




СОГЛАСОВАНО


Заместитель директора
ФГУП «ВНИИОФИ»

 И.С. Филимонов


«23» 04 2022 г.

**«ГСИ. Комплекты светофильтров AVL. Методика поверки»
МП 017.M4-22**

Главный метролог
ФГУП «ВНИИОФИ»

 С.Н. Негода
«23» 04 2022 г.

Главный научный сотрудник
ФГУП «ВНИИОФИ»

 Крутиков В.Н.
«27» 04 2022 г.

Москва
2022 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки комплектов светофильтров AVL, производства AVL List GmbH, Австрия (далее по тексту – комплекты светофильтров), используемых в качестве рабочего эталона в соответствии с государственной поверочной для средств измерений спектрального и светового коэффициентов направленного пропускания.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон длин волн, нм	от 400 до 780
Значение спектрального коэффициента направленного пропускания (СКНП) на длине волны 550 нм*, % - светофильтр «Transmission 90%» - светофильтр «Transmission 80%» - светофильтр «Transmission 60%» - светофильтр «Transmission 50%»	от 85,0 до 95,0 от 75,0 до 85,0 от 55,0 до 65,0 от 45,0 до 55,0
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений СКНП, %	± 0,3
Значения светового коэффициента направленного пропускания, % - светофильтр «Transmission 90%» - светофильтр «Transmission 80%» - светофильтр «Transmission 60%» - светофильтр «Transmission 50%»	от 85,0 до 95,0 от 75,0 до 85,0 от 55,0 до 65,0 от 45,0 до 55,0
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений светового коэффициента направленного пропускания, %	± 0,3

* Действительные значения СКНП светофильтров определяются в процессе поверки комплекта светофильтров в диапазоне длин волн от 400 до 780 нм с шагом 10 нм. Допускается определение СКНП на других длинах волн в пределах рабочего диапазона.

Прослеживаемость при поверке комплектов светофильтров обеспечивается в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 27.11.2018 № 2517 к Государственному первичному эталону единиц спектральных коэффициентов направленного пропускания, диффузного и зеркального отражений в диапазоне длин волн от 0,2 до 20,0 мкм ГЭТ 156-2015.

Методика поверки предусматривает проведение поверки отдельных светофильтров из состава комплекта светофильтров.

Поверка комплекта светофильтров проводится методом прямых и косвенных измерений.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении первичной и периодической поверок должны быть выполнены следующие операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции	Проведение операции при		Номер пункта Методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			9
Определение диапазона длин волн	Да	Да	9.1
Определение СКНП	Да	Да	9.2
Определение доверительных границ абсолютной погрешности измерений СКНП	Да	Да	9.3
Определение светового коэффициента направленного пропускания	Да	Да	9.4
Определение доверительных границ абсолютной погрешности измерений светового коэффициента направленного пропускания	Да	Да	9.5

2.2 Поверка комплекта светофильтров проводится исходя из комплектности при поставке средства измерений – допускается поставка комплекта светофильтров с меньшим количеством светофильтров в соответствии с заказом, но не менее 3 шт. в комплекте.

2.3 При получении отрицательных результатов при проведении хотя бы одной операции поверка прекращается.

2.4 Поверку средств измерений осуществляют аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от плюс 15 до плюс 25;
- относительная влажность, %, не более 70;
- атмосферное давление, кПа от 94 до 106;

3.2 В помещении, где проводится поверка, содержание пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию, не должно превышать содержание коррозионно-активных агентов для атмосферы типа 1 по ГОСТ 15150-69.

3.3 В помещении, где проводится поверка, должны соответствовать ГОСТ 8.395-80.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, прошедшие обучение на право проведения поверки по требуемому виду измерений, изучившие настоящую методику поверки, Руководство по эксплуатации комплектов светофильтров.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении первичной и периодической поверок должны быть использованы средства, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Средство измерений температуры окружающей среды с диапазоном измерений от плюс 15 °С до плюс 25 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 40 % до 80% с погрешностью не более 3 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазон от 94 до 106 кПа с абсолютной погрешностью не более 0,5 кПа.	Измеритель параметров микроклимата «Метеоскоп», рег. № 32014-06
п. 9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Вторичный эталон единицы спектрального коэффициента направленного пропускания (СКНП) в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 27.11.2018 № 2517 в диапазоне значений от 0,01 до 0,95 в диапазоне длин волн от 0,4 до 0,7 мкм (далее – ВЭТ) Суммарное среднее квадратическое отклонение СКНП в диапазоне значений от 0,01 до 0,99 составляет 0,0015 в диапазоне длин волн от 0,40 до 0,78 мкм.	Государственный вторичный эталон единиц величин спектральных коэффициентов направленного пропускания, диффузного и зеркального отражений в диапазоне длин волн от 0,2 до 2,5 мкм, рег. № 2.1.ZZA.0015.2015

