



**АНТЕННЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ РУПОРНЫЕ
П6-231**

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

КНПР.464663.018 РЭ

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1	3
2	3
3	4
4	5
5	6
6	7
7	10
7.1	10
7.2	10
7.3	10
7.4	10
7.4.1	11
7.4.2	12
7.4.3	13
7.4.4	14
8	15
9	15
10	16
11	16
12	17
13	17
14	17
14.1	17
14.2	18
14.3	18
15	18
Приложение А. Графики зависимости K_u от частоты (расчётные)	20
Приложение Б. Формулы пересчёта величин	23

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для пояснения принципа действия антенны антенн измерительных рупорных Пб-231 (далее антенн), и устанавливает порядок их эксплуатации и поверки.

При проведении измерений или использовании антенн 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 антенной следует руководствоваться формуляром на конкретную антенну, настоящим руководством по эксплуатации, графиком зависимости коэффициента усиления от частоты, полученным по результатам поверки антенны.

Антенны измерительные рупорные Пб-231 внесены в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, регистрационный номер 91515-24 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 стандарты:

- ГОСТ 13317-89 Элементы соединения СВЧ трактов электронных измерительных приборов. Присоединительные размеры;
- 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 18680-73 Детали пломбирования. Общие технические условия;
- ГОСТ 18678-80 Чашки пломбировочные. Конструкция и размеры;
- ГОСТ 22261-94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия;
- ПР 50.2.006-94 ГСИ. Порядок проведения поверки средств измерений.
- ГОСТ 2.601-2006 ЕСКД 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 12.2.091 – 2012 Межгосударственный стандарт. Безопасность электрического оборудования для измерения, управления и лабораторного применения;
- ГОСТ 26104 – 89 Средства измерений электронные. Технические требования в части безопасности. Методы испытаний;
- Приказ 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

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 Назначение и состав антенн

3.1 Наименование: Антенны измерительные рупорные П6-231.

Пример записи обозначения изделия в конструкторской документации и при заказе:

- «Антенна измерительная рупорная П6-231/1 КНПР.464653.018 ТУ»;
- «Антенна измерительная рупорная П6-231/2 КНПР.464653.020 ТУ»;
- «Антенна измерительная рупорная П6-231/3 КНПР.464663.023 ТУ»;
- «Антенна измерительная рупорная П6-231/4 КНПР.464663.024 ТУ»;
- «Антенна измерительная рупорная П6-231/5 КНПР.464663.025 ТУ».

3.2 Изготовитель: Акционерное Общество «СКАРД-Электроникс».

3.3 Назначение антенн.

Антенны предназначены:

- совместно с измерительными приемными устройствами (селективным микровольтметром, анализатором спектра и т.д.) применяется для измерения плотности потока энергии электромагнитного поля;

- совместно с генераторами сигналов (усилителем мощности) – для возбуждения электромагнитного поля с заданной плотностью потока энергии.

Антенны могут использоваться для работы в лабораторных, заводских и полевых условиях в качестве рабочих средства измерений.

3.4 Состав антенн (комплект поставки)

3.4.1 Комплект поставки антенны П6-231/1 представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Комплект поставки антенны П6-231/1

№ п/п	Наименование	Обозначение	Кол-во
1	Антенна измерительная рупорная П6-231/1	КНПР.464653.018	1
<i>Эксплуатационная документация</i>			
2	Формуляр	КНПР.464653.018 ФО	1
3	Руководство по эксплуатации	КНПР.464653.018 РЭ	1
4	Методика поверки	МП П6-231-2023	1
<i>Прочие изделия</i>			
5	Переход коаксиально-волноводный*	-	1
6	Крепежное устройство специализированное*	-	1
7	Короб транспортировочный	-	1

3.4.2 Комплект поставки антенны П6-231/2 представлен в таблице 2:

Таблица 2 - Комплект поставки антенны П6-231/2

№ п/п	Наименование	Обозначение	Кол-во
1	Антенна измерительная рупорная П6-231/2	КНПР.464653.020	1
<i>Эксплуатационная документация</i>			
2	Формуляр	КНПР.464653.020 ФО	1
3	Руководство по эксплуатации	КНПР.464653.018 РЭ	1
4	Методика поверки	МП П6-231-2023	1
<i>Прочие изделия</i>			
5	Переход коаксиально-волноводный*	-	1
6	Крепежное устройство специализированное*	-	1
7	Короб транспортировочный	-	1

3.4.3 Комплект поставки антенны П6-231/3 представлен в таблице 3.

Таблица 3 - Комплект поставки антенны П6-231/3

№ п/п	Наименование	Обозначение	Кол-во
1	Антенна измерительная рупорная П6-231/3	КНПР.464663.023	1
<i>Эксплуатационная документация</i>			
2	Формуляр	КНПР.464663.023 ФО	1
3	Руководство по эксплуатации	КНПР.464663.018 РЭ	1
4	Методика поверки	МП П6-231-2023	1
<i>Прочие изделия</i>			
5	Переход коаксиально-волноводный*	-	1
6	Крепежное устройство специализированное*	-	1
7	Короб транспортировочный	-	1

3.4.4 Комплект поставки антенны П6-231/4 представлен в таблице 4:

Таблица 4 - Комплект поставки антенны П6-231/4

№ п/п	Наименование	Обозначение	Кол-во
1	Антенна измерительная рупорная П6-231/4	КНПР.464663.024	1
<i>Эксплуатационная документация</i>			
2	Формуляр	КНПР.464663.024 ФО	1
3	Руководство по эксплуатации	КНПР.464663.018 РЭ	1
4	Методика поверки	МП П6-231-2023	1
<i>Прочие изделия</i>			
5	Переход коаксиально-волноводный*	-	1
6	Крепежное устройство специализированное*	-	1
7	Короб транспортировочный	-	1

3.4.5 Комплект поставки антенны П6-231/5 представлен в таблице 5.

