

**Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии
им. Д.И. Менделеева»
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»**



СОГЛАСОВАНО
Генеральный директор
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»
А.Н. Пронин
М.п. « 13 » мая 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**КОМПЛЕКТЫ ПОВЕРОЧНЫЕ LCS241
Методика поверки**

МП 254-0222-2024

И.о. руководителя научно-исследовательского
отдела госэталонов в области измерений
аэрогидрофизических параметров
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»
_____ А.Ю. Левин

Руководитель лаборатории испытаний
в целях утверждения типа средств измерений
аэрогидрофизических параметров
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»
_____ П.К. Сергеев

г. Санкт-Петербург
2024 г.

1. Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на комплекты поверочные LCS241 (далее – LCS241), предназначенные для измерений и передачи эквивалентной длины (высоты облаков) при поверке и калибровке средств измерений высоты нижней границы облачности (облакомеры) и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

Методика поверки обеспечивает прослеживаемость LCS241 к ГЭТ2-2021 ГЭТ182-2010 и ГЭТ1-2022 в соответствии с Локальной поверочной схемой для средств измерений высоты нижней границы облаков (облачности), структура которой приведена в Приложении А.

Метод, обеспечивающий реализацию методики поверки – косвенные измерения. LCS241 подлежат первичной и периодической поверке.

2. Перечень операций поверки средства измерений

Таблица 1 -- Перечень операций поверки средства измерений

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер пункта методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	да	да	р. 7
Контроль условий поверки	да	да	п. 8.1.1-8.1.2
Опробование	да	да	п. 8.2
Определение метрологических характеристик	да	да	р. 9
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	р. 10
Оформление результатов поверки	да	да	р. 11

При получении отрицательных результатов одной из операций поверка прекращается.

3. Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки в лабораторных условиях должны соблюдаться следующие требования:

- температура воздуха, °С от +17 до +23;
- относительная влажность воздуха, % от 25 до 80;
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106.

При этом не должны нарушаться требования к условиям эксплуатации применяемых средств поверки.

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки и эксплуатационную документацию ЯКИН.411713.724 РЭ «Комплект поверочный LCS241. Руководство по эксплуатации» (далее – РЭ на LCS241).

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

Таблица 2 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8.1.1-8.1.2 Контроль условий поверки	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от +17 °С до +23 °С с абсолютной погрешностью не более ± 1 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 25 % до 80 %, с погрешностью не более ± 10 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106 кПа, с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,2$ кПа	Термогигрометр автономный ИВА-6, мод. ИВА-6Н-Д, регистрационный номер в ФИФ по ОЕИ (далее - рег. №) 82393-21
п. 9.1 Определение эквивалентной длины (высоты облаков) и отклонений эквивалентной длины (высоты облаков) от номинального значения	Эталон единицы длины (лента измерительная), соответствующие требованиям к рабочим эталонам 3-го разряда по Государственной поверочной схеме для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм, утвержденной Приказом Росстандарта от 29.12.2018 № 2840 (часть 2) в диапазоне измерений от 0,001 до 20 м. Средства измерений импульсного электрического напряжения (осциллограф), диапазон измерений от 0 до 1 ГГц, относительная погрешность $\pm 2,5 \cdot 10^{-5}$ % Вспомогательные технические средства: Компаратор 30 м с приспособлениями для закрепления ленты измерительной и грузом для её натяжения; Оптический генератор с параметрами: импульсный режим работы; время нарастания фронта импульса не более 15 нс; длительность импульса излучения от до 500 нс; частота следования импульсов не более 50 кГц; волоконный выход излучения; длина волны излучения 905 ± 25 нм; Оптический делитель А с рабочей длиной волны (905 ± 25) нм; Фотодетектор (2 шт.) с диапазоном длин волн не менее (905 ± 25) нм, полоса пропускания не менее 150 МГц.	Лента измерительная эталонная 3-го разряда, рег. № 36469-07; Осциллограф цифровой RIGOL DS MSO, модификация MSO5074, рег. № 82665-21
Примечания 1 Средства поверки должны быть поверены, эталоны – аттестованы. 2 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик с требуемой точностью.		

6. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

- требования безопасности по ГОСТ 12.3.019-80;
- требования безопасности, изложенные в ЭД на LCS241;
- в целях обеспечения безопасности работ и возможности выполнения процедур поверки достаточно одного специалиста.

7. Внешний осмотр средства измерений

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие LCS241 следующим требованиям:

- 7.1 соответствие внешнему виду СИ описания типа СИ.
- 7.2 LCS241 не должен иметь механических повреждений или иных дефектов, влияющих на качество их работы.
- 7.3 Соединения в разъемах питания, вспомогательного и дополнительного оборудования должны быть надежными.
- 7.4 Маркировка LCS241 должна быть целой, четкой, хорошо читаемой.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий проведения поверки.

8.1.1 При поверке должны быть проверены условия проведения поверки, указанные в разделе 3 настоящей методики поверки.

8.1.2 Для контроля условий поверки используются средства поверки, приведенные в таблице 2.

8.2 Опробование LCS241 должно осуществляться в следующем порядке:

8.2.1 Проверьте комплектность LCS241.

8.2.2 Проверьте наличие сведений о поверке в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений Генератора импульсов серии АКИП-3300, модификация АКИП-3302, (рег. № 68025-17) из состава поверяемого LCS241.

8.2.3 Результаты опробования считаются положительными, если комплектность LCS241 соответствует описанию типа, в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений содержатся сведения о положительных результатах поверки и подтверждается прослеживаемость к ГЭТ182-2010 и ГЭТ1-2022.

9. Определение метрологических характеристик

9.1 Определение эквивалентной длины (высоты облаков) и отклонений эквивалентной длины (высоты облаков) от номинального значения производится в следующем порядке:

9.1.1 Определение действительной длины линии задержки и отклонений эквивалентного значения высоты облаков от номинальной длины линии задержки производится в несколько этапов:

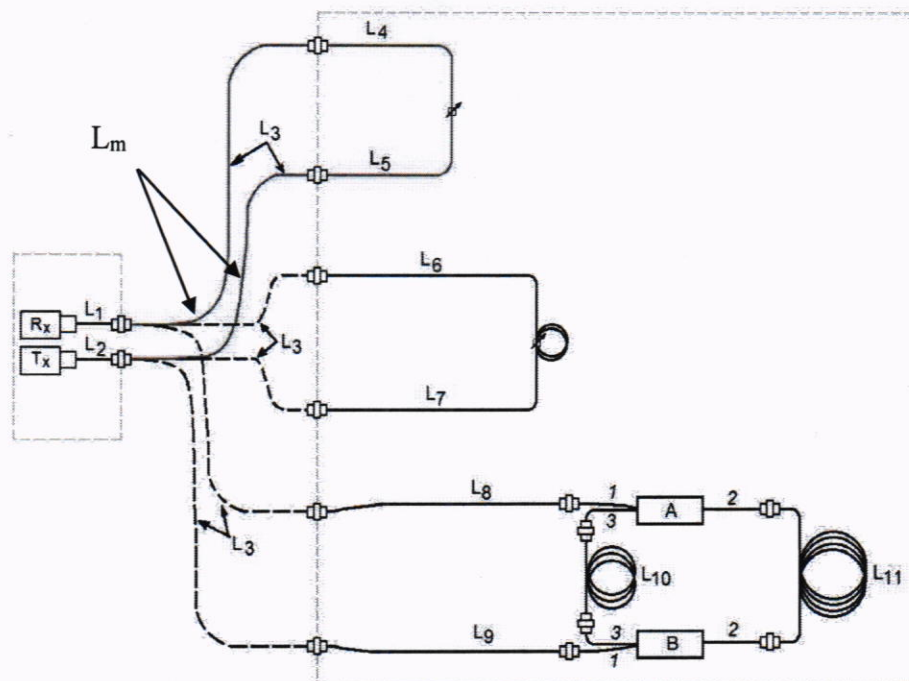
Этап 1 – исследование первичной линии задержки;

Этап 2 – исследование пространственной линии задержки;

Этап 3 – исследование циклической линии задержки.

