



**Закрывое Акционерное Общество «АКТИ-Мастер»
АКТУАЛЬНЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНФОРМАТИКА**

127254, Москва, Огородный проезд, д. 5, стр. 5
тел./факс (495)926-71-85 E-mail: post@actimaster.ru
<http://www.actimaster.ru>

УТВЕРЖДАЮ

**Генеральный директор
ЗАО «АКТИ-Мастер»**




В.В. Федулов
«22» апреля 2019 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Источники-измерители напряжения и силы тока серии Keithley 2400

**Методика поверки
КІ2400/МП-2019**

**Заместитель генерального директора
по метрологии ЗАО «АКТИ-Мастер»**



Д.Р. Васильев

**г. Москва
2019**

Настоящая методика поверки распространяется на источники-измерители напряжения и силы тока серии Keithley 2400, модели 2400, 2400-С, 2410, 2410-С, 2420, 2420-С, 2425, 2425-С, 2430, 2430-С, 2440, 2440-С (далее – приборы), изготавливаемые компанией “Tektronix (China) Co., Ltd.” (Китай), и устанавливает методы и средства их поверки.

Интервал между поверками – 1 год.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1. Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при поверке	
		первичной	периодической
Внешний осмотр	6.1	да	да
Подготовка к поверке	6.2	да	да
Опробование и идентификация	7.2	да	да
Определение погрешности воспроизведения и измерения напряжения	7.3	да	да
Определение погрешности воспроизведения и измерения силы тока до 1 А	7.4	да	да
Определение погрешности воспроизведения и измерения силы тока свыше 1 А (модели 2420, 2425, 2430, 2440)	7.5	да	да
Определение погрешности измерения электрического сопротивления	7.6	да	да

1.2 По письменному запросу пользователя поверку допускается проводить для меньшего числа величин и диапазонов измерений. При этом в свидетельстве о поверке должны быть указаны величины и диапазоны, для которых выполнена поверка.

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 Рекомендуется использовать средства поверки, указанные в таблице 2.

2.2 Допускается применять другие аналогичные средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик поверяемых генераторов с требуемой точностью.

2.3 Средства измерений должны быть исправны, поверены и иметь документы о поверке.

Таблица 2 – Средства поверки

Наименование средства поверки	Номер пункта методики	Рекомендуемый тип средства поверки, регистрационный номер реестра
Измеритель постоянного напряжения	7.3	Мультиметр Agilent 3458A; рег. № 25900-03
Измеритель силы постоянного тока	7.4	
Мера электрического сопротивления (для моделей 2420, 2425, 2430, 2440)	7.5	Мера электрического сопротивления универсальная однозначная МС 3080М 0,01 Ω класса точности 0,01; рег. № 61295-15
Калибратор электрического сопротивления	7.6	Калибратор многофункциональный Fluke 5730A; рег. № 60407-15

3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

К проведению поверки допускаются лица, имеющие высшее или среднетехническое образование, практический опыт в области электрических измерений.

4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019-80.

4.2 Во избежание несчастного случая и для предупреждения повреждения прибора и поверочного оборудования необходимо обеспечить выполнение следующих требований:

- подсоединение оборудования к сети должно производиться с помощью сетевого кабеля, предназначенного для данного оборудования;
- заземление оборудования должно производиться посредством заземляющего контакта сетевого кабеля;
- запрещается производить подсоединение кабелей к контактам прибора или отсоединение от них, когда имеется напряжение на входе или выходе прибора;
- запрещается работать с прибором при обнаружении его повреждения.

5 УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПОВЕРКЕ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия окружающей среды:

- температура воздуха (23 ± 2) °С;
- относительная влажность воздуха от 30 до 70 %;
- атмосферное давление от 84 до 106.7 кПа.

6 ВНЕШНИЙ ОСМОТР И ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1 Внешний осмотр

6.1.1 При проведении внешнего осмотра проверяются:

- чистота и исправность разъемов прибора;
- отсутствие механических повреждений корпуса прибора;
- правильность маркировки и комплектность прибора.

