

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ООО «Профигрупп»
Д.В. Семенов
» 2015 г.



УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ГЦИ СИ
«ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»
Н.И. Ханов
15» марта 2015 г.

**ИЗМЕРИТЕЛИ СОПРОТИВЛЕНИЯ, ОТНОСИТЕЛЬНОЙ
ВЛАЖНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ
VKG A-770**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

ПГЯК.411219.001Д2

г.р. 01553-15

Справ.№	Перв. примен.

Содержание

1	Введение.....	3
2	Нормативные ссылки.....	3
3	Метрологические характеристики.....	3
4	Требования к средствам поверки.....	4
5	Требования к условиям поверки.....	5
6	Требования к квалификации персонала.....	5
7	Требования по обеспечению безопасности.....	5
8	Процедура поверки.....	6
9	Обработка результатов измерений.....	13
10	Оценка неопределенности результатов поверки.....	14
11	Оформление результатов поверки.....	20

					ПГЯК.411219.001Д2						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Измеритель сопротивления, относительной влажности и температуры VKG A-770 Методика поверки			Лит.	Лист	Листов	
Разраб.		Бондин						О		2	29
Проверил		Липатов						Профигрупп			
Н.контр.		Асатарьян									
Утвердил		Семенов									

1 Введение

Методика поверки разработана с целью подтверждения действительных метрологических характеристик прибора серии VKG A-770. Первичной поверке подвергается каждый экземпляр, выпускаемый из производства. Периодической поверке подвергаются приборы, находящиеся в эксплуатации.

Интервал между поверками – 1 год.

2 Нормативные ссылки

ГОСТ Р 53734.5.1-2009 Электростатика. Защита электронных устройств от электростатических явлений. Общие требования.

ГОСТ Р 53734.4.1-2010 Методы испытаний для прикладных задач. Электрическое сопротивление напольных покрытий и установленных полов.

ГОСТ 8.366-79 «ГСИ. Омметры цифровые. Методы и средства поверки»

ГОСТ Р 54500.1-2011 Неопределенность измерений. Часть 1. Введение в руководство по неопределенности измерений.

3 Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значения
Диапазон измерения электрического сопротивления	1 кОм – 0,999 ГОм
Значение испытательного напряжения в зависимости от диапазона, В: до 1 МОм от 1 МОм до 0,999 ГОм	10,0±0,5 100±5
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения электрического сопротивления в зависимости от диапазона, % 1 кОм – 0,999 ГОм 1 ГОм – 9,99 ГОм 10 ГОм – 0,999 ГОм	±2 ±5 ±10
Пределы допускаемой дополнительной относительной погрешности измерения электрического сопротивления, вызванной отклонениями температуры и относительной влажности воздуха от нормальных условий применения рабочих в зависимости от диапазона, %: 1 кОм – 0,999 ГОм 1 ГОм – 9,99 ГОм 10 ГОм – 0,999 ГОм	±1 ±2,5 ±5
Диапазон измерений температуры, °С	5 – 40
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения температуры, °С	±0,5
Диапазон измерений относительной влажности, %	0 – 98
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения относительной влажности в зависимости от диапазона, % (0 - 10) % (10 - 90) % (90 - 98) %	±5 ±3 ±5
Сопротивление электродов, Ом, не более	1000

									Л
									3
Изм.	Л	№ докум.	Подп.	Дата	ПГЯК.411219.001Д2				
Инв № подл.		Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата	
Формат А4									

Нормальные условия применения: диапазон температур окружающего воздуха, °С относительная влажность воздуха, % атмосферное давление, мм.рт.ст.	10 – 30 30 – 80 590 - 795
Рабочие условия применения: диапазон температур окружающего воздуха, °С относительная влажность воздуха при 25 °С, % атмосферное давление, мм.рт.ст.	10 – 35 30 - 90 537 - 800
Источник питания	аккумуляторные батареи 1,2 В x 5 (размер АА)
Габаритные размеры (высота x ширина x толщина) измерителя, мм, не более	250x140x60
Масса измерителя без электродов, кг, не более	0,5
Масса измерительных электродов, кг, не более	2,75
Масса комплекта, кг не более	7
Средний срок службы, лет, не менее	5

4 Требования к средствам поверки

При проведении поверки применяют средства измерений и оборудование, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 СИ и оборудование при проведении поверки

Наименование или обозначение средств измерений и вспомогательного оборудования	Наименование и обозначение метрологической или технической характеристики	Нормированное значение метрологической характеристики
Эталонный динамический генератор влажного газа Родник-2	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности создания парогазовой смеси, ($\Delta_{\text{эт}}$)	$\pm 0,5$ % относительной влажности
Термостат прецизионный ТПП-1.3	Нестабильность поддержания температуры	$\pm 0,02$ °С
Термометр стеклянный 2 разряда ТЛ 4	Основная абсолютная погрешности измерения температуры, $\Delta_{\text{эт}}$	$\pm 0,1$ °С
Мера имитатор Р40116	Класс Точности	0,05
Магазин сопротивления Р4831	Класс Точности	0,02
Мультиметр Оммега 111	Допускаемая погрешность измерения напряжения постоянного тока Допускаемая погрешность измерения силы постоянного тока	0,002* $U_{\text{изм}}$ +2 ед. мл. разр. 0,015 $I_{\text{изм}}$ +3 ед. мл. разр.
Блок питания Б5-71/1 ПРО	Диапазон выходного напряжения Диапазон выходного тока	0-30 В 0-10 А

Примечание: допускается применение других, эталонов, средств измерений и испытательного оборудования, характеристики которых, приемлемы для обеспечения поверки изделия.