Этап 1

Первичная линия задержки имитирует наличие твердого объекта (облака) на эквивалентной длине (высоте облаков) 10 м. Схема с указанием первичной линии задержки (участок L_m , выделен красным цветом) приведена на рисунке 1.



R_x – вводной коллиматор; T_x – выводной коллиматор; A, B – делитель оптический;
 L_1 - L_{11} – оптоволоконный кабель; 1, 2, 3 – порт
 Рисунок 1 - Первичная линия задержки

Определение эквивалентной длины (высоты облаков) первичной линии задержки производится в следующем порядке:

9.1.1.1 Подготовьте оптоволоконно к поверке, для этого отсоедините каждый оптоволоконный кабель, входящий в первичную линию задержки L_m .

9.1.1.2 Определите действительную длину каждого оптоволоконного кабеля l_i , входящего в состав линии L_m с помощью ленты измерительной 3-го разряда (далее ленты измерительной). Для этого разместите ленту измерительную и оптоволоконный кабель, l_i , на столе компаратора так, чтобы они соприкасались по всей длине и были параллельны оси компаратора. Совместите начало оптоволоконного кабеля с отметкой «0» на шкале ленты измерительной.

9.1.1.3 Определите общую длину первичной линии задержки L_m по формуле:

$$L_m = l_1 + 2l_3 + l_4 + l_5 + l_2, \quad (1)$$

где l_1 – действительная длина кабеля оптоволоконного L_1 ;

l_3 – действительная длина кабеля оптоволоконного дуплексного L_3 ;

l_4 – действительная длина кабеля оптоволоконного L_4 ;

l_5 – действительная длина кабеля оптоволоконного L_5 ;

l_2 – действительная длина кабеля оптоволоконного L_2 .

9.1.1.4 Определите эквивалентную длину (высоту облаков) первичной линии задержки, $H_{измт}$, по формуле:

$$H_{измт} = \frac{n_{гр} L_m}{2}, \quad (2)$$

где L_m – общая длина первичной линии задержки;

$n_{гр}$ – групповой показатель преломления оптоволоконна, указанный в РЭ на LCS241.

9.1.1.5 Отклонение эквивалентной длины (высоты облаков) от номинального значения первичной линии задержки, ΔH_1 , определите по формуле:

$$\Delta H_1 = H_{измт} - H_1, \quad (3)$$

где H_1 – номинальное значение эквивалентной длины (высоты облаков) первичной линии задержки, м.

9.1.1.6 Результаты считаются положительными, если отклонение эквивалентной длины (высоты облаков) от номинального значения не превышает $\pm 0,5$ м.

Этап 2

Пространственная линия задержки имитирует наличие твердого объекта на длине (высоте) 20 м. Схема с указанием пространственной линии задержки (участок L_r , выделен красным цветом) приведена на рисунке 2.

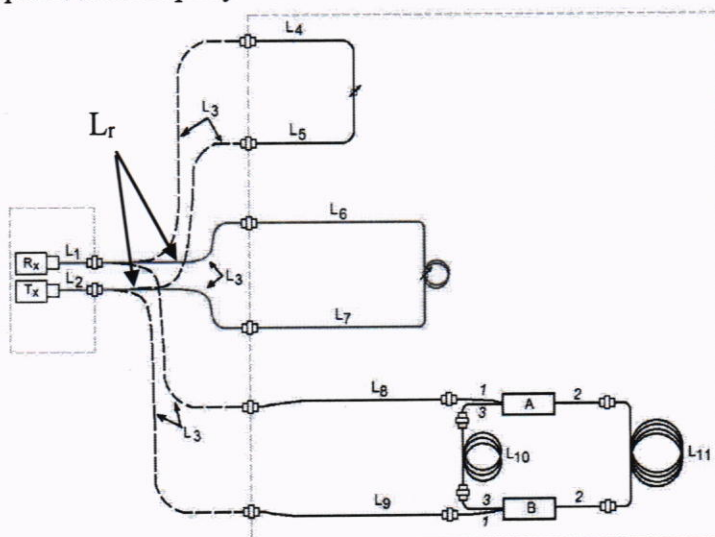


Рисунок 2 - Пространственная линия задержки

Определение эквивалентной длины (высоты облаков) пространственной линии задержки производится в следующем порядке:

9.1.1.7 Подготовьте оптоволоконно к проверке, для этого отсоедините каждый оптоволоконный кабель, входящий в пространственную линию задержки L_r , от LCS241.

