



**РАБОЧИЕ ЭТАЛОНЫ ДЛЯ ПОВЕРКИ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ АНТЕНН
П1-139/1, П1-139/2, П1-139/3,
П1-139/4, П1-139/5, П1-139/6**

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ
КНИПР.464316.024-01РЭ

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	3
1 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	3
2 СОКРАЩЕНИЯ	3
3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	4
4 ОПИСАНИЕ РАБОЧИХ ЭТАЛОНОВ П1-139/Х И ПРИНЦИПОВ ИХ РАБОТЫ	4
4.1 Назначение.....	4
4.2 Состав комплекта рабочих эталонов П1-139/х.....	4
4.3 Технические и метрологические характеристики.....	5
4.4 Устройство и работа.....	6
5 ПОДГОТОВКА К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ	10
5.1 Эксплуатационные ограничения	10
5.2 Подготовка к работе.....	10
5.3 Использование.....	10
5.4 Проведение измерений.....	10
5.4.1 Измерение коэффициента усиления антенны.	11
5.4.2 Измерение эффективной площади антенн.	12
5.4.3 Измерение напряжённости электрического поля.....	13
5.4.4 Измерение плотности потока энергии электромагнитного поля.....	13
5.4.5 Создание электромагнитного поля с заданной плотностью потока энергии.....	14
6 ПОВЕРКА	15
7 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ.....	16
7.1 Общие указания.....	16
7.2 Меры безопасности.....	16
7.3 Порядок технического обслуживания	16
8 КОНСЕРВАЦИЯ.....	16
8.1 Общие указания.....	16
8.2 Меры безопасности при консервации/расконсервации	16
8.3 Консервация	17
8.4 Расконсервация.....	17
9 РЕМОНТ	17
10 ХРАНЕНИЕ	17
11 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ.....	18
12 ТАРА И УПАКОВКА.....	18
13 МАРКИРОВКА.....	19
ПРИЛОЖЕНИЕ А	20

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для пояснения принципа действия рабочих эталонов для поверки измерительных антенн П1-139/1, П1-139/2, П1-139/3, П1-139/4, П1-139/5, П1-139/6. и устанавливает порядок их эксплуатации и поверки.

При проведении измерений или использовании рабочих эталонов для поверки измерительных антенн П1-139/1, П1-139/2, П1-139/3, П1-139/4, П1-139/5, П1-139/6 в качестве передающего устройства необходимо соблюдать правила техники безопасности при работе с СВЧ - излучениями. СВЧ - излучения могут представлять опасность для жизни и здоровья человека.

При изучении и работе с рабочими эталонами для поверки измерительных антенн П1-139/1, П1-139/2, П1-139/3, П1-139/4, П1-139/5, П1-139/6, следует руководствоваться формуляром на конкретный эталон, настоящим руководством по эксплуатации, графиком зависимости коэффициента усиления от частоты, полученным по результатам поверки конкретного эталона.

Тип рабочие эталоны для поверки измерительных антенн П1-139/1, П1-139/2, П1-139/3, П1-139/4, П1-139/5, П1-139/6, утверждён приказом № 1789 Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 02 ноября 2020 г.

Рабочие эталоны для поверки измерительных антенн П1-139/1, П1-139/2, П1-139/3, П1-139/4, П1-139/5, П1-139/6 внесены в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, регистрационный номер 79452-20 и допущены к применению в Российской Федерации.

Авторские права на изделие принадлежат АО «СКАРД - Электроникс»:

- все конструктивные и схематические решения, примененные в изделиях, являются интеллектуальной собственностью АО «СКАРД - Электроникс».
- любое копирование, или применение использованных в изделии схемотехнических и конструктивных решений, а также использование изделия в качестве базовой технологии для разработки аналогичных изделий не допускается.

1 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

1.1 В настоящем РЭ использованы ссылки на следующие документы по стандартизации:

- ГОСТ 13317-89 Элементы соединения СВЧ трактов электронных измерительных приборов. Присоединительные размеры
- ГОСТ 12.3.019-80 Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности
- ГОСТ 14192-96 Маркировка грузов
- ГОСТ 22261-94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия
- «Порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» утверждённый Приказом Минпромторга России от 02.07.2015 № 1815

2 СОКРАЩЕНИЯ

- КО - контрольный осмотр;
- КСВН - коэффициент стоячей волны по напряжению;
- МП - методика поверки
- ПВХ - поливинилхлорид;
- РЭ - руководство по эксплуатации;
- СВЧ - сверхвысокая частота, сверхвысокочастотный (прибор/компонент);

- ТО - техническое обслуживание;
- ФО - формуляр.
- КВП - коаксиально-волноводный переход

3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

При работе с рабочими эталонами для поверки антенн (далее – рабочие эталоны П1-139/х) должны соблюдаться правила предосторожности при работе с СВЧ излучением в соответствии с действующими федеральными санитарными правилами СанПиН 2.1.8/2.2.4.2302-07.

4 ОПИСАНИЕ РАБОЧИХ ЭТАЛОНОВ П1-139/Х И ПРИНЦИПОВ ИХ РАБОТЫ

4.1 Назначение

4.1.1 Рабочие эталоны для поверки измерительных антенн П1-139/1, П1-139/2, П1-139/3, П1-139/4, П1-139/5, П1-139/6. совместно с комплексами антенными измерительно-вычислительными и установками измерительными предназначены для поверки измерительных антенн и измерений коэффициента усиления (эффективной площади) антенных устройств.

4.1.2 Принцип действия рабочих эталонов П1-139/х, основан на преобразовании плотности потока энергии электромагнитного поля в соответствующую ей высокочастотную мощность в тракте.

В комплекте с генераторами сигналов рабочие эталоны П1-139/х могут использоваться для возбуждения электромагнитного поля с заданной плотностью потока энергии, а в комплекте с измерительными приёмными устройствами – для измерений плотности потока энергии.

4.1.3 Рабочие условия применения:

- температура окружающей среды, °С от 15 до 25;
- относительная влажность воздуха не более 80 % при температуре 25 °С;
- атмосферное давление, мм рт. ст от 650 до 800.

4.2 Состав комплекта рабочих эталонов П1-139/х

4.2.1 Состав комплекта рабочих эталонов П1-139/х приведён в таблице 1.

