

СОГЛАСОВАНО

Первый заместитель генерального
директора - заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»



_____ А.Н. Щипунов

_____ 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Приемники гидроакустические комбинированные КГП10М

Методика поверки

МФРН.406231.005 МП

2023 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки (далее - МП) распространяется на приемники гидроакустические комбинированные КГП10М (далее – приемники), изготавливаемые ФГУП «ВНИИФТРИ», и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 При проведении поверки обеспечена прослеживаемость поверяемых приемников КГП10М в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта № 2084 от 28.09.2018 г., к государственному первичному эталону единиц звукового давления и колебательной скорости в водной среде ГЭТ 55-2017.

1.3 При проведении поверки необходимо руководствоваться настоящей методикой и эксплуатационной документацией на приемники и на используемое при поверке оборудование. При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений используется метод прямых измерений.

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

Таблица 1 – Подтверждаемые метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Рабочий диапазон частот канала звукового давления и каналов градиента давления, Гц	от 100 до 10000
Чувствительность (коэффициент преобразования) на частоте 1000 Гц, мВ/Па для канала звукового давления для каналов градиента давления	от 10 до 40 от 1 до 4
Пределы допускаемой основной относительной погрешности коэффициента преобразования, дБ, не более для канала звукового давления в диапазоне частот от 100 до 10000 Гц для каналов градиента давления в диапазоне частот от 100 до 10000 Гц	$\pm 2,5$ $\pm 2,5$
Неравномерность амплитудно-частотной характеристики для канала звукового давления, дБ, не более в диапазоне частот от 100 до 6300 Гц включ. в диапазоне частот от 6300 до 10000 Гц включ. для каналов градиента давления (АЧХ приведенная к 1 кГц) в диапазоне частот от 100 до 6300 Гц включ. в диапазоне частот от 6300 до 10000 Гц включ.	6 4 6 4
Показатель асимметрии максимумов каналов градиента давления, дБ, в пределах	$\pm 1,5$
Отклонение характеристики направленности каналов градиента давления от дипольной на углах 45°, 135°, 225°, 315° относительно оси максимальной чувствительности, дБ, в пределах	$\pm 2,5$
Неравномерность диаграммы направленности канала давления, дБ, не более	3,5

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки приемников должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции проведения поверки приемников

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция
	первичной	периодической	
Внешний осмотр	да	да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	9
Определение рабочего диапазона частот и чувствительности (коэффициент преобразования) на частоте 1000 Гц канала звукового давления и каналов градиента давления	да	да	9.1
Определение пределов допускаемой основной относительной погрешности коэффициента преобразования	да	да	9.2
Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики	да	да	9.3
Определение показателя асимметрии максимумов каналов градиента давления	да	да	9.4
Определение отклонения характеристики направленности каналов градиента давления от дипольной на углах 45°, 135°, 225°, 315° относительно оси максимальной чувствительности	да	да	9.5
Определение неравномерности диаграммы направленности канала давления	да	да	9.6

2.2 Не допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов или отдельных автономных блоков или меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

2.3 При получении отрицательных результатов по любому пункту таблицы 2 поверяемый приемник бракуется и направляется в ремонт.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться нормальные условия, установленные в ГОСТ 8.395-80 «ГСИ. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования»:

- температура окружающей среды, °С от 15 до 25;
- относительная влажность окружающего воздуха, % от 45 до 80;

- атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.) от 84 до 106,7 (от 630 до 800);

3.2 Поверку проводят после выдержки приемника во включенном состоянии не менее 5 минут в нормальных условиях.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица с высшим или средним техническим образованием, имеющие опыт работы в области гидроакустических измерений, ежегодно проходящие проверку знаний по технике безопасности, аттестованные в качестве поверителей гидроакустических средств измерений и ознакомленные с документом «Приемники гидроакустические комбинированные КГП10М. Руководство по эксплуатации» (далее – РЭ).