Таблица 5 - Комплект поставки антенны П6-231/5

№ п/п	Наименование	Обозначение	Кол-во
1	Антенна измерительная рупорная П6-231/5	КНПР.464663.025	1
<i>Эксплуатационная документация</i>			
2	Формуляр	КНПР.464663.025 ФО	1
3	Руководство по эксплуатации	КНПР.464663.018 РЭ	1
4	Методика поверки	МП П6-231-2023	1
<i>Прочие изделия</i>			
5	Переход коаксиально-волноводный*	-	1
6	Крепежное устройство специализированное*	-	1
7	Короб транспортировочный	-	1

*По согласованию с Заказчиком

4 Требования безопасности, уровень специальной подготовки обслуживающего персонала.

4.1 При проведении измерений или использовании антенн в качестве передающих необходимо соблюдать правила техники безопасности при работе с СВЧ - излучениями. СВЧ - излучения могут представлять опасность для жизни и здоровья человека.

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

4.3 ЗАПРЕЩАЕТСЯ проведение измерений при отсутствии или неисправности заземления аппаратуры, используемой совместно с антеннами.

4.4 Эксплуатация и обслуживание антенн должна осуществляться персоналом, прошедшим специальную подготовку и изучившим требования безопасности по ГОСТ 22261, ГОСТ 12.2.091, ГОСТ 26104, инструкцию по правилам и мерам безопасности и прошедшие инструктаж на рабочем месте.

4.5 Обслуживающий персонал должен иметь группу по электробезопасности не ниже третьей согласно «Межотраслевых правил по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок «ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00».

4.6 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.

5 Основные сведения, условия эксплуатации антенн

5.1 Основные сведения антенн представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Основные сведения

Наименование параметра, оборудования	Значение
Модификация антенн П6-231	
П6-231/1, диапазон рабочих частот, ГГц	18,0 - 26,5
П6-231/2, диапазон рабочих частот, ГГц	26,5 - 40,0
П6-231/3, диапазон рабочих частот, ГГц	40,0 - 60,0
П6-231/4, диапазон рабочих частот, ГГц	50,0 - 75,0
П6-231/5, диапазон рабочих частот, ГГц	75,0 - 110,0
Поляризация антенн	Линейная
Коэффициент усиления G в зависимости от частоты f , дБ $G = a \times f^2 + b \times f + c$, где f – частота, ГГц; a, b, c – коэффициенты антенн:	Значения коэффициентов антенн
П6-231/1	$a = -0,0111; b = 0,78; c = 13,1$
П6-231/2	$a = -0,0051; b = 0,53; c = 13,0$
П6-231/3	$a = -0,0023; b = 0,35; c = 13,6$
П6-231/4	$a = -0,0016; b = 0,28; c = 13,7$
П6-231/5	$a = -0,0006; b = 0,19; c = 11,7$
Коэффициент усиления антенн в диапазоне рабочих частот не менее, дБ	21,0
Предел погрешности коэффициента усиления антенн, дБ	$\pm 1,0$
КСВН входа, не более:	2,0
Волноводный СВЧ выход	
П6-231/1	WR-42 сечение 10,668×4,318 мм
П6-231/2	WR-28 сечение 7,112×3,556 мм
П6-231/3	WR-19 сечение 4,775×2,388 мм
П6-231/4	WR-15 сечение 3,759×1,880 мм
П6-231/5	WR-10 сечение 2,54×1,27 мм
Максимальная подводимая мощность, Вт	10,0
Габаритные размеры антенны, мм, не более:	
П6-231/1	315×105×88
П6-231/2	213×88×88
П6-231/3	145×38×49

Наименование параметра, оборудования	Значение
П6-231/4	101×32×39
П6-231/5	66×29×26
Масса антенны, кг, не более:	
П6-231/1	0,5
П6-231/2	0,3
П6-231/3	0,1
П6-231/4	0,05
П6-231/5	0,03
Рабочие условия эксплуатации:	
температура окружающего воздуха, °С	от минус 40 до плюс 50;
относительная влажность при температуре 35°С, %, не более	80
атмосферное давление, мм рт. ст.	от 630 до 800

Примечание: *Коэффициент усиления антенны для заданной частоты определяется по графику (приложение А), либо по таблице (приложение Б), придаваемым к антенне, и может уточняться в процессе эксплуатации по результатам периодической проверки.*

6 Устройство и работа антенны

Антенны выполнены по схеме «оптимальных» рупоров с волноводным выходом прямоугольного сечения и имеют форму усеченной пирамиды с прямоугольным основанием и вершиной. Конструкция антенн обеспечивает малый коэффициент стоячей волны по напряжению (далее - КСВН) в широком диапазоне частот и монотонную частотную зависимость коэффициента усиления. Антенны обеспечивают излучение и приём линейно-поляризованного электромагнитного поля, плоскость поляризации которого параллельна узкой стенке волноводного тракта.

Для расширения функциональных возможностей и обеспечения совместимости с разными типами измерительной техники антенны могут комплектоваться волноводными и коаксиально-волноводными переходами.

Конструкция антенн предусматривает возможность крепления на специализированную диэлектрическую треногу КНПР.301554.001 или опору любого типа с использованием элементов крепления производства АО «СКАРД-Электроникс».

Общий вид антенны П6-231/1 представлен на рис. 1.