Таблица 1 – Состав комплекта антенны

Обозначение изделия	Наименование изделия	Кол. шт.
КНПР.464316.024-01	Рабочий эталон для поверки измерительных антенн П1-139/1	1
КНПР.464316.023-01	Рабочий эталон для поверки измерительных антенн П1-139/2	1
КНПР.464316.019-01	Рабочий эталон для поверки измерительных антенн П1-139/3	1
КНПР.464316.020-01	Рабочий эталон для поверки измерительных антенн П1-139/4	1
КНПР.464316.021-01	Рабочий эталон для поверки измерительных антенн П1-139/5	1
КНПР.464316.022-01	Рабочий эталон для поверки измерительных антенн П1-139/6	1
Комплект эксплуатационной документации**		
КНПР.464316.024-01 ФО	Формуляр П1-139/1	1 экз.
КНПР.464316.023-01 ФО	Формуляр П1-139/2	1 экз.
КНПР.464316.019-01ФО	Формуляр П1-139/3	1 экз.
КНПР.464316.020-01 ФО	Формуляр П1-139/4	1 экз.

Обозначение изделия	Наименование изделия	Кол. шт.
КНПР.464316.021-01 ФО	Формуляр П1-139/5	1 экз.
КНПР.464316.022-01 ФО	Формуляр П1-139/6	1 экз.
КНПР.464316.024-01 РЭ	Руководство по эксплуатации П1-139/х	1 экз.
МП_П1-139/х 2020-мп79452-20	Методика поверки	1 экз.
Прочие изделия		
-	Устройство крепления*	1
-	Короб транспортировочный*	1
* -поставляется по согласованию с заказчиком		
** -поставляется с заказанным рабочим эталоном для поверки антенн П1-139/х		

4.3 Технические и метрологические характеристики

4.3.1 Основные технические и метрологические характеристики рабочих эталонов П1-139/х приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические и метрологические характеристики рабочих эталонов П1-139/х

Наименование параметра или характеристики	Значение характеристики
Диапазон рабочих частот, ГГц: – антенна П1-139/1 – антенна П1-139/2 – антенна П1-139/3 – антенна П1-139/4 – антенна П1-139/5 – антенна П1-139/6	от 3,95 до 5,85 включ. от 5,85 до 8,20 включ. от 8,2 до 12,4 включ. от 12,4 до 18,0 включ. от 18,0 до 26,5 включ. от 26,5 до 40,0 включ.
Коэффициент усиления, дБ, не менее: – антенна П1-139/1 – антенна П1-139/2 – антенна П1-139/3 – антенна П1-139/4 – антенна П1-139/5 – антенна П1-139/6	19,0 21,0 22,0 23,0 23,0 23,0
Пределы допускаемой (для доверительной вероятности 95 %) относительной погрешности коэффициента усиления, %	± 7,0
КСВН входа, не более:	1,5
Относительный уровень кроссполаризационной составляющей, дБ, не более	минус 25
Габаритные размеры , мм, не более: – П1-139/1 – П1-139/2 – П1-139/3 – П1-139/4 – П1-139/5 – П1-139/6	598,0×305,5×231,5 564,0×246,0×186,0 502,0×156,0×205,5 407,5×152,0×115,0 299,0×102,0×77,0 269,5×82,0×62,0
Масса, г, не более: – П1-139/1 – П1-139/2 – П1-139/3 – П1-139/4	2560 1970 1440 1420

Наименование параметра или характеристики	Значение характеристики
– П1-139/5	720
– П1-139/6	480

4.3.2 Действительные значения коэффициента усиления рабочих эталонов П1-139/х для заданной частоты определяют по графику, приведённому в формуляре на конкретный образец рабочего эталона П1-139/х.

4.4 Устройство и работа

4.4.1 Рабочие эталоны П1-139/х представляют собой пирамидальные рупора, имеющие форму усечённой пирамиды с прямоугольным основанием и вершиной, с присоединительными фланцами стандарта WR по ГОСТ РВ 51914-2002:

- П1-139/1 – WR-187 (сечение 47,55×22,15 мм);
- П1-139/2 – WR-137 (сечение 34,85×15,799 мм);
- П1-139/3 – WR-90 (сечение 22,86×10,16 мм);
- П1-139/4 – WR-62 (сечение 15,799×7,899 мм);
- П1-139/5 – WR-42 (сечение 10,668×4,318 мм);
- П1-139/6 – WR-28 (сечение 7,112×3,556 мм).

К присоединительному фланцу пирамидального рупора присоединён коаксиально-волноводный переход с соединителями следующих типов:

- соединитель типа SMA для П1-139/1, П1-139/2, П1-139/3, П1-139/4;
- соединитель типа К для П1-139/5, П1-139/6.

Коаксиально-волноводные переходы присоединяются к присоединительным фланцам антенн П1-139/х изготовителем.

Общий вид рабочих эталонов П1-139/х представлен на рис.1-6.