6.1.2 При наличии дефектов или повреждений, препятствующих нормальной эксплуатации поверяемого прибора, его следует направить в сервисный центр для проведения ремонта.

6.2. Подготовка к поверке

6.2.1. Перед началом работы следует изучить руководство по эксплуатации поверяемого прибора, а также руководства по эксплуатации применяемых средств поверки.

6.2.2 Подготовить прибор и средства поверки к работе в соответствии с руководствами по эксплуатации.

6.2.3 Перед операциями поверки выдержать прибор во включенном состоянии 1 час.

6.2.4 Произвести начальную (заводскую установку) поверяемого прибора, для чего нажать клавишу MENU, выбрать SAVE/SETUP, ENTER; выбрать GLOBAL, ENTER; выбрать RESET, ENTER; выбрать BENCH, ENTER; нажать ENTER, ENTER, EXIT.

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Общие указания по проведению поверки

Полученные в процессе выполнения операций результаты измерений должны укладываться в пределы допускаемых значений, указанных в настоящей методике. При получении отрицательных результатов по какой-либо операции необходимо ее повторить. При повторном отрицательном результате прибор следует направить в сервисный центр для регулировки и/или ремонта.

Рекомендуемая форма таблиц протокола поверки приведена в Приложении 1.

7.2 Опробование и идентификация

7.2.1 Выполнить диагностику прибора, для чего выключить и повторно включить прибор.

После завершения процесса запуска прибора не должно быть выдано сообщений об ошибках. Записать результат проверки в таблицу 7.2.

7.2.2 Нажатием клавиш на лицевой панели прибора убедиться в том, что режимы работы и настройки соответствуют указанным в руководстве по эксплуатации. Записать результат проверки в таблицу 7.2.

7.2.3 Выполнить проверку идентификации номера версии программного обеспечения прибора, для чего нажать клавишу MENU, выбрать GENERAL, ENTER; выбрать SERIAL #. EXIT. Записать отображаемый номер версии программного обеспечения (Rev) в таблицу 7.2.

Таблица 7.2 – Опробование и идентификация

Содержание проверки	Результат проверки	Критерий проверки
Диагностика при включении		Отсутствие сообщений об ошибках
Проверка режимов работы		Соответствие руководству по эксплуатации
Проверка идентификации версии программного обеспечения		C32 и выше

7.3 Определение погрешности воспроизведения и измерения напряжения

7.3.1 С помощью клавиши FRONT/REAR TERMINALS выбрать режим работы поверяемого прибора с лицевой панели и выполнить установки:
SOURCE V; MEAS V

7.3.2 Соединить с помощью пары кабелей с гнезда “INPUT/OUTPUT HI, LO” поверяемого прибора соответственно с гнездами “INPUT HI, LO” мультиметра.

7.3.3 Включить выход прибора нажатием клавиши ON/OFF OUTPUT.

7.3.4 Устанавливать на поверяемом приборе диапазоны и значения напряжения, указанные в столбцах 1 и 2 таблицы Приложения для соответствующей модели прибора.

Записывать в столбцы 3 и 4 таблицы измеренные соответственно поверяемым прибором и мультиметром значения напряжения.

Вычислять значения абсолютной погрешности воспроизведения напряжения Δ_{US} и абсолютной погрешности измерения напряжения Δ_{UM} по формулам:

$$\Delta_{US} = (U_S - U_O)$$

$$\Delta_{UM} = (U_M - U_O)$$

где U_S – установленное на поверяемом приборе значение, U_M – измеренное поверяемым прибором значение, U_O – измеренное мультиметром значение.

Записывать полученные значения погрешности в столбцы 5 и 7 таблицы.

7.3.5 Выключить источник нажатием клавиши ON/OFF OUTPUT.

7.3.6 Выбрать режим работы с задней панели с помощью клавиши FRONT/REAR TERMINALS и присоединить кабели к соответствующим гнездам на задней панели прибора. Выполнить пункты 7.3.3 – 7.3.5 для наименьшего и наибольшего диапазонов напряжения.

