

фитопланктона, включающая идентификацию микроорганизмов по цвету, размеру, форме и уровню организации.

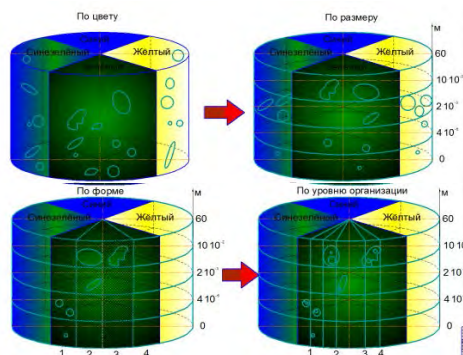


Рисунок 1 – Упорядоченная шкала наименований по сообществам фитопланктона

Масштабирование при использовании интерполяции нулевого порядка не приводит к каким-либо дополнительным его искажениям, видимое же снижение качества всецело обусловлено изменившимися условиями наблюдения, при которых ограничения со стороны остроты зрения оказались ослабленными. Этот же результат будет иметь место, если увеличение изображения осуществить оптическим способом. В целях ослабления искажений такого типа были разработаны более совершенные методы интерполяции изображений. При выделении объектов необходимо исключить влияния шума и точно выделить контуры. Для этого возможно применение детектора границ Канни [4].

На этом шаге алгоритма полученная структура связей используется для пересчета средних уровней яркости на этот раз с использованием только связанных на самом низком уровне и продолжается по всем уровням пирамиды вверх [4].

Все системы идентификации работают только по двум сценариям "1:N" и "1:1". Однако, учитывая специфику данной области появляется иная система "N:N", это связано с тем, что на цифровом изображении находится большое количество объектов, каждый из которых должен быть идентифицирован. Но реализовать данную методику можно только при переходе к стандартной системе "1:N", для этого необходимо выделить все объекты и выполнять их идентификацию в отдельности. Выполнить этот переход возможно, при комплексном использовании шаблонного и признакового метода распознавания образа. На первом этапе будет реализовываться признаковый метод, путем применения 4-х мерного пространства признаков (цвет, размер, форма, уровень организации). А затем, значительно сократив число возможных вариантов, применим шаблонный метод. Выполнение всех этапов идентификации позволяет классифицировать организмы в пробе на группы фитопланктона.

1 Об установлении нормативов качества воды поверхностных водных объектов: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 30 марта 2015 г., № 13 // Нац. реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2015. – 25 апреля (№ 8/29808).

2 Красильников, Н.Н. Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений / Н.Н. Красильников // БХВ-Петербург. – 2011. – № 2. – С. 14-432.

3 Кудряшов, Б.Д. Теория информации: учебник для вузов / Б.Д. Кудряшов // Питер. – 2009. – С. 320.

4 Ясницкий, Л.Н. Введение в искусственный интеллект / Л.Н. Ясницкий // Академия. – №1-2. – С. 13-465

УДК 006.063:621.317.725(045)(476)

КАЛИБРОВКА ВЫСОКОТОЧНЫХ КАЛИБРАТОРОВ ПО НАПРЯЖЕНИЮ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ПОМОЩЬЮ НАЦИОНАЛЬНОГО ЭТАЛОНА ЕДИНИЦЫ НАПРЯЖЕНИЯ – ВОЛЬТА № НЭ РБ 10-02

Сентемова Д. В., Казакова Е.А.

Белорусский государственный институт метрологии
Минск, Республика Беларусь

Не для кого не секрет, что БелГИМ обладает большой эталонной базой и большим спектром проводимых работ по метрологическому обеспечению. Для того чтобы белорусским предприятиям оставаться на международной арене лидерами по конкурентоспособности продукции приходится соответствовать международным стандартам, а, следовательно, все чаще и чаще прибегать к одному из видов метрологического контроля – калибровке средств измерений.

Предлагаю вам рассмотреть калибровку высокоточных калибраторов по напряжению постоянного тока, которая проводится с помощью Национального эталона единицы напряжения – вольта № НЭ РБ 10-02. В качестве конкретного примера возьмем многофункциональный калибратор Fluke 5720A. Внешний вид калибратора представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид многофункционального калибратора Fluke 5720A

Калибровка выполняется в два этапа: в диапазоне до 10 В с помощью Национального эталона единицы напряжения – вольта № НЭ 10-02, а в диапазоне от 10 В – меры напряжения Fluke 732В, делителя напряжения Fluke 752А, мультиметра 3458А (используемый в качестве нуль-индикатора). Метод проводимых измерений дифференциальный.

Проведение измерений на первом этапе происходит на автоматизированном рабочем месте (смотри рисунок 2), что позволяет сразу проводить обработку результатов измерений с помощью программного пакета MS Excel.