Рисунок 1 – Общий вид рабочего эталона П1-139/1



Рисунок 2 – Общий вид рабочего эталона П1-139/2



Рисунок 3 – Общий вид рабочего эталона П1-139/3

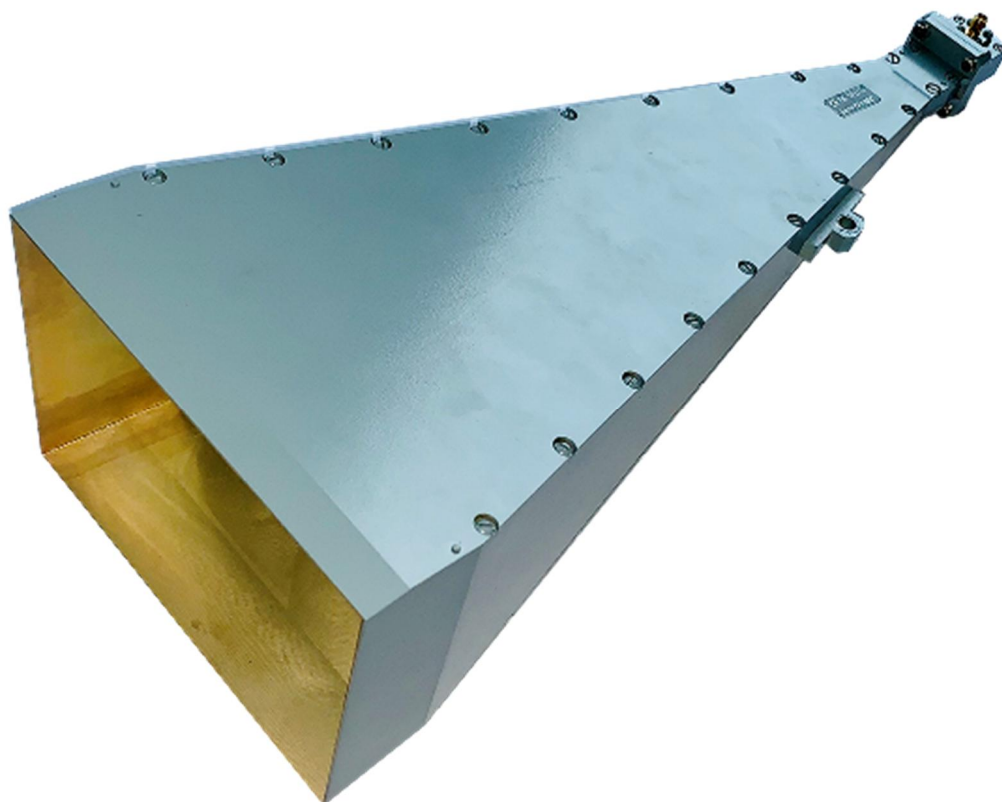


Рисунок 4 – Общий вид рабочего эталона П1-139/4

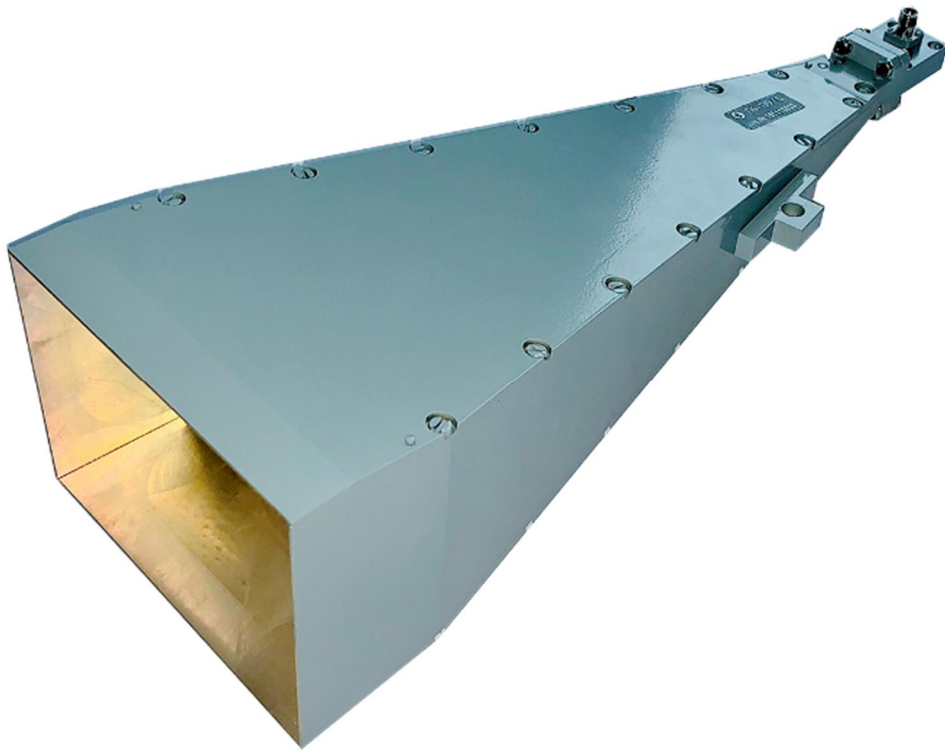


Рисунок 5 – Общий вид рабочего эталона П1-139/5

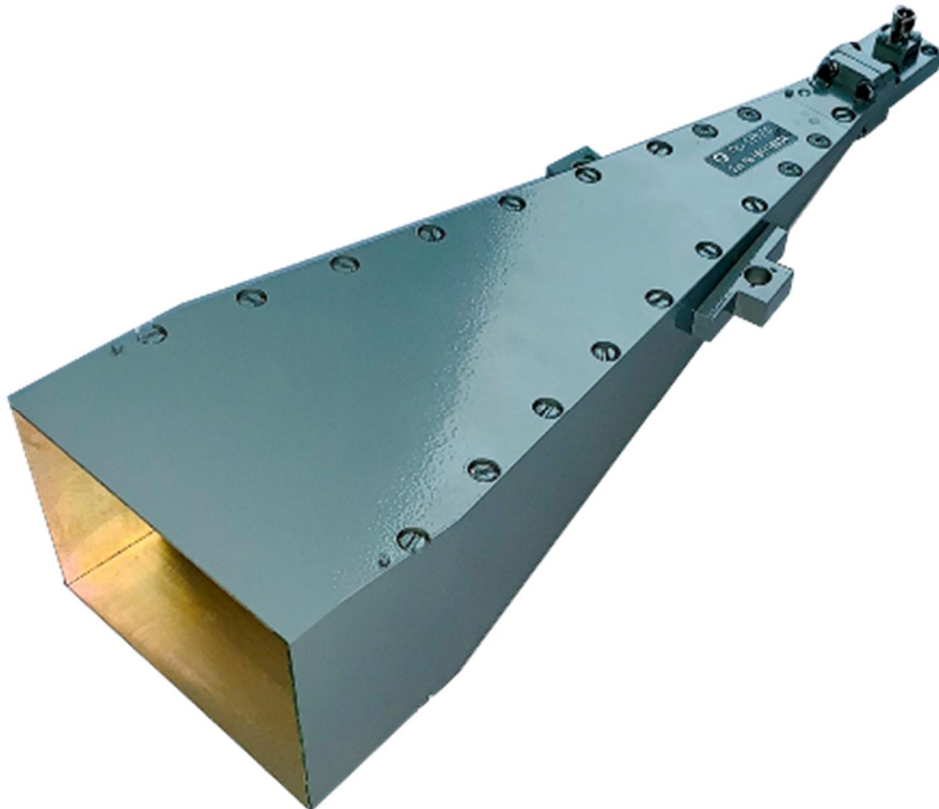


Рисунок 6 – Общий вид рабочего эталона П1-139/6

5 ПОДГОТОВКА К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

5.1 Эксплуатационные ограничения

5.1.1 Перед началом эксплуатации рабочих эталонов П1-139/х необходимо ознакомиться с эксплуатационной документацией.