5.2 Средства поверки, указанные в таблице 3, должны быть аттестованы (поверены) в установленном порядке. Допускается применение других средств поверки, не приведенных в таблице 3, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемого комплекта светофильтров с требуемой точностью.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки следует руководствоваться «Правилами устройства электроустановок», утвержденными Минэнерго России №204 от 08.07.2002, «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденными Минэнерго России № 6 от 13.01.2003 и приказом Минтруда «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» № 903н от 15.12.2020.

6.2 Помещение, в котором проводится поверка, должно соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83.

6.3 Оборудование, применяемое при поверке, должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003-91. Воздух рабочей зоны должен соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.005-88 при температуре помещения, соответствующей условиям испытаний для легких физических работ.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При внешнем осмотре должно быть установлено:

- соответствие комплекта светофильтров описанию, приведенному в описании типа и Руководстве по эксплуатации;

- отсутствие механических повреждений (глубоких царапин, сколов и т.п.), признаков фотолитической деградации (пожелтения, цветных пятен, лунок или прожилок), отсутствие расслоения покрытия нейтральных светофильтров и неустраняемых загрязнений рабочей поверхности светофильтров;

- наличие маркировки (товарный знак завода-изготовителя, тип и заводской номер комплекта светофильтров, знак утверждения типа);

7.2 Комплект светофильтров считается прошедшим операцию поверки, если он соответствует вышеперечисленным требованиям.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Изучить Руководство по эксплуатации комплектов светофильтров.

8.2 Выдержать комплект светофильтров в условиях, указанных в п. 3.1 настоящей методики поверки не менее 2 часов.

8.3 Убедится, что условия проведения поверки соответствуют п. 3.1 настоящей методики.

8.4 Подготовить ВЭТ к работе в соответствии с его правилами содержания и применения.

9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Определение диапазона длин волн

9.1.1 Определение диапазона длин волн измерений совпадает с определением доверительных границ абсолютной погрешности измерений СКНП.

9.1.2 Комплект светофильтров считается прошедшим операцию поверки, если спектральный диапазон измерений составляет от 400 до 780 нм.

9.2 Определение СКНП

9.2.1 Повести измерения СКНП самого темного светофильтра из состава комплекта светофильтров 5 раз в диапазоне длин волн от 400 до 780 нм с шагом 10 нм при спектральной ширине щели 2 нм согласно Руководству по эксплуатации ВЭТ. По требованию владельца СИ допускается проведение измерений СКНП на других длинах волн в пределах рабочего диапазона.

9.2.2 Рассчитать среднее измеренных значений СКНП, %, на всех длинах волн измерений по формуле (1):

$$\bar{\tau}(\lambda) = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \tau_i(\lambda), \quad (1)$$

где $\tau_i(\lambda)$ - i -е значение измерения СКНП на длине волны λ , полученный в п. 9.2.1, %.

9.2.3 Повторить измерения и расчеты по п.п. 9.2.1 и 9.2.2 для всех светофильтров из состава комплекта светофильтров в порядке увеличения их прозрачности.

9.2.4 Комплект светофильтров считается прошедшим операцию поверки, если СКНП светофильтров из его состава на длине волны 550 нм соответствует значениям, приведенным в таблице 1.