7.4 Определение погрешности воспроизведения и измерения силы тока до 1 А

7.4.1 С помощью клавиши FRONT/REAR TERMINALS выбрать режим работы поверяемого прибора с лицевой панели и выполнить установки:
SOURCE I; MEAS I

7.4.2 Соединить с помощью пары кабелей с гнезда “INPUT/OUTPUT HI, LO” поверяемого прибора соответственно с гнездами “INPUT AMPS, LO” мультиметра.

7.4.3 Включить выход прибора нажатием клавиши ON/OFF OUTPUT.

7.4.4 Устанавливать на поверяемом приборе диапазоны и значения силы тока, указанные в столбцах 1 и 2 таблицы Приложения для соответствующей модели прибора.

Записывать в столбцы 3 и 4 таблицы измеренные соответственно поверяемым прибором и мультиметром значения напряжения.

Вычислять значения абсолютной погрешности воспроизведения силы тока Δ_{IS} и абсолютной погрешности измерения силы тока Δ_{IM} по формулам:

$$\Delta_{IS} = (I_S - I_O)$$

$$\Delta_{IM} = (I_M - I_O)$$

где I_S – установленное на поверяемом приборе значение, I_M – измеренное поверяемым прибором значение, I_O – измеренное мультиметром значение.

Записывать полученные значения погрешности в столбцы 5 и 7 таблицы.

7.4.5 Выключить источник нажатием клавиши ON/OFF OUTPUT.

7.4.6 Выбрать режим работы с задней панели с помощью клавиши FRONT/REAR TERMINALS и присоединить кабели к соответствующим гнездам на задней панели прибора.

Выполнить пункты 7.4.3 – 7.4.5 для наименьшего и наибольшего (1 А) диапазонов силы тока.

7.5 Определение погрешности воспроизведения и измерения силы тока свыше 1 А (модели 2420, 2425, 2430, 2440)

7.5.1 С помощью клавиши FRONT/REAR TERMINALS выбрать режим работы поверяемого прибора с лицевой панели и выполнить установки:
SOURCE I; MEAS I

7.5.2 Соединить с помощью пары кабелей с клеммными зажимами гнезда “INPUT/OUTPUT HI, LO” поверяемого прибора соответственно с клеммами “I1, I2” меры сопротивления.

Соединить с помощью пары кабелей с клеммными зажимами гнезда “INPUT HI, LO” мультиметра соответственно с клеммами “U1, U2” меры сопротивления.

7.5.3 Установить на поверяемом приборе диапазон и силу тока, указанные в столбцах 1 и 2 таблицы Приложения для соответствующей модели прибора.

7.5.4. Включить выход источника нажатием клавиши ON/OFF OUTPUT.

7.5.5 Записать в столбцы 3 и 4 таблицы значения силы тока, измеренные соответственно поверяемым прибором и мультиметром.

Измеренное значение силы тока следует рассчитать по формуле

$$I_0 = U_0/R,$$

где U_0 – отсчет напряжения на мультиметре, $R = 0.01 \Omega$.

7.5.6 Выключить источник нажатием клавиши ON/OFF OUTPUT.

7.6 Определение погрешности измерения электрического сопротивления

7.6.1 Установить калибратор Fluke 5730A в положение “STANDBY”, режим воспроизведения сопротивления по 4-х проводной схеме (“External Sense ON”).

7.6.2 Выполнить соединение поверяемого прибора с калибратором по 4-х проводной схеме, используя экранированные кабели.

Соединить гнезда “INPUT/OUTPUT HI, LO” на передней панели прибора соответственно с гнездами “OUTPUT HI”, “OUTPUT LO” калибратора.

Соединить гнезда “4-WIRE SENSE HI, LO” на передней панели прибора соответственно с гнездами “SENSE HI”, “SENSE LO” калибратора.