5.1.2 При работе с рабочим эталоном П1-139/х персонал должен владеть основами работы с антенно-фидерной техникой. В процессе работы с рабочим эталоном П1-139/х запрещается его использование для решения нефункциональных задач.

5.1.3 Персонал обязан строго выполнять правила техники электробезопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019.

5.1.4 При выполнении работ по развёртыванию рабочих эталонов П1-139/х и в процессе использования ЗАПРЕЩАЕТСЯ оказывать механические воздействия, приводящие к изменению габаритных размеров, а также целостности и исправности узлов.

5.1.5 ЗАПРЕЩАЕТСЯ использование СВЧ переходов и измерительных кабелей, оборудованных соединителями, имеющими несовместимый стандарт резьбового и канального соединения с антеннами.

5.2 Подготовка к работе

5.2.1 Рабочие эталоны П1-139/х применяются с оригинальными креплениями заказчика.

5.2.2 Подготовьте рабочий эталон П1-139/х к работе в следующей последовательности:

- 1) установите рабочий эталон П1-139/х в месте использования;
- 2) установите необходимый угол наклона линейной поляризации, надёжно зафиксируйте рабочий эталон П1-139/х;
- 3) установите необходимые угломестный и азимутальный и углы.
- 4) присоедините к СВЧ разъёму КВП рабочего эталона П1-139/х измерительный кабель (в комплект не входит).

5.3 Использование

5.3.1 Режим приёма

- 1) соедините клемму заземления измерительного прибора с шиной заземления.
- 2) присоедините свободный разъем измерительного кабеля к входному разъёму вашего измерительного прибора (в случае несоответствия сечений разъемов кабеля и измерительного прибора используйте прецизионный СВЧ переход из состава комплекта вашего измерительного прибора).
- 3) включите ваш измерительный прибор. В соответствии с инструкцией по эксплуатации вашего прибора подготовьте его к работе и приступайте к проведению измерений.

5.3.2 Режим передачи

- 1) соедините клемму заземления вашего генератора или усилителя ВЧ с шиной заземления.
- 2) присоедините свободный разъем измерительного кабеля к выходному разъёму вашего генератора или усилителя ВЧ (в случае несоответствия сечений разъемов кабеля и измерительного прибора используйте прецизионный СВЧ переход из состава комплекта вашего измерительного прибора).
- 3) включите ваш генератор или усилитель ВЧ. В соответствии с инструкцией по эксплуатации вашего прибора подготовьте его к работе и приступайте к использованию антенны в качестве излучающей в определённом диапазоне частот и мощности.

5.4 Проведение измерений

При подготовке к измерениям следует убедиться прежде всего в полной исправности и работоспособности рабочего эталона и антенны. Аппаратура, необходимая для проведения измерений (измерительные генераторы, измерители мощности, анализаторы спектра и т.д.) должна быть прогрета в течение времени, указанного в руководстве по эксплуатации.

Измерения проводить на согласованной поляризации электромагнитного поля.

При измерении коэффициента усиления антенны и эффективной площади соблюдать следующие условия:

Для проведения измерений антенны должна быть установлена в помещении или на открытой площадке без металлических отражающих предметов, размеры которого удовлетворяют условию Дальней Зоны излучения по расстоянию l [м] между приёмной и передающей антеннами не менее:

$$l \geq \frac{2(D_1 + D_2)^2}{\lambda}, \quad (1)$$

где D_1, D_2 – наибольшие размеры раскрывов передающей и приёмной антенн, м;
 λ – длина волны, м.

5.4.1 Измерение коэффициента усиления антенны.

Присоедините рабочий эталон к измерительному прибору в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 7.

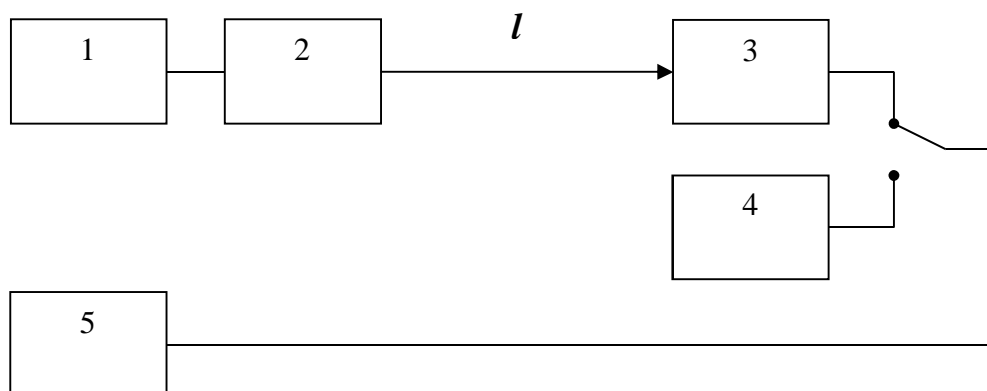


Рисунок 7 - Схема измерений коэффициента усиления антенн методом замещения

- 1 – генератор сигналов высокочастотный;
- 2 – излучающая антенна;
- 3 – рабочий эталон П1-139/х;
- 4 – испытываемая антенна;
- 5 – анализатор спектра (измерительный прибор).

Измерения проводить на согласованной поляризации электромагнитного поля.

Измерительный прибор (приёмник) подготовить к работе в режиме измерений уровней сигналов согласно РЭ. Вход приёмника нагружать поочередно на вход эталонной антенны и испытываемой антенны.

Выход генератора сигналов высокочастотных подключить к входу излучающей антенны. Генератор установить в режим непрерывной генерации. Частоту выходного сигнала генератора и частоту приёмника установить равными текущей частоте измерений.

Зафиксировать уровень сигнала $A_{эм}$ [дБм] с выхода рабочего эталона П1-139/х по показаниям анализатора спектра (измерительного прибора). Изменить частоту выходного сигнала генератора и частоту измерительного прибора для измерений в следующей частотной точке.