9.1.1.8 Определите действительную длину каждого оптоволоконного кабеля l_i , входящего в состав линии L_r , с помощью ленты измерительной согласно п. 9.1.1.2.

9.1.1.9 Определите общую длину пространственной линии задержки, L_r , по формуле:

$$L_r = l_1 + 2l_3 + l_6 + l_7 + l_2, \quad (4)$$

где l_6 – действительная длина кабеля оптоволоконного L_6 ;

l_7 – действительная длина кабеля оптоволоконного L_7 ;

l_1, l_2, l_3 – действительные длины оптоволоконных кабелей, определенных в п. 9.1.1.2.

9.1.1.10 Определите эквивалентную длину (высоту облаков) пространственной линии задержки, $H_{измг}$, по формуле:

$$H_{измг} = \frac{n_{гр} L_T}{2}, \quad (5)$$

где L_T – общая длина пространственной линии задержки;

$n_{гр}$ – групповой показатель преломления оптоволоконна, указанный в РЭ на LCS241.

9.1.1.11 Отклонение эквивалентной длины (высоты облаков) от номинального значения пространственной линии задержки, ΔH_2 , определите по формуле:

$$\Delta H_2 = H_{измг} - H_{ном2}, \quad (6)$$

где $H_{ном2}$ – номинальное значение эквивалентной длины (высоты облаков) пространственной линии задержки.

9.1.1.12 Результаты считаются положительными, если отклонение эквивалентной длины (высоты облаков) от номинального значения не превышает $\pm 0,5$ м.

Этап 3

9.1.1.13 Определение эквивалентной длины (высоты облаков) циклической линии задержки производится в следующем порядке:

9.1.1.13.1 Циклическая линия задержки имитирует твердые объекты, равноудаленные друг от друга на фиксированные расстояния, по всему диапазону. Схема с указанием циклической линии задержки (участок L_t , выделен красным цветом) приведена на рисунке 3.

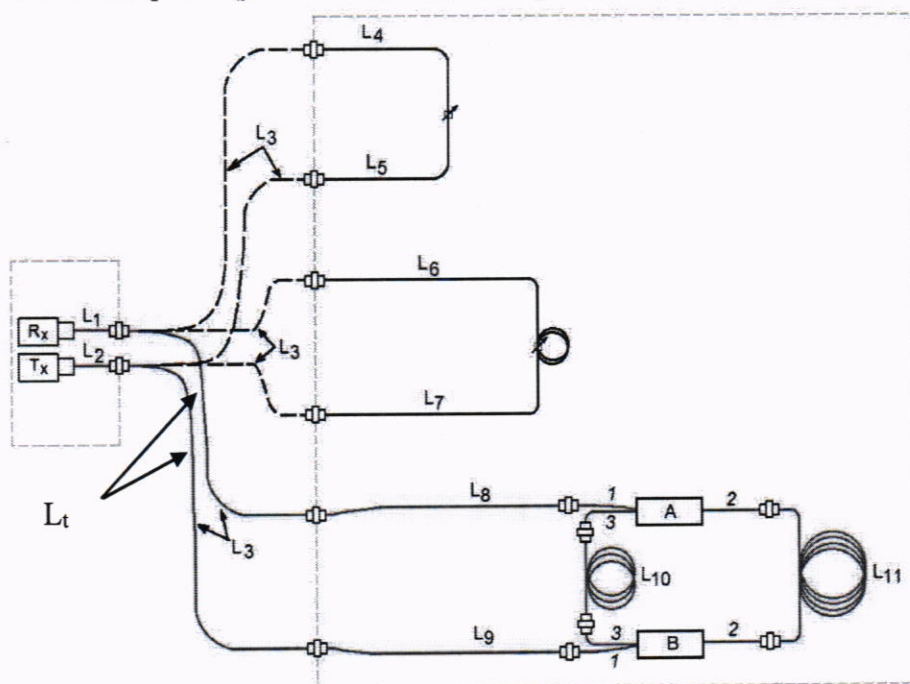


Рисунок 3 - Циклическая линия задержки

9.1.1.13.2 Подготовьте оптоволоконно к проверке, для этого отсоедините каждый оптоволоконный кабель, входящий в циклическую линию задержки L_t , от LCS241.