7.6.3 С помощью клавиши FRONT/REAR TERMINALS выбрать режим работы поверяемого прибора с лицевой панели и выполнить установки:

CONFIG; MEAS Ω

CONFIG OHMS

SOURCE SENSE-MODE GUARD

SENSE-MODE, ENTER, 4-WIRE, ENTER, EXIT

MEAS Ω

7.6.4 Включить выход прибора нажатием клавиши ON/OFF OUTPUT.

Перевести калибратор в режим “OPERATE”.

7.6.5 Устанавливать диапазоны на поверяемом приборе и номинальные значения сопротивления на калибраторе, как указано в столбцах 1 и 2 таблицы Приложения.

Записывать отображаемые на калибраторе действительные значения сопротивления в столбец 3, и показания поверяемого прибора в столбец 4 таблицы.

Вычислять значения абсолютной погрешности Δ_R по формуле

$$\Delta_R = (R_M - R_C),$$

где R_M – показание поверяемого прибора, R_C – действительное значение сопротивления калибратора.

Записать полученные значения погрешности в столбец 5 таблицы.

7.6.6 Перевести калибратор в положение “STANDBY”.

Выключить источник нажатием клавиши ON/OFF OUTPUT.

7.6.7 Выбрать режим работы с задней панели с помощью клавиши FRONT/REAR TERMINALS и присоединить кабели к соответствующим гнездам на задней панели прибора.

Выполнить пункты 7.6.3 – 7.6.6 для наименьшего и наибольшего диапазонов сопротивления.

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 Протокол поверки

По завершении операций поверки оформляется протокол поверки в произвольной форме. В протоколе поверки разрешается привести качественные результаты измерений о соответствии допускаемым значениям без указания измеренных числовых значений величин.

Вместо оформления протокола поверки допускается указать результаты поверки на обратной стороне свидетельства о поверке.

8.2 Свидетельство о поверке и знак поверки

При положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке и наносится знак поверки в соответствии с Приказом Минпромторга России № 1815 от 02.07.2015 г.

8.3 Извещение о непригодности

При отрицательных результатах поверки, выявленных при внешнем осмотре, опробовании или выполнении операций поверки, выдается извещение о непригодности в соответствии с Приказом Минпромторга России № 1815 от 02.07.2015 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблицы протоколов поверки

Обозначения

U_S – установленное на поверяемом приборе значение напряжения

U_M – измеренное поверяемым прибором значение напряжения

U_O – измеренное мультиметром значение напряжения

$\Delta_{US} = (U_S - U_O)$ – абсолютная погрешность воспроизведения напряжения

$\Delta_{UM} = (U_M - U_O)$ – абсолютная погрешность измерения напряжения

$(\Delta_{US})_{MAX}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения напряжения

$(\Delta_{UM})_{MAX}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения напряжения

I_S – установленное на поверяемом приборе значение силы тока

I_M – измеренное поверяемым прибором значение силы тока

I_O – измеренное мультиметром значение силы тока

$\Delta_{IS} = (I_S - I_O)$ – абсолютная погрешность воспроизведения силы тока

$\Delta_{IM} = (I_M - I_O)$ – абсолютная погрешность измерения силы тока

$(\Delta_{IS})_{MAX}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения силы тока

$(\Delta_{IM})_{MAX}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения силы тока

R_M – измеренное поверяемым прибором значение сопротивления

R_C – действительное значение сопротивления калибратора

$\Delta_R = (R_M - R_C)$ – абсолютная погрешность измерения сопротивления

$(\Delta_R)_{MAX}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения сопротивления