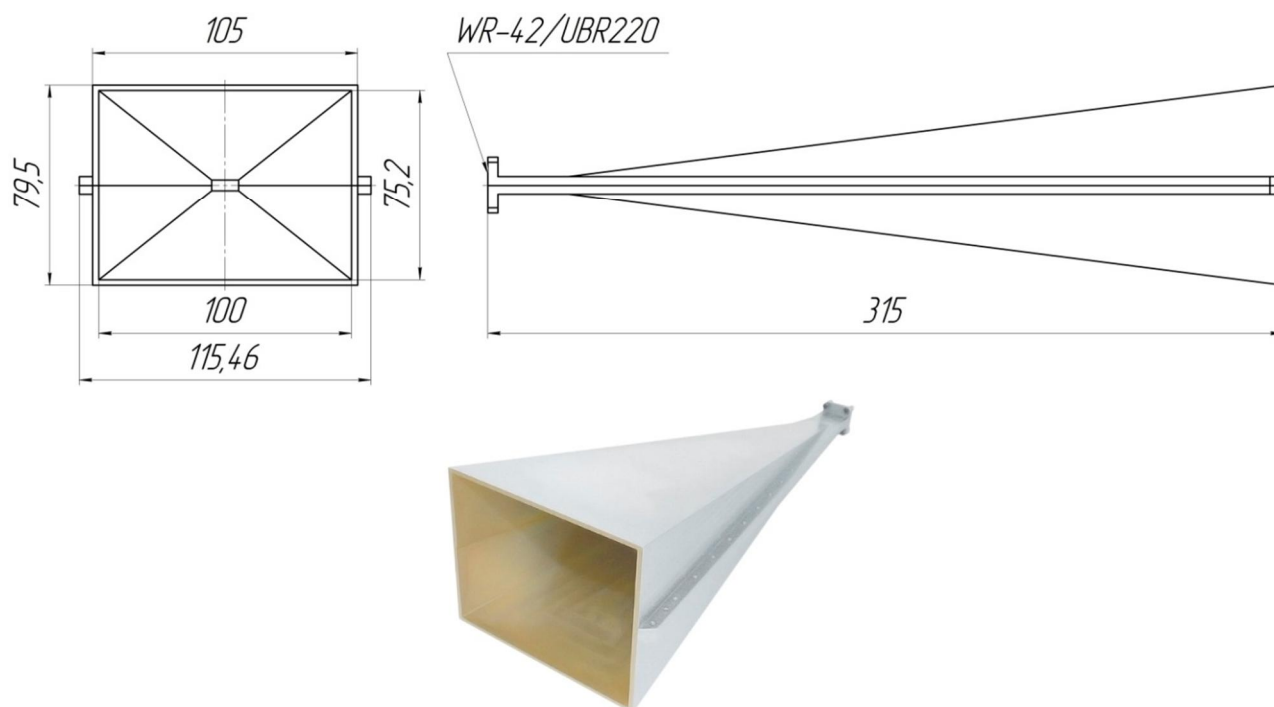


Рисунок 1 – Общий вид антенны П6-231/1

Общий вид антенны П6-231/2 представлен на рис. 2.