Рисунок 2 – Автоматизированное рабочее место Национального эталона единицы напряжения – вольта № НЭ РБ 10-02

На рисунке 3 изображен пример программного окна supraVOLTcontrol при проведении измерений. Программа позволяет задавать от одной до восьми калибруемых точек. Трехканальный переключатель полярности позволяет нам подключать три объекта калибровки и получать результат, измеренный как при положительной, так и отрицательной полярности. Программа рассчитывает среднее значение измеряемой величины и стандартное отклонение, а также среднее значение термоэдс.



Рисунок 3 – Пример программного окна supraVOLTcontrol

При проведении калибровки в диапазоне от 10 В, как уже говорилось ранее нам понадобится мера напряжения Fluke 732В, делитель напряжения Fluke 752А, мультиметр 3458А (используемый в качестве нуль-индикатора).

Следовательно, у нас получается две модели измерения. Модель измерения при калибровке калибратора в диапазоне до 10 В имеет вид

$$U_k = U_{\text{изм}} + \delta U_{\text{джз}} + \delta U_{\text{нв}} + \delta U_{\text{эдс}}, \text{ В} \quad (1)$$

где $U_{\text{изм}}$ – измеренное значение калибратора, $\delta U_{\text{джз}}$ – точность воспроизведения напряжения Национального эталона напряжения – вольта №

НЭ 10-02, $\delta U_{\text{нв}}$ – поправка на погрешность нановольтметра Keithley 2182А, $\delta U_{\text{эдс}}$ – поправка, обусловленная наличием термоэдс.

Модель измерения при калибровке калибратора в диапазоне от 10 В имеет вид

$$U_k = (K_d + \delta K_{\text{коэфф дел}}) \cdot (U_d - \delta U_{\text{мн}} + \Delta U_{\text{изм}} - \delta U_{\text{нв}}) + \delta K_{\text{ни дел}}, \text{ В}, \quad (2)$$

где K_d – коэффициент деления делителя, $\delta K_{\text{коэфф дел}}$ – поправка на погрешность коэффициента деления делителя, U_d – действительное значение меры напряжения Fluke 732В, $\delta U_{\text{мн}}$ – нестабильность меры напряжения Fluke 732В, $\Delta U_{\text{изм}}$ – показания разности потенциалов, снимаемых с мультиметра 3458А, $\delta U_{\text{нв}}$ – погрешность мультиметра 3458А, $\delta K_{\text{ни дел}}$ – поправка на погрешность нуль-индикатора делителя.

Рассмотрим более подробно первую модель. Тип неопределенности А и нормальный вид распределения характерен для входных величин $U_{\text{изм}}$ и $\delta U_{\text{джз}}$. Стандартная неопределенность для входной величины $U_{\text{изм}}$ определяется по формуле

$$u_A(\bar{U}_{\text{изм}}) = S_0 / \sqrt{n}, \text{ В}, \quad (3)$$

где S_0 – стандартное отклонение, рассчитываемое программным обеспечением и отображаемое в рабочем окне программы supraVOLTcontrol (столбец «Average Deviation»), n – количество измерений.

Стандартная неопределенность для входной величины $\delta U_{\text{джз}}$ будет равна 4 нВ согласно результатов прямых ключевых сличений КОМЕТ №524/RU/11 (КОМЕТ.ЕМ. ВІРМ-К10b) [1].

Тип неопределенности В и прямоугольный вид распределения характерен для входных величин $\delta U_{\text{нв}}$ и $\delta U_{\text{эдс}}$. Стандартная неопределенность для входной величины $\delta U_{\text{нв}}$ будет рассчитываться как

$$u_B(\delta U_{\text{нв}}) = \Delta_{\text{нв}} / \sqrt{3}, \text{ В}, \quad (4)$$

где $\Delta_{\text{нв}}$ – погрешность нановольтметра Keithley 2182А на диапазоне измерений 10 мВ в точке 235 мкВ (максимальное значение, на котором измеряется разность напряжений). Стандартная неопределенность для входной величины $\delta U_{\text{эдс}}$ будет равна

$$u_B(\delta U_{\text{эдс}}) = \Delta_{\text{эдс}}, \text{ В}, \quad (5)$$

где $\Delta_{\text{эдс}} = 5$ нВ (в соответствии с руководством по эксплуатации и рекомендации фирмы-изготовителя [2]).

Таким образом, составив бюджет неопределенности оценивания действительного значения выходного напряжения постоянного тока 1 В многофункционального калибратора Fluke 5720А в табличной форме (рисунок 4) получаем следующий результат $(0,999997696 \pm 0,000000068)$ В при коэффициенте охвата $k=2$ при уровне доверия $p=95\%$.

