-С.

Таблица 5 – Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения и измерения постоянного напряжения

Модификация	Диапазон	Воспроизведение напряжения <sup>1,2,3)</sup>	Измерение напряжения <sup>1,2)</sup>
все	±200 мВ	$\pm(2 \cdot 10^{-4} \cdot U + 3 \cdot 10^{-3} \cdot D_U)$	$\pm(1,2 \cdot 10^{-4} \cdot U + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot D_U)$
все	±2 В	$\pm(2 \cdot 10^{-4} \cdot U + 3 \cdot 10^{-4} \cdot D_U)$	$\pm(1,2 \cdot 10^{-4} \cdot U + 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot D_U)$
2440, 2440-С	±10 В	$\pm(2 \cdot 10^{-4} \cdot U + 1,2 \cdot 10^{-4} \cdot D_U)$	$\pm(1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U + 7,5 \cdot 10^{-5} \cdot D_U)$
2400, 2400-С	±20 В		$\pm(1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U + 5 \cdot 10^{-5} \cdot D_U)$
2410, 2410-С, 2420, 2420-С, 2425, 2425-С, 2430, 2430-С		$\pm(1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U + 7,5 \cdot 10^{-5} \cdot D_U)$	
2440, 2440-С		±40 В	$\pm(1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U + 5 \cdot 10^{-5} \cdot D_U)$
2420, 2420-С	±60 В		
2425, 2425-С, 2430, 2430-С	±100 В		
2400, 2400-С	±200 В		
2410, 2410-С	±1000 В	$\pm(2 \cdot 10^{-4} \cdot U + 1 \cdot 10^{-4} \cdot D_U)$	

1) Значения погрешности в течение 1 года после заводской подстройки при температуре окружающей среды (23 ±5) °С  
 2) Обозначения: U – значение напряжения, D<sub>U</sub> – верхний предел диапазона напряжения.  
 3) Для модификаций 2400, 2400-С, 2410, 2410-С значения погрешности действительны при силе выходного тока I ≤ 105 мА в непрерывном режиме, при силе выходного тока I > 105 мА в течение не более 1 минуты.

Таблица 6 – Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения и измерения силы постоянного тока

Модификация	Диапазон	Воспроизведение силы постоянного тока <sup>1,2)</sup>	Измерение силы постоянного тока <sup>1,2)</sup>
2400, 2400-С, 2410, 2410-С	±1 мкА	$\pm(3,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + 6 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$	$\pm(2,9 \cdot 10^{-4} \cdot I + 3 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$
все	±10 мкА	$\pm(3,3 \cdot 10^{-4} \cdot I + 2 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$	$\pm(2,7 \cdot 10^{-4} \cdot I + 7 \cdot 10^{-5} \cdot D_I)$
все	±100 мкА	$\pm(3,1 \cdot 10^{-4} \cdot I + 2 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$	$\pm(2,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + 6 \cdot 10^{-5} \cdot D_I)$
все	±1 мА	$\pm(3,4 \cdot 10^{-4} \cdot I + 2 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$	$\pm(2,7 \cdot 10^{-4} \cdot I + 6 \cdot 10^{-5} \cdot D_I)$
все кроме 2410, 2410-С	±10 мА	$\pm(4,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + 2 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$	$\pm(3,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + 6 \cdot 10^{-5} \cdot D_I)$
2410, 2410-С	±20 мА		
все	±100 мА	$\pm(6,6 \cdot 10^{-4} \cdot I + 2 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$	$\pm(5,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + 6 \cdot 10^{-5} \cdot D_I)$
2400, 2400-С, 2410, 2410-С	±1 А	$\pm(2,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 9 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)^{1)}$	$\pm(2,2 \cdot 10^{-3} \cdot I + 5,7 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$
2420, 2420-С, 2425, 2425-С, 2430, 2430-С, 2440, 2440-С		$\pm(6,7 \cdot 10^{-4} \cdot I + 9 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$	$\pm(6,6 \cdot 10^{-4} \cdot I + 5,7 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$
2420, 2420-С		±3 А	$\pm(5,9 \cdot 10^{-4} \cdot I + 9 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$
2425, 2425-С, 2430, 2430-С	$\pm(5,9 \cdot 10^{-4} \cdot I + 9,33 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$		
2440, 2440-С	±5 А	$\pm(1 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1,08 \cdot 10^{-3} \cdot D_I)$	$\pm(1 \cdot 10^{-3} \cdot I + 6,84 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$

1) Значения погрешности в течение 1 года после заводской подстройки при температуре окружающей среды (23 ±5) °С  
 2) Обозначения: I – значение силы тока, D<sub>I</sub> – верхний предел диапазона силы тока.