III. Таблицы протокола модели Keithley 2400

Таблица 1 – Погрешность воспроизведения и измерения напряжения

Диапазон	U_s	U_o	U_m	$\Delta_{US} = (U_s - U_o)$	$(\Delta_{US})_{MAX}$	$\Delta_{UM} = (U_m - U_o)$	$(\Delta_{UM})_{MAX}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Передняя панель							
±200 mV	+200 mV				±0.640 mV		±0.324 mV
	-200 mV						
±2 V	+2 V				±0.00100 V		±0.00054 V
	-2 V						
±20 V	+20 V				±0.0064 V		±0.0045 V
	-20 V						
±200 V	+200 V				±0.064 V		±0.040 V
	-200 V						
Задняя панель							
±200 mV	+200 mV				±0.640 mV		±0.324 mV
	-200 mV						
±200 V	+200 V				±0.064 V		±0.040 V
	-200 V						

Таблица 2 – Погрешность воспроизведения и измерения силы тока

Диапазон	I_s	I_o	I_m	$\Delta_{IS} = (I_s - I_o)$	$(\Delta_{IS})_{MAX}$	$\Delta_{IM} = (I_m - I_o)$	$(\Delta_{IM})_{MAX}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Передняя панель							
1 μ A	+1 μ A				±0.00095 μ A		±0.00059 μ A
	-1 μ A						
10 μ A	+10 μ A				±0.0053 μ A		±0.0034 μ A
	-10 μ A						
100 μ A	+100 μ A				±0.051 μ A		±0.031 μ A
	-100 μ A						
1 mA	+1 mA				±0.00054 mA		±0.00033 mA
	-1 mA						
10 mA	+10 mA				±0.0065 mA		±0.0041 mA
	-10 mA						
100 mA	+100 mA				±0.086 mA		±0.061 mA
	-100 mA						
1 A	+1 A				±0.00360 A		±0.00277 A
	-1 A						
Задняя панель							
1 μ A	+1 μ A				±0.00095 μ A		±0.00059 μ A
	-1 μ A						
1 A	+1 A				±0.00360 A		±0.00277 A
	-1 A						

Таблица 3 – Погрешность измерения сопротивления

Диапазон	Сопротивление калибратора		R_M	$\Delta R = (R_M - R_C)$	$(\Delta R)_{MAX}$
	номинал	R_C			
1	2	3	4	5	6
Передняя панель					
20 Ω	19 Ω				$\pm 0.0220 \Omega$
200 Ω	190 Ω				$\pm 0.182 \Omega$
2 k Ω	1.9 k Ω				$\pm 0.00163 \text{ k}\Omega$
20 k Ω	19 k Ω				$\pm 0.0144 \text{ k}\Omega$
200 k Ω	190 k Ω				$\pm 0.163 \text{ k}\Omega$
2 M Ω	1.9 M Ω				$\pm 0.00239 \text{ M}\Omega$
20 M Ω	19 M Ω				$\pm 0.0219 \text{ M}\Omega$
200 M Ω	100 M Ω				$\pm 0.670 \text{ M}\Omega$
Задняя панель					
20 Ω	19 Ω				$\pm 0.022 \Omega$
200 M Ω	100 M Ω				$\pm 0.670 \text{ M}\Omega$

П2. Таблицы протокола модели Keithley 2410

Таблица 1 – Погрешность воспроизведения и измерения напряжения

Диапазон	U_s	U_o	U_m	$\Delta_{US} = (U_s - U_o)$	$(\Delta_{US})_{MAX}$	$\Delta_{UM} = (U_m - U_o)$	$(\Delta_{UM})_{MAX}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Передняя панель							
±200 mV	+200 mV				±0.640 mV		±0.324 mV
	-200 mV						
±2 V	+2 V				±0.00100 V		±0.00054 V
	-2 V						
±20 V	+20 V				±0.0064 V		±0.0040 V
	-20 V						
±1000 V	+1000 V				±0.300 V		±0.200 V
	-1000 V						
Задняя панель							
±200 mV	+200 mV				±0.640 mV		±0.324 mV
	-200 mV						
±1000 V	+1000 V				±0.300 V		±0.200 V
	-1000 V						