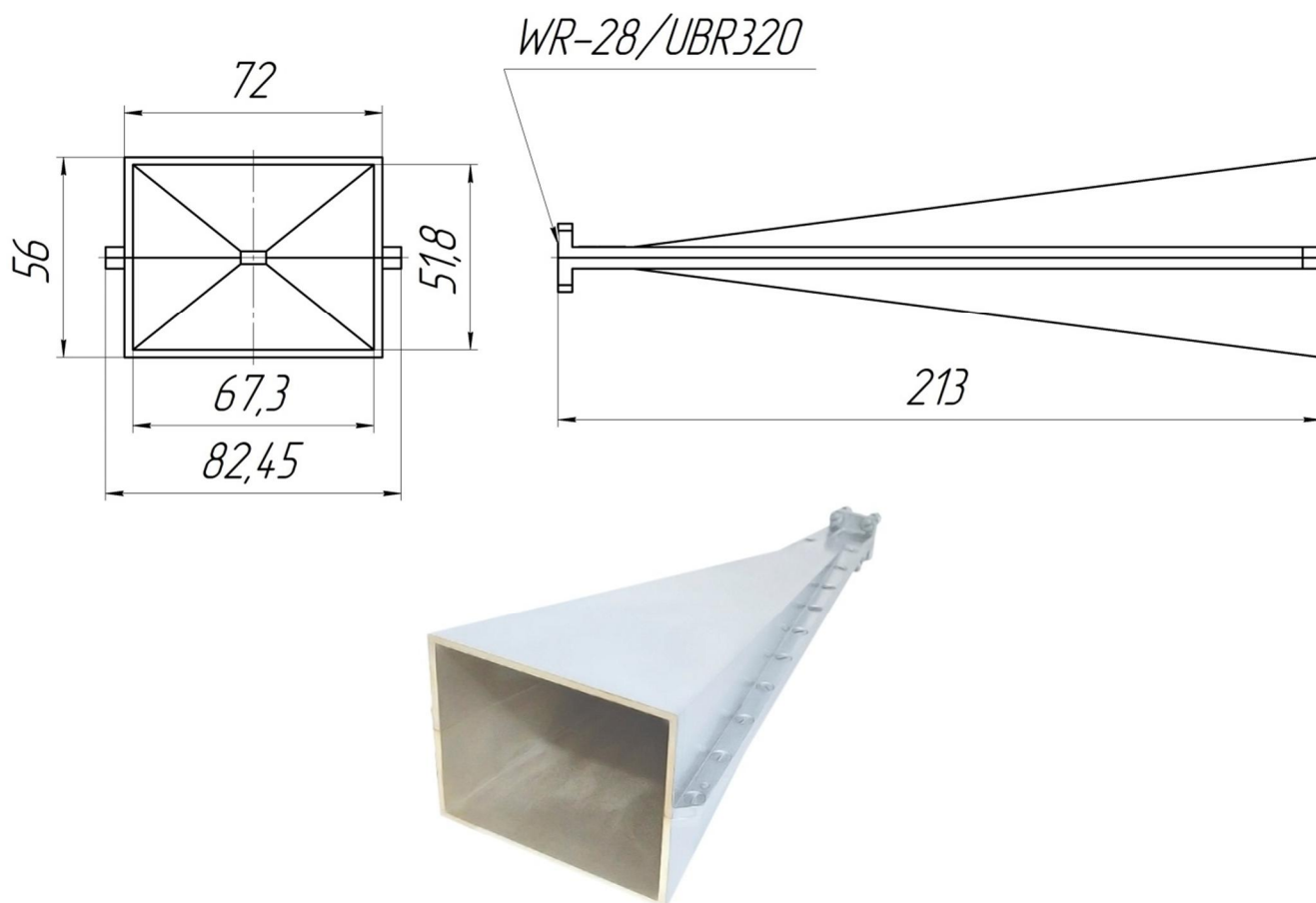


Рисунок 2 – Общий вид антенны П6-231/2

Общий вид антенны П6-231/3 представлен на рис. 3

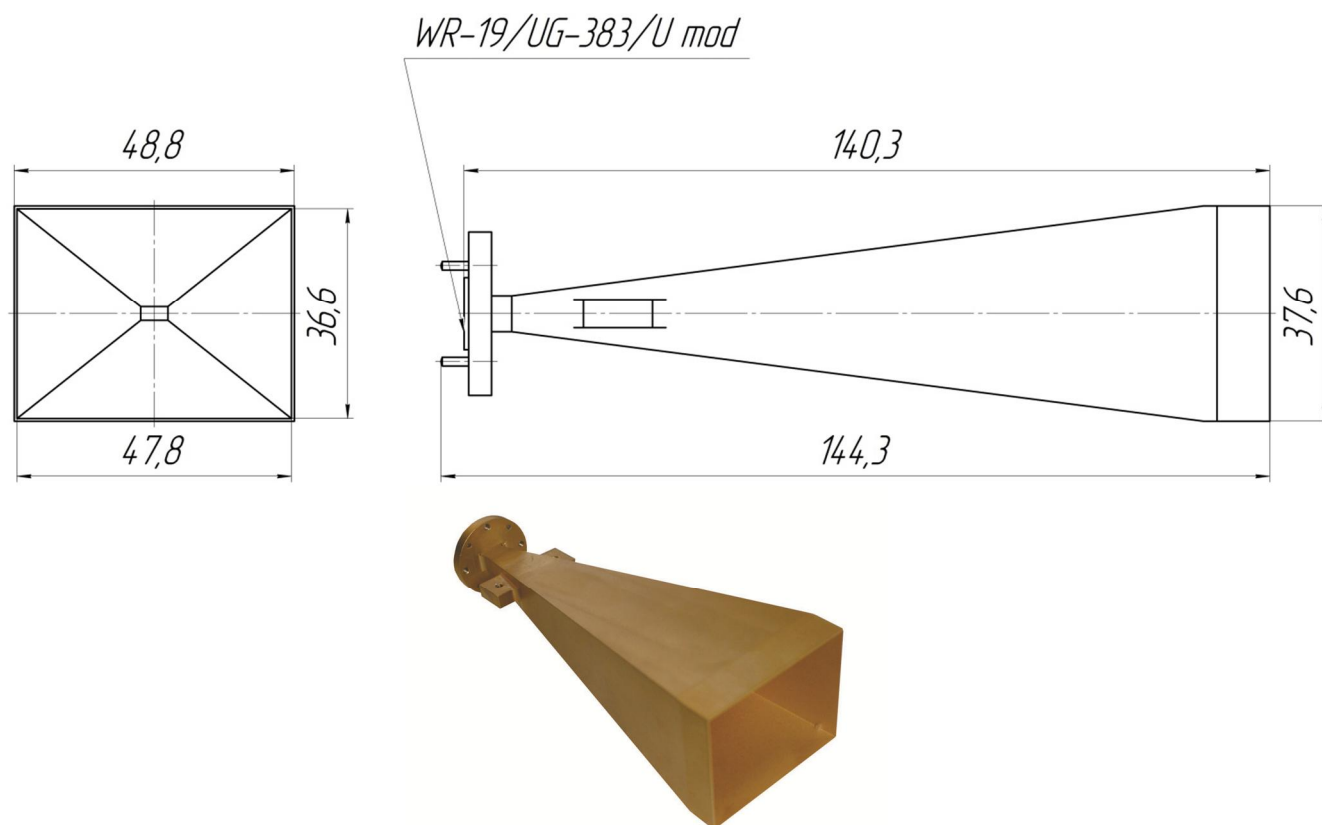


Рисунок 3 – Общий вид антенны П6-231/3

Общий вид антенны П6-231/4 представлен на рис. 4
WR-15/UG-385/U

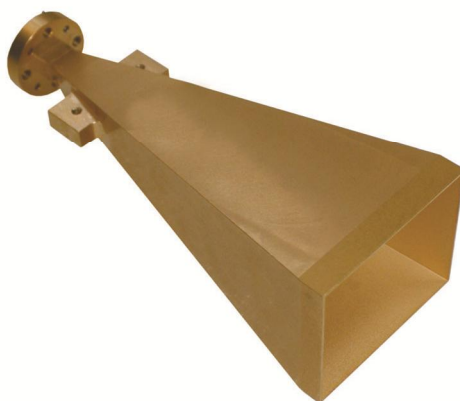
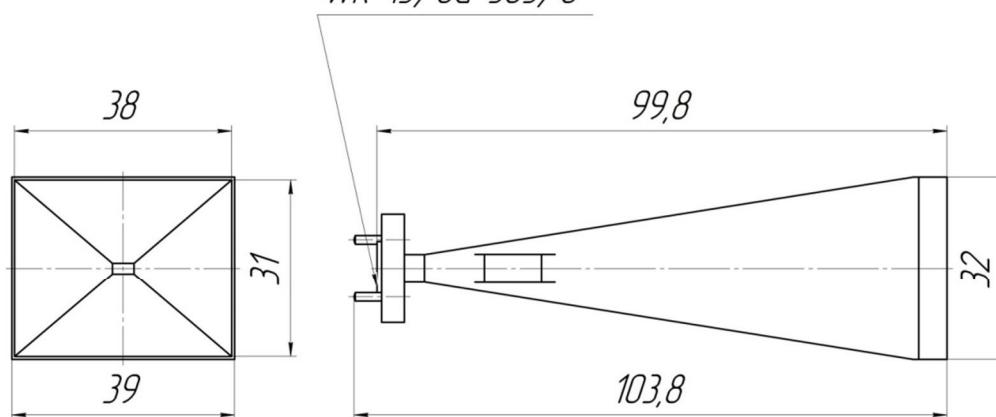


