

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭТАЛОНА ДЛЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ СВЯЗИ И ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Длугунович В.А., Исаевич А.В., Никоненко С.В., Холенков А.В.

*Институт физики НАН Беларуси*

*Минск, Республика Беларусь*

Волоконно-оптические системы связи и передачи информации (ВОСП) очень быстро получили широкое применение в различных областях практической деятельности и в настоящее время считаются самой совершенной физической средой для передачи информации. Поэтому актуальной является проблема создания новых специализированных, взаимоувязанных эталонных средств измерений (СИ) и поверочного оборудования различных параметров и величин, как самих ВОСП, так и их элементов. Для хранения, воспроизведения и передачи единиц средней мощности, ослабления и длины волны излучения, используемых в волоконно-оптических системах, а также для проверки и калибровки вторичных и рабочих эталонов, применяемых в ВОСП, в Институте физики НАН Беларуси в рамках выполнения научно-технической подпрограммы «Эталоны Беларуси» государственной научно-технической программы «Разработка и изготовление эталонов Беларуси, уникальных приборов и установок для научных исследований» разработан и создан в 2011-2014 гг. эталон единиц средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения для ВОСП.

Эталон состоит из комплекса стабилизированных источников оптического излучения с волоконно-оптическим выходом, эталонной калориметрической система для воспроизведения и передачи размера единицы средней мощности оптического излучения в ВОСП, комплекса СИ для воспроизведения и передачи размера единицы ослабления в ВОСП, комплекса СИ для воспроизведения и передачи размера единицы длины волны оптического излучения в ВОСП и вспомогательной аппаратуры для обеспечения функционирования эталона и обработки информации.

При аттестации эталона определялись следующие метрологические характеристики:

– динамический диапазон воспроизведения и передачи размера единицы средней мощности оптического излучения на фиксированных длинах волн в спектральном диапазоне от 0,65 до 1,7 мкм;

– спектральный диапазон воспроизведения и передачи размера единицы средней мощности оптического излучения;

– случайная погрешность воспроизведения единицы средней мощности излучения на

фиксированных длинах волн в спектральном диапазоне от 0,65 до 1,7 мкм;

– неисключенная систематическая погрешность воспроизведения единицы средней мощности излучения на фиксированных длинах волн в спектральном диапазоне от 0,65 до 1,7 мкм;

– относительная суммарная стандартная неопределенность воспроизведения единицы средней мощности излучения на фиксированных длинах волн в спектральном диапазоне от 0,65 до 1,7 мкм;

– относительная суммарная стандартная неопределенность передачи единицы средней мощности оптического излучения на фиксированных длинах волн в спектральном диапазоне от 0,65 до 1,7 мкм;

– динамический диапазон воспроизведения и передачи размера единицы средней мощности оптического излучения на фиксированных длинах волн в спектральном диапазоне от 0,65 до 1,7 мкм при использовании оптоэлектронных преобразователей;

– спектральный диапазон воспроизведения и передачи размера единицы средней мощности оптического излучения при использовании оптоэлектронных преобразователей;

– случайная погрешность воспроизведения единицы средней мощности излучения на фиксированных длинах волн в спектральном диапазоне от 0,65 до 1,7 мкм при использовании оптоэлектронных преобразователей;

– неисключенная систематическая погрешность воспроизведения единицы средней мощности излучения на фиксированных длинах волн в спектральном диапазоне от 0,65 до 1,7 мкм при использовании оптоэлектронных преобразователей;

– относительная суммарная стандартная неопределенность воспроизведения единицы средней мощности излучения на фиксированных длинах волн в спектральном диапазоне от 0,65 до 1,7 мкм при использовании оптоэлектронных преобразователей;

– диапазон воспроизведения и передачи размера единицы ослабления на фиксированных длинах волн в спектральном диапазоне от 0,65 до 1,7 мкм;

– случайная погрешность измерения единиц ослабления на фиксированных длинах волн в спектральном диапазоне от 0,65 до 1,7 мкм;

– неисключенная систематическая погрешность измерения единиц ослабления на фиксированных длинах волн в спектральном диапазоне от 0,65 до 1,7 мкм;

– суммарная стандартная неопределенность измерения единиц ослабления на фиксированных длинах волн в спектральном диапазоне от 0,65 до 1,7 мкм;

– спектральный диапазон воспроизведения и передачи размера единицы длины волны оптического излучения;

– случайная погрешность измерения длины волны оптического излучения;

– неисключенная систематическая погрешность измерения длины волны оптического излучения;

– относительная суммарная стандартная неопределенность измерения длины волны оптического излучения.

