



АНТЕННА ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ РУПОРНАЯ ШИРОКОПОЛОСНАЯ

П6-323

КНПР.464653.098

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

КНПР.464653.098 РЭ

СОДЕРЖАНИЕ

Лист

Введение.....	3
1 Нормативные ссылки	3
2 Сокращения.....	3
3 Требования безопасности	4
4 Назначение, состав, характеристики, устройство и работа антенны	4
4.1 Назначение	4
4.2 Состав комплекта	4
4.3 Метрологические и технические характеристики.....	5
4.4 Устройство и работа антенны	5
5 Подготовка антенны к использованию	6
5.1 Эксплуатационные ограничения.....	6
5.2 Подготовка к работе	6
5.3 Использование антенны	7
5.4 Проведение измерений.....	7
5.4.1 Измерение коэффициента усиления антенны	8
5.4.2 Измерение эффективной площади антенн.....	9
5.4.3 Измерение плотности потока энергии электромагнитного поля.....	10
5.4.4 Создание электромагнитного поля с заданной плотностью потока энергии.....	11
6 Поверка антенн.....	12
7 Техническое обслуживание.....	12
7.1 Общие указания	12
7.2 Меры безопасности	12
7.3 Порядок технического обслуживания	12
8 Консервация.....	13
8.1 Общие указания	13
8.2 Меры безопасности при консервации/расконсервации.....	13
8.3 Консервация	13
8.4 Расконсервация	13
9 Ремонт антенны	13
10 Хранение	14
11 Транспортирование	15
12 Тара и упаковка	15
13 Маркировка и пломбирование	15
Приложение А. Формулы пересчёта величин	17

Введение

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для пояснения принципа действия антенны измерительной рупорной широкополосной П6-323 (далее – антенна, изделие) и устанавливает порядок её эксплуатации и поверки.

При изучении и работе с антенной следует руководствоваться формулярами КНПР.464653.098 ФО и КНПР.464653.097 ФО соответственно, настоящим руководством по эксплуатации, графиком зависимости коэффициента усиления от частоты, полученным по результатам поверки антенны.

Антенна измерительная рупорная широкополосная П6-323 внесена в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, регистрационный номер 95786-25 и допущена 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

В настоящем РЭ использованы ссылки на следующие стандарты:

- ГОСТ Р 53112-2008 - Комплексы для измерений параметров побочных электромагнитных излучений и наводок. Технические требования и методы испытаний;
- ГОСТ CISPR 16-1-4-2023 - Совместимость технических средств электромагнитная. Требования к аппаратуре для измерения параметров промышленных радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений;
- ГОСТ CISPR 25 - Совместимость технических средств электромагнитная. Транспортные средства, суда и встроенные двигатели внутреннего сгорания. Характеристики радиопомех. Нормы и методы измерений для защиты бортовых приемников;
- ГОСТ 13317-89 - Элементы соединения СВЧ трактов электронных измерительных приборов. Присоединительные размеры;
- ГОСТ 12.1.019-2017 - Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты;
- ГОСТ 14192-96 - Маркировка грузов;
- ГОСТ 18680-73 - Детали пломбирования. Общие технические условия;
- ГОСТ 22261-94 - Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия;
- МПТ №2510 от 31.07.2020 - Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке;
- ГОСТ Р 2.601-2019 - Эксплуатационные документы;
- ГОСТ Р 51288-99 - Средства измерения электрических и магнитных величин. Эксплуатационные документы;
- САНПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 - Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов.
- ГОСТ ИЕС 61010-1-2014 - Межгосударственный стандарт. Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования;
- Приказа Минтруда России от 15.12.2020 N 903н (ред. от 29.04.2025) «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;
- ГОСТ Р 55878-2013 - «Спирт этиловый технический гидролизный ректифицированный. Технические условия».

2 Сокращения

- КО - контрольный осмотр;
- КСВН - коэффициент стоячей волны по напряжению;
- МП - методика поверки

- НМ - нормы расхода материалов;
- ПВХ - поливинилхлорид;
- РЭ - руководство по эксплуатации;
- СВЧ - сверхвысокая частота, сверхвысокочастотный (прибор/компонент);
- ТО - техническое обслуживание;
- ФО - формуляр.

3 Требования безопасности

3.1 При проведении измерений необходимо соблюдать правила техники безопасности и предосторожности при работе с СВЧ излучением в соответствии с действующими федеральными санитарными правилами СанПин 2.1.8/2.2.4.1383-03 № 135 от 9.06.2003. СВЧ-излучения могут представлять опасность для жизни и здоровья человека.

3.1.1 При работе с антенной совместно с генераторами сигналов должны использоваться защитные элементы (экраны, поглотители и т.п.) для ограничения воздействия электромагнитных полей в рабочей зоне до допустимых уровней.

3.1.2 ЗАПРЕЩАЕТСЯ проведение измерений при отсутствии или неисправности заземления аппаратуры, используемой совместно с антенной.

3.2 Эксплуатация и обслуживание антенн должно осуществляться персоналом, прошедшим специальную подготовку и изучившим требования безопасности по ГОСТ 22261-94, ГОСТ ИЕС 61010-1-2014, инструкцию по правилам и мерам безопасности и прошедшие инструктаж на рабочем месте.