9.1.1.13.3 Определите действительную длину каждого оптоволоконного кабеля l_i , входящего в состав линии L_t с помощью ленты измерительной согласно п. 9.1.1.2.

9.1.1.13.4 Определите общую длину циклической линии задержки по формуле

$$L_t = l_1 + l_2 + 2l_3 + l_8 + l_9 + l_{A_{1-2}} + l_{B_{2-1}} + t \cdot l_{11} + (t - 1) \cdot (l_{A_{3-2}} + l_{10} + l_{B_{2-3}}), \quad (7)$$

где t – количество циклов от 1 до 10,

l_8 – действительная длина кабеля оптоволоконного L_8 ;

l_9 – действительная длина кабеля оптоволоконного L_9 ;

l_{10} – действительная длина кабеля оптоволоконного L_{10} ;

l_{11} – действительная длина кабеля оптоволоконного L_{11} ;

$l_{A_{1-2}}$ – действительная длина плечей 1 и 2 делителя оптического A;

$l_{B_{2-1}}$ – действительная длина плечей 1 и 2 делителя оптического B;

l_{A3-2} – действительная длина плечей 2 и 3 делителя оптического А;
 l_{B2-3} – действительная длина плечей 2 и 3 делителя оптического В;
 действительные длины l_1, l_2, l_3 определены в п. 9.1.1.2

9.1.1.13.5 Измерение l_{11} выполняют по следующей схеме (представлена на Рисунке 4):