Разработана программа и методика метрологической аттестации эталона в соответствии с требованиями ТКП 8.002-2012 «Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Эталоны единиц величин. Порядок разработки, утверждения, регистрации, хранения и применения» и ТКП 8.004-2012 «Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Метрологическая аттестация средств измерений. Правила проведения работ».

Относительную суммарную стандартную неопределенность воспроизведения единицы средней мощности оптического излучения оценивают исходя из уравнения

$$u_c^2(P) = u^2(\bar{K}_3) + u^2(K_i) + u^2(\bar{P}_0) + u^2(K_p) + u^2(U) + u^2(I) + u^2(K_3) + u^2(V)$$

где  $u(\bar{K}_3) = \frac{1}{\bar{K}_3} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{K}_3 - K_{3i})^2}{n(n-1)}}$  – относительная

стандартная неопределенность определения коэффициента преобразования средней мощности постоянного электрического тока первичного калориметрического измерительного преобразователя, оцененная по типу А для  $n$  измерений;

$$u(K_i) = \frac{2(K_{ЭВ} - K_{ЭН})}{\sqrt{3}(K_{ЭВ} + K_{ЭН})} \times \frac{2\Delta t}{(t_{max} - t_{min})}$$

относительная стандартная неопределенность, обусловленная температурной зависимостью коэффициента преобразования, оцененная по типу В с использованием значений коэффициента преобразования средней мощности электрического тока  $K_{ЭВ}$  при повышенной температуре  $t_{max}$  и  $K_{ЭН}$  при пониженной температуре  $t_{min}$ , а также разрешающей способности метеоскопа  $\Delta t$ ;

$$u(\bar{P}_0) = \frac{1}{\bar{P}_0} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{P}_0 - P_{0i})^2}{n(n-1)}} - \text{относительная стандартная неопределенность}$$

определения средней мощности оптического излучения, оцененная по типу А для  $n$  измерений;

$$u(K_p) = \frac{2(K_{Эmax} - K_{Эmin})}{\sqrt{3}(K_{Эmax} + K_{Эmin})} \times \frac{\Delta P_{cm}}{(P_{max} - P_{min})} - \text{относительная стандартная неопределенность, обусловленная различием коэффициента преобразования при изменении уровня измеряемой}$$

мощности излучения в границах одного диапазона калибратора, оцененная по типу В с использованием значений коэффициента преобразования средней мощности электрического тока  $K_{Эmax}$  при максимальной мощности  $P_{max}$  и  $K_{Эmin}$  при минимальной мощности  $P_{min}$ , а также – значения одной ступени дискретного регулирования мощности на выходе калибратора  $\Delta P_{cm}$ ;

$u(U)$  – неопределенность результата измерения напряжения при электрической калибровке с помощью мультиметра 3458А;

$u(I)$  – неопределенность результата измерения тока при электрической калибровке с помощью мультиметра 3458А;

$u(K_3)$  – эмпирическая оценка сверху неопределенности, связанной с неточностью оценки коэффициента эквивалентности замещения мощности оптического излучения известной мощностью электрического тока;

$u(V)$  – неопределенность результата измерения относительной разности выходных сигналов оптоэлектрического преобразователя с помощью нановольметра 34420А при электрической калибровке первичного калориметрического измерительного преобразователя и измерении мощности оптического излучения.

Проведенные метрологические испытания показали, что эталон обеспечивает воспроизведение единицы средней мощности оптического излучения в ВОСП на фиксированных длинах волн в спектральном диапазоне от 650 до 1700 нм с относительной расширенной неопределенностью ( $k = 2, P = 95\%$ ) не более 0,13 % в диапазоне от  $1 \cdot 10^{-4}$  до  $5 \cdot 10^{-3}$  Вт и 2,7 % в диапазоне от  $1 \cdot 10^{-11}$  до  $1 \cdot 10^{-4}$  Вт, воспроизведение единицы ослабления оптического излучения в ВОСП в диапазоне от 0,05 до 60,00 дБ с расширенной неопределенностью ( $k = 2, P = 95\%$ ) не более 0,09 дБ, воспроизведение единицы длины волны оптического излучения для ВОСП в спектральном диапазоне от 650 до 1700 нм на фиксированных длинах волн 655 нм, 852 нм, 1309 нм, 1489 нм, 1548 нм, 1627 нм с относительной расширенной неопределенностью ( $k = 2, P = 95\%$ ) не более  $1,2 \cdot 10^{-5}\%$ .