3.3 Обслуживающий персонал должен иметь группу по электробезопасности не ниже третьей, согласно Приказа Минтруда России от 15.12.2020 N 903н (ред. от 29.04.2025) "Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок".

3.4 Для предохранения работающего персонала от воздействия опасных и вредных производственных факторов необходимо:

- соединить корпусные клеммы всех средств измерения с шиной заземления;
- пользоваться инструментом только с изолированными ручками;
- производить пайку, осмотр и ремонт только при отключенном напряжении питания;
- отсоединять и присоединять кабели питания при выключенном напряжении питания;
- отключать напряжения питания при уходе с рабочего места и после окончания работы.

4 Назначение, состав, характеристики, устройство и работа антенны

4.1 Назначение

Антенна предназначена:

- совместно с измерительными приемными устройствами (селективным микровольтметром, анализатором спектра и т.д.) применяется для измерения плотности потока энергии электромагнитного поля, параметров антенных устройств для приёма энергии электромагнитных полей в рабочем диапазоне частот.
- совместно с генераторами сигналов (усилителем мощности) – для возбуждения электромагнитного поля с заданной плотностью потока энергии.

Антенна может использоваться для работы в лабораторных, заводских и полевых условиях в качестве рабочего средства измерений.

4.2 Состав комплекта

Таблица 1 – Состав комплекта антенны

№ п/п	Наименование	Обозначение	Кол-во
1.	Антенна измерительная рупорная широкополосная П6-323	КНПР.464653.098	1
Эксплуатационная документация			

№ п/п	Наименование	Обозначение	Кол-во
2.	Формуляр П6-323	КНПР.464653.098 ФО	1
3.	Руководство по эксплуатации*	КНПР.464653.098 РЭ	1
Прочие изделия			
4.	Кронштейн для крепления антенны АК-02*	КНПР. 301532.021	1
5.	Короб транспортировочный*	-	1

*По согласованию с Заказчиком.

4.3 Метрологические и технические характеристики

Таблица 2 – Метрологические характеристики антенн

Наименование параметра или характеристики	Значение характеристики
Диапазон частот, ГГц:	от 0,5 ÷ 18,0 включит.
КСВН входа антенны не более:	
— в диапазоне частот от 0,5 до 0,7 ГГц включит.	3,0
— в диапазоне частот св. 0,7 ГГц до 18,0 ГГц	2,5
Коэффициент усиления антенн в диапазоне частот, дБ	от 1 до 16
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений коэффициента усиления, дБ	± 2,0

Примечание: Коэффициент усиления антенны для заданной частоты определяется по значениям табличной части Свидетельства о Проверке, или графику (приложение А), либо по таблице (приложение Б) Формуляра, придаваемым к антенне, и может уточняться в процессе эксплуатации по результатам периодической проверки.

Таблица 3 – Технические характеристики антенн

Наименование параметра или характеристики	Значение характеристики
Масса, кг, не более	2,0
Габаритные размеры (ширина × глубина × высота) не более, мм	264×250×165
Рабочие условия эксплуатации:	
— температура воздуха, °С	от минус 40 до плюс 50
— относительная влажность при температуре +35°С, %, не более 95;	

* По согласованию с Заказчиком

4.4 Устройство и работа антенны

Принцип действия антенны основан на преобразовании плотности потока энергии электромагнитного поля в соответствующую ей высокочастотную мощность в тракте. Антенна имеет линейную поляризацию.

Конструктивно антенна представляет собой рупор на базе Н-образного волновода, в центр которого встроены металлические пластины экспоненциальной формы. Толщина пластин линейно увеличивается по мере приближения к раскрытию рупора. Боковые стенки рупора в Н-плоскости выполнены в виде трапециевидных пластин. Боковые стенки рупора в Е-плоскости выполнены в виде решетчатой пластинчатой структуры, длина пластин которой и расстояние между ними изменяются от первой пластины, расположенной в раскрытии рупора, по закону геометрической прогрессии. Антенна имеет коаксиальный СВЧ - вход с волновым сопротивлением 50 Ом типа SMA - розетка по ГОСТ РВ 51914-2002.

Конструкция антенны в диапазоне частот обеспечивает малый коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) и монотонную частотную зависимость коэффициента усиления.

Конструкция антенны предусматривает возможность крепления на специализированное крепежное устройство.

Внешний вид антенны и геометрические размеры П6-323 представлены на рис.1.