					ПГЯК.411219.001Д2	Л 4
Изм.	Л	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв № подл.		Подп. и дата		Взам. инв. №	Инв. № дубл..	Подп. и дата
Формат А4						

5 Требования к условиям поверки

При поверке должны выполняться следующие условия измерений:

Температура окружающего воздуха, °С	23±5
Относительная влажность воздуха, %	30-80
Атмосферное давление, мм. рт. ст.	590-795
Частота питающей сети, Гц	50±0,2
Напряжение питающей сети переменного тока, В	220±22

Рабочие поверхности прибора должны быть очищены от пыли.

Применяемые, эталоны и средства измерений должны быть поверены или калиброваны, испытательное оборудование аттестовано.

6 Требования к квалификации персонала

Персонал, выполняющий поверку должен иметь допуск по электробезопасности не ниже 2 группы и изучить требования нормативных и эксплуатационных документов.

7 Требования по обеспечению безопасности

Электрические испытания и измерения должны проводиться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019, ГОСТ 12.3.019 и эксплуатационной документацией применяемых измерительных приборов.

Металлические нетоковедущие части приборов должны быть заземлены в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.007.0

Санитарно-гигиенические условия в помещении, где производится калибровка, должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.005.

При проведении калибровки предельно допустимые уровни действующих на персонал производственных факторов не должны превышать значений приведенных:

- по шуму – ГОСТ 12.1.003;
- по вибрации – ГОСТ 12.1.012;
- по магнитным и электромагнитным полям – ГОСТ 12.1.006.

К работе с приборами допускаются лица, ознакомившиеся с техническими описаниями и инструкциями по эксплуатации контрольно-измерительных приборов и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

В приборе имеется напряжение, опасное для жизни (100 В)!

					ПГЯК.411219.001Д2	Л
						5
Изм.	Л	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв № подл.		Подп. и дата		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Формат А4						

8 Процедура поверки

При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 Операции при проведении поверки

№ п/п	Наименование операции	Номер пункта	Проведение операции при	
			первичной поверки	периодической поверки
1	Проверка комплектности	8.1	да	нет
2	Проверка внешнего вида	8.2	да	да
3	Опробование	8.3	да	да
4	Определение сопротивления измерительных электродов	8.4.1	да	да
5	Определение испытательного напряжения	8.4.2	да	да
6	Измерение сопротивлений от 1 кОм до 1 ГОм	8.4.3	да	да
7	Измерение сопротивлений от 1 ГОм до 900 ГОм	8.4.4	да	да
8	Определение абсолютной погрешности измерений относительной влажности	8.4.5	да	нет
9	Определение абсолютной погрешности измерения температуры	8.4.6	да	нет

8.1 Проверка комплектности.

При проверке комплектности должно быть установлено ее соответствие приведенной в эксплуатационной документации на прибор.

8.2 Проверка внешнего вида.

					ПГЯК.411219.001Д2	Л
						6
Изм.	Л	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв № подл.		Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.		Подп. и дата
Формат А4						

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено:

- отсутствие видимых внешних повреждений прибора;
- наличие маркировки.

8.3 Опробование.

- Включают тумблер питания прибора.

Проверяют отсчеты всех разрядов прибора на одном из диапазонов, например, 100 кОм. Для этого присоединяют к поверяемому прибору меру-имитатор и проверяют числовые отметки в первом (старшем) разряде «1..., 2..., 9...», затем в первом разряде устанавливают значения «1» и проверяют все отсчеты во втором разряде «11...12..., 19...». В остальных разрядах проверяют по одной точке. Если при любом положении переключателей мер R одно из значений не фиксируется на экране дисплея, прибор бракуют.

- Подтверждение соответствия ПО

Подтверждение соответствия ПО осуществляется путем определения его идентификационных данных.

При включении прибора во время самокалибровки на дисплее появляется информация об измерителе.

Проверяют (визуально) наименование прибора и версию ПО.

Результаты считаются положительными, если версия ПО

8.4.1 Определение сопротивления измерительных электродов

Измерительные электроды установить на металлическую пластину, входящую в комплект прибора. Собрать измерительную схему согласно рисунку 1.

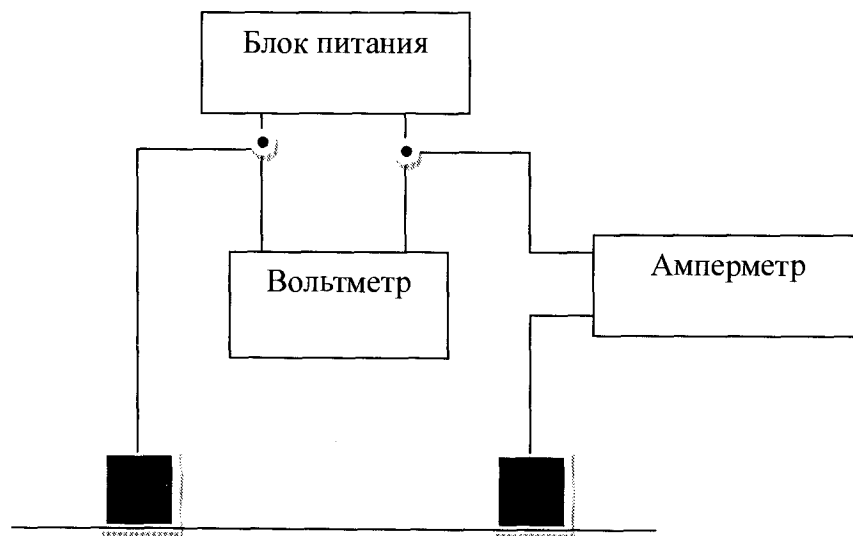


Рис. 1 Схема определения сопротивления измерительных электродов.