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки приемников должны быть применены средства поверки, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
8	Осциллографы цифровые с полосой пропускания от 0 до 350 МГц	Осциллограф цифровой запоминающий С8-203/2, рег.№ 64768-16
9.1 - 9.6	Эталоны единицы колебательной скорости в водной среде не ниже 2 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений звукового давления и колебательной скорости в водной среде, утвержденный приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 сентября 2018 г. № 2084, в диапазоне значений от $5 \cdot 10^{-6}$ до $5 \cdot 10^{-5}$ м/с в диапазоне частот от 5 до 1000 Гц, доверительные границы относительной погрешности при доверительной вероятности $P = 0,95 \pm 1,5$ дБ	Государственный рабочий эталон единицы колебательной скорости в водной среде 2 разряда. «Установка для градуировки векторных приемников У1», рег.№ 3.1.ZZT.0285.2018
9.1 - 9.6	Эталоны единицы колебательной скорости в водной среде не ниже 2 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений звукового давления и колебательной скорости в водной среде, утвержденный приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 сентября 2018 г. № 2084, в диапазоне частот от $1,0 \cdot 10^3$ до $2,5 \cdot 10^5$ Гц, доверительная относительная погрешность градуировки (поверки) при доверительной вероятности 0,95 не более 0,7 дБ	Государственный первичный эталон единиц звукового давления и колебательной скорости в водной среде ГЭТ 55-2017, утверждён приказом Росстандарта № 562 от 17.03.2017, установка Э-4
9.1 - 9.6	Эталоны единицы колебательной скорости в водной среде не ниже 2 разряда по государственной поверочной схеме для средств	Государственный первичный эталон единиц звукового давления и

	<p>измерений звукового давления и колебательной скорости в водной среде, утвержденный приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 сентября 2018 г. № 2084, в диапазоне частот от 1000 до 10000 Гц, доверительная относительная погрешность градуировки (поверки) измерительных гидрофонов при доверительной вероятности 0,95 не более 0,7 дБ.</p>	<p>колебательной скорости в водной среде ГЭТ 55-2017, утверждён приказом Росстандарта № 562 от 17.03.2017 установка ЭУ-2</p>
--	--	--

5.2 Допускается использовать аналогичные средства поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик с требуемой точностью.

5.3 Применяемые средства поверки должны быть исправны и поверены, применяемые средства поверки утверждённого типа СИ в качестве эталонов единиц величин должны быть исправны и поверены с присвоением соответствующего разряда, по требованию государственных поверочных схем.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены все требования техники безопасности, регламентированные ГОСТ 12.1.019-2017, «Технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», а также всеми действующими местными инструкциями по технике безопасности.

6.2 Средства поверки и поверяемые приемники, а также вспомогательное оборудование должны иметь защитное заземление; не допускается использовать в качестве заземления корпуса силовых электрических и осветительных щитов и арматуры центрального отопления.

6.3 Средства поверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационной документацией.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие поверяемого приемника следующим требованиям:

- соответствие внешнего вида средства измерений описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- отсутствие механических и электрических повреждений приемника и соединительных элементов, влияющих на его работу;
- комплектность, маркировку (заводской номер) на соответствие РЭ;
- целостность и чистоту крепления разъемов.

7.2 Результат внешнего осмотра считать положительным, если результаты внешнего осмотра удовлетворяют п.7.1.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Перед проведением поверки необходимо провести подготовительные работы, оговоренные в руководствах по эксплуатации приемников и применяемых средств поверки.

8.2. Опробование

8.2.1 Собрать схему, представленную на рис. 1.