Таблица 7 – Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения электрического сопротивления постоянному току

Модификация	Верхний предел диапазона	Значения пределов погрешности <sup>1,2)</sup>
2420, 2420-С, 2425, 2425-С 2430, 2430-С, 2440, 2440-С	$\leq 2 \text{ Ом}^{3)}$	$\pm R \cdot (\delta_{SI} + \delta_{MU})^{4)}$
2400, 2400-С, 2410, 2410-С	2 Ом <sup>3)</sup>	$\pm R \cdot (\delta_{SI} + \delta_{MU})^{4)}$
2420, 2420-С, 2425, 2425-С 2430, 2430-С, 2440, 2440-С		$\pm(1,7 \cdot 10^{-3} \cdot R + 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot D_R)$
все кроме 2410, 2410-С	20 Ом	$\pm(1 \cdot 10^{-3} \cdot R + 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot D_R)$
2410, 2410-С		$\pm(1,1 \cdot 10^{-3} \cdot R + 3 \cdot 10^{-4} \cdot D_R)$
все кроме 2410, 2410-С	200 Ом	$\pm(8 \cdot 10^{-4} \cdot R + 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot D_R)$
2410, 2410-С		$\pm(9 \cdot 10^{-4} \cdot R + 5 \cdot 10^{-4} \cdot D_R)$
все кроме 2410, 2410-С	2 кОм	$\pm(7 \cdot 10^{-4} \cdot R + 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot D_R)$
2410, 2410-С		$\pm(8 \cdot 10^{-4} \cdot R + 3 \cdot 10^{-4} \cdot D_R)$
все кроме 2410, 2410-С	20 кОм	$\pm(6 \cdot 10^{-4} \cdot R + 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot D_R)$
2410, 2410-С		$\pm(7 \cdot 10^{-4} \cdot R + 3 \cdot 10^{-4} \cdot D_R)$
все кроме 2410, 2410-С	200 кОм	$\pm(7 \cdot 10^{-4} \cdot R + 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot D_R)$
2410, 2410-С		$\pm(7 \cdot 10^{-4} \cdot R + 3 \cdot 10^{-4} \cdot D_R)$
все кроме 2410, 2410-С	2 МОм	$\pm(1,1 \cdot 10^{-3} \cdot R + 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot D_R)$
2410, 2410-С		$\pm(1,2 \cdot 10^{-3} \cdot R + 3 \cdot 10^{-4} \cdot D_R)$
все кроме 2410, 2410-С	20 МОм	$\pm(1,1 \cdot 10^{-3} \cdot R + 5 \cdot 10^{-5} \cdot D_R)$
2410, 2410-С		$\pm(1,2 \cdot 10^{-3} \cdot R + 1,2 \cdot 10^{-4} \cdot D_R)$
2400, 2400-С	200 МОм	$\pm(6,6 \cdot 10^{-3} \cdot R + 5 \cdot 10^{-5} \cdot D_R)$
2410, 2410-С		$\pm(6,6 \cdot 10^{-3} \cdot R + 1,2 \cdot 10^{-4} \cdot D_R)$
2420, 2420-С, 2425, 2425-С 2430, 2430-С, 2440, 2440-С	200 МОм <sup>3)</sup>	$\pm R \cdot (\delta_{SI} + \delta_{MU})^{4)}$
	$> 200 \text{ МОм}^{3)}$	$\pm R \cdot (\delta_{SI} + \delta_{MU})^{4)}$

1) Числовые значения погрешности для автоматического режима “Normal” в течение 1 года после заводской подстройки при температуре окружающей среды  $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

2) Обозначения: R – значение сопротивления,  $D_R$  – верхний предел диапазона сопротивления.

3) В ручном режиме.

4) Формула для расчета погрешности в ручном режиме;  $\delta_{SI}$  – относительная погрешность силы установленного испытательного тока,  $\delta_{MU}$  – относительная погрешность измерения напряжения  $U = I \cdot R$ , соответствующего значению R измеряемого сопротивления и значению I силы установленного испытательного тока.