Величина χ	Значение χ	$\pm r$	Тип неопределенности	Вид распределения	Стандартная неопределенность	c_i	Вклад в неопределенность
$U_{изм}$, В	0,999997696	-	A	нормальное	0,000000014	1	0,000000014
$\delta U_{дж}$, В	0,000000004	-	A	нормальное	0,000000004	1	0,000000004
$\delta U_{ув}$, В	0	0,000000052	B	прямоугольное	0,000000030	1	0,000000030
$\delta U_{эдж}$, В	0,000000005	-	B	нормальное	0,000000005	1	0,000000005
$U_{к}$, В	0,999997696						0,000000034

Рисунок 4 – Бюджет неопределенности 1 В

Для второй модели измерений тип неопределенности A и нормальный вид распределения характерен для входной величины $\Delta U_{изм}$. Стандартная неопределенность для входной величины $\Delta U_{изм}$ вычисляется по формуле

$$u_A(\bar{U}_{изм}) = \frac{1}{2} \sqrt{u_A^2(\Delta \bar{U}_{изм+}) + u_A^2(\Delta \bar{U}_{изм-})}, \quad (6)$$

где $u_A(\bar{U}_{изм+})$ – стандартное отклонение среднего значения измеряемой величины при положительной полярности, $u_A(\bar{U}_{изм-})$ – стандартное отклонение среднего значения измеряемой величины при отрицательной полярности.

Для входной величины $U_{д}$ характерен вид распределения B и нормальный закон распределения. Стандартная неопределенность равна

$$u_B(\delta U_{м}) = U_{м} / 2, \quad (7)$$

где $U_{м}$ – расширенная неопределенность при уровне доверия $p=95\%$ на меру напряжения Fluke 732В (из свидетельства о калибровке).

Тип неопределенности B и прямоугольный вид распределения характерен для всех остальных входных величин. Стандартная неопределенность для входной величины $\delta K_{коэфф дел}$ будет определяться по формуле

$$u_B(\delta K_{коэфф дел}) = \Delta K / \sqrt{3}, \quad (8)$$

где ΔK – предел допускаемой погрешности коэффициента деления делителя.

Стандартная неопределенность входной величины $\delta K_{ни дел}$ рассчитывается

$$u_B(\delta K_{ни дел}) = \Delta K_{ни} / \sqrt{3}, \quad (9)$$

где $\Delta K_{ни}$ – предел допускаемой погрешности нуль-индикатора делителя напряжения.

Стандартная неопределенность для входной величины $\delta U_{мн}$ будет равна

$$u_B(\delta U_{мн}) = \Delta U_{мн} / \sqrt{3}, \quad (10)$$

где $\Delta U_{мн}$ – значение годовой нестабильности меры напряжения Fluke 732В при выходном напряжении 10 В (в соответствии с эксплуатационной документацией ± 2 млн⁻¹ за один год).

Стандартная неопределенность для входной величины $\delta U_{нв}$ рассчитывается как

$$u_B(\delta U_{нв}) = \Delta U_{нв} / \sqrt{3}, \quad (11)$$

где $\Delta U_{нв}$ – погрешность мультиметра 3458А на диапазонах измерений 10 мВ, 100 мВ (диапазоны измерений, на которых измеряется разность напряжений постоянного тока).

Составив бюджет неопределенности оценивания действительного значения выходного напряжения постоянного тока 100 В многофункционального калибратора Fluke 5720А в табличной форме (рисунок 5) получаем следующий результат ($99,99973 \pm 0,00004$) В при коэффициенте охвата $k=2$ при уровне доверия $p=95\%$.

Величина χ	Значение χ	$\pm r$	Тип неопределенности	Вид распределения	Стандартная неопределенность	c_i	Вклад в неопределенность
$U_{изм}$, В	-0,00004007	-	A	нормальное	0,00000005	10	0,00000049
$U_{д}$, В	10,00001319	-	B	нормальное	0,00000006	10	0,00000065
$\delta U_{ув}$, В	0	-0,0000025	B	прямоугольное	-0,0000014	-10	0,0000144
$\delta K_{коэфф дел}$, В	0	0,000002	B	прямоугольное	0,000001	9,99997312	0,00001155
$\delta K_{ни дел}$, В	0	0,0000005	B	прямоугольное	0,0000003	1	0,0000003
$\delta U_{эдж}$, В	0	0,00000075	B	прямоугольное	0,00000043	-10	-0,00000435
$U_{к}$, В	99,99973						0,00002

Рисунок 5 – Бюджет неопределенности 100 В

Таким образом, происходит калибровка высокоточных калибраторов по напряжению постоянного тока. Два способа основаны на дифференциальном методе измерений. Применение эталона позволяет получать высокоточные результаты с очень маленькой неопределенностью результата измерений, а, следовательно, приводит к более точной передаче единицы измерения эталонным средствам измерений.

1. http://www.bipm.org/utils/common/pdf/final_reports/EM/BIPM.EM-K10/COOMET.EM.BIPM-K10b_Final_report.pdf.
2. Supracon. Josephson standard supraVOLTcontrol. Manual 2007.