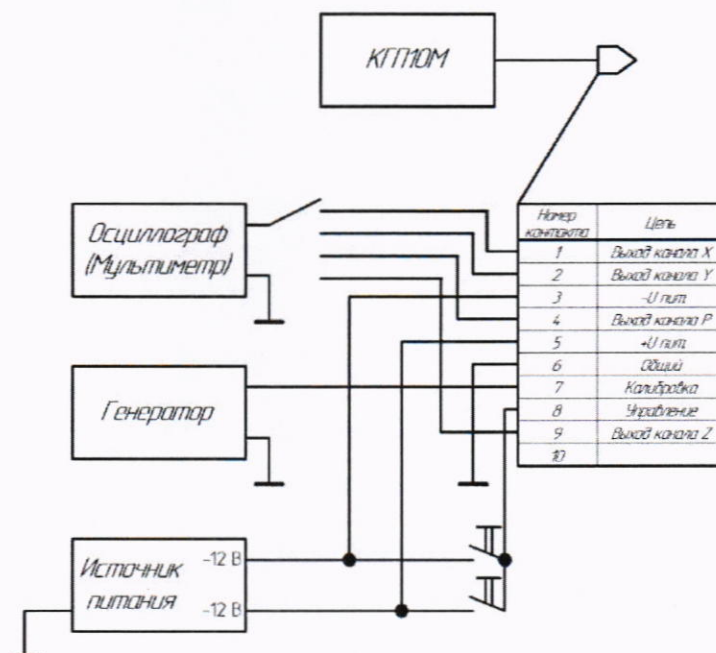


Рисунок 1

8.2.2 Перевести приемник в режим «Собственные шумы». Для этого подать кратковременный (от 0,1 с до 1 с) отрицательный импульс амплитудой $-(12 \pm 0,5)$ В на контакт 8 (управление) относительно контакта 6 (общий).

8.2.3 Подать с генератора на контакт 7 (калибровка) гармонический сигнал с частотой 1000 Гц и напряжением 1 В.

8.2.4 Измерить с помощью осциллографа или мультиметра напряжение на выходах каналов X, Y и Z контакты 1, 2 и 9 соответственно U_{0X} , U_{0Y} и U_{0Z} .

8.2.5 Изменить частоту в п.8.2.3 на 100 Гц и измерить напряжение на выходах X, Y и Z, U_{1X} , U_{1Y} и U_{1Z} . Затем перейти на частоту 10000 Гц и измерить U_{2X} , U_{2Y} и U_{2Z} .

8.2.6 Отклонение напряжений U_1 и U_2 от U_0 должно быть не более 12 %, т.е.

$$100 \cdot \left| \frac{U_{1i} - U_{0i}}{U_{0i}} \right| \leq 12 \% \text{ и } \left| \frac{U_{2i} - U_{0i}}{U_{0i}} \right| \cdot 100 < 12 \%, \text{ где } i = X, Y, Z. \quad (1)$$

8.2.7 Перевести приемник в режим «Измерения». Для этого подать кратковременный (от 0,1 с до 1 с) положительный импульс амплитудой $+(12 \pm 0,5)$ В на контакт 8 (управление) относительно контакта 6 (общий).

8.2.8 При легком постукивании по корпусу приемника в районе маркировки «X» на выходе канала X должны наблюдаться на экране осциллографа импульсы положительной полярности, а при легком постукивании по корпусу приемника в районе маркировки «X1» на выходе канала X должны наблюдаться импульсы отрицательной полярности. Аналогично и для каналов Y и Z. На выходе канала P при легком постукивании по корпусу приемника в районах маркировок X, Y, Z, X1, Y1, Z1 на экране осциллографа должны наблюдаться импульсы отрицательной полярности.

8.2.9 Результаты поверки по пункту 8 считать положительными, если приемник соответствует требованиям, указанными выше в п.п. 8.2.6 и 8.2.8. В противном случае приемник признают непригодным к проведению поверки и эксплуатации.

9 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Определение рабочего диапазона частот и чувствительности (коэффициент преобразования) на частоте 1000 Гц канала звукового давления и каналов градиента давления

Для проведения данной поверки применять установки для градуировки векторных приемников У1 и установки ЭУ-2 или Э-4.