Рисунок 4 – Общий вид антенны П6-231/4

Общий вид антенны П6-231/5 представлен на рис. 5

WR-10/UG-387/U mod

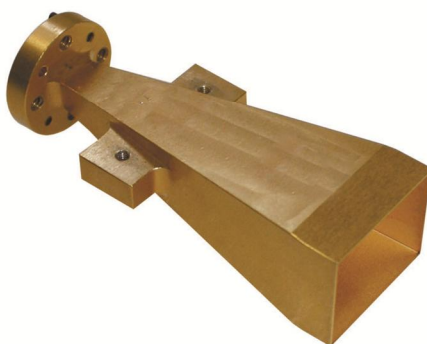
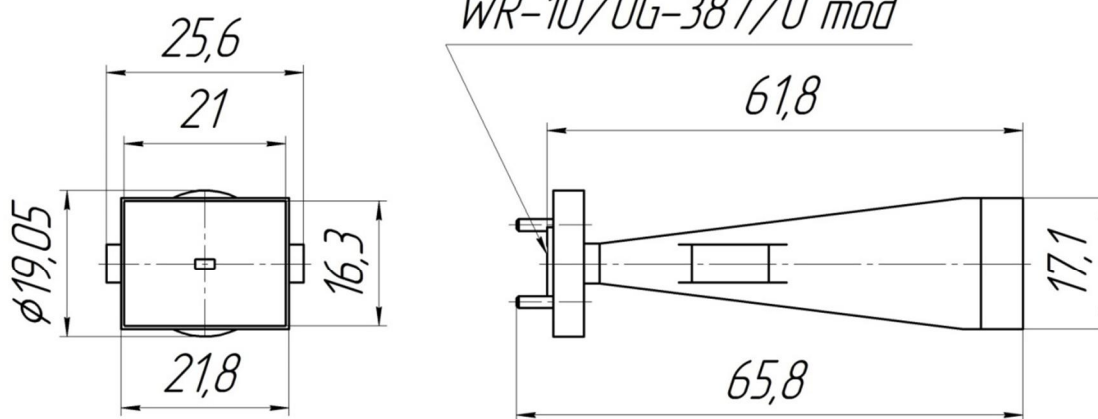


Рисунок 5 – Общий вид антенны П6-231/5

7 Заметки по эксплуатации и хранению

7.1 Эксплуатационные ограничения, меры безопасности, уровень подготовки обслуживающего персонала

7.1.1 Перед началом эксплуатации антенны необходимо изучить Руководство по эксплуатации и Формуляр.

7.1.2 При работе с антенной персонал должен владеть основами работы с антенно-фидерной техникой. В процессе работы с антенной запрещается её использование для решения нефункциональных задач.

7.1.3 Персонал обязан строго выполнять правила техники электробезопасности.

7.1.4 При проведении измерений или использовании антенны в качестве передающей соблюдайте правила техники безопасности при работе с СВЧ-излучениями. СВЧ-излучения могут представлять опасность для жизни и здоровья человека.

7.1.5 При выполнении работ по монтажу антенны и в процессе использования ЗАПРЕЩАЕТСЯ оказывать механические воздействия, приводящие к изменению габаритных размеров, а также целостности и исправности антенны.

7.1.6 КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ использование измерительных кабелей, оборудованных соединителями, имеющими несовместимый стандарт резьбового и канального соединения с антенной.

7.2 Подготовка к работе и порядок работы

1) используя элементы крепления, установите антенну на опору в месте эксплуатации (опора в комплект антенны не входит);

2) установите необходимую поляризацию;

3) вращением антенны установите необходимые углы азимута и элевации;

4) соедините клемму заземления антенны и измерительный прибор с шиной заземления.

Антенна готова к работе.

7.3 Использование антенны

7.3.1 Режим приёма

1) подключите к волноводному входу антенны радиочастотный тракт используемого приёмного устройства (селективный микровольтметр, анализатор спектра). При необходимости используйте волноводно-волноводные или волноводно-коаксиальные переходы. В случае несоответствия сечений разъемов кабеля и волноводно-коаксиального перехода используйте прецизионный СВЧ переход из состава комплекта вашего измерительного прибора. При вычислении характеристик принимаемых электромагнитных полей параметры используемого радиочастотного тракта должны быть учтены отдельно.

2) подготовьте используемое приёмное измерительное устройство в соответствии с его руководством по эксплуатации и приступайте к проведению измерений.

П р и м е ч а н и е - Значения коэффициента усиления антенны, взятые из таблицы Б.1 (приложение Б) Формуляра, действительны при проведении измерений в дальней зоне антенны.

7.3.2 Режим передачи

1) подключите к волноводному входу антенны радиочастотный тракт используемого передающего устройства. При необходимости используйте волноводно-волноводные или волноводно-коаксиальные переходы. В случае несоответствия сечений разъемов кабеля и волноводно-коаксиального перехода используйте прецизионный СВЧ переход из состава комплекта вашего измерительного прибора. При вычислении характеристик генерируемых электромагнитных полей параметры используемого радиочастотного тракта должны быть учтены отдельно.

2) подготовьте используемое передающее измерительное устройство в соответствии с его руководством по эксплуатации и приступайте к проведению измерений.

7.4 Проведение измерений.

При подготовке к измерениям следует убедиться в полной исправности и работоспособности 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.

