

УТВЕРЖДЕНА
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию и
метрологии
от «20» октября 2022 г. №2652

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА
ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ
УГЛА ВРАЩЕНИЯ ПЛОСКОСТИ ПОЛЯРИЗАЦИИ**

1. Область применения

1.1. Настоящий документ распространяется на государственную поверочную схему для средств измерений угла вращения плоскости поляризации оптического излучения в видимой области спектра и устанавливает порядок передачи единицы угла вращения плоскости поляризации от государственного первичного эталона при помощи вторичного и рабочих эталонов средствам измерений с указанием показателей точности и основных методов передачи единицы.

Графическая часть Государственной поверочной схемы для средств измерений угла вращения плоскости поляризации представлена в Приложении А.

2. Сокращения

2.1. В настоящем документе использованы следующие сокращения:

ГПЭ - государственный первичный эталон;

СКО - среднее квадратическое отклонение;

НСП - неисключенная систематическая погрешность;

УВПП - угол вращения плоскости поляризации;

ICUMSA - International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis (Международная комиссия по унифицированным методам анализа в сахарной промышленности).

3. Государственный первичный эталон

3.1. Государственный первичный эталон единицы угла вращения плоскости поляризации предназначен для воспроизведения, хранения и передачи единицы угла вращения плоскости поляризации (УВПП) при помощи вторичного и рабочих эталонов средствам измерений.

3.2. Государственный первичный эталон состоит из комплекса следующих средств измерений и оборудования:

цифрового поляриметра со стабилизированным по частоте He-Ne лазером на длине волны 632,9914 нм в вакууме;

мер УВПП в виде пластинок поляризметрических, которые получают единицу УВПП в угловых градусах ° на цифровом поляриметре на длине волны 632,9914 нм в вакууме и это значение пересчитывается на длины волн 589,4400, 546,2271 нм в вакууме по эмпирической формуле, приведенной в Приложении Б. Также мерам УВПП может присваиваться единица по международной сахарной шкале °Z, принятой международной организацией ICUMSA, в соответствии с формулами, приведенными в Приложении В.

3.3. Государственный первичный эталон обеспечивает воспроизведение единицы УВПП со следующими метрологическими характеристиками:

диапазон значений УВПП составляет от минус 70° до плюс 70° для

излучения с длиной волны 632,9914 нм в вакууме, от минус 76° до плюс 76° для излучения с длиной волны 589,4400 нм в вакууме, от минус 90° до плюс 90° для излучения с длиной волны 546,2271 нм в вакууме;

среднее квадратическое отклонение (СКО) результатов измерений S при 50 независимых измерениях, не более 0,0003°;

граница неисключенной систематической погрешности (НСП) Θ_{Σ} , не более 0,0007°;

стандартная неопределенность, оцениваемая по типу А, u_A , не более 0,0003°;

стандартная неопределенность, оцениваемая по типу В, u_B , не более 0,0004°;

суммарная стандартная неопределенность, u_C , не более 0,0005°;

расширенная неопределенность U_p при коэффициенте охвата 3 и доверительной вероятности $P=0,99$, не более 0,0015°.

3.4. Государственный первичный эталон применяют для передачи единицы УВПП вторичному эталону сличением при помощи компаратора, а также рабочим эталонам 1-го разряда методом прямых измерений.

4. Вторичный эталон

4.1. В качестве вторичного эталона применяют эталонные установки, представляющие собой поляриметры автоматические, в диапазоне измерений УВПП от минус 76° до плюс 76° для излучения с длиной волны 589,4400 нм в вакууме, от минус 90° до плюс 90° для излучения с длиной волны 546,2271 нм в вакууме.

4.2. СКО суммарной погрешности S_{Σ} вторичного эталона не более 0,0025°.

4.3. Вторичный эталон применяют для передачи единицы УВПП рабочим эталонам 1-го и 2-го разряда методом прямых измерений.

5. Рабочие эталоны

5.1. Рабочие эталоны 1-го разряда

5.1.1. В качестве рабочего эталона 1-го разряда применяют меры УВПП, представляющие собой пластинки поляризметрические, в диапазоне от минус 76° до плюс 76° для излучения с длиной волны 589,4400 нм в вакууме, от минус 90° до плюс 90° для излучения с длиной волны 546,2271 нм в вакууме.

5.1.2. Доверительные границы абсолютной погрешности δ рабочего эталона 1-го разряда при доверительной вероятности $P = 0,95$ не более 0,003°.

5.1.3. Рабочий эталон 1-го разряда применяют для передачи единицы УВПП средствам измерений в виде высокоточных поляриметров, сахариметров автоматических, цифровых, а также в виде поляриметров, сахариметров автоматических, цифровых, полуавтоматических, круговых и портативных методом прямых измерений.