					ПГЯК.411219.001Д2	Л
						7
Изм.	Л	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв № подл.		Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	
Формат А4						

Сопротивление измерительных электродов определяется косвенным методом измерений. Установить выходное напряжение на блоке питания $10 \pm 5\%$ В. Проконтролировать выходное напряжение на блоке питания. Снять пять значений показаний амперметра, при различных положениях измерительных электродов. Сопротивление электродов определяется по формуле:

$$R = \frac{U}{I}$$

Результаты занести в таблицу протокола калибровки.

8.4.2 Определение испытательных напряжений А-770

Собрать измерительную схему согласно рис. 2. Измерительные провода использовать из комплекта прибора VKG А-770. Испытательные напряжения измеряется методом непосредственной оценки с помощью мультиметра.

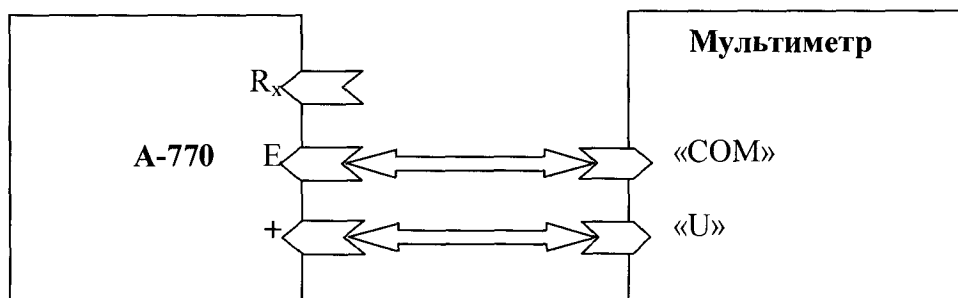


Рисунок 2 Схема измерения испытательного напряжения

Для режима работы с измерительным напряжением 10 вольт (проверка испытательного напряжения 10 вольт) необходимо в главном меню выбрать пункт “MEASUREMENT R” нажатием на кнопку “OK”, затем “TEST 10V”, выбор режимов осуществляется с помощью кнопок “▲” и “▼”. Для режима работы с измерительным напряжением 100 вольт (проверка испытательного напряжения 100 вольт) необходимо в главном меню выбрать пункт “MEASUREMENT R” нажатием на кнопку “OK”, затем “TEST 100V”, выбор режимов осуществляется с помощью кнопок “▲” и “▼”.

Провести не менее трех измерений испытательных напряжений в режиме 10 В и 100 В. Результаты измерений занести в протокол.

8.4.3 Измерение сопротивления от 1 кОм до 1 ГОм.

					ПГЯК.411219.001Д2	Л
						8
Изм.	Л	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв № подл.		Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.		Подп. и дата
Формат А4						

Собрать измерительную схему согласно рис. 3. Измерительные провода использовать из комплекта прибора VKG-A-770. Измерения производятся методом сравнения с мерой.

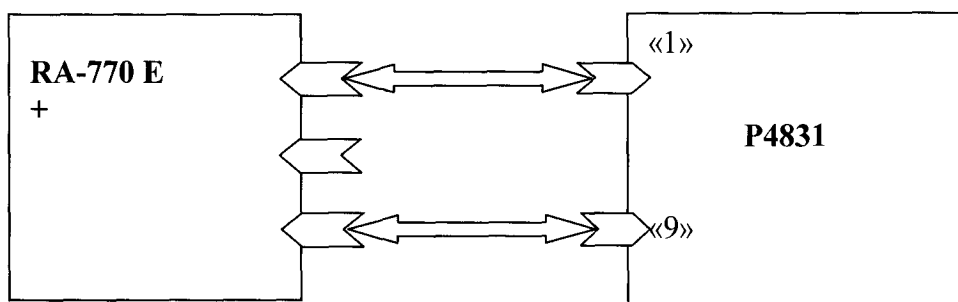


Рисунок 3 Схема измерения сопротивления при помощи магазин сопротивлений P4831

Соединить декады магазина сопротивлений P4831 последовательно. Прибор A-770 используется в обычном режиме по двухпроводной схеме. Для режима работы с измерительным напряжением 10 вольт (при измерении от 1 кОм до 1 Мом) необходимо в главном меню выбрать пункт "MEASUREMENT R" нажатием на кнопку "OK", затем "TEST 10V", выбор режимов осуществляется с помощью кнопок "▲" и "▼". Во время измерения на экране прибора высвечивается сообщение "PLEASE WAIT RESULT".

Провести измерение следующих контрольных точек: 1; 3; 5; 7; $9 \cdot 10^3$ Ом; 1; 3; 5; 7; $9 \cdot 10^4$ Ом; зафиксировать не менее трех показаний в каждой контрольной точке VKG A-770 Ri, Ом.

Собрать измерительную схему согласно рис. 4. Измерительные провода использовать из комплекта меры имитатора P40116.