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

Измерения проводить на согласованной поляризации электромагнитного поля. Передающая антенна, эталонная (испытуемая) антенна устанавливаются на стойках так, чтобы центры их раскрывов находились на одинаковой высоте от поверхности земли (пола).

Антенны должны 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.

7.4.1 Измерение плотности потока энергии электромагнитного поля

- выполните соединения в соответствии с 7.3.1 и схемой, приведённой на рисунке 6.

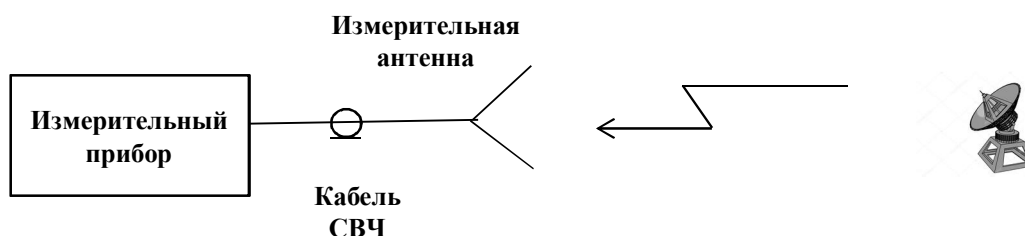


Рисунок 6 – Схема соединения приборов при измерении плотности потока энергии

- поворачивайте измерительную антенну по азимуту, углу места и поляризации до получения максимального показания мощности на входе приёмного устройства и произведите отсчёт мощности P [Вт].

Действительное значение мощности P_0 в ваттах, принятой антенной, определяется с учётом ослабления радиочастотного тракта по формуле:

$$P_0 = P \cdot 10^{0,1N}, \quad (2)$$

где N – величина ослабления радиочастотного тракта (положительное число), дБ.

- рассчитайте плотность потока энергии S в точке расположения антенны в по формуле:

$$\rho = \frac{P_0}{S_{эф}}, \quad (3)$$

где $S_{эф} = \frac{G_{лин} \cdot \lambda^2}{4\pi}$ – эффективная площадь антенны, определяемая для каждой частоты, м²;

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

$G = a \times f^2 + b \times f + c$ – КУ антенны в логарифмическом масштабе, дБ (где f – частота в гигагерцах, коэффициенты a, b, c – из таблицы 6 раздела 5 для каждой модификации антенн).

Погрешность измерений плотности потока энергии δ_ρ оценивается по формуле:

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

где δ_P – погрешность измерения мощности измерительным прибором;

δ_K – погрешность измерений по ослаблению в радиочастотном тракте;

δ_G – погрешность коэффициента усиления антенны;

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

П р и м е ч а н и е – Величины в формуле (4) должны быть выражены в линейном

масштабе. Для представления результата вычислений в децибелах логарифмируйте его.

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

$$\delta'_{отр} = \frac{(1-|\Gamma_A|^2)(1-|\Gamma_{ин}|^2)}{(1-\sigma+|\Gamma_A|\cdot|\Gamma_{ин}|\cdot|\Gamma_1|^2)^2} - 1; \quad (5)$$

$$\delta''_{отр} = \frac{(1-|\Gamma_A|^2)(1-|\Gamma_{ин}|^2)}{(1+\sigma+|\Gamma_A|\cdot|\Gamma_{ин}|\cdot|\Gamma_1|^2)^2} - 1, \quad (6)$$

$$\sigma = |\Gamma_A| \cdot |\Gamma_1| + |\Gamma_1| \cdot |\Gamma_{ин}| + \frac{1}{K} |\Gamma_A| \cdot |\Gamma_{ин}| \quad (7)$$

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

K – ослабление кабеля в линейных единицах.

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

$$|\Gamma| = \frac{K_{сгУ}-1}{K_{сгУ}+1}. \quad (8)$$

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:

$$\delta'_{отр} = \frac{(1-|\Gamma_A|^2)(1-|\Gamma_{ин}|^2)}{(1-|\Gamma_A|\cdot|\Gamma_{ин}|)^2} - 1; \quad (9)$$

$$\delta''_{отр} = \frac{(1-|\Gamma_A|^2)(1-|\Gamma_{ин}|^2)}{(1+|\Gamma_A|\cdot|\Gamma_{ин}|)^2} - 1. \quad (10)$$

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

7.4.2 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:

$$P = \frac{\rho \lambda^2 l^2}{S_{эф}}, \quad (11)$$

где λ – длина волны, м;

- выполните соединения в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 7 учитывая 7.3.2;

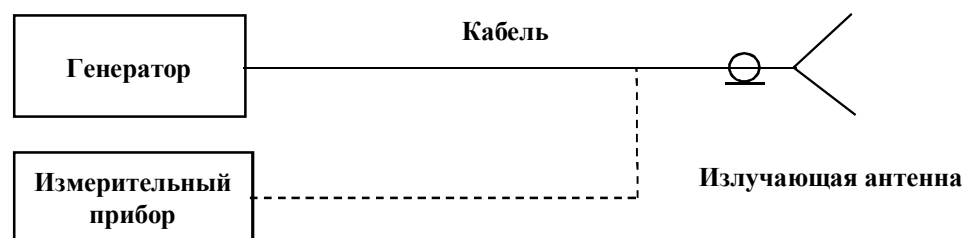


Рисунок 7 – Схема соединения приборов для создания электромагнитного поля с заданной плотностью потока энергии

- 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:

$$\delta_S = \pm 1,1 \sqrt{\delta_p^2 + \delta_G^2 + (2\delta_l)^2 + (2\delta_\lambda)^2 + \delta_{отр}^2}, \quad (12)$$

где δ_l – погрешность определения расстояния;

П р и м е ч а н и е – Величины в формуле (12) 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:

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

$$\delta''_{отр} = \frac{(1-|\Gamma_r|^2)(1-|\Gamma_r \cdot |\Gamma_{им}|)^2}{(1-|\Gamma_{им}|^2)(1+|\Gamma_r \cdot |\Gamma_A|^2)} - 1 \quad (14)$$

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

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

7.4.3 Измерение эффективной площади антенны

- соедините приборы по схеме, приведённой на рисунке 8.