Таблица 2 – Погрешность воспроизведения и измерения силы тока

Диапазон	I_s	I_o	I_m	$\Delta_{IS} = (I_s - I_o)$	$(\Delta_{IS})_{MAX}$	$\Delta_{IM} = (I_m - I_o)$	$(\Delta_{IM})_{MAX}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Передняя панель							
1 μ A	+1 μ A				±0.00095 μ A		±0.00059 μ A
	-1 μ A						
10 μ A	+10 μ A				±0.0053 μ A		±0.0034 μ A
	-10 μ A						
100 μ A	+100 μ A				±0.051 μ A		±0.031 μ A
	-100 μ A						
1 mA	+1 mA				±0.00054 mA		±0.00033 mA
	-1 mA						
20 mA	+20 mA				±0.0130 mA		±0.0082 mA
	-20 mA						
100 mA	+100 mA				±0.086 mA		±0.061 mA
	-100 mA						
1 A	+1 A				±0.00360 A		±0.00277 A
	-1 A						
Задняя панель							
1 μ A	+1 μ A				±0.00095 μ A		±0.00059 μ A
	-1 μ A						
1 A	+1 A				±0.00360 A		±0.00277 A
	-1 A						

Таблица 3 – Погрешность измерения сопротивления

Диапазон	Сопротивление калибратора		R_M	$\Delta_R = (R_M - R_C)$	$(\Delta_R)_{MAX}$
	номинал	R_C			
1	2	3	4	5	6
Передняя панель					
20 Ω	19 Ω				$\pm 0.0269 \Omega$
200 Ω	190 Ω				$\pm 0.271 \Omega$
2 k Ω	1.9 k Ω				$\pm 0.00212 \text{ k}\Omega$
20 k Ω	19 k Ω				$\pm 0.0193 \text{ k}\Omega$
200 k Ω	190 k Ω				$\pm 0.193 \text{ k}\Omega$
2 M Ω	1.9 M Ω				$\pm 0.00288 \text{ M}\Omega$
20 M Ω	19 M Ω				$\pm 0.0252 \text{ M}\Omega$
200 M Ω	100 M Ω				$\pm 0.684 \text{ M}\Omega$
Задняя панель					
20 Ω	19 Ω				$\pm 0.0269 \Omega$
200 M Ω	100 M Ω				$\pm 0.684 \text{ M}\Omega$

ПЗ. Таблицы протокола модели Keithley 2420

Таблица 1 – Погрешность воспроизведения и измерения напряжения

Диапазон	U_s	U_o	U_m	$\Delta_{Us} = (U_s - U_o)$	$(\Delta_{Us})_{MAX}$	$\Delta_{Um} = (U_m - U_o)$	$(\Delta_{Um})_{MAX}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Передняя панель							
±200 mV	+200 mV				±0.640 mV		±0.324 mV
	-200 mV						
±2 V	+2 V				±0.00100 V		±0.00054 V
	-2 V						
±20 V	+20 V				±0.0064 V		±0.0045 V
	-20 V						
±60 V	+60 V				±0.0192 V		±0.0120 V
	-60 V						
Задняя панель							
±200 mV	+200 mV				±0.640 mV		±0.324 mV
	-200 mV						
±60 V	+60 V				±0.0192 V		±0.0120 V
	-60 V						

Таблица 2 – Погрешность воспроизведения и измерения силы тока

Диапазон	I_s	I_o	I_m	$\Delta_{Is} = (I_s - I_o)$	$(\Delta_{Is})_{MAX}$	$\Delta_{Im} = (I_m - I_o)$	$(\Delta_{Im})_{MAX}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Передняя панель							
10 μ A	+10 μ A				±0.0053 μ A		±0.0034 μ A
	-10 μ A						
100 μ A	+100 μ A				±0.051 μ A		±0.031 μ A
	-100 μ A						
1 mA	+1 mA				±0.00054 mA		±0.00033 mA
	-1 mA						
10 mA	+10 mA				±0.0065 mA		±0.0041 mA
	-10 mA						
100 mA	+100 mA				±0.086 mA		±0.061 mA
	-100 mA						
1 A	+1 A				±0.00157 A		±0.00123 A
	-1 A						
3 A	+3 A				±0.00447 A		±0.00327 A
	-3 A						
Задняя панель							
10 μ A	+10 μ A				±0.0053 μ A		±0.0034 μ A
	-10 μ A						
1 A	+1 A				±0.00157 A		±0.00123 A
	-1 A						