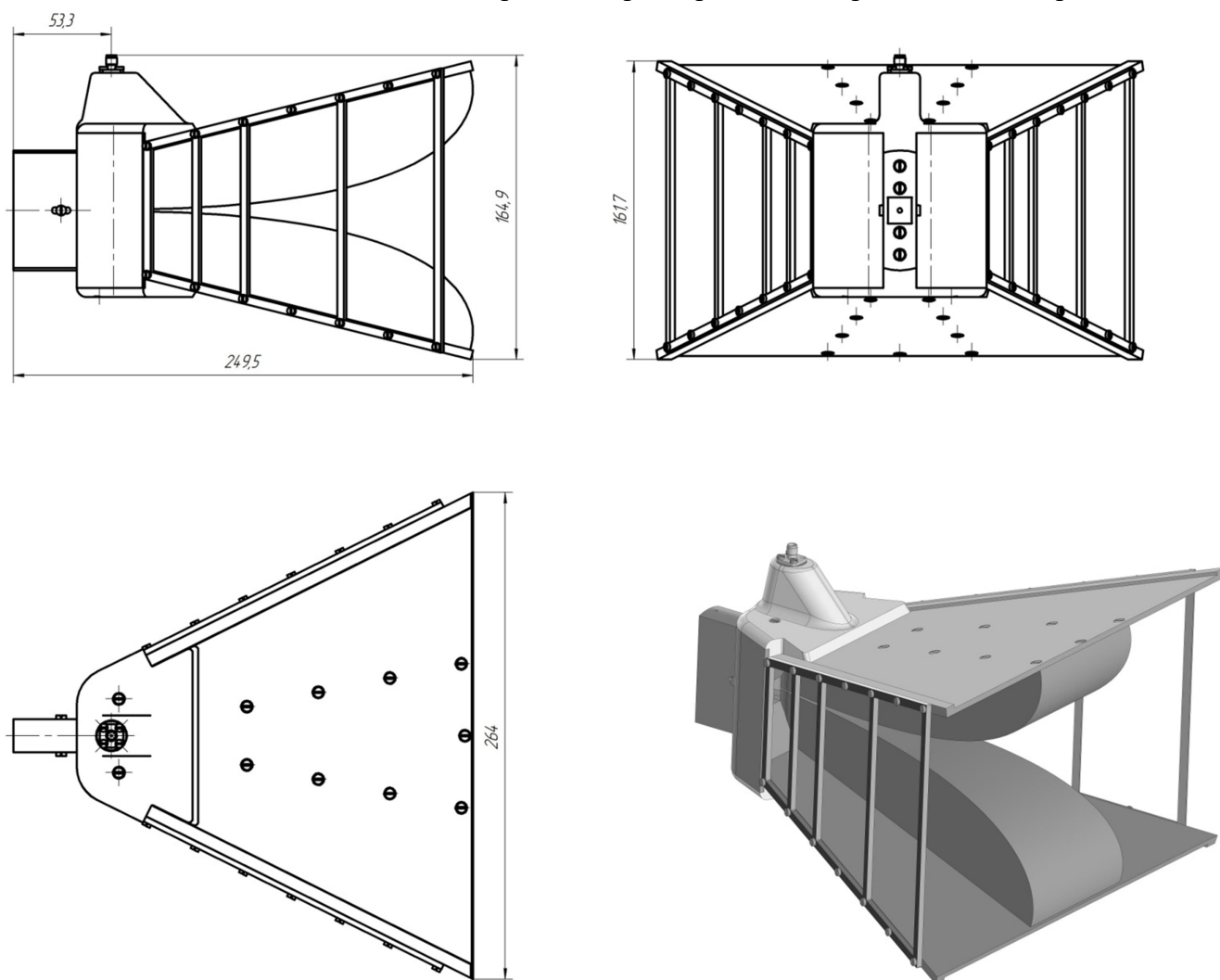


Рисунок 1 – Внешний вид антенны и геометрические размеры П6-323.

5 Подготовка антенны к использованию

5.1 Эксплуатационные ограничения

5.1.1 Перед началом эксплуатации антенн необходимо ознакомиться с эксплуатационной документацией.

5.1.2 При работе с антеннами персонал должен владеть основами работы с антенно-фидерной техникой. В процессе работы с антеннами запрещается их использование для решения нефункциональных задач.

5.1.3 Персонал обязан строго выполнять правила техники электробезопасности в соответствии с ГОСТ 12.1.019-2017.

5.1.4 При выполнении работ по разворачиванию антенн и в процессе использования ЗАПРЕЩАЕТСЯ оказывать механические воздействия, приводящие к изменению габаритных размеров, а также целостности и исправности узлов антенн.

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

5.2 Подготовка к работе

Для работы с антенной рекомендуется использовать устройство крепления АК-02 с универсальным фотоштативом, или штативом антенным диэлектрическим (ШАД). Фотоштатив и ШАД не входят в состав изделия (поставки). Данные изделия опциональны и поставляются по согласованию с Заказчиком.

5.2.1 При использовании универсального фотоштатива:

— закрепите кронштейн АК-02 на штативе в соответствии с требованиями инструкции по эксплуатации фотоштатива.

— установите штатив, ослабьте цанговые зажимы и выдвиньте опоры штатива после чего закрепите на необходимой высоте зажимами.

При использовании штатива антенного диэлектрического:

Приведите штатив в развёрнутое положение. Руководствуясь паспортом на штатив, произведите установку антенны на него в следующей последовательности:

— ослабьте цанговые зажимы на телескопических опорах и, выдвинув опоры на необходимую длину, вновь зафиксируйте цанговые зажимы;

— раздвинув опоры до упора, установите штатив на месте эксплуатации и закрутите винт фиксации положения антенны по высоте;

— ослабив цанговые зажимы, перемещением телескопических опор установите узел крепления антенны в горизонтальное положение по показаниям жидкостного двухплоскостного уровня и вновь зафиксируйте цанговые зажимы;

— установите антенну в узел крепления и закрепите её откидным хомутом;

— используя рукоять ориентации антенны, установите антенну в необходимом положении;

— закрутите до упора гайку фиксации положения антенны по углу места и винт фиксации положения антенны по азимуту.