5.2 Рабочие эталоны 2-го разряда

5.2.1. В качестве рабочего эталона 2-го разряда применяют меры УВПП, представляющие собой пластинки и кюветы поляризметрические, в диапазоне от минус 35° до плюс 35° для излучения с длиной волны 589,4400 нм в вакууме, от минус 41° до плюс 41° для излучения с длиной волны 546,2271 нм в вакууме.

5.2.2. Доверительные границы абсолютной погрешности δ рабочего эталона 2-го разряда при доверительной вероятности $P = 0,95$ составляют от $0,005^\circ$ до $0,010^\circ$.

5.2.3. Рабочий эталон 2-го разряда применяют для передачи единицы УВПП средствам измерений в виде поляриметров, сахариметров автоматических, цифровых, полуавтоматических, круговых и портативных методом прямых измерений.

6. Средства измерений

В качестве средств измерений применяют:

6.1. Высокоточные поляриметры, сахариметры автоматические, цифровые с диапазонами измерений УВПП от минус 76° до плюс 76° для излучения с длиной волны 589,4400 нм в вакууме, от минус 90° до плюс 90° для излучения с длиной волны 546,2271 нм в вакууме.

Пределы допускаемой абсолютной погрешности Δ измерений УВПП составляют от $0,003^\circ$ до $0,008^\circ$.

6.2. Поляриметры, сахариметры автоматические, цифровые с диапазонами измерений УВПП от минус 76° до плюс 76° для излучения с длиной волны 589,4400 нм в вакууме, от минус 90° до плюс 90° для излучения с длиной волны 546,2271 нм в вакууме.

Пределы допускаемой абсолютной погрешности Δ измерений УВПП составляют от $0,008^\circ$ до $0,010^\circ$.

6.3. Поляриметры, сахариметры полуавтоматические, круговые и портативные с диапазонами измерений УВПП от минус 76° до плюс 76° для излучения с длиной волны 589,4400 нм в вакууме, от минус 90° до плюс 90° для излучения с длиной волны 546,2271 нм в вакууме.

Пределы допускаемой абсолютной погрешности Δ измерений УВПП составляют от $0,01^\circ$ до $0,20^\circ$.

6.4. Поляриметры могут иметь другие или дополнительные шкалы, например, международную сахарную шкалу $^\circ Z$ (приложение В), принятую международной организацией ICUMSA. Допускается в поляриметрах иметь также шкалу концентрации других веществ в процентах или весовых долях и т.п. В этом случае к поляриметрам должна быть приложена пересчетная таблица угла вращения плоскости поляризации.

Приложение Б

Кварцевые пластинки

Меры УВПП в виде пластинок поляризметрических представляют собой кварцевую пластинку, установленную в металлическую оправу по ГОСТ 22409-77 «Пластины поляризметрические. Технические требования». При расчете номинальной толщины кварцевой пластинки необходимо знать зависимость удельного вращения кварца от длины волны.

Зависимость удельного вращения кварца от длины волны при 20 °С, т.е. угол (в угловых градусах), на который поворачивается плоскость поляризации линейно поляризованного света, прошедшего кварцевую пластинку толщиной 1 мм, задается эмпирической формулой, принятой на 22 сессии ICUMSA в 1998 году (см. J.Keitel. Subject 4. Polarimetry and Quartz Plates. ICUMSA Proceeding, 1998, 22nd Session, ISBN:978-0-905003-17-7):

$$\alpha(\lambda) = -0,1963657 + \frac{7,262667}{\lambda^2} + \frac{0,1171867}{\lambda^4} + \frac{0,0019554}{\lambda^6},$$

где λ - длина волны в мкм. Диапазон применения этой формулы от 407,9 нм до 882,6 нм.

Из этой формулы вычисляют значения удельного вращения кварца в угловых градусах для стандартных длин волн в вакууме 632,9914 нм, 589,4400 нм и 546,2271 нм:

$$\begin{aligned}\alpha_{633} &= 18,6899^\circ, \\ \alpha_{589} &= 21,7244^\circ, \\ \alpha_{546} &= 25,5353^\circ.\end{aligned}$$

Для пересчета измеренного на длине волны 632,9914 нм УВПП кварцевой пластинки на длины волн 589,4400 нм и 546,2271 нм в вакууме измеренный УВПП надо умножать на следующие коэффициенты:

$$\begin{aligned}\frac{\alpha_{589}}{\alpha_{633}} &= 1,16236, \\ \frac{\alpha_{546}}{\alpha_{633}} &= 1,36626.\end{aligned}$$

Для пересчета УВПП с длины волны 546,2271 нм на длину волны 589,4400 нм в вакууме и наоборот надо использовать следующие коэффициенты:

$$\begin{aligned}\frac{\alpha_{589}}{\alpha_{546}} &= 0,85076, \\ \frac{\alpha_{546}}{\alpha_{589}} &= 1,17542.\end{aligned}$$

Эти коэффициенты более точные, чем аналогичные коэффициенты, приведенные в ГОСТ 8.239-77 «ГСИ. Пластины поляризметрические. Методика поверки».