Таблица 3 – Погрешность измерения сопротивления

Диапазон	Сопротивление калибратора		R_M	$\Delta_R = (R_M - R_C)$	$(\Delta_R)_{MAX}$
	номинал	R_C			
1	2	3	4	5	6
Передняя панель					
2 Ω	1.9 Ω				$\pm 0.00353 \Omega$
20 Ω	19 Ω				$\pm 0.0220 \Omega$
200 Ω	190 Ω				$\pm 0.182 \Omega$
2 k Ω	1.9 k Ω				$\pm 0.00163 \text{ k}\Omega$
20 k Ω	19 k Ω				$\pm 0.0144 \text{ k}\Omega$
200 k Ω	190 k Ω				$\pm 0.163 \text{ k}\Omega$
2 M Ω	1.9 M Ω				$\pm 0.00239 \text{ M}\Omega$
20 M Ω	19 M Ω				$\pm 0.0219 \text{ M}\Omega$
Задняя панель					
2 Ω	1.9 Ω				$\pm 0.00353 \Omega$
20 M Ω	19 M Ω				$\pm 0.0219 \text{ M}\Omega$

П4. Таблицы протокола моделей Keithley 2425, Keithley 2430

Таблица 1 – Погрешность воспроизведения и измерения напряжения

Диапазон	U_s	U_o	U_m	$\Delta_{US} = (U_s - U_o)$	$(\Delta_{US})_{MAX}$	$\Delta_{UM} = (U_m - U_o)$	$(\Delta_{UM})_{MAX}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Передняя панель							
±200 mV	+200 mV				±0.640 mV		±0.324 mV
	-200 mV						
±2 V	+2 V				±0.00100 V		±0.00054 V
	-2 V						
±20 V	+20 V				±0.0064 V		±0.0040 V
	-20 V						
±100 V	+100 V				±0.0320 V		±0.0200 V
	-100 V						
Задняя панель							
±200 mV	+200 mV				±0.640 mV		±0.324 mV
	-200 mV						
±100 V	+100 V				±0.0320 V		±0.0200 V
	-100 V						

Таблица 2 – Погрешность воспроизведения и измерения силы тока

Диапазон	I_s	I_o	I_m	$\Delta_{IS} = (I_s - I_o)$	$(\Delta_{IS})_{MAX}$	$\Delta_{IM} = (I_m - I_o)$	$(\Delta_{IM})_{MAX}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Передняя панель							
10 µA	+10 µA				±0.0053 µA		±0.0034 µA
	-10 µA						
100 µA	+100 µA				±0.051 µA		±0.031 µA
	-100 µA						
1 mA	+1 mA				±0.00054 mA		±0.00033 mA
	-1 mA						
10 mA	+10 mA				±0.0065 mA		±0.0041 mA
	-10 mA						
100 mA	+100 mA				±0.086 mA		±0.061 mA
	-100 mA						
1 A	+1 A				±0.00157 A		±0.00123 A
	-1 A						
3 A	+3 A				±0.00457 A		±0.00327 A
	-3 A						
Задняя панель							
10 µA	+10 µA				±0.0053 µA		±0.0034 µA
	-10 µA						
1 A	+1 A				±0.00157 A		±0.00123 A
	-1 A						