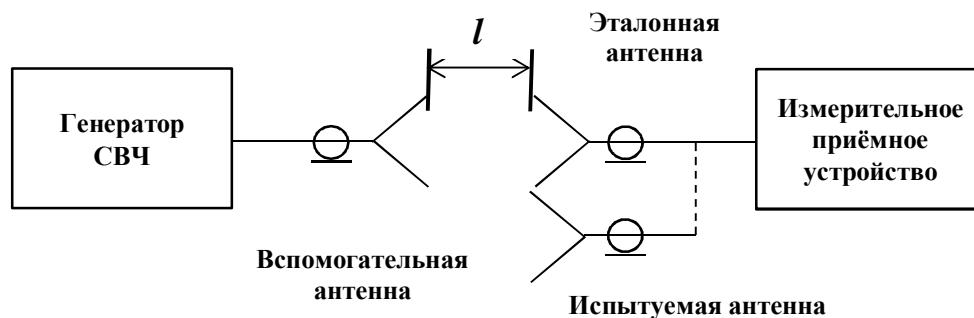


Рисунок 8 – Схема соединения приборов при измерении эффективной площади

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.

Для проведения измерений антенна должна быть установлена в помещении или на открытой площадке без отражающих предметов, размеры которого удовлетворяют условию по расстоянию l [м] между приёмной и передающей антеннами в соответствии с (1), где D_1 , D_2 – наибольшие размеры раскрывов передающей и приёмной антенн, м; λ – длина волны, м.

- устанавливайте в качестве приёмной антенны эталонную или испытываемую антенну, присоединяя их к измерительному прибору непосредственно или с помощью одного и того же радиочастотного тракта.
- поворачивайте приёмную и передающую антенны по азимуту, углу места и поляризации до получения максимального показания измерительного приёмного устройства. Произведите отсчёт мощности $P_{и}$ в ваттах, принятой испытываемой антенной, или мощность $P_{п6}$ в ваттах, принятой антенной П6-231/х.
- определите эффективную площадь $S_{и}$ в испытываемой антенны по формуле:

$$S_{И} = \frac{P_{И}}{P_{П6}} S_{эф}; \quad (15)$$

- погрешность определения эффективной площади вычисляется по формуле:

$$\delta = \pm 1,1 \sqrt{\delta_P^2 + \delta_G^2 + \delta_{отр}^2}, \quad (16)$$

где δ_P – погрешность измерения отношения мощностей измерительным приёмным устройством;

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

$$\delta'_{отр} = \frac{(1-|\Gamma|^2)(1+|\Gamma_o| \cdot |\Gamma_{ин}|)^2}{(1-|\Gamma|^2)(1+|\Gamma_o| \cdot |\Gamma_{ин}|)^2} - 1; \quad (17)$$

$$\delta''_{отр} = \frac{(1-|\Gamma|^2)(1-|\Gamma_o| \cdot |\Gamma_{ин}|)^2}{(1-|\Gamma|^2)(1+|\Gamma_o| \cdot |\Gamma_{ин}|)^2} - 1, \quad (18)$$

где $|\Gamma|$, $|\Gamma_o|$, $|\Gamma_{ин}|$ – 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.

7.4.4 Измерение коэффициента усиления антенны

- присоедините измерительную антенну к измерительному прибору в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 6.

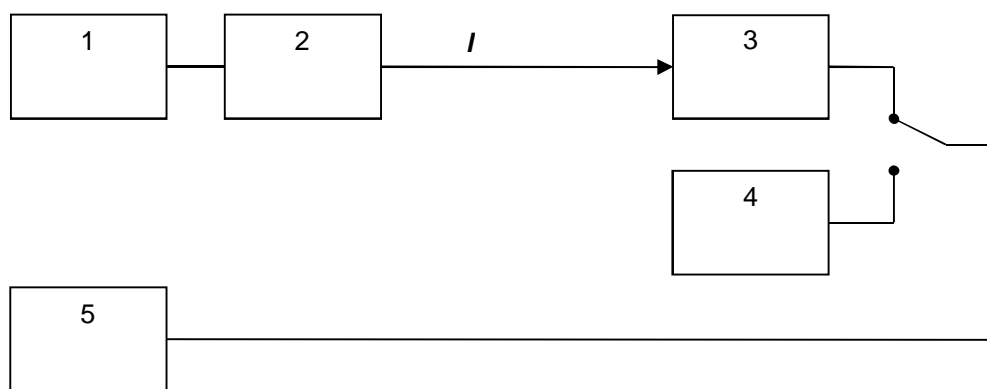


Рисунок 6 - Схема измерений коэффициента усиления антенн методом замены.

1 – генератор сигналов высокочастотный;

2 – излучающая антенна;

3 – образцовая антенна;

4 – испытуемая антенна;

5 – анализатор спектра (измерительный прибор).

Измерительный прибор (приёмник) подготовить к работе в режиме измерений уровней сигналов согласно РЭ. Вход приёмника нагружать поочередно на вход эталонной антенны и испытуемой 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 эталонной антенны по показаниям анализатора спектра. 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 эталонной антенны 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 эталонной 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 поочередно в каждом частотном поддиапазоне.

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

$$G_{исп} = A_{исп} - A_{эт} + G_{эт}, \text{ дБ}, \quad (19)$$

где $G_{эт}$ – коэффициент усиления эталонной антенны в данной частотной точке, дБ, взятый из Свидетельства о поверке антенны.

8 Техническое обслуживание

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

- контрольный осмотр;
- техническое обслуживание №1.