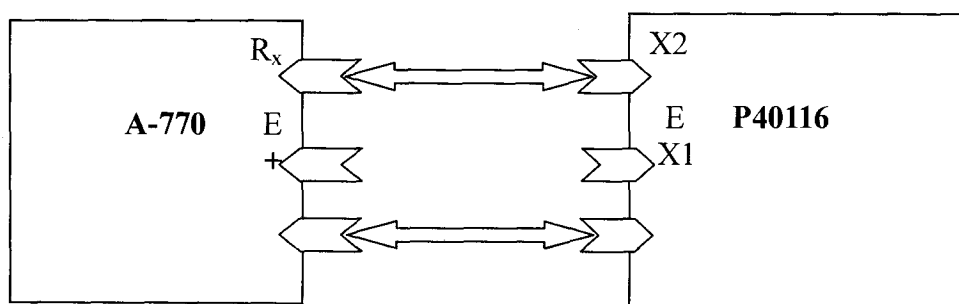


Рисунок 4 Схема измерения сопротивления при помощи меры-имитатора P40116

					ПГЯК.411219.001Д2	Л
						9
Изм.	Л	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв № подл.		Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.		Подп. и дата
Формат А4						

Прибор А-770 используется в обычном режиме по двухпроводной схеме. Для режима работы с измерительным напряжением 10 вольт (при измерении от 1 кОм до 1 МОм) необходимо в главном меню выбрать пункт “MEASUREMENT R” нажатием на кнопку “OK”, затем “TEST 10V”, выбор режимов осуществляется с помощью кнопок “▲” и “▼”. Во время измерения на экране прибора высвечивается сообщение “PLEASE WAIT RESULT”. Из-за переходных процессов в измерительной цепи (вследствие ёмкости магазина и соединительных проводов), время измерения сопротивлений свыше 1 МОм составляет 5-10 секунд. Для режима работы с измерительным напряжением 100 вольт необходимо в главном меню выбрать пункт “MEASUREMENT R” нажатием на кнопку “OK”, затем “TEST 100V”, выбор режимов осуществляется с помощью кнопок “▲” и “▼”. Во время измерения на экране прибора высвечивается сообщение “PLEASE WAIT RESULT”. Из-за переходных процессов в измерительной цепи, время измерения сопротивлений свыше 1 ГОм составляет 10-20 секунд. Провести измерение следующих контрольных точек: 1; 3; 5; 7; $9 \cdot 10^5$ Ом; 1; 3; 5; 7; $9 \cdot 10^6$ Ом; 1; 3; 5; 7; $9 \cdot 10^7$ Ом; 1; 3; 5; 7; $9 \cdot 10^8$ Ом; зафиксировать не менее трех показаний в каждой контрольной точке VKG. Произвести расчет относительной погрешности измерения и стандартной неопределенности на данном диапазоне.

8.4.4 Измерение сопротивлений от 1 ГОм до 900 Гом

Измерения производятся методом замещения.

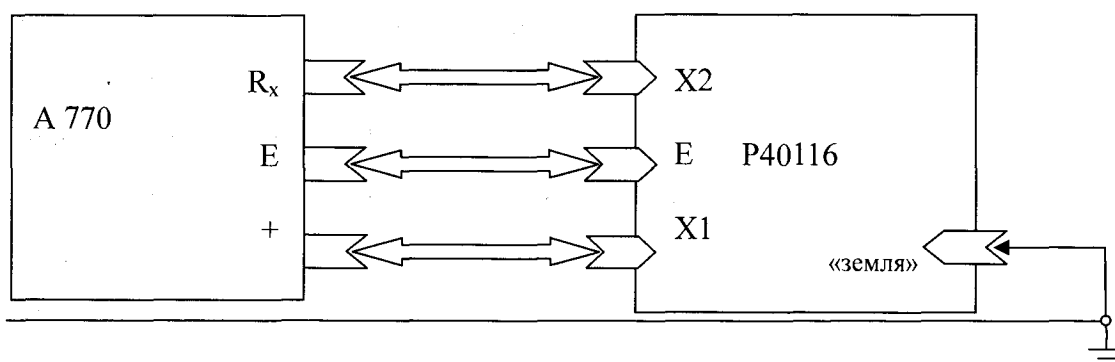


Рисунок 5 Схема измерения сопротивления при помощи меры-имитатора P40116

Собрать схему согласно рис. 5. Измерительные провода используются из комплекта меры-имитатора P40116. Приборы должны быть размещены на антистатическом коврике (возможно применение металлической пластины), коврик и мера заземлены. Вклю-

					ПГЯК.411219.001Д2	Л
						10
Изм.	Л	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв № подл.		Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.		Подп. и дата
Формат А4						

чить меру-имитатор P40116 в режиме имитации сопротивлений (в соответствии с паспортом P40116).

Прибор VKG A-770 включить в режиме работы с измерительным напряжением 100 вольт. Для этого необходимо в главном меню выбрать пункт "MEASUREMENT R" нажатием на кнопку "OK", затем "TEST 100V", выбор режимов осуществляется с помощью кнопок "▲" и "▼". Во время измерения на экране прибора высвечивается сообщение "PLEASE WAIT RESULT". Из-за переходных процессов в измерительной цепи, время измерения сопротивлений свыше 1 ГОм составляет 10-20 секунд.

Провести измерение следующих контрольных точек: 1; 3; 5; 7; $9 \cdot 10^9$ Ом; 1; 3; 5; 7; $9 \cdot 10^{10}$ Ом; 1; 3; 5; 7; $9 \cdot 10^{11}$ Ом. Зафиксировать не менее трех показаний в каждой контрольной точке. Произвести расчет стандартной неопределенности на данном диапазоне.

8.4.5 Определение абсолютной погрешности измерений относительной влажности.