5.2.2 Произведите монтаж антенны в следующей последовательности:

1) установите антенну в узел крепления кронштейна АК-02 и зафиксируйте накидным хомутом;

2) вращением антенны вокруг продольной оси установите необходимый угол наклона линейной поляризации (совмещение риски на кольце антенны с нулевой отметкой измерительной шкалы соответствует вертикальной поляризации сигнала).

Антенна готова к работе.

5.3 Использование антенны

5.3.1 Режим приёма

1) соедините клемму заземления антенны с шиной заземления.

2) присоедините к СВЧ входу антенны измерительный кабель (в комплект антенны не входит).

3) присоедините свободный разъем измерительного кабеля к входному разъему вашего измерительного прибора (в случае несоответствия сечений разъемов кабеля и измерительного прибора используйте прецизионный СВЧ переход из состава комплекта вашего измерительного прибора).

4) 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 антенны с шиной заземления.

2) присоедините к СВЧ входу антенны измерительный кабель (в комплект антенны не входит).

3) присоедините свободный разъем измерительного кабеля к выходному разъему вашего генератора или усилителя ВЧ (в случае несоответствия сечений разъемов кабеля и измерительного прибора используйте прецизионный СВЧ переход из состава комплекта вашего измерительного прибора).

4) 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 в полной исправности и работоспособности антенны и аппаратуры. 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 установлены 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 измерительную антенну (П6-323) к измерительному прибору в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 2.

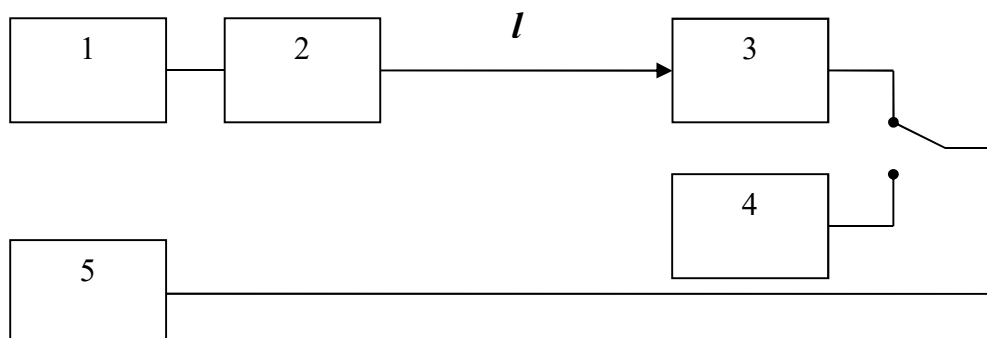


Рисунок 2 - Схема измерений коэффициента усиления антенн методом замещения

1 – генератор сигналов высокочастотный;

2 – излучающая антенна;

3 – измерительная антенна;

4 – испытываемая антенна;

5 – анализатор спектра (измерительный прибор).

Измерительный прибор (приёмник) подготовить к работе в режиме измерений уровней сигналов согласно РЭ прибора. Вход приёмника нагружать поочерёдно на вход измерительной антенны и испытываемой антенны. Перед началом измерений произвести геометрическую юстировку антенн.

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 $A_{изм}$ [дБм] с выхода измерительной антенны по показаниям измерительного прибора. Изменить частоту выходного сигнала генератора и частоту измерительного прибора для измерений в следующей частотной точке.

Провести измерения для каждой частотной точки текущего диапазона измерений.

В точку расположения измерительной антенны установить испытываемую антенну и подключить к измерительному прибору. Произвести юстировку геометрической оси передающей и испытываемой антенн.

Настройку приёмника и генератора произвести аналогично, как и при проведении измерений уровня сигнала измерительной антенны. 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 испытываемой антенны проводить поочерёдно в каждом частотном поддиапазоне.

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

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

где $G_{изм}$ – коэффициент усиления измерительной антенны в данной частотной точке, дБ.

5.4.2 Измерение эффективной площади антенн.

Измерение эффективной площади антенны производится методом замещения:

Соедините приборы по схеме, приведённой на рисунке 3.

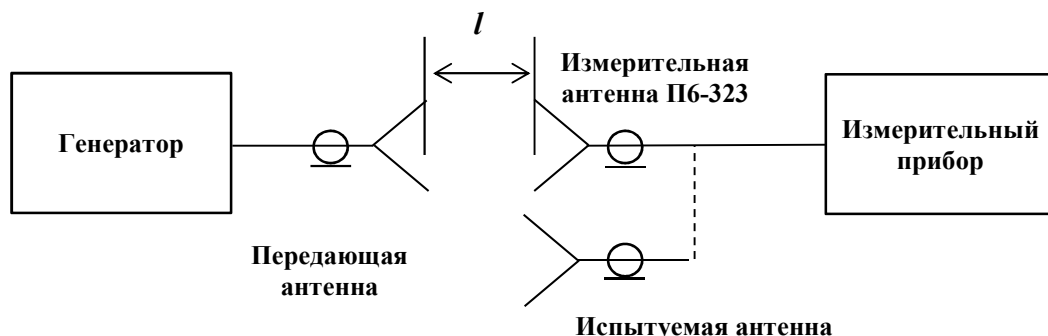


Рисунок 3 – Схема соединения приборов при измерении эффективной площади.