9.1.1 Рабочий диапазон частот для канала звукового давления и каналов градиента давления приемника в диапазоне частот от 100 до 10000 Гц подтверждается положительными результатами проверки чувствительности (коэффициента преобразования) и неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) каналов.

9.1.2 Определение чувствительности (коэффициент преобразования) канала звукового давления и каналов градиента давления

9.1.3 Измерение чувствительности каналов градиента давления приемника $M_x(f_i)$, $M_y(f_i)$, $M_z(f_i)$ и канала давления $M_p(f_i)$, должны проводиться в соответствии с эксплуатационной документацией установки для градуировки векторных приемников У1 на частотах 100; 315; 500 Гц и установки ЭУ-2 или Э-4 на частотах 1000; 1600; 3150; 6300; 10000 Гц.

Примечание – допускается проводить измерения по п.9.1.1, п.9.1.2 с применением комплекса многофункционального виброизмерительного МВК-32 в соответствии с его руководством оператора и руководством по эксплуатации

9.1.4 Результаты измерений занести в протокол.

9.1.5 Результаты поверки по пункту 9.1 считать положительными, если значение чувствительности (коэффициент преобразования) на частоте $f = 1000$ Гц находятся в пределах:

- для канала звукового давления от 10 до 40 мВ/Па;
- каналов градиента давления от 1 до 4 мВ/Па;
- результаты испытаний неравномерности амплитудно-частотной характеристики каналов в рабочем диапазоне частот от 100 до 10000 Гц по п.4.8 положительные.

9.2 Определение пределов допускаемой основной относительной погрешности коэффициента преобразования

9.2.1 Пределы допускаемой основной относительной погрешности коэффициентов преобразования измерительных каналов приемника определить по наибольшему значению пределов относительной погрешности установки, на которой проводились испытания по определению значений коэффициентов преобразования. Пределы относительной погрешности установок определить по эксплуатационной документации (при наличии) или расчетным методом.

9.2.2 При определении пределов относительной погрешности установки У1 использовать эксплуатационную документацию.

9.2.3 При определении пределов относительной погрешности установок Э-4, ЭУ-2 использовать расчетный метод на основе характеристик, взятых из паспорта на эталон.

В соответствии с требованиями ГОСТ 8.381-2009, для установки, имеющей наибольшие значения среднего квадратического отклонения (СКО) и неисключенной систематической погрешности (НСП), рассчитать границы систематической погрешности Θ_Σ по формуле:

$$\Theta_\Sigma = \pm(|\Theta_1| + \Theta_D) \quad (2)$$

где Θ_1 - неисключенная систематическая погрешность установки;

Θ_D – составляющая погрешности, обусловленная неравномерностью характеристик направленности.

- рассчитать для всех частот рабочего диапазона доверительные границы суммарной относительной погрешности эталона при доверительной вероятности 95 % в соответствии с ГОСТ 8.381-2009 по формуле:

$$\Delta = \pm K \cdot S_\Sigma \quad (3)$$

где K – коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и неисключенной систематической погрешности (НСП);

S_{Σ} – суммарное среднее квадратическое отклонение оценки, измеряемой чувствительности;

Значения S_{Σ} и K вычислить по формулам (3) и (4) соответственно:

$$K = \frac{\varepsilon + \Theta_{\Sigma}}{S_{\bar{M}} + S_{\Theta}} = \frac{(t \cdot S_{\bar{M}}) + \Theta_{\Sigma}}{S_{\bar{M}} + S_{\Theta}} \quad (4)$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S_{\bar{M}}^2} \quad (5)$$

где $S_{\bar{M}}$ – среднее квадратическое отклонение установки;

ε – доверительные границы случайной погрешности;

t – коэффициент Стьюдента, который в зависимости от доверительной вероятности ($P = 0,95$) и числа результатов измерений ($N = 2$) составляет 4,3;

S_{Θ} – среднее квадратическое отклонение НСП вычислить по формуле:

$$S_{\Theta} = \frac{\Theta_{\Sigma}}{k \cdot \sqrt{3}} \quad (6)$$

где k – коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью ($k = 1,1$ для доверительной вероятности $P = 0,95$).