Установите измерительный преобразователь VKG A-770 в рабочую камеру генератора влажного газа, для чего проделайте следующие операции:

Извлеките измерительный преобразователь из блока индикации VKG A-770;

Установите измерительный преобразователь в рабочую камеру генератора влажного газа, используя удлинительный кабель;

Соедините преобразователь VKG A-770 с блоком индикации удлинительным кабелем установите в рабочей камере генератора температуру равную (21...25)°C;

Дождитесь установления температуры в генераторе влажного газа и установления показаний по температуре (показания температуры не должны изменяться в течение 10 мин). Следует иметь в виду, что измерительному преобразователю, установленному в рабочую камеру генератора влажного газа, требуется не менее 30 мин для достижения состояния теплового равновесия после стабилизации температуры в термостате генератора;

Последовательно задайте в рабочей камере генератора следующие значения относительной влажности:

$V_1=(10 \pm 2)\%$; $V_2=(30 \pm 2)\%$; $V_3=(40 \pm 2)\%$,

$V_4=(50 \pm 2)\%$; $V_5=(70 \pm 2)\%$; $V_6=(90 \pm 2)\%$;

После установления в рабочей камере генератора заданной влажности (через 20 мин) произведите измерение соответствующего значения V_1 по VKG A-770 (не менее 3

					ПГЯК.411219.001Д2	Л
						11
Изм.	Л	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв № подл.		Подп. и дата		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Формат А4						

значений), результаты занести в протокол. По формуле, указанной в паспорте на генератор влажного газа, рассчитывается относительная влажность создаваемой парогазовой смеси V_i .

Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений относительной влажности VKG A-770 ΔV_i определяют по формуле:

$$|\Delta V_i| = |V'_i - V_i| \quad (a),$$

где V'_i – показания VKG A-770 в соответствующей точке, %.

Результаты измерений занести в протокол.

8.4.6 Определение абсолютной погрешности измерения температуры.

В термостате поочередно устанавливается температура, соответствующая контролируемой точке:

$$T_1 = (5 \dots 10)^\circ\text{C},$$

$$T_2 = (10 \dots 20)^\circ\text{C},$$

$$T_3 = (20 \dots 30)^\circ\text{C},$$

$$T_4 = (30 \dots 35)^\circ\text{C},$$

$$T_5 = (35 \dots 40)^\circ\text{C}$$

В термостат помещают эталонный термометр и измерительный преобразователь испытуемого VKG A-770;

Выдерживают эталонный термометр и преобразователь испытуемого VKG A-770 при установившейся температуре в термостате в каждой контролируемой точке в течение 15 мин;

Регистрируют показания эталонного термометра (T_0) и испытуемого VKG A-770 (T_j);

Извлекают из термостата преобразователь испытуемого VKG A-770 и через 1 ... 2 мин снова помещают в термостат, регистрируют установившиеся показания эталонного термометра (T_0) и испытуемого VKG A-770 (T_j). Эту операцию повторяют в каждой контролируемой точке 3 раза.

Результаты измерений занести в протокол.

					ПГЯК.411219.001Д2	Л
						12
Изм.	Л	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв. № подл.		Подп. и дата		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Формат А4						

9 Обработка результатов измерений

Оценка стандартной неопределенности, тип А

Оценка типа А обычно используется для получения величины, характеризующей воспроизводимость (случайность) процесса измерения в конкретной ситуации. n – независимых повторяющихся величин, q , среднее - выражается, как:

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n q_j = \frac{q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n}{n}$$

На результатах одной выборки измерений, можно получить оценку, $s(q_i)$, стандартного отклонения, σ , общей совокупности возможных измеряемых величин по соотношению:

$$s(q_j) = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2}$$

Оценка стандартного отклонения средней величины без поправки выражается, как:

$$s(\bar{q}) = \frac{s(q_j)}{\sqrt{n}}$$

Стандартная неопределенность: $u(x_i) = s(\bar{q})$.

Оценка стандартной неопределенности, тип В

Если возможно оценить только верхнюю и нижнюю границы погрешности, следует предположить прямоугольное распределение вероятности для неопределенности, связанной с такой погрешностью. Затем, если a_i есть половина диапазона вариации стандартного отклонения, возвращаемся к стандартной неопределенности, $u(x_i)$, выраженной, как:

$$u(x_i) = \frac{a_i}{\sqrt{3}}$$

Неопределенность, взятая из сертификата калибровки, где также могут быть указаны – доверительный уровень или коэффициент охвата, можно принимать как имеющую нормальное распределение вероятности, а стандартная неопределенность будет выражаться, как:

$$u(x_i) = \frac{\text{расширенная неопределенность}}{k}$$

Если прибор квалифицирован, как соответствующий требованию спецификации, должна быть учтена неопределенность калибровки. Поскольку большинство изготовителей приборов не заявляют доверительные уровни на допуски, можно принимать прямоугольное распределение вероятности, то есть:

$$u(x_i) = \frac{\text{предельный допуск}}{\sqrt{3}}$$

Примечание: Если, например, указан предельный допуск с доверительным уровнем, соответствующим трем стандартным отклонениям для распределения вероятности изготовителя, то можно принимать вклад неопределенности прибора, равный:

$$u(x_i) = \frac{\text{предельный допуск}}{3}$$

					ПГЯК.411219.001Д2	Л
						13
Изм.	Л	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв № подл.		Подп. и дата		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Формат А4						

Суммарная стандартная неопределенность

После оценки (типы А и В) стандартных неопределенностей, $u(x_i)$, входных величин, i , можно вычислить суммарную стандартную неопределенность измеряемой величины y : $y = f(x_1, x_2, \dots, x_N)$,

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N c_i^2 u^2(x_i)} = \sqrt{\sum_{i=1}^N u_i^2(y)}$$

где c_i , коэффициент чувствительности, есть частная производная, $\partial f / \partial x_i$, или иногда, - известный коэффициент, например, коэффициент температурного расширения, а $u_i(y) \equiv |c_i| \cdot u(x_i)$.