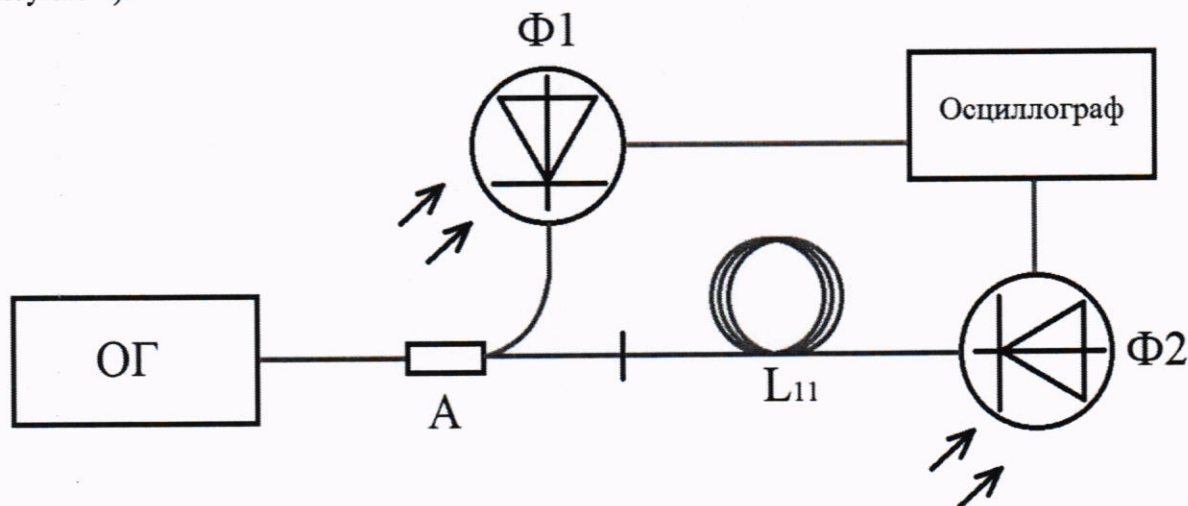


Рисунок 4 - Измерение l_{11}

9.1.1.13.6 Оптический генератор ОГ (параметры: импульсный режим работы; время нарастания фронта импульса < 15 нс; длительность импульса излучения (5 - 500) нс; частота следования импульсов < 50 кГц; волоконный выход излучения; длина волны излучения (905 ± 25) нм) соединяют с оптическим делителем А (параметры: 1×2 , коэффициент деления 50:50). Выходы оптического делителя А соединяют с фотодетектором Ф1 и входом оптического волокна L_{11} . Выход оптического волокна L_{11} соединяют с фотодетектором Ф2. Фотодетекторы Ф1 и Ф2 соединяют с входами осциллографа ВЧ проводами одинаковой длины. Переводят осциллограф в режим прямого отображения сигналов. Получают на осциллографе изображения импульсов с фотодетекторов Ф1 и Ф2. Устанавливают синхронизацию по каналу фотодетектора Ф1. Устанавливают масштаб по горизонтальной оси таким образом, чтобы на развертке одновременно отображались импульсы с фотодетекторов Ф1 и Ф2. Устанавливают масштаб по вертикальной оси таким образом, чтобы размах сигналов занимал не менее $1/3$ от высоты экрана осциллографа. Не следует устанавливать различные коэффициенты внутреннего усиления каналов осциллографа, т.к. это может привести к возникновению ошибки измерения времени задержки. Убеждаются, что передние фронты импульсов не зашумлены, формы сигналов идентичны, и соответствуют импульсному сигналу, заданному на ОГ. Устанавливают режим измерения времени задержки переднего фронта импульса между каналами фотодетекторов Ф1 и Ф2 (по уровню 10% от максимальной амплитуды), либо производят данное измерение вручную с помощью курсоров.

9.1.1.13.7 Произведите измерение времени задержки переднего фронта импульса T_d .

9.1.1.13.8 Определите значение l_{11} , по формуле

$$l_{11} = \frac{c * T_d}{n_{гр}}, \quad (8)$$

где c – скорость света, м/с;

$n_{гр}$ – групповой показатель преломления волокна, указанный в РЭ на LCS241.

9.1.1.13.9 Подставьте в формулу (7) полученные значения составных частей оптоволоконного тракта L_i и рассчитайте значения для каждого цикла t от 1 до 10.

9.1.1.13.10 Определите эквивалентную длину (высоту облаков) циклической линии задержки, H_i , в зависимости от количества циклов t определите по формуле:

$$H_i = \frac{L_t n_{гр}}{2}, \quad (9)$$

где L_t – общая длина циклической линии задержки в зависимости от t ;

$n_{гр}$ – групповой показатель преломления оптоволокна, указанный в РЭ на LCS241.

9.1.1.13.11 Отклонение эквивалентной длины (высоты облаков) от номинального значения циклической линии задержки, ΔH_i , определите по формуле:

$$\Delta H_i = H_i - N_i, \quad (10)$$

где N_i – номинальное значение эквивалентной длины (высоты облаков) циклической линии задержки.

9.1.1.13.12 Результаты считаются положительными, если отклонение эквивалентной длины (высоты облаков) от номинального значения не превышает $\pm 0,01 \cdot N$, м, где N – номинальное значение эквивалентной длины (высоты облаков) циклической линии задержки, м.

10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

В результате определения метрологических характеристик, полученных в результате поверки, делается вывод о пригодности дальнейшего использования средства измерений.

Критериями пригодности являются положительный результат поверки по п. 9.1 настоящей методики поверки, а также требования к рабочим эталонам в соответствии со структурой Локальной поверочной схемой для средств измерений высоты нижней границы облаков (облачности), приведенной в Приложении А настоящей методики поверки.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки средств измерений подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке средства измерений, и (или) в формуляр средства измерений вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки, или выдается извещение о непригодности к применению средства измерений.

11.2 Протокол поверки оформляется и выдается по заявлению владельца СИ или другого лица, представившего СИ в поверку.

Приложение А
(рекомендуемое)

**СТРУКТУРА ЛОКАЛЬНОЙ ПОВЕРОЧНОЙ СХЕМЫ
для средств измерений высоты нижней границы облаков (облачности)**