Если во время измерений УВПП температура кварцевой пластинки отличается от 20 °С, то необходимо пересчитать значение ее УВПП для 20 °С по следующей эмпирической формуле, также принятой на 22 сессии ICUMSA в 1998 году:

$$\frac{\alpha_{t^{\circ}\text{C}}}{\alpha_{20^{\circ}\text{C}}} = 1,0 + \left(a_1 + a_2 \cdot \frac{1}{\lambda} + a_3 \cdot \frac{1}{\lambda^2} \right) \cdot (t - 20),$$

где $a_1 = 1,280924 \cdot 10^{-4}$, $a_2 = 1,0852636 \cdot 10^{-5}$, $a_3 = -9,0311692 \cdot 10^{-7}$.

Из этой формулы для стандартных длин волн 546,2271 нм, 589,4400 нм и 632,9914 нм в вакууме следуют следующие выражения:

$$\frac{\alpha_{t^{\circ}\text{C}}}{\alpha_{20^{\circ}\text{C}}}(546 \text{ нм}) = 1,0 + 0,000145 \cdot (t - 20),$$

$$\frac{\alpha_{t^{\circ}\text{C}}}{\alpha_{20^{\circ}\text{C}}}(589 \text{ нм}) = 1,0 + 0,000144 \cdot (t - 20),$$

$$\frac{\alpha_{t^{\circ}\text{C}}}{\alpha_{20^{\circ}\text{C}}}(632 \text{ нм}) = 1,0 + 0,000143 \cdot (t - 20).$$

Формула пересчета для длины волны 589 нм более точная, чем приведенная в ГОСТ 8.239-77 «ГСИ. Пластинки поляризметрические. Методика поверки».

Приложение В

Международная сахарная шкала

Использован материал, приведенный в Приложении А Международных рекомендаций OIML R 14 «Polarimetric saccharimeters graduated in accordance with ICUMSA International Sugar Scale», редакция 1995 (Е), Международного общества законодательной метрологии (International Organization of Legal Metrology).

В.1 Точка 100 °Z Международной сахарной шкалы ICUMSA соответствует углу вращения плоскости поляризации α , которое претерпевает плоскополяризованный свет зеленой линии изотопа Hg^{198} ($\lambda = 546,2271$ нм в вакууме), при прохождении слоя раствора толщиной 200,000 мм, поддерживаемого при $t = 20$ °C и содержащего в 100,000 см³ 26,0160 г чистой сахарозы, взвешенной в пустоте и растворенной в чистой воде (нормальный сахарный раствор).

Точка 0 °Z соответствует показаниям сахариметра по чистой воде.

В диапазоне от 0 °Z до 100 °Z шкала градуируется линейно, так как оптическое вращение практически пропорционально значению концентрации раствора.

В данных условиях 100 °Z по международной сахарной шкале соответствуют углу вращения плоскости поляризации

$$\alpha_{546,2271 \text{ нм}}^{20,00^\circ \text{C}} = (40,777 \pm 0,001)^\circ.$$

В.2 Для излучения, длина волны которого больше длины волны зеленой линии изотопа Hg^{198} ($\lambda = 546,2271$ нм в вакууме), точка 100 °Z соответствует углу вращения плоскости поляризации α_λ , вычисление которого проводят в условиях, приведенных в В.1, по формуле

$$\frac{\alpha_\lambda}{\alpha_{546,2271 \text{ нм}}} = a + \frac{b}{\lambda^2} + \frac{c}{\lambda^4} + \frac{d}{\lambda^8},$$

где $a = -1,7982 \cdot 10^{-3}$; $b = +2,765318 \cdot 10^5$; $c = +6,55736 \cdot 10^9$; $d = +1,03825 \cdot 10^{19}$; λ – длина волны излучения в вакууме, нм.

В.3 Для желтой линии спектра дублета натрия длина волны в вакууме $\lambda = 589,4400$ нм точка 100 °Z соответствует углу вращения

$$\alpha_{589,4400 \text{ нм}}^{20,00^\circ \text{C}} = (34,626 \pm 0,001)^\circ.$$

В.4 Для красного излучения He-Ne лазера с длиной волны $\lambda = 632,9914$ нм в вакууме точка 100 °Z соответствует углу вращения