9.3 Определение доверительных границ абсолютной погрешности измерений СКНП

9.3.1 Рассчитать среднее квадратическое отклонение среднего арифметического значения измерений СКНП, %, на всех длинах волн измерений для каждого светофильтра из состава комплекта светофильтров по формуле (2):

$$S(\bar{\tau}(\lambda)) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (\tau_i(\lambda) - \bar{\tau}(\lambda))^2}{20}}. \quad (2)$$

9.3.2 Рассчитать неисключенную систематическую погрешность измерений СКНП, %, на всех длинах волн измерений для каждого светофильтра из состава комплекта светофильтров по формуле (3):

$$\theta_{\tau(\lambda)\Sigma} = \pm \sum_{i=1}^m |\theta_{\tau(\lambda)i}|, \quad (3)$$

где m - количество учитываемых неисключенных систематических погрешностей измерений, равное 2;

$\theta_{\tau(\lambda)1}$ - неисключенная систематическая погрешность, определяемая погрешностью измерения СКНП ВЭТ на длине волны λ , указанной в паспорте вторичного эталона, %;

$\theta_{\tau(\lambda)2}$ - неисключенная систематическая погрешность, определяемая погрешностью установки длины волны ВЭТ, %, и рассчитываемая по формуле (4):

$$\theta_{\tau(\lambda)2} = \frac{\partial \bar{\tau}(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \Delta \lambda, \quad (4)$$

где $\Delta \lambda$ - точность установки длины волны спектрофотометра ВЭТ, указанная в его руководстве по эксплуатации, нм;

$\frac{\partial \bar{\tau}(\lambda)}{\partial \lambda}$ - кривизна спектрального распределения СКНП светофильтра из состава комплекта светофильтров, %/нм.

9.3.3 Рассчитать суммарное среднее квадратическое отклонение значений измерений СКНП, %, на всех длинах волн измерений для каждого светофильтра из состава комплекта светофильтров по формуле (5):

$$S_{\tau(\lambda)\Sigma} = \sqrt{\frac{\theta_{\tau(\lambda)\Sigma}^2}{3} + S^2(\bar{\tau}(\lambda))}. \quad (5)$$

9.3.4 Рассчитать доверительные границы погрешности значений измерений СКНП, %, на всех длинах волн измерений для каждого светофильтра из состава комплекта светофильтров по формуле (6):

$$\Delta_{\tau(\lambda)} = K_{\tau(\lambda)} \cdot S_{\tau(\lambda)\Sigma}, \quad (6)$$

где $K_{\tau(\lambda)}$ - коэффициент, безразмерная величина, определяемый по формуле (7):

$$K_{\tau(\lambda)} = \frac{\varepsilon_{\tau(\lambda)} + \theta_{\tau(\lambda)\Sigma}}{S(\bar{\tau}(\lambda)) + \frac{\theta_{\tau(\lambda)\Sigma}}{\sqrt{3}}}, \quad (7)$$

где $\varepsilon_{\tau(\lambda)}$ – доверительные границы случайной погрешности измерений СКНП, %, определяемые по формуле (8):

$$\varepsilon_{\tau(\lambda)} = t \cdot S(\bar{\tau}(\lambda)), \quad (8)$$

где t – коэффициент Стьюдента, который равен 2,776 при 5 независимых измерениях и доверительной вероятности $P = 0,95$.

9.3.5 Принять за результат расчета доверительных границ абсолютной погрешности измерений СКНП комплекта светофильтров их максимальное значение для всех светофильтров во всем диапазоне длин волн измерений.

9.3.6 Комплект светофильтров считается прошедшим операцию поверки, если его доверительные границы абсолютной погрешности измерений СКНП не превышают $\pm 0,3$ %.

9.4 Определение светового коэффициента направленного пропускания

9.4.1 Рассчитать значение светового коэффициента направленного пропускания, %, для каждого светофильтра из состава комплекта светофильтров по формуле (9):

$$\tau = \sum_{j=1}^N f_j \cdot \bar{\tau}(\lambda_j), \quad (9)$$

где N – количество длин волн, на которых проводились измерения;

$\lambda_1, \dots, \lambda_N$ – длины волн, на которых проводились измерения с постоянным шагом, нм;

f_1, \dots, f_N – постоянные коэффициенты, определяемые по формуле (10):

$$f_j = \frac{W_j \cdot \Phi^A(\lambda_j) \cdot V(\lambda_j)}{\sum_{l=1}^N W_l \cdot \Phi^A(\lambda_l) \cdot V(\lambda_l)}, \quad (10)$$

где $\Phi^A(\lambda)$ – относительное спектральное распределение энергии излучения стандартного источника типа А, указанное в ГОСТ 7721-89, безразмерная величина;

$V(\lambda)$ – относительная спектральная световая эффективность монохроматического излучения, указанная в ГОСТ 8.332-2013, безразмерная величина;

W_l – весовые множители, $W_1 = W_N = 0,5$; $W_2 = W_3 = \dots = W_{N-1} = 1$.