Провести измерения для каждой частотной точки текущего поддиапазона измерений.

В точку расположения рабочего эталона установить испытываемую антенну и подключить к измерительному устройству. Произвести юстировку геометрической оси передающей и испытываемой антенн.

Настройку приёмника и генератора произвести аналогично, как и при проведении измерений уровня сигнала рабочего эталона. Зафиксировать уровень сигнала $A_{исп}$ [дБм] с выхода испытываемой антенны по показаниям измерительного прибора. Провести измерения для каждой частотной точки текущего поддиапазона измерений.

Измерения уровня сигнала $A_{исп}$ с выхода испытуемой антенны проводить поочередно в каждом частотном поддиапазоне.

Коэффициент усиления испытуемой антенны для каждой частотной точки вычислить по формуле:

$$G_{исп} = A_{исп} - A_{эт} + G_{эт}, \text{ дБ}, \quad (2)$$

где $G_{эт}$ – коэффициент усиления рабочего эталона П1-139/х в данной частотной точке, дБ.

5.4.2 Измерение эффективной площади антенн.

Измерение эффективной площади рабочим эталоном П1-139/х производится методом замещения. Соедините приборы по схеме, приведённой на рисунке 8.

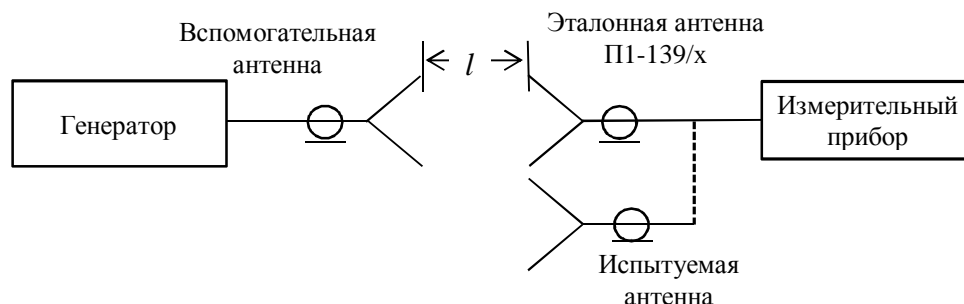


Рисунок 8 – Схема соединения приборов для измерения эффективной площади.

В качестве передающей антенны (вспомогательной антенны) может быть использована антенна любого типа данного диапазона. В качестве измерительного приёмного устройства может быть использован измеритель мощности, анализатор спектра (сигналов). Функцию генератора СВЧ и измерительного приёмного устройства может выполнять векторный анализатор цепей.

- установите в качестве приёмной антенны рабочий эталон П1-139/х, присоединив её к измерительному прибору непосредственно или с помощью радиочастотного тракта.

- поворачивайте рабочий эталон и передающую антенны по азимуту, углу места и поляризации до получения максимального показания измерительного приёмного устройства. Произведите отсчёт мощности $P_{П1}$ в ваттах, принятой эталонной антенной.

- установите в качестве приёмной антенны испытуемую антенну, присоединив её к измерительному прибору непосредственно или с помощью радиочастотного тракта.

- поворачивайте испытуемую и передающую антенны по азимуту, углу места и поляризации до получения максимального показания измерительного приёмного устройства. Произведите отсчёт мощности $P_{И}$ в ваттах, принятой испытуемой антенной,

- определите эффективную площадь $S_{И}$ в испытуемой антенны по формуле:

$$S_{И} = \frac{P_{И}}{P_{П1}} S_{эф}; \quad (3)$$

Погрешность определения эффективной площади вычисляется по формуле:

$$\delta = \pm 1,1 \sqrt{\delta_P^2 + \delta_G^2 + \delta_{отр}^2}, \quad (4)$$

где δ_P – погрешность измерения отношения мощностей измерительным приёмным устройством;

- предельные значения погрешности за счёт рассогласования $\delta'_{отр}$ и $\delta''_{отр}$ вычисляются по формулам:

$$\delta'_{отр} = \frac{(1-|\Gamma|^2)(1+|\Gamma_0| \cdot |\Gamma_{ин}|)^2}{(1-|\Gamma|^2)(1+|\Gamma_0| \cdot |\Gamma_{ин}|)^2} - 1; \quad (5)$$

$$\delta''_{отр} = \frac{(1-|\Gamma|^2)(1-|\Gamma_0| \cdot |\Gamma_{ип}|)^2}{(1-|\Gamma|^2)(1+|\Gamma_0| \cdot |\Gamma_{ип}|)^2} - 1, \quad (6)$$

где $|\Gamma|$, $|\Gamma_0|$, $|\Gamma_{ип}|$ – модули коэффициентов отражения измерительной антенны, испытуемой антенны и измерительного прибора соответственно.

В качестве $\delta''_{отр}$ берётся большее по абсолютной величине из значений $\delta'_{отр}$ и $\delta''_{отр}$.

Примечание – Величины в формуле (16) должны быть выражены в линейном масштабе. Для представления результата вычислений в децибелах логарифмируйте его.

5.4.3 Измерение напряжённости электрического поля.

Присоедините рабочий эталон П1-139/х к измерительному прибору. Поворачивайте рабочий эталон П1-139/х по азимуту, углу места и поляризации до получения максимального показания измерительного прибора, произведите отсчёт напряжения U в децибелах относительно 1 мкВ.

Вычислите напряжённость электрической составляющей поля E , дБ(мкВ/м), по формуле:

$$E = U + K \quad (7)$$

где K – калибровочный коэффициент рабочего эталона П1-139/х, определяемый для каждой частоты из формуляра, дБ (1/м);

Если рабочий эталон П1-139/х присоединяется к измерительному прибору через кабель (в комплект не входит), то значение поля E , дБ(мкВ/м), определяется по формуле:

$$E = U + K + A_{каб} \quad (8)$$

$A_{каб}$ – коэффициент ослабления кабеля дБ.

5.4.4 Измерение плотности потока энергии электромагнитного поля.

Присоедините рабочий эталон П1-139/х к измерительному прибору с помощью кабеля, либо непосредственно, в зависимости от условий измерения, в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 7.