В качестве передающей антенны (вспомогательной антенны) может быть использована антенна любого типа данного диапазона.

– установите в качестве приёмной антенны измерительную или испытываемую антенну, присоединяя их к измерительному прибору непосредственно или с помощью одного и того же кабеля. Произведите геометрическую юстировку антенн.

– поворачивайте приёмную и передающую антенны по азимуту, углу места и поляризации до получения максимального показания измерительного прибора. Произведите отсчёт мощности $P_{пр}$ в микроваттах, принятой испытываемой антенной, или мощность $P_{пр}$ в микроваттах, принятой измерительной антенной.

– определите эффективную площадь $A_{эф}$ в квадратных сантиметрах испытываемой антенны по формуле:

$$A_{эф} = \frac{P_{пр}}{P_{пр}^0} A_{эф}^0, \quad (3)$$

где $A_{эф}^0$ – эффективная площадь измерительной антенны, определяемая по графику, или по значениям частоты и коэффициента усиления (G), приведённым в табличной части Свидетельства о поверке, придаваемым к антенне $см^2$.

$$A_{эф}^0 = \frac{\lambda^2}{4\pi} G \quad (4)$$

– погрешность определения эффективной площади вычисляется по формуле:

$$\delta = \pm \sqrt{\delta_P^2 + \delta_A^2 + \delta_{отр}^2}, \quad (5)$$

где δ_P – погрешность измерения отношения мощностей измерительным прибором;

δ_A – погрешность аттестации измерительной антенны по эффективной площади;

$\delta_{отр}$ – максимальная погрешность за счёт рассогласования.

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

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

$$\delta''_{отр} = \frac{(1-|\Gamma|^2)(1-|\Gamma_o| \cdot |\Gamma_{ип}|)^2}{(1-|\Gamma|^2)(1+|\Gamma_o| \cdot |\Gamma_{ип}|)^2} - 1, \quad (7)$$

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

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

5.4.3 Измерение плотности потока энергии электромагнитного поля

Присоедините измерительную антенну к измерительному прибору с помощью кабеля, либо непосредственно, в зависимости от условий измерения, в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 4.

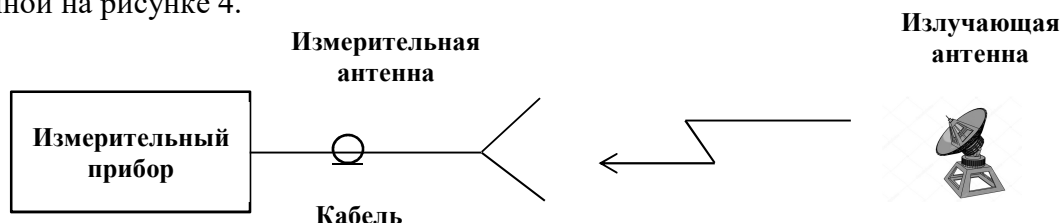


Рисунок 4 – Схема соединения приборов при измерении плотности потока энергии

– поворачивайте измерительную антенну по азимуту, углу места и поляризации до получения максимального показания измерительного прибора и произведите отсчёт мощности P в микроваттах.

Если антенна присоединяется к измерительному прибору кабелем, то действительное значение мощности P_0 в микроваттах, принятой антенной, определяется с учётом ослабления кабеля по формуле:

$$P_0 = P 10^{0,1N} \quad (8)$$

где N – величина ослабления кабеля в децибелах.

– подсчитайте плотность потока энергии ρ в раскрыве антенны в микроваттах на см^2 по формуле:

$$\rho = \frac{P_0}{A_{\text{эф}}^0}, \quad (9)$$

где $A_{\text{эф}}^0 = \frac{G_{\text{лин}} \cdot \lambda^2}{4\pi}$ – эффективная площадь антенны, определяемая для каждой частоты, см^2 ;

$G_{\text{лин}} = 10^{0,1G}$ – КУ антенны в линейном масштабе;

Погрешность измерения плотности потока энергии δ_S вычисляется по формуле, если антенна присоединяется к измерительному прибору с помощью кабеля:

$$\delta_S = \pm 1,1 \sqrt{\delta_P^2 + \delta_K^2 + \delta_G^2 + \delta_{\text{отр}}^2} \quad (10)$$

если антенна присоединяется непосредственно к измерительному прибору, то погрешность измерения плотности потока энергии вычисляется по формуле:

$$\delta_S = \pm 1,1 \sqrt{\delta_P^2 + \delta_G^2 + \delta_{\text{отр}}^2} \quad (11)$$

где δ_P – погрешность измерения мощности измерительным прибором;

δ_K – погрешность аттестации кабеля по ослаблению;