10 Оценка неопределенности результатов поверки

Результаты измерений и обработки вносят в протокол поверки форма которого представлена в п. 11.

Неопределенность поверки прибора VKG по каналу сопротивления определяется двумя составляющими:

- неопределенность сопротивления измерительных электродов;
- неопределенность калибровки основного блока VKG A-770;

$$\delta R = \delta R_{\text{электр}} + \delta R_{\text{калибр}}$$

Величина	Обозначение	Единица измерения
Неопределенность сопротивления измерительных электродов	$\delta R_{\text{электр}}$	Ом
Неопределенность калибровки по сопротивлению основного блока	$\delta R_{\text{калибр}}$	Ом

10.1 Оценка неопределенности сопротивления измерительных электродов.

Измерительная схема описывается следующей формулой:

$$R_{\text{электр}} = U \cdot I^{-1}$$

Где:

U - величина измерительного напряжения подаваемого на измерительные электроды;

I - величина тока протекающая через измерительные электроды.

В случае зависимости: $y = c x_1^{p_1} \cdot x_2^{p_2} \dots x_m^{p_m}$, где экспоненты, p_i - известные положительные или отрицательные числа. Тогда стандартная неопределенность величины « y » оценивается по формуле:

$$\frac{u_c(y)}{|y|} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left[\frac{p_i u(x_i)}{|x_i|} \right]^2}$$

					ПГЯК.411219.001Д2	Л
						14
Изм.	Л	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв № подл.		Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.		Подп. и дата
Формат А4						

Входные величины для оценки неопределенности сопротивления электродов:

Величина	Обозначение	Единица измерения
Погрешность вольтметра	X_1	В
Погрешность амперметра	X_2	А

Анализ составляющих неопределенности измерения сопротивления измерительных электродов:

Входная величина: X_1 , В	Тип неопределенности: В Вид распределения: прямоугольное Оцененное значение: 10 В Интервал, в котором находится значение входной величины: $\pm 0,04$ В Стандартная неопределенность: 0,023 В
$\Delta U = \pm(0,002U_{\text{изм}} + 2 \text{ ед. мл. разр.}) = 0,04$ В Значение стандартной неопределенности $u(X_1)$ находим как стандартное отклонение для прямоугольного распределения в пределах $\pm \Delta U$, которое принимаем для входной величины на основании имеющейся информации только о границах, в которых может находиться величина. Для прямоугольного распределения значение стандартного отклонения определяется как $u(X_1) = 0,04 / \sqrt{3} = 0,023$ В	
Входная величина: X_2 , А	Тип неопределенности: В Вид распределения: прямоугольное Оцененное значение: 1 А Интервал, в котором находится значение входной величины: $\pm 0,018$ А Стандартная неопределенность: 0,01 А
$\Delta I = \pm(0,015 I_{\text{изм}} + 3 \text{ ед. мл. разр.}) = 0,018$ А Значение стандартной неопределенности $u(X_2)$ находим как стандартное отклонение для прямоугольного распределения в пределах $\pm \Delta I$, которое принимаем для входной величины на основании имеющейся информации только о границах, в которых может находиться величина. Для прямоугольного распределения значение стандартного отклонения определяется как . Тогда $u(X_2) = 0,018 / \sqrt{3} = 0,01$ А	

В таблице представлен бюджет неопределенности измерений сопротивления измерительных электродов, произведены соответствующие расчеты для нахождения ее стандартной неопределенности:

10.2 Оценка неопределенности поверки по сопротивлению основного блока

$$R_{\text{калибр}} = R_{\text{ind}} + \delta R_{\text{этал}} + \delta R_{\text{нест этал}} + \delta R_{\text{этал темп.}}$$

где входные величины представлены в таблице:

Величина	Обозначение	Единица измерения
Измеренное значение	R_{ind}	Ом

					ПГЯК.411219.001Д2	Л
Изм.	Л	№ докум.	Подп.	Дата		15
Инв № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата		
Формат А4						

Поправка на основную абсолютную погрешность эталона	$\delta R_{\text{Этал}}$	Ом
Поправка на нестабильность меры за год	$\delta R_{\text{нест этал}}$	Ом
Поправка на температурную нестабильность меры	$\delta R_{\text{Этал темп}}$	Ом

Ниже представлен пример с конкретными результатами, на практике могут быть получены другие результаты измерений.

При проведении измерения сопротивления меры Р 40116 было получено три результата:

$$R_{\text{ind1}}=10,0 \text{ кОм}; R_{\text{ind2}}=9,98 \text{ кОм}; R_{\text{ind3}}=9,98 \text{ кОм}.$$

На основании полученных результатов рассчитаем среднее арифметическое значение:

$$\bar{R}_{\text{ind}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N R_{\text{ind}(i)} \quad (b)$$

и стандартное отклонение (среднее квадратическое отклонение) среднего арифметического значения R_{ind} :

$$s(\bar{R}_{\text{ind}}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (R_{\text{ind}(i)} - \bar{R}_{\text{ind}})^2} \quad (c)$$

Анализ входных величин представлен в таблице:

Входная величина: R_{ind} , Ом	Тип неопределенности: А Вид распределения: нормальное Оцененное значение: 9987 Ом Стандартная неопределенность: 6,7 Ом
Значение входной величины находим как среднее арифметическое полученных результатов измерений R_{ind} по формуле (b). Стандартную неопределенность находим как стандартное отклонение по формуле (c): $u(R_{\text{ind}}) = s(R_{\text{ind}})$	
Входная величина: $\delta R_{\text{Этал}}$, Ом	Тип неопределенности: В Вид распределения: прямоугольное Оцененное значение: 0 Интервал, в котором находится значение входной величины: ± 5 Ом Стандартная неопределенность: 2,887 Ом