Рисунок 7 – Схема соединения приборов при измерении плотности потока энергии

Поворачивайте рабочий эталон П1-139/х по азимуту, углу места и поляризации до получения максимального показания измерительного прибора и произведите отсчёт мощности P в микроваттах.

Если рабочий эталон П1-139/х присоединяется к измерительному прибору кабелем, то действительное значение мощности P_0 в микроваттах, принятой рабочим эталоном П1-139/х, определяется с учётом ослабления кабеля по формуле:

$$P_0 = P 10^{0,1N} \quad (9)$$

где N – величина ослабления кабеля в децибелах.

Подсчитайте плотность потока энергии S в раскрыве рабочего эталона П1-139/х в микроваттах на квадратный сантиметр по формуле:

$$S = \frac{P_0}{A_{эф}^0}, \quad (10)$$

где $A_{эф}^0$ – эффективная площадь рабочего эталона П1-139/х, определяемая для каждой частоты по графику, придаваемому к рабочему эталону П1-139/х, см².

Погрешность измерения плотности потока энергии δ_s вычисляется по формуле, если рабочий эталон П1-139/х присоединяется к измерительному прибору с помощью кабеля:

$$\delta_s = \pm \sqrt{\delta_P^2 + \delta_K^2 + \delta_A^2 + \delta_{отр}^2} \quad (11)$$

- если рабочий эталон П1-139/х присоединяется непосредственно к измерительному прибору, то погрешность измерения плотности потока энергии вычисляется по формуле:

$$\delta_s = \pm \sqrt{\delta_P^2 + \delta_K^2 + \delta_{отр}^2} \quad (12)$$

где δ_P – погрешность измерения мощности измерительным прибором;

δ_K – погрешность аттестации кабеля по ослаблению;

δ_A – погрешность аттестации рабочего эталона П1-139/х по эффективной площади;

$\delta_{отр}$ – максимальное значение погрешности за счёт рассогласования.

- если измерительный прибор соединяется с рабочим эталоном П1-139/х кабелем, то предельные значения погрешности за счёт рассогласования $\delta'_{отр}$ и $\delta''_{отр}$ вычисляются по формулам:

$$\delta'_{отр} = \frac{(1-|\Gamma_A|^2)(1-|\Gamma_{инп}|^2)}{(1-\sigma+|\Gamma_A|\cdot|\Gamma_{инп}|\cdot|\Gamma_1|^2)^2} - 1; \quad (13)$$

$$\delta''_{отр} = \frac{(1-|\Gamma_A|^2)(1-|\Gamma_{инп}|^2)}{(1+\sigma+|\Gamma_A|\cdot|\Gamma_{инп}|\cdot|\Gamma_1|^2)^2} - 1, \quad (14)$$

$$\text{где } \sigma = |\Gamma_A| \cdot |\Gamma_1| + |\Gamma_1| \cdot |\Gamma_{инп}| + \frac{1}{K} |\Gamma_A| \cdot |\Gamma_{инп}| \quad (15)$$

- $|\Gamma_A|$ – модуль коэффициента отражения антенны;
 - $|\Gamma_{инп}|$ – модуль коэффициента отражения измерительного прибора;
 - $|\Gamma_1|$ – модуль коэффициента отражения кабеля, который считается одинаковым с обоих концов кабеля;

- K – ослабление кабеля в относительных единицах.

Модуль коэффициента отражения $|\Gamma|$ связан с КСВ $K_{стU}$ соотношением:

$$|\Gamma| = \frac{K_{стU}-1}{K_{стU}+1}. \quad (16)$$

Величины КСВ рабочего эталона П1-139/х, кабеля, измерительного прибора указаны в их эксплуатационных документах. В качестве $\delta_{отр}$ берётся большее по абсолютной величине из значений $\delta'_{отр}$ и $\delta''_{отр}$.

Если измерительный прибор соединяется с рабочим эталоном П1-139/х непосредственно, то предельные значения погрешности за счёт рассогласования $\delta'_{отр}$ и $\delta''_{отр}$ вычисляются по формуле:

$$\delta'_{отр} = \frac{(1-|\Gamma_A|^2)(1-|\Gamma_{инп}|^2)}{(1-|\Gamma_A|\cdot|\Gamma_{инп}|)^2} - 1; \quad (17)$$

$$\delta''_{отр} = \frac{(1-|\Gamma_A|^2)(1-|\Gamma_{инп}|^2)}{(1+|\Gamma_A|\cdot|\Gamma_{инп}|)^2} - 1. \quad (18)$$

В качестве $\delta_{отр}$ берётся большее по абсолютной величине из значений $\delta'_{отр}$ и $\delta''_{отр}$.

5.4.5 Создание электромагнитного поля с заданной плотностью потока энергии.

Рассчитайте мощность P в микроваттах, которую следует подвести к передающей антенне, чтобы на расстоянии l в сантиметрах от неё создать заданную плотность энергии S в микроваттах на квадратный сантиметр по формуле:

$$P = \frac{S\lambda^2 l^2}{A_{\text{эф}}^0}, \quad (19)$$

где λ – длина волны, см;

$A_{\text{эф}}^0$ – эффективная площадь рабочего эталона П1-139/х, определяемая для каждой частоты по графику, придаваемому к рабочему эталону П1-139/х, см².

Соедините приборы по схеме, приведённой на рисунке 8.

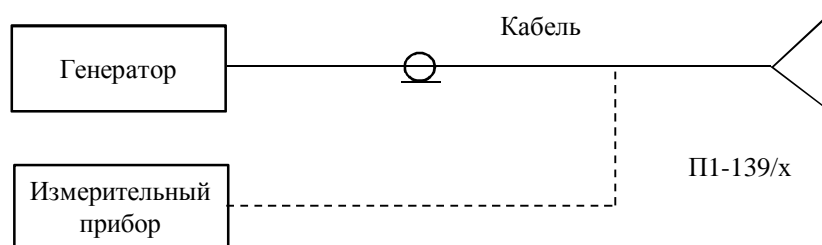


Рисунок 8 – Схема соединения приборов для создания электромагнитного поля с заданной плотностью потока энергии.

- присоедините измерительный прибор к выходу кабеля, присоединённого к генератору, и установите требуемую мощность P .