9.4.2 Комплект светофильтров считается прошедшим операцию поверки, если световой коэффициент направленного пропускания светофильтров из его состава соответствует значениям, приведенным в таблице 1.

9.5 Определение доверительных границ абсолютной погрешности измерений светового коэффициента направленного пропускания

9.5.1 Рассчитать среднее квадратическое отклонение среднего арифметического значения измерений светового коэффициента направленного пропускания, %, для каждого светофильтра из состава комплекта светофильтров по формуле (11):

$$S(\tau) = \sqrt{\sum_{j=1}^N f_j^2 \cdot S^2(\bar{\tau}(\lambda_j))}. \quad (11)$$

9.5.2 Рассчитать неисключенную систематическую погрешность измерений светового коэффициента направленного пропускания, %, для каждого светофильтра из состава комплекта светофильтров по формуле (12):

$$\theta_{\tau \Sigma} = k \cdot \sqrt{\sum_{j=1}^N f_j^2 \cdot \theta_{\tau(\lambda_j)\Sigma}^2}, \quad (12)$$

где k - поправочный коэффициент равный 1,1 при доверительной вероятности $P = 0,95$.

9.5.3 Рассчитать суммарное среднее квадратическое отклонение значения измерений светового коэффициента направленного пропускания, %, для каждого светофильтра из состава комплекта светофильтров по формуле (13):

$$S_{\tau \Sigma} = \sqrt{\left(\frac{\theta_{\tau \Sigma}}{k\sqrt{3}}\right)^2 + S^2(\tau)}. \quad (13)$$

9.5.4 Рассчитать доверительные границы абсолютной погрешности значения измерений светового коэффициента направленного пропускания, %, для каждого светофильтра из состава комплекта светофильтров по формуле (14):

$$\Delta_{\tau} = K_{\tau} \cdot S_{\tau \Sigma}, \quad (14)$$

где K_{τ} - коэффициент, безразмерная величина, определяемый по формуле (15):

$$K_{\tau} = \frac{\varepsilon_{\tau} + \theta_{\tau \Sigma}}{S(\tau) + \frac{\theta_{\tau \Sigma}}{k\sqrt{3}}}, \quad (15)$$

где $\varepsilon_{\tau(\lambda)}$ – доверительные границы случайной погрешности измерений светового коэффициента направленного пропускания, %, определяемые по формуле (16):

$$\varepsilon_{\tau} = t_p(f_{\text{эф}}) \cdot S(\tau), \quad (16)$$

где $t_p(f_{\text{эф}})$ – коэффициент Стьюдента, безразмерная величина. Выбирается в соответствии с приложением Д ГОСТ Р 8.736 – 2011, в зависимости от доверительной вероятности $P = 0,95$ и эффективного числа степеней свободы, безразмерная величина, вычисляемого по формуле (17):

$$f_{\text{эф}} = \frac{(\sum_{j=1}^N f_j^2 \cdot S^2(\tau(\lambda_j)))^2 - 2(\sum_{j=1}^N \frac{f_j^4 \cdot S^4(\tau(\lambda_j))}{(n+1)})}{\sum_{j=1}^N \frac{f_j^4 \cdot S^4(\tau(\lambda_j))}{(n+1)}}. \quad (17)$$

9.5.5 Принять за погрешность измерений светового коэффициента направленного пропускания комплекта светофильтров максимальное значение доверительных границ абсолютной погрешности измерений светового коэффициента направленного пропускания для всех светофильтров из его состава.

9.5.6 Комплект светофильтров считается прошедшим операцию поверки, если его доверительные границы абсолютной погрешности измерений светового коэффициента направленного пропускания не превышают $\pm 0,3$ %.