δ_G – погрешность измерения коэффициента усиления антенны;

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

Если измерительный прибор соединяется с антенной кабелем, то предельные значения погрешности за счёт рассогласования $\delta'_{\text{отр}}$ и $\delta''_{\text{отр}}$ вычисляются по формулам:

$$\delta'_{\text{отр}} = \frac{(1-|\Gamma_A|^2)(1-|\Gamma_{\text{ин}}|^2)}{(1-\sigma+|\Gamma_A| \cdot |\Gamma_{\text{ин}}| \cdot |\Gamma_1|^2)^2} - 1; \quad (12)$$

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

$$\text{где } \sigma = |\Gamma_A| \cdot |\Gamma_1| + |\Gamma_1| \cdot |\Gamma_{\text{ин}}| + \frac{1}{K} |\Gamma_A| \cdot |\Gamma_{\text{ин}}| \quad (14)$$

$|\Gamma_A|$ – модуль коэффициента отражения антенны;

$|\Gamma_{ип}|$ – 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 $K_{свU}$ соотношением:

$$|\Gamma| = \frac{K_{свU}-1}{K_{свU}+1}. \quad (15)$$

Величины КСВ антенны, кабеля и 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 антенной непосредственно, то предельные значения погрешности за счёт рассогласования $\delta'_{отр}$ и $\delta''_{отр}$ вычисляются по формуле:

$$\delta'_{отр} = \frac{(1-|\Gamma_A|^2)(1-|\Gamma_{ип}|^2)}{(1-|\Gamma_A| \cdot |\Gamma_{ип}|)^2} - 1; \quad (16)$$

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

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

5.4.4 Создание электромагнитного поля с заданной плотностью потока энергии.

Рассчитайте мощность P в ваттах, которую следует подвести к излучающей антенне, чтобы на расстоянии l от неё создать заданную плотность энергии ρ в ваттах на квадратный метр по формуле:

$$P = \frac{\rho \lambda^2 l^2}{S_{эф}}, \quad (18)$$

где λ – длина волны, м;

Выполните соединения в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 5 учитывая 5.3.2.

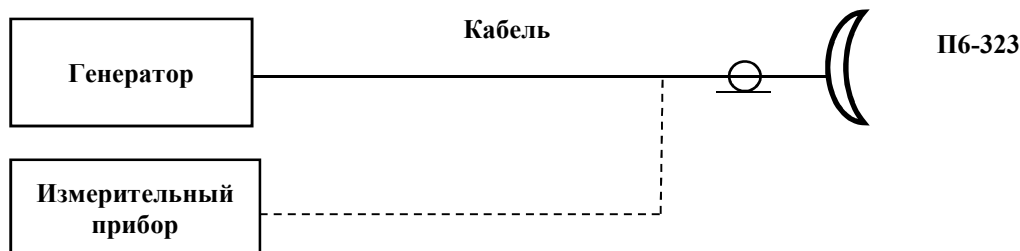


Рисунок 5 – Схема соединения приборов для создания электромагнитного поля с заданной плотностью потока энергии

- присоедините измерительный прибор к выходу кабеля, присоединённого к генератору, и установите требуемую мощность P ;
- отсоедините кабель от измерительного прибора и присоедините к антенне. При этом на расстоянии l от антенны будет создано поле плотностью потока энергии ρ ;
- погрешность плотности потока энергии δ_S вычисляется по формуле:

$$\delta_S = \pm 1,1 \sqrt{\delta_P^2 + \delta_G^2 + (2\delta_l)^2 + (2\delta_\lambda)^2 + \delta_{отр}^2}, \quad (19)$$

где δ_P – погрешность измерения мощности измерительным прибором;

δ_G – погрешность измерения коэффициента усиления антенны;

δ_l – погрешность определения расстояния;

δ_λ – погрешность определения длины волны

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

Примечание – Величины в формуле (19) должны быть выражены в линейном масштабе. Для представления результата вычислений в децибелах логарифмируйте его.

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

$$\delta'_{отр} = \frac{(1-|\Gamma_A|^2)(1+|\Gamma_r|\cdot|\Gamma_{ип}|)^2}{(1-|\Gamma_{ип}|^2)(1+|\Gamma_r|\cdot|\Gamma_A|)^2} - 1 \quad (20)$$

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

где $|\Gamma_A|$, $|\Gamma_{ип}|$, $|\Gamma_r|$ – модули коэффициентов отражения, измерительного прибора и генератора соответственно.

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

6 Поверка антенн

6.1.1 Первичной поверке подлежат антенны до ввода в эксплуатацию и после ремонта. При эксплуатации антенны подлежат периодической поверке. Интервал между поверками 2 года. Методика поверки РТ-МП-452-441-2025.

7 Техническое обслуживание

7.1 Общие указания

7.1.1 Техническое обслуживание проводят с целью обеспечения работоспособного состояния антенны в течение её эксплуатации и хранения.

7.1.2 В процессе эксплуатации антенна должна 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 антенны 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;
- техническое обслуживание ТО-1.

7.3.2 Контрольный осмотр (КО) проводят перед, и после использования антенны по назначению и после транспортирования.