9.2.4 Пределы допускаемой основной относительной погрешности коэффициентов преобразования измерительных каналов приемника (без учета знака) выбрать из наибольшего значения полученного по п. 9.2.2 и п. 9.2.3.

9.2.2 Результаты поверки по п.9.2 считать положительными, если значения пределов допускаемой основной относительной погрешности коэффициента преобразования находятся в пределах:

- для канала звукового давления в диапазоне частот от 100 до 10000 Гц $\pm 2,5$ дБ;
- для каналов градиента давления в диапазоне частот от 100 до 10000 Гц $\pm 2,5$ дБ.

9.3 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики

9.3.1 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики проводить по результатам измерений чувствительности, проводимых по п.9.1.2.

9.3.2 Неравномерность амплитудно-частотной характеристики канала звукового давления определять как разность между минимальным и максимальным значением чувствительности для частот 100; 315; 500; 1000; 1600; 3150; 6300; 10000 Гц, приведенных в п.9.1.2.

Неравномерность амплитудно-частотной характеристики каналов градиента давления определяется как разность между минимальным и максимальным отношением значений чувствительности для частот 100; 315; 500; 1000; 1600; 3150; 6300; 10000 Гц, приведенных в п.9.1.2 к значению частоты, на которой они измерены.

9.3.3 Занести значения чувствительности канала звукового давления и каналов градиента давления, полученные при поверке/калибровке приемника (п. 9.1.2), в таблицы 4 и 5 соответственно.

Таблица 4 - Чувствительность канала звукового давления приемника

Частота f_i , Гц	$M_p(f_i)$ Канал "P" мВ/Па
100	
...	
10000	

Таблица 5 - Чувствительность каналов градиента давления приемника

Частота f_i Гц	$M_j(f_i)$, мВ/Па			$\frac{M_j(f_i)}{f_i}$, (мВ/Па)/Гц		
	Каналы			Каналы		
	"X"	"Y"	"Z"	"X"	"Y"	"Z"
	1	2	3	1	2	3
100						
...						
10000						

9.3.4 Вычислить отношения полученных значений чувствительности для каналов градиента давления (в единицах эквивалентного звукового давления) к значению соответствующей частоты по формуле $\frac{M_j(f_i)}{f_i}$, (мВ/Па)/Гц.

9.3.5 Определить неравномерность амплитудно-частотной характеристики канала давления Δ_p , дБ, для поддиапазонов от 100 до 6300 Гц и от 6300 до 10000 Гц по формуле:

$$\Delta_p = 20 \cdot \left\{ \lg \max_i [M_p(f_i)] - \lg \min_i [M_p(f_i)] \right\} \quad (7)$$

где $M_p(f_i)$ – чувствительности канала давления на частоте f_i , мВ/Па;

9.3.6 Для каждого канала градиента давления определить неравномерность АЧХ, отнесенной к соответствующей частоте Δ_j , дБ, для поддиапазонов от 100 до 6300 Гц, от 6300 до 10000 Гц по формуле:

$$\Delta_j = 20 \cdot \left\{ \lg \max_i \left(\frac{M_j(f_i)}{f_i} \right) - \lg \min_i \left(\frac{M_j(f_i)}{f_i} \right) \right\} \quad (8)$$

где $M_j(f_i)$ – чувствительности приемника, мВ/Па;

f_i – частота, на которой определена чувствительность $M_j(f_i)$, Гц;

j – номер канала градиента давления ("X", "Y", "Z").

9.3.7 Результаты поверки по п.9.3 считать положительными, если:

- значения неравномерности амплитудно-частотной характеристики канала звукового давления не превышают:

в диапазоне частот от 100 до 6300 Гц включ. – 6 дБ;

в диапазоне частот от 6300 до 10000 Гц включ. – 4 дБ;

- значения неравномерности амплитудно-частотной характеристики для всех каналов градиента давления не превышают:

в диапазоне частот от 100 до 6300 Гц включ. – 6 Гц;

в диапазоне частот от 6300 до 10000 Гц включ. – 4 дБ.