- отсоедините кабель от измерительного прибора и присоедините к рабочему эталону П1-139/х. При этом на расстоянии l от рабочего эталона П1-139/х будет создано поле плотностью потока энергии S . Погрешность создания электромагнитного поля с заданной плотностью потока энергии δ_S вычисляется по формуле:

$$\delta_S = \pm \sqrt{\delta_p^2 + \delta_A^2 + (2\delta_l)^2 + (2\delta_\lambda)^2 + \delta_{\text{отр}}^2}, \quad (20)$$

где:

- δ_p – погрешность измерения мощности измерительного прибора;
- δ_A – погрешность аттестации рабочего эталона П1-139/х по эффективной площади;
- δ_l – погрешность определения расстояния;
- δ_λ – погрешность определения длины волны;
- $\delta_{\text{отр}}$ – максимальное значение погрешности за счёт рассогласования.

Предельные значения погрешности за счёт рассогласования $\delta'_{\text{отр}}$ и $\delta''_{\text{отр}}$ вычисляются по формулам:

$$\delta'_{\text{отр}} = \frac{(1-|\Gamma_A|^2)(1+|\Gamma_r \cdot |\Gamma_{\text{ип}}|)^2}{(1-|\Gamma_{\text{ип}}|^2)(1+|\Gamma_r \cdot |\Gamma_A|)^2} - 1; \quad (21)$$

$$\delta''_{\text{отр}} = \frac{(1-|\Gamma_r|^2)(1-|\Gamma_r \cdot |\Gamma_{\text{ип}}|)^2}{(1-|\Gamma_{\text{ип}}|^2)(1+|\Gamma_r \cdot |\Gamma_A|)^2} - 1 \quad (22)$$

где $|\Gamma_A|$, $|\Gamma_{\text{ип}}|$, $|\Gamma_r|$ – модули коэффициентов отражения П1-139/х, измерительного прибора и генератора соответственно.

В качестве $\delta_{\text{отр}}$ берётся большее по абсолютной величине из значений $\delta'_{\text{отр}}$ и $\delta''_{\text{отр}}$.

6 ПОВЕРКА

6.1 Поверка рабочих эталонов П1-139/1 осуществляется по документу «Рабочие эталоны для поверки измерительных антенн П1-139/1, П1-139/2, П1-139/3, П1-139/4, П1-139/5, П1-139/6 Методика поверки МП П1-139/х 2020-mp79452-20, утверждённому ФГУП «ВНИИФТРИ» в 2020 году*.

Интервал между поверками 2 (два) года.

7 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

7.1 *Общие указания*

7.1.1 Техническое обслуживание проводят с целью обеспечения работоспособного состояния рабочих эталонов П1-139/х в течение их эксплуатации и хранения.

7.1.2 В процессе эксплуатации, рабочие эталоны П1-139/х должны содержаться в чистоте и находиться в климатических условиях, оговоренных в настоящем руководстве по эксплуатации.

7.2 *Меры безопасности*

7.2.1 К выполнению работ по техническому обслуживанию рабочих эталонов П1-139/х допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности, производственной санитарии и обученные обращению с легковоспламеняющимися жидкостями.

7.3 *Порядок технического обслуживания*

7.3.1 В зависимости от этапов эксплуатации проводят следующие виды технического обслуживания:

- контрольный осмотр (КО);
- техническое обслуживание ТО-1.

7.3.2 КО проводят перед и после использования рабочих эталонов П1-139/х по назначению и после транспортирования.

7.3.3 При КО проведите визуальную проверку:

- состава комплекта по номенклатуре и параметрам;
- состояния лакокрасочных покрытий изделий комплекта рабочих эталонов П1-139/х;
- отсутствие механических повреждений изделий комплекта рабочих эталонов П1-139/х.

Особое внимание уделите проверке на отсутствие механических повреждений внутренних поверхностей рабочих эталонов П1-139/х.

7.3.4 Техническое обслуживание №1 (ТО-1) проводится не реже одного раза в квартал при эксплуатации, перед проведением поверки, а так же при постановке антенны на хранение и вводе в эксплуатацию после хранения.

При ТО-1 проведите очистку от пыли, загрязнений и окислений элементов монтажа и соединителя этиловым спиртом ГОСТ Р 55878-13.

8 КОНСЕРВАЦИЯ

8.1 *Общие указания*

8.1.1 Консервацию (расконсервацию) рабочих эталонов П1-139/х в помещении проводить при температуре воздуха не менее 15 °С.

8.1.2 Помещение для консервации должно быть защищено от проникновения агрессивных газов и пыли.

8.2 *Меры безопасности при консервации/расконсервации*

8.2.1 К работе по консервации (расконсервации) допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности и производственной санитарии при выполнении погрузочно-разгрузочных, окрасочных, консервационных работ и обученные обращению с легковоспламеняющимися жидкостями.

8.2.2 Материалы, применяемые при консервационных работах, должны храниться в отдельной таре с соответствующими надписями в специально отведенном месте.

8.2.3 Помещение для консервации должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией.

8.2.4 ЗАПРЕЩАЕТСЯ по окончании оставлять консервационные материалы на месте консервации.

8.3 Консервация

8.3.1 К консервации допускаются полностью укомплектованное исправное изделие, прошедшее ТО-1.

8.3.2 Проверьте состояние лакокрасочных покрытий наружных поверхностей, при необходимости, восстановите их.

8.3.3 Просушите изделие обдувом тёплым (не более 50 °С) воздухом.

8.3.4 Расфасуйте высушенный силикагель в мешки весом не более 0,05 кг и равномерно распределите по объёму укладочного ящика.

8.3.5 Упакуйте рабочий эталон П1-139/х вместе с силикагелем в пакет из плёнки ПВХ, уложите в укладочный ящик;

8.3.6 На законсервированное изделие повесить табличку с указанием даты консервации.

8.3.7 Укладочный ящик упакуйте в картонную коробку в соответствии с разделом 12 настоящего руководства.

8.3.8 Сделайте соответствующую запись в формуляре изделия.

8.4 Расконсервация

8.4.1 Откройте укладочный ящик и извлеките рабочий эталон П1-139/х, освободите его от упаковки.

8.4.2 Проветрите изделие и упаковку, включив вентиляцию на время не менее 30 мин.

8.4.3 Проведите ТО-1.