7.3.3 При контрольном осмотре проведите визуальную проверку:

- состава комплекта антенны по номенклатуре и параметрам;
- состояния лакокрасочных покрытий изделий комплекта антенны;
- отсутствие механических повреждений изделий комплекта антенны.

Особое внимание уделите проверке на отсутствие механических повреждений внутренних поверхностей антенны.

7.3.4 Техническое обслуживание №1 (ТО-1) проводится один раз в год перед проведением поверки антенны, а так же при постановке антенны на хранение и снятии с хранения.

7.3.5 При ТО-1 проведите работы по пункту 7.3 (КО).

7.3.6 Проведите очистку:

- поверхностей изделий ветошью;
- от пыли, загрязнений и окислений СВЧ соединители спиртом этиловым ректификованным техническим ГОСТ Р 55878-2013;
- не допускается производить чистку соединителей металлическими предметами, так как можно повредить соединитель. Запрещено чистить соединители сильными

растворителями, например, ацетоном, так как можно повредить пластиковую диэлектрическую опору. Чистке подвергаются внешние контактные поверхности и резьбы внешних проводников;

- запрещается чистить ватным тампоном гнездовые контакты центральных проводников, так как частицы ваты могут застревать между его ламелями;

- чистку гнездовых контактов производить промывкой спиртом этиловым ректифицированным техническим с последующей продувкой сжатым воздухом.

7.3.7 Произведите смазку трущихся деталей крепления антенны смазкой ОКБ 122-7 ГОСТ 18179-72. Излишки смазки удалите ветошью.

8 Консервация

8.1 Общие указания

8.1.1 Консервацию (расконсервацию) антенн 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) антенн 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 Произведите консервацию неокрашенных металлических частей изделия смазкой ПВК (пушечная).

8.3.4 Просушите изделие обдувом теплым (не более 90 °С) воздухом.

8.3.5 Оберните каждую сборочную единицу изделия пленкой ПВХ и уложите в специальные гнезда укладочного ящика.

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

8.3.7 На законсервированное изделие повесить табличку с указанием даты консервации.

8.3.8 Укладочный ящик упакуйте в картонную коробку в соответствии с разделом 1.5 настоящего руководства.

8.3.9 Сделайте соответствующую запись в формуляре изделия.

8.4 Расконсервация

8.4.1 Снять с неокрашенных металлических поверхностей консервационную смазку, промыть растворителем или уайт-спиритом, затем техническим спиртом и протереть чистой ветошью.

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

8.4.3 Провести ТО-1.

8.4.4 Сделайте соответствующую запись в формуляре изделия.

9 Ремонт антенны

9.1 Ремонт антенн производит предприятие изготовитель.

9.2 Характерные неисправности и методы их устранения представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Характерные неисправности и методы их устранения

Неисправность	Вероятная причина	Метод устранения
Режим приёма		
При соединении антенны с прибором с помощью измерительного кабеля нет отклика сигнала ВЧ на анализаторе.	Недостаточный уровень ВЧ сигнала на входе измерительной антенны.	Проверить установки параметров на анализаторе спектра или проверить антенну по тестовому сигналу или сигналу с известным достаточным уровнем.
	Поврежден СВЧ кабель из комплекта измерительного прибора	Проверить измерительный кабель, в случае неисправности заменить.
	Нет совпадения оптической и электрической оси рупора с источником сигнала	Необходимо направить измерительный рупор таким образом, чтобы оптическая и электрическая ось совпали, при этом необходимо учитывать направления поляризации источника.
Режим передачи		
При соединении антенны с генератором (усилителем мощности) ВЧ с помощью измерительного кабеля нет отклика сигнала ВЧ на приёмном устройстве.	Недостаточный уровень ВЧ сигнала на входе измерительной антенны.	Проверить установки параметров на генераторе (усилителе мощности) ВЧ, или проверить установки параметров на приёмном устройстве.
	Поврежден СВЧ кабель из комплекта измерительного прибора	Проверить измерительный кабель, в случае неисправности заменить.
	Нет совпадения оптической и электрической оси рупора с источником сигнала	Необходимо направить измерительный рупор таким образом, чтобы оптическая и электрическая ось совпали, при этом необходимо учитывать направления поляризации источника.

10 Хранение

10.1 На хранение ставится полностью укомплектованное изделие.

10.2 Гарантийный срок хранения антенны при отсутствии в воздухе паров кислот, щелочей и других агрессивных примесей в упаковке и консервации изготовителя:

- 2 года в отапливаемых хранилищах;
- 1 год в неотапливаемых хранилищах.

10.3 Назначенный срок службы 10 лет, включая гарантийный срок хранения.

10.4 Гарантийный срок эксплуатации антенны: 18 месяцев.

10.5 Указанный ресурс, срок службы и хранения действительны при соблюдении потребителем требований действующей эксплуатационной документации.

10.6 При постановке антенны на краткосрочное хранение на срок не более 3-х месяцев в складских условиях проведите очередное ТО-1.

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

10.8 При хранении в неотапливаемом помещении хранение осуществляется в тарных ящиках, накрытых брезентом.