					ПГЯК.411219.001Д2	Л
						16
Изм.	Л	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв № подл.	Подп. и дата		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	
Формат А4						

Интервал, в котором находится значение входной величины, определяется пределами допускаемой основной погрешности магазина сопротивлений (меры имитатора) $\pm \Delta R_0$. Величина абсолютного значения предела допускаемой погрешности ΔR_0 в соответствии с паспортом на меру имитатор Р 40116 составляет 0,05 % от измеряемого значения: $\Delta R_0 = 0,05 \cdot R_x / 100$, где R_x - измеряемое значение, Ом. Принимая $R_x = R_{изм}$ получаем $\Delta R_{изм} = 0,05 \cdot 10000 / 100 = 5$ Ом. Значение стандартной неопределенности $u(\Delta R_0)$ находим как стандартное отклонение для прямоугольного распределения в пределах $\pm \Delta R_0$, которое принимаем для входной величины на основании имеющейся информации только о границах, в которых может находиться величина. Для прямоугольного распределения значение стандартного отклонения определяется как $\Delta R_0 / \sqrt{3}$. Тогда $u(R_{этал}) = 5 / \sqrt{3} = 2,8868$ Ом

Входная величина: $\delta R_{нест\ этал}, Ом$	Тип неопределенности: В Вид распределения: прямоугольное Оцененное значение: 0 Интервал, в котором находится значение входной величины: ± 5 Ом Стандартная неопределенность: 2,8887 Ом
--	--

Допускаемое изменение сопротивления меры за год $\delta n = 0,05\%$ Величина абсолютного значения предела допускаемой погрешности ΔR_0 в соответствии с формулой $\Delta R_{нест\ этал} = 0,05 \cdot R_x / 100$, где R_x - измеряемое значение, Ом. Принимая $R_x = R_{изм}$ получаем $\Delta R_{изм} = 0,05 \cdot 10000 / 100 = 5$ Ом. Значение стандартной неопределенности $u(\delta R_{нест\ этал})$ находим как стандартное отклонение для прямоугольного распределения в пределах $\pm \Delta R_{нест\ этал}$, которое принимаем для входной величины на основании имеющейся информации только о границах, в которых может находиться величина. Для прямоугольного распределения значение стандартного отклонения определяется как $\Delta R_0 / \sqrt{3}$. Тогда $u(\delta R_{нест\ этал}) = 5 / \sqrt{3} = 2,8868$ Ом,

Входная величина: $\delta R_{этал\ темп}, Ом$	Тип неопределенности: В Вид распределения: прямоугольное Оцененное значение: 0 Интервал, в котором находится значение входной величины: ± 5 Ом
--	---

Пределы допускаемого значения основной погрешности меры δ в процентах не превышают 0,05 для измеряемого значения при нормальных условиях применения, однако на практике рабочие условия применения значительно отличаются от нормы. В паспорте на меру указан диапазон допускаемых изменений условий и соответственно поправка на допускаемую погрешность. Температурный диапазон 20 ± 5 нормирован допускаемой основной погрешностью воспроизведения сопротивления $\delta = 0,1\%$, соответственно $\Delta R_i = 0,1 \cdot R_x / 100$, где R_x - измеряемое значение, Ом. Принимая $R_x = R_{изм}$ получаем $\Delta R_{изм} = 0,1 \cdot 10000 / 100 = 10$ Ом. Значение стандартной неопределенности $u(\delta R_{этал\ темп})$ находим как стандартное отклонение для прямоугольного распределения в пределах $\pm \Delta R$, которое принимаем для входной величины на основании имеющейся информации только о границах, в которых может находиться величина. Для прямоугольного распределения значение стандартного отклонения определяется как $u(\delta R$

Стандартная неопределенность калибровки измерительного блока $u(R)$ рассчитывается путем суммирования квадратов произведений стандартных неопределенностей $u(x_i)$ всех входных величин на соответствующие коэффициенты чувствительности s_i :

					ПГЯК.411219.001Д2	Л
						17
Изм.	Л	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв № подл.	Подп. и дата		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	
Формат А4						

$$u(R) = \sqrt{\sum_{i=1}^N [c_i \cdot u(x_i)]^2} = \sqrt{c_{R_{ind}}^2 \cdot u^2(R_{ind}) + c_{\delta R_0}^2 \cdot u^2(\delta R_0) + c_{\delta R_I}^2 \cdot u^2(\delta R_I) + c_{\delta R}^2 \cdot u^2(\delta R)}$$

где коэффициенты влияния c_i вычисляются путем нахождения частных производных от функции измеряемой величины и равны 1.

В таблице представлен бюджет неопределенности калибровки основного блока по сопротивлению и произведены соответствующие расчеты для нахождения ее стандартной неопределенности:

сле	Ве- личина x_i	Еди- ница из- мерения	3 наче- ние x_i	Стан- дартная неоп- ределен- ность $u(x_i)$	Коеф- фициент чув- ствительности, c_i	Вклад неопределен- ности $u(x_i)$	По- вы-
	R_{ind}	Ом	1 0000	6,7	1	6,7	
	δR_0	Ом	0	2,88	1	2,887	
	δR_I	Ом	0	2,88	1	2,887	
	δR	Ом	0	5,78	1	5,774	
	этал темп $R_{калиб}$	Ом	1 0000			9,74	

числения всех составляющих неопределенность поверки всего прибора VKG-770 по сопротивлению, определяется формулой

$$\delta R = \delta R_{калибр} - \delta R_{электр}$$

Бюджет неопределенности поверки для прибора VKG-770 и соответствующие расчеты для нахождения его стандартной неопределенности представлены в таблице.