Таблица 3 – Погрешность измерения сопротивления

Диапазон	Сопротивление калибратора		R_M	$\Delta R = (R_M - R_C)$	$(\Delta R)_{MAX}$
	номинал	R_C			
1	2	3	4	5	6
Передняя панель					
2 Ω	1.9 Ω				$\pm 0.00353 \Omega$
20 Ω	19 Ω				$\pm 0.0220 \Omega$
200 Ω	190 Ω				$\pm 0.182 \Omega$
2 k Ω	1.9 k Ω				$\pm 0.00163 \text{ k}\Omega$
20 k Ω	19 k Ω				$\pm 0.0144 \text{ k}\Omega$
200 k Ω	190 k Ω				$\pm 0.163 \text{ k}\Omega$
2 M Ω	1.9 M Ω				$\pm 0.00239 \text{ M}\Omega$
20 M Ω	19 M Ω				$\pm 0.0219 \text{ M}\Omega$
Задняя панель					
2 Ω	1.9 Ω				$\pm 0.00353 \Omega$
20 M Ω	19 M Ω				$\pm 0.0219 \text{ M}\Omega$

П5. Таблицы протокола модели Keithley 2440

Таблица 1 – Погрешность воспроизведения и измерения напряжения

Диапазон	U_s	U_o	U_m	$\Delta_{US} = (U_s - U_o)$	$(\Delta_{US})_{MAX}$	$\Delta_{UM} = (U_m - U_o)$	$(\Delta_{UM})_{MAX}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Передняя панель							
±200 mV	+200 mV				±0.640 mV		±0.324 mV
	-200 mV						
±2 V	+2 V				±0.00100 V		±0.00054 V
	-2 V						
±20 V	+20 V				±0.0064 V		±0.0045 V
	-20 V						
±40 V	+40 V				±0.0128 V		±0.0090 V
	-40 V						
Задняя панель							
±200 mV	+200 mV				±0.640 mV		±0.324 mV
	-200 mV						
±40 V	+40 V				±0.0128 V		±0.0090 V
	-40 V						

Таблица 2 – Погрешность воспроизведения и измерения силы тока

Диапазон	I_s	I_o	I_m	$\Delta_{IS} = (I_s - I_o)$	$(\Delta_{IS})_{MAX}$	$\Delta_{IM} = (I_m - I_o)$	$(\Delta_{IM})_{MAX}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Передняя панель							
10 μ A	+10 μ A				±0.0053 μ A		±0.0034 μ A
	-10 μ A						
100 μ A	+100 μ A				±0.051 μ A		±0.031 μ A
	-100 μ A						
1 mA	+1 mA				±0.00054 mA		±0.00033 mA
	-1 mA						
10 mA	+10 mA				±0.0065 mA		±0.0041 mA
	-10 mA						
100 mA	+100 mA				±0.086 mA		±0.061 mA
	-100 mA						
1 A	+1 A				±0.00157 A		±0.00123 A
	-1 A						
5 A	+5 A				±0.0104 A		±0.00842 A
	-5 A						
Задняя панель							
10 μ A	+10 μ A				±0.0053 μ A		±0.0034 μ A
	-10 μ A						
1 A	+1 A				±0.00157 A		±0.00123 A
	-1 A						

Таблица 3 – Погрешность измерения сопротивления

Диапазон	Сопротивление калибратора		R_M	$\Delta R = (R_M - R_C)$	$(\Delta R)_{MAX}$
	номинал	R_C			
1	2	3	4	5	6
Передняя панель					
2 Ω	1.9 Ω				$\pm 0.00353 \Omega$
20 Ω	19 Ω				$\pm 0.0220 \Omega$
200 Ω	190 Ω				$\pm 0.182 \Omega$
2 k Ω	1.9 k Ω				$\pm 0.00163 \text{ k}\Omega$
20 k Ω	19 k Ω				$\pm 0.0144 \text{ k}\Omega$
200 k Ω	190 k Ω				$\pm 0.163 \text{ k}\Omega$
2 M Ω	1.9 M Ω				$\pm 0.00239 \text{ M}\Omega$
20 M Ω	19 M Ω				$\pm 0.0219 \text{ M}\Omega$
Задняя панель					
2 Ω	1.9 Ω				$\pm 0.00353 \Omega$
20 M Ω	19 M Ω				$\pm 0.0219 \text{ M}\Omega$