9.6 Комплект светофильтров считается прошедшим поверку с положительным результатом допускается к применению в качестве рабочего эталона в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.11.2018 № 2517, если все операции поверки пройдены с положительным результатом и полученные значения метрологических характеристик удовлетворяют требованиям к рабочему эталону в соответствии с государственной поверочной схемой утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.11.2018 № 2517. В ином случае комплект мер считается прошедшим поверку с отрицательным результатом и не допускается к применению.

10 Оформление результатов поверки

10.1 Результаты поверки оформляются в виде протокола поверки. Рекомендуемая форма протокола приведена в приложении А. Протокол может храниться на электронном носителе.

10.2 При положительных результатах поверки по заявлению владельца средства измерений может быть оформлено свидетельство о поверке в установленной форме. В случае, если по результатам поверки средство измерений соответствует обязательным требованиям, предъявляемым к эталону, в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений передаются сведения как о средстве измерений, применяемом в качестве эталона, с приложением протокола поверки.

10.3 При отрицательных результатах поверки по заявлению владельца средства измерений может быть оформлено извещение о непригодности в установленной форме с указанием причин непригодности.

10.4 Сведения о результатах поверки (как положительных, так и отрицательных) передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Начальник отделения ФГУП «ВНИИОФИ»



В.Р. Гаврилов

Научный сотрудник ФГУП «ВНИИОФИ»



А.А. Ерикова

**ПРИЛОЖЕНИЕ А (рекомендуемое)
к «ГСИ. Комплекты светофильтров AVL.
Методика поверки» МП 017.М4-22**

ПРОТОКОЛ _____ ПОВЕРКИ №

Комплекты светофильтров ГРСИ № _____

Заводской номер: _____

Год выпуска: _____

Владелец СИ: _____

ИНН Владельца СИ: _____

Применяемые эталоны: _____

Применяемая методика поверки: _____

МП 017.М4-22

Условия поверки:

- температура окружающего воздуха, °С
- относительная влажность воздуха, %
- атмосферное давление, кПа

Место проведения поверки: _____

Проведение поверки:

Внешний осмотр _____

Опробование _____

методикой поверки не предусмотрено

Определение метрологических характеристик

Таблица А.1 – Результаты измерений спектрального коэффициента направленного пропускания (СКНП) светофильтра «Transmission 90%»

Длина волны, нм	СКНП, %		Пункт методики поверки
	Результат измерений	Требования методики поверки	
400			п. 9.2
...			
550		от 85,0 до 95,0	
780			

Таблица А.2 – Результаты измерений СКНП светофильтра «Transmission 80%»

Длина волны, нм	СКНП, %		Пункт методики поверки
	Результат измерений	Требования методики поверки	
400			п. 9.2
...			
550		от 75,0 до 85,0	
780			

Таблица А.3 – Результаты измерений СКНП светофильтра «Transmission 60%»

Длина волны, нм	СКНП, %		
	Результат измерений	Требования методики поверки	Пункт методики поверки
400			п. 9.2
...			
550		от 55,0 до 65,0	
...			
780			

Таблица А.4 – Результаты измерений СКНП светофильтра «Transmission 50%»

Длина волны, нм	СКНП, %		
	Результат измерений	Требования методики поверки	Пункт методики поверки
400			п. 9.2
...			
550		от 45,0 до 55,0	
...			
780			

Таблица А.5 – Результаты измерений светового коэффициента направленного пропускания комплекта светофильтров

Обозначение	Результат измерений светового коэффициента направленного пропускания	Требования методики поверки	Пункт методики поверки
Светофильтр «Transmission 90%»		от 85,0 до 95,0	п. 9.4
Светофильтр «Transmission 80%»		от 75,0 до 85,0	
Светофильтр «Transmission 60%»		от 55,0 до 65,0	
Светофильтр «Transmission 50%»		от 45,0 до 55,0	

Таблица А.6 – Характеристики комплекта светофильтров

Характеристика	Результат измерений	Требования методики поверки	Пункт методики поверки
Диапазон длин волн, нм		от 400 до 780	п. 9.1
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений СКНП, %		± 0,3	п. 9.3
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений светового коэффициента направленного пропускания, %		± 0,3	п. 9.5

Заключение по результатам поверки:

_____ Пригодно/не пригодно к применению

Дата поверки: _____

Поверку проводил _____