8.4.4 Сделайте соответствующую запись в формуляре изделия.

9 РЕМОНТ

9.1 Ремонт рабочих эталонов П1-139/х производит предприятие изготовитель.

9.2 Характерные неисправности и методы устранения представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Характерные неисправности и методы их устранения

Неисправность	Вероятная причина	Метод устранения
Режим приёма		
При соединении изделия с прибором с помощью измерительного кабеля нет отклика сигнала СВЧ на анализаторе.	Недостаточный уровень ВЧ сигнала на входе П1-139/х.	Проверить установки параметров на анализаторе спектра или проверить изделие по тестовому сигналу или сигналу с известным достаточным уровнем.
	Повреждён СВЧ кабель из комплекта измерительного прибора	Заменить кабель.
Режим передачи		
При соединении П1-139/х с генератором с помощью измерительного кабеля нет отклика расчётного значения плотности потока энергии СВЧ.	Недостаточный уровень ВЧ сигнала на входе измерительной антенны.	Проверить установки параметров на ВЧ генераторе.
	Повреждён СВЧ кабель из комплекта измерительного прибора	Заменить кабель.

10 ХРАНЕНИЕ

10.1 На хранение ставится полностью укомплектованное изделие.

10.2 Установлены следующие сроки хранения изделия:

- в складских условиях до 10 лет;
- в полевых условиях до 5 лет.

10.3 При постановке П1-139/х на краткосрочное хранение на срок не более 3-х месяцев в складских условиях проведите очередное ТО-1.

10.4 При постановке П1-139/х на длительное хранение (более 3-х месяцев) либо на краткосрочное хранение в полевых условиях проведите очередное ТО-1 и консервацию.

10.5 При хранении в неотапливаемом помещении хранение осуществляется в тарных ящиках, накрытых брезентом при следующих условиях:

- диапазон температуры окружающего воздуха от 223 (минус 50 °С) до 333 К (плюс 60 °С);
- относительная влажность воздуха 98 % при температуре 35 °С.

10.6 Складское хранение изделия в отапливаемых хранилищах осуществляется при следующих условиях:

- диапазон температуры окружающего воздуха от 278 (5 °С) до 313 К (40 °С);
- относительная влажность воздуха 80 % при температуре 25 °С;
- в помещении для хранения не должно быть пыли, паров кислот, щелочей, а также газов, вызывающих коррозию.

11 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

11.1 Транспортирование упакованных в тарные ящики изделий производится всеми видами транспорта при условии защиты от прямого воздействия атмосферных осадков и пыли.

11.2 Тарные ящики с упакованными изделиями должны быть укреплены на транспортных средствах так, чтобы была исключена возможность их смещений и соударений.

11.3 Положение ящиков определяется надписью «ВЕРХ». В случае транспортирования изделия на открытых автомашинах ящики должны быть накрыты брезентом. Погрузка и выгрузка должны производиться с соблюдением мер предосторожности, определённых на каждом ящике.

11.4 Изделие должно транспортироваться в условиях, не превышающих заданных предельных условий: температура воздуха от минус 50 до плюс 60 °С, относительная влажность воздуха до 98 % при температуре 35 °С.

12 ТАРА И УПАКОВКА




12.1 При упаковке, П1-139/х должны быть очищены от пыли и грязи и насухо протерты. Затем уложены в укладочный ящик.

12.2 Техническая документация укладывается в укладочный ящик в пакете из ПВХ поверх изделия.

12.3 Укладочный ящик после укладки П1-139/х закрывают и на противоположные стороны устанавливают пломбы.

12.4 При необходимости дальнейшего транспортирования комплекта укладочный ящик помещается в картонную упаковку. Внутренние размеры картонной упаковки должны превышать соответствующие размеры укладочного ящика не менее чем на 20 мм. Картонная упаковка внутри выкладывается водонепроницаемой бумагой или ПВХ пленкой таким образом, чтобы концы бумаги (пленки) были выше краев ящика на величину большую половины длины и ширины ящика. Укладочный ящик оборачивают в пленку ПВХ с воздушными амортизирующими полостями не менее 3-х слоёв и укладывают в картонную упаковку. При необходимости, свободное пространство между укладочным ящиком и стенками картонной упаковки заполняют уплотнителем. Под крышку картонной упаковки

укладывают упаковочный лист. На противоположные стороны картонной упаковки наклеивают контрольные этикетки (пломбы).

12.5 На верхнюю часть картонной упаковки и на боковые стороны наносятся основные, дополнительные и информационные знаки:    по ГОСТ 14192.

13 МАРКИРОВКА

13.1 Рабочие эталоны маркируются путём размещения этикетки/шильдика.

13.2 На этикетки/шильдики наносится следующая обязательная информация:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- знак утверждения типа средства измерений;
- заводской номер изделия;
- обозначение изделия согласно п. 4.2.1 настоящего руководства;

13.3 Необходимость в пломбировании антенны отсутствует.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Формулы пересчёта величин

Пересчёт величин из линейного масштаба $A_{\text{ЛИН}}$ в логарифмический $A_{\text{ЛОГ}}$ [дБ] и обратно

$$A_{\text{ЛОГ}} = 10 \lg(A_{\text{ЛИН}}) \qquad A_{\text{ЛИН}} = 10^{A_{\text{ЛОГ}}/10}$$

Пересчёт погрешностей из линейного масштаба $B_{\text{ЛИН}}$ в логарифмический $B_{\text{ЛОГ}}$ [дБ] и
обратно

$$B_{\text{ЛОГ}} = 10 \lg(1 + B_{\text{ЛИН}}) \qquad B_{\text{ЛИН}} = 10^{B_{\text{ЛОГ}}/10} - 1$$

Пересчёт коэффициента усиления G в эффективную площадь $S_{\text{эф}}$ [м²] и обратно

(l - длина волны в метрах)

$$S_{\text{эф}} = \frac{Gl^2}{4\rho} \qquad G = \frac{4\rho S_{\text{эф}}}{l^2}$$

Пересчёт коэффициента усиления G [дБ] в коэффициент калибровки K дБ [отн. 1/м] и
обратно (f - частота в гигагерцах)

$$K = 20 \lg(32,4f) - G \qquad G = 20 \lg(32,4f) - K$$