Таблица 8 – Основные технические характеристики

Габаритные размеры (без ручки и ножек), мм	ширина 213	глубина 370	высота 89
Масса, кг, не более			
Модификации 2400, 2400-С, 2410, 2410-С, 2420, 2420-С	3,21		
Модификации 2425, 2425-С, 2430, 2430-С, 2440, 2440-С	4,10		
Напряжения сети питания, В	от 100 до 240		
Частота сети питания, Гц	50		
Потребляемая мощность, Вт, не более			
Модификации 2400, 2400-С	190		
Модификации 2410, 2410-С	210		
Модификации 2420, 2420-С	220		
Модификации 2425, 2425-С, 2430, 2430-С	250		
Модификации 2440, 2440-С	240		
Рабочие условия применения			
температура окружающего воздуха, °С	от 0 до 50		
относительная влажность воздуха, %	до 70 при температуре 35 °С		

### Знак утверждения типа

наносится на заднюю панель корпуса источников-измерителей в виде наклейки и на титульный лист руководства по эксплуатации типографским способом.

### Комплектность средства измерений

представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Комплектность источников-измерителей

Наименование и обозначение	Кол-во
Источник-измеритель напряжения и силы тока серии Keithley 2400: модификация 2400, 2400-С, 2410, 2410-С, 2420, 2420-С, 2425, 2425-С, 2430, 2430-С, 2440, 2440-С	1 шт. по заказу
Комплект измерительных кабелей 8605	1 шт.
Кабель сетевой	по заказу
Руководство по эксплуатации	1 шт.
Методика поверки КИ2400/МП-2019	1 шт.

### Поверка

осуществляется по документу КИ2400/МП-2019 «ГСИ. Источники-измерители напряжения и силы тока серии Keithley 2400. Методика поверки», утвержденному ЗАО «АКТИ-Мастер» 22.04.2019 г.

Основные средства поверки:

- мультиметр Agilent 3458A; регистрационный номер 25900-03;
- калибратор многофункциональный Fluke 5730A; регистрационный номер 60407-15;
- мера электрического сопротивления универсальная однозначная МС 3080М 0,01 Ω класса точности 0,01; регистрационный номер 61295-15 (для моделей 2420, 2425, 2430, 2440).

Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью.

Знак поверки наносится заднюю панель корпуса источников-измерителей в виде наклейки (место нанесения показано на рисунке 2) и/или на свидетельство о поверке.

### Сведения о методиках (методах) измерений

приведены в эксплуатационном документе.

**Нормативные документы, устанавливающие требования к источникам-измерителям напряжения и силы тока серии Keithley 2400**

ГОСТ 8.027-2001. ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы

ГОСТ 8.022-91. ГСИ. Государственный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне  $1 \cdot 10^{-16} \div 30$  А

ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений электрического сопротивления (приказ Росстандарта от 15.02.2016 г. № 146)

**Изготовитель**

Компания “Tektronix (China) Co., Ltd.”, Китай

Адрес: 1227 Chuan Qiao Road, Pudong New Area, Shanghai 201206, P.R.C

Тел. (8621)38960893; Факс: (8621)58993156

E-mail: [moscow@tektronix.com](mailto:moscow@tektronix.com)

**Заявитель**

Общество с ограниченной ответственностью «Мастер-Тул» (ООО «Мастер-Тул»)

Адрес: 127106, г. Москва, Нововладыкинский проезд, д. 8, стр. 4, офис 315

Тел./факс: (495)926-71-85

Web: <http://www.master-tool.ru>

E-mail: [info@master-tool.ru](mailto:info@master-tool.ru)

**Испытательный центр**

Закрытое акционерное общество «АКТИ-Мастер» (ЗАО «АКТИ-Мастер»)

Адрес: 127254, г. Москва, Огородный проезд, д. 5, стр. 5

Тел./факс: (495)926-71-70

Web: <http://www.actimaster.ru>

E-mail [post@actimaster.ru](mailto:post@actimaster.ru)

Аттестат аккредитации ЗАО «АКТИ-Мастер» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа № RA.RU.311824 от 14.10.2016 г.

Заместитель

Руководителя Федерального  
агентства по техническому  
регулированию и метрологии

А.В. Кулешов

М.п.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.