Определение стандартной неопределенности

Ве- личина x_i	Еди- ница из- мерения	3 наче- ние x_i	Стан- дартная неоп- ределен- ность	Коеф- фициент чув- ствительности-	Вклад неопределен- ности $u(x_i)$
$R_{эле}$	Ом	1	0,025	-1	0,023
$\delta R_{ка}$	Ом	0	9,74	1	9,74
δR	Ом				9,74

Расширенную неопределенность $U(R)$ получают путем умножения стандартной неопределенности прибора VKG-770 $u(R)$, найденной по формуле (d) на коэффициент охвата k равный 2 для уровня доверия 95%: $U(R) = 2u(R) = 2 \cdot 10 = 20$ Ом.

Рассчитывается процент, соответствующий полученной расширенной неопределенности относительно допускаемой относительной погрешности измерений в данной точке.

Выводы по результатам поверки.

							Л
							18
Изм.	Л	№ докум.	Подп.	Дата	ПГЯК.411219.001Д2		
Инв № подл.	Подп. и дата		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата		
Формат А4							

Решение о соответствии результата поверки прибора VKG, заявленным нормам точности рекомендуется принимать на основании выполнения следующего неравенства:

$$U(R) / \Delta_{770} \leq 0,90$$

Расширенная неопределенность измерения относительно допускаемого значения абсолютной погрешности прибора на диапазоне, не более 0,90

(п.1.2 ГОСТ 8.366).

Данные занести в протокол.

					ПГЯК.411219.001Д2	Л
						19
Изм.	Л	№ докум.	Подп.	Дата		
Инд № подл.	Подп. и дата		Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	
Формат А4						

11 Оформление результатов поверки

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ

№ _____ от _____

VKG A-770 зав.№ _____

Условия поверки

Наименование параметра	Допускаемые значения	Фактическое значения
Температура окр. среды	(23 ± 5) 0 С	
Относительная влажность	(45-80) %	
Атмосферное давление	(750 ± 30) мм. рт. ст.	

Нормативный документ по проведению поверки:

Методика поверки VKG A-770, ПГЯК.411219.001Д2

Средства поверки:

Наименование, тип, заводской номер	Метрологические характеристики
Мера имитатор Р40116 №	К.Т.0,02 10 ⁴ -10 ¹² Ом
Магазин сопротивления Р4831 №	К.Т.0,02/2*10 ⁶
Мультиметр Оммега 111 №	0,2% +2 ед. мл. разр.
Образцовый генератор влажного газа	±0,5% относительной влажности
Термостат переливной прецизионный	±0,02 °С
Термометр стеклянный 2 разряда	±0,1 °С
Блок питания Б5-71/ПРО №	0-30В; 10А

Результаты поверки

Внешний осмотр _____

Опробование _____

					ПГЯК.411219.001Д2	Л
						20
Изм.	Л	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв № подл.		Подп. и дата		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Формат А4						

Определение сопротивления измерительных электродов:

№	U, В	I, А	R, Ом	Допускаемое значение, Ом
	10			1000

Определение испытательного напряжения

№ п/п	Контрольная точка, В	Показания, В	Допускаемые значения, В	
1	10		9,5	10,5
2	100		95	105

Определение неопределенности измерения сопротивлений от 1 кОм до 1 ГОм, коэффициент охвата k=2:

№п /п	Контрольная точка, Ri Ом	Показания А-770	Среднее q	Оценка стандартного отклонения $s(\bar{q}) = \frac{s(q_j)}{\sqrt{n}}$	Суммарная стандартная неопределенность измерения	Расширенная неопределенность (Р.Н.)	процент Р.Н. относительно допускаемого значения относительной погрешности	Соответствие нормам точности
1	1*10 ³							
2	3*10 ³							

					ПГЯК.411219.001Д2			Л
								21
Изм.	Л	№ докум.	Подп.	Дата				
Инв № подл.		Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата
Формат А4								

Определение относительной погрешности измерения сопротивлений от 1 ГОм до 900 ГОм, коэффициент охвата k=2

№п/п	Контрольная точка, Ri Ом	Показания А-770	Среднее q	Оценка стандартного отклонения $s(\bar{q}) = \frac{s(q_j)}{\sqrt{n}}$	Суммарная стандартная неопределенность измерения	Расширенная неопределенность (Р.Н.)	процент Р.Н. относительно допускаемого значения относительной погрешности	Соответствие нормам точности
1	1*10 ⁹							
2	3*10 ⁹							
..	1*10 ¹¹							
n	3*10 ¹¹							

Определение абсолютной погрешности измерения температуры

№ п/п	Контрольная точка, °С	Показания А-770, °С	Абсолютная погрешность измерения, °С	Допускаемое значение абсолютной погрешности, °С
1	10			0,5
2	20			

					ПГЯК.411219.001Д2	Л
						22
Изм.	Л	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв № подл.		Подп. и дата		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Определение абсолютной погрешности измерений относительной влажности:

№ п/п	Контроль-ная точка, % относительной влажности	Показание А-770,%	Абсолютная погрешность измерения	Допускаемое значение погрешности,%
1	10			5
2	31			3
	40			
	50			
	70			
6	90			5

_____ подпись _____ Ф.И.О

Дата _____

					ПГЯК.411219.001Д2	Л
						23
Изм.	Л	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв № подл.	Подп. и дата		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	
Формат А4						