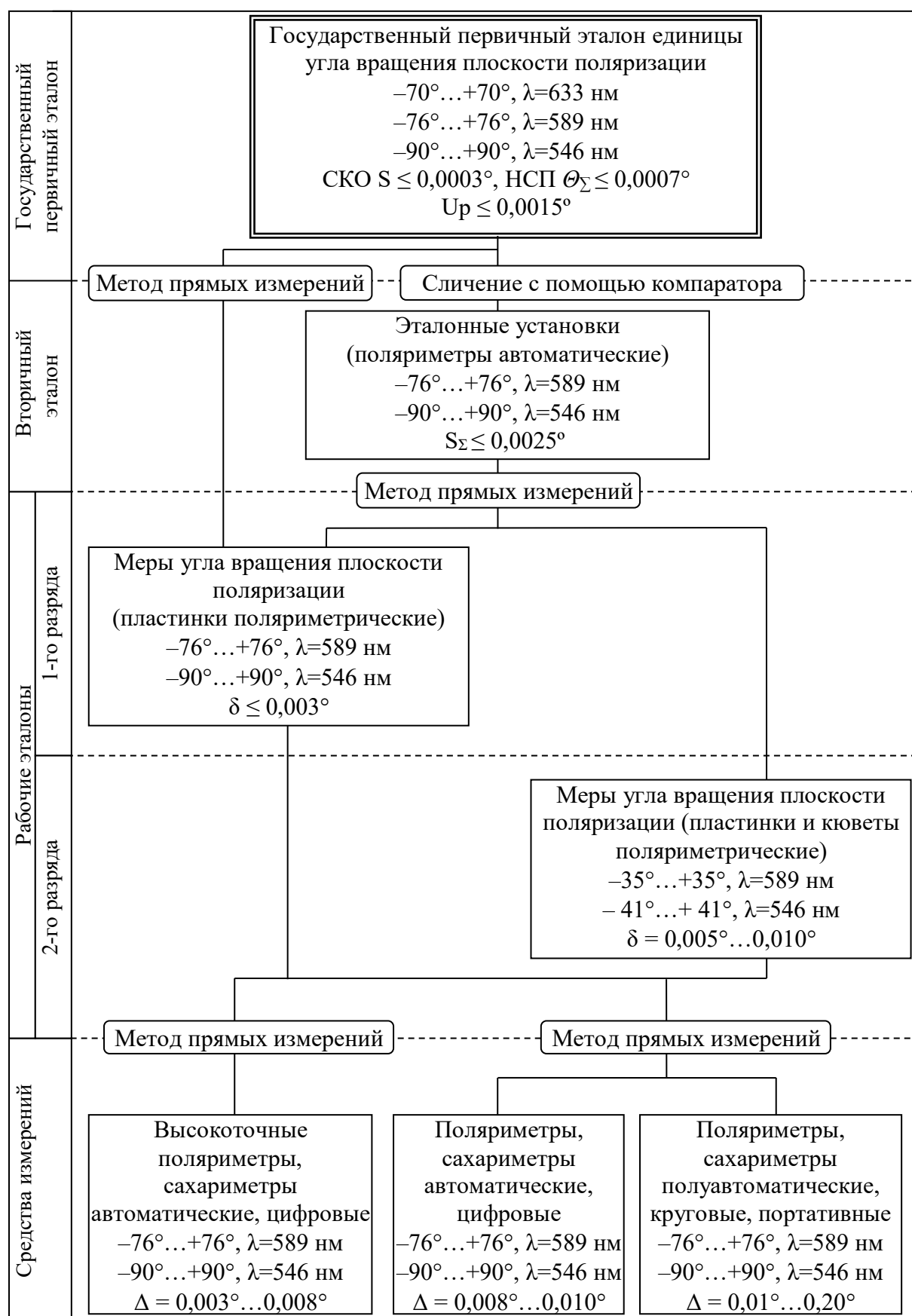
$$\alpha_{632,9914 \text{ нм}}^{20,00^\circ \text{C}} = (29,751 \pm 0,001)^\circ.$$

В.5 Из приведенных соотношений следуют формулы для пересчета значений УВПИ в угловых градусах α° в градусы международной сахарной шкалы α °Z для набора стандартных длин волн 546,2271 нм, 589,4400 нм и 632,9914 нм в вакууме:

$$\begin{aligned}\alpha_{546}^\circ \text{Z} &= 2,4524 \cdot \alpha_{546}^\circ, \\ \alpha_{589}^\circ \text{Z} &= 2,8880 \cdot \alpha_{589}^\circ, \\ \alpha_{632}^\circ \text{Z} &= 3,3612 \cdot \alpha_{632}^\circ.\end{aligned}$$

Эти формулы пересчета из угловых градусов в градусы международной сахарной шкалы более точные, чем аналогичные формулы, приведенные в ГОСТ 8.239-77 «ГСИ. Пластинки поляризметрические. Методика поверки».

Государственная поверочная схема для средств измерений угла
вращения плоскости поляризации



λ – длина волны излучения в вакууме