10.9 Складское хранение изделия осуществляется при следующих условиях:

- температура окружающего воздуха от минус 50 до плюс 50 °С;
- относительная влажность до 98 % при температуре 35 °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, определенных на каждом ящике.

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

12 Тара и упаковка

12.1 При упаковке все сборочные единицы комплекта антенны должны быть очищены от пыли и грязи и насухо протерты. Затем сборочные единицы согласно описи укладки укладываются в укладочный ящик в специальные гнезда.

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

12.3 Укладочный ящик после укладки комплекта антенны 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 слоев 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 14192-77



13 Маркировка и пломбирование

13.1 Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено.

13.2 Изделие маркируется путем размещения информационной таблички.

13.3 На информационную табличку наносится следующая обязательная информация:

- наименование изделия;
- знак утверждения типа;
- товарный знак предприятия - изготовителя;
- заводской номер изделия, идентифицирующий каждый экземпляр антенн, записывается в цифровом формате и наносится на информационную табличку одним из методов: гальваническим, лазерной гравировки, печатным, ударно-точечным или фотохимическим.

13.4 Пломбирование антенны не предусмотрено: элементы антенн П6-323, влияющие на их метрологические характеристики, защищены от несанкционированного доступа. Дополнительных мер защиты не требуется

13.5 Общий вид антенны и место установки информационной таблички, с информацией об изделии, отображены на рисунках 6 и 7.

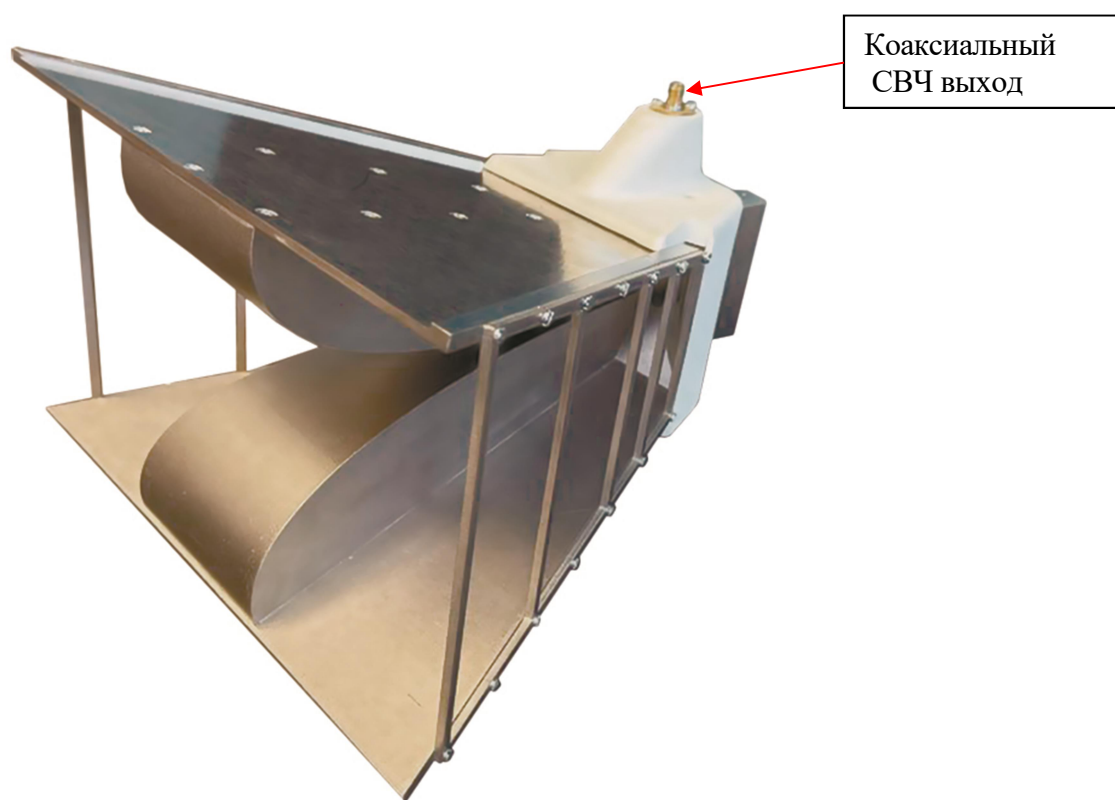


Рисунок 6 – Общий вид антенны П6-323



Рисунок 7 –Антенна П6-323

Вид со стороны коаксиального разъёма типа SMA – розетка с местами нанесения заводского номера и знака утверждения типа

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
(λ - длина волны в метрах)

$$S_{\text{эф}} = \frac{G \lambda^2}{4\pi} \qquad G = \frac{4\pi S_{\text{эф}}}{\lambda^2}$$

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

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

или

Коэффициент калибровки (он же антенный коэффициент, антенн фактор) и коэффициент усиления антенны связаны следующим соотношением (для 50-омных систем):

$$\text{коэффициент калибровки} \qquad K = 20 \lg f - G_i - 29,774$$

$$\text{коэффициент усиления} \qquad G_i = 20 \lg f - K - 29,774$$

где K – коэффициент калибровки, дБ(м⁻¹);

G_i – коэффициент усиления антенны относительно изотропного излучателя, дБ;

f – частота, МГц.