Примечание – допускается совмещать поверку по пункту 9.3 с поверкой по пункту 9.1.2.

9.4 Определение показателя асимметрии максимумов каналов градиента давления

9.4.1 Показатель асимметрии максимумов каналов градиента давления определять как отношение чувствительности M_0 при $\varphi=0^\circ$ к чувствительности M_1 при $\varphi=180^\circ$, выраженные в дБ.

Примечание – Здесь и далее φ – угол между измерительной осью канала приемника и направлением противоположным вектору ускорения свободного падения.

9.4.2 В соответствии с эксплуатационной документацией на эталонные средства для канала "X" измерить чувствительность M_0 и M_1 на частоте $f=3150$ Гц.

9.4.3 Вычислить показатель асимметрии максимумов A_x , дБ, по формуле:

$$A_x = 20 \cdot \lg \left(\frac{M_0}{M_1} \right) \quad (9)$$

9.4.4 Повторить операции пунктов 9.4.2–9.4.3 для каналов "Y", "Z".

9.4.5 Результаты поверки по пункту 9.4 считать положительными, если для каналов X, Y и Z $|A_x(f)| < 1,5$ дБ, $|A_y(f)| < 1,5$ дБ и $|A_z(f)| < 1,5$ дБ.

9.5 Определение отклонения характеристики направленности каналов градиента давления от дипольной на углах 45° , 135° , 225° , 315° относительно оси максимальной чувствительности

9.5.1 В соответствии с эксплуатационной документацией на установку ЭУ-2 или Э-4 для канала "X" на частоте $f=3150$ Гц измерить чувствительность M_i для углов φ_i равных 45° , 135° , 225° , 315° и M_0 для угла 0° .

9.5.2 Рассчитать отклонение характеристики направленности чувствительности каналов градиента давления от дипольной B , дБ, в каждой плоскости по формуле:

$$B = \max \left\{ 20 \cdot \lg \left(\frac{M_0}{\sqrt{2} \cdot M_i} \right) \right\} \quad (10)$$

где: M_0 - чувствительность канала под углом 0° , мВ/Па;

M_i - чувствительности канала под углом φ_i , мВ/Па.

9.5.3 Повторить пункты 9.5.1–9.5.2 для каналов "Y", "Z".

9.5.4 Результаты поверки по п.9.5 считать положительными, если отклонения характеристики направленности каналов градиента давления от дипольной на углах 45° , 135° , 225° , 315° относительно оси максимальной чувствительности не превышает $\pm 2,5$ дБ.

9.6 Определение неравномерности диаграммы направленности канала давления

9.6.1 Проверка проводится по результатам измерения диаграммы направленности канала давления приемника на частоте 3150 Гц.

9.6.2 Неравномерность диаграммы направленности для заданной частоты рассчитывается как разность максимального и минимального значения чувствительности в рабочем угловом секторе $\pm 180^\circ$ в дБ и считается по формуле:

$$\delta = \max |M_{\max i} - M_{\min i}|, \quad (11)$$

где: $M_{\max i}$ – максимальное значение чувствительности, в рабочем угловом секторе $\pm 180^\circ$, на i -й частоте, дБ;

$M_{\min i}$ – минимальное значение чувствительности, в рабочем угловом секторе $\pm 180^\circ$, на i -й частоте, дБ.


9.6.3 Результаты поверки по п.9.6 считать положительными, если неравномерность диаграммы направленности канала давления на частоте 3150 Гц не более 3,5 дБ.

10 Оформление результатов поверки

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

10.2 Результаты поверки оформляются в соответствии с установленным порядком.

Начальник НИО-5
ФГУП «ВНИИФТРИ»



В.Н. Некрасов

Начальник отдела 51
НИО-5 ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.Н. Матвеев