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

8.3 При контрольном осмотре проведите визуальную проверку:

- состояния разъёмов антенны и кабеля;
- отсутствия механических повреждений изделий комплекта антенны.

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

8.5 При ТО-1 проведите работы по пункту 8.3 (КО).

8.6 Проведите очистку:

- поверхностей изделий ветошью;
- от пыли, загрязнений и окислений СВЧ соединители спиртом этиловым ректифицированным техническим ГОСТ 18300-87;
- 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;
- чистку гнездовых контактов производить промывкой спиртом этиловым ректифицированным техническим с последующей продувкой сжатым воздухом.

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

9 Ремонт антенны.

9.1 Ремонт антенн производит предприятие изготовитель.

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

Таблица 3 Перечень возможных неисправностей и методы их устранения.

Неисправность	Вероятная причина	Метод устранения
Режим приёма		
При соединении	Недостаточный уровень ВЧ сигнала	Проверить установки параметров

Неисправность	Вероятная причина	Метод устранения
антенны с радиочастотным трактом приёмника нет отклика сигнала ВЧ на анализаторе.	на входе измерительной антенны.	на анализаторе спектра или проверить антенну по тестовому сигналу или сигналу с известным достаточным уровнем.
	Нет совпадения оптической и электрической оси рупора с источником сигнала.	Необходимо направить измерительную антенну на источник сигнала таким образом, чтобы оптическая и электрическая ось совпали, при этом необходимо учитывать направление поляризации источника.
При соединении антенны с помощью измерительного кабеля нет сигнала на выходе измерительного кабеля	Неисправен измерительный кабель	Проверить измерительный кабель, при необходимости заменить.
Режим передачи		
При соединении антенны с радиочастотным трактом генератора (усилителя мощности) ВЧ 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.
	Нет совпадения оптической и электрической оси антенны с источником сигнала.	Необходимо направить измерительную антенну таким образом, чтобы оптическая и электрическая ось совпали с передающей, при этом необходимо учитывать направление поляризации источника.
При соединении антенны с помощью измерительного кабеля нет сигнала на выходе измерительного кабеля	Неисправен измерительный кабель	Проверить измерительный кабель, при необходимости заменить.

10 Поверка антенны

10.1 Первичной проверке подлежат антенны до ввода в эксплуатацию и после ремонта. При эксплуатации антенны подлежат периодической проверке. Интервал между проверками 2 (два) года.

10.2 Поверка антенны осуществляется в соответствии ПР 50.2.006 по методике проверки МП П6-231-2023.

11 Хранение

11.1 На хранение ставится полностью укомплектованное изделие.

11.2 Установлены следующие сроки хранения изделия:

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

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

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

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

11.6 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.

12 Транспортирование

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

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

12.3 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.


12.4 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.

13 Тара и упаковка

13.1 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.

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

13.3 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).

13.4 На верхнюю часть картонной упаковки и на боковые стороны наносятся основные, дополнительные и информационные знаки: по ГОСТ 14192-77 

14 Консервация/расконсервация

14.1 Меры безопасности при консервации/расконсервации.

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

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

14.1.3 Помещение для консервации должно быть оборудовано приточно-вытяжной

вентиляцией.

14.1.4 ЗАПРЕЩАЕТСЯ по окончании оставлять консервационные материалы на месте консервации.

14.1.5 Консервацию (расконсервацию) антенн в помещении проводить при температуре воздуха не менее 15 °С.

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

14.2 Консервация

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

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

14.2.3 Произведите консервацию неокрашенных металлических частей изделия смазкой ПВК (пушечная).

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

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

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

14.2.7 На законсервированное изделие повесить табличку с указанием даты консервации.

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

14.2.9 Сделайте соответствующую запись в формуляре изделия.

14.3 Расконсервация.

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

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

14.3.3 Провести ТО-1.

14.3.4 Сделайте соответствующую запись в формуляре изделия.

15 Маркировка и пломбирование

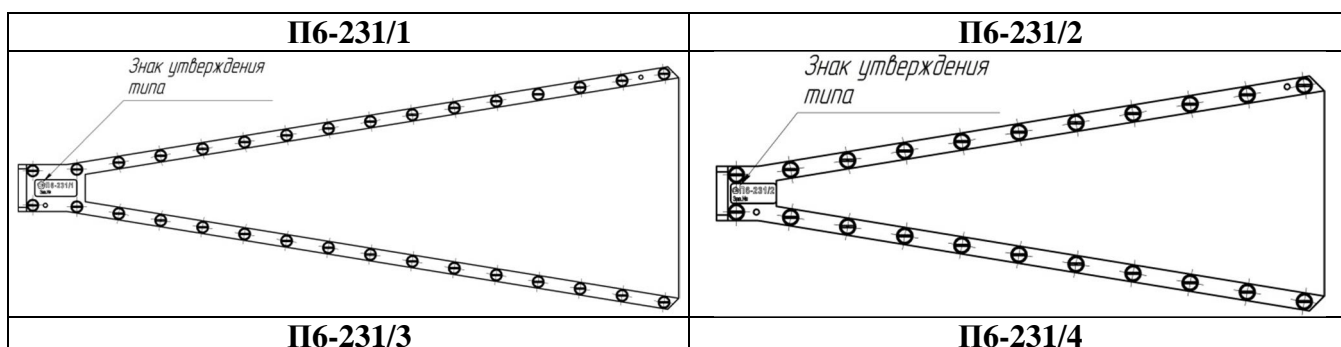
15.1 Антенна маркируется путем размещения этикетки/шильдика.

15.2 На этикетки/шильдики наносится следующая обязательная информация:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- заводской номер изделия;

15.3 Необходимость в пломбировании антенн отсутствует. В особых случаях (по согласованию с Заказчиком) антенна может пломбироваться в соответствии с ГОСТ 18680-73.

На рисунке 9 изображено нанесение Знака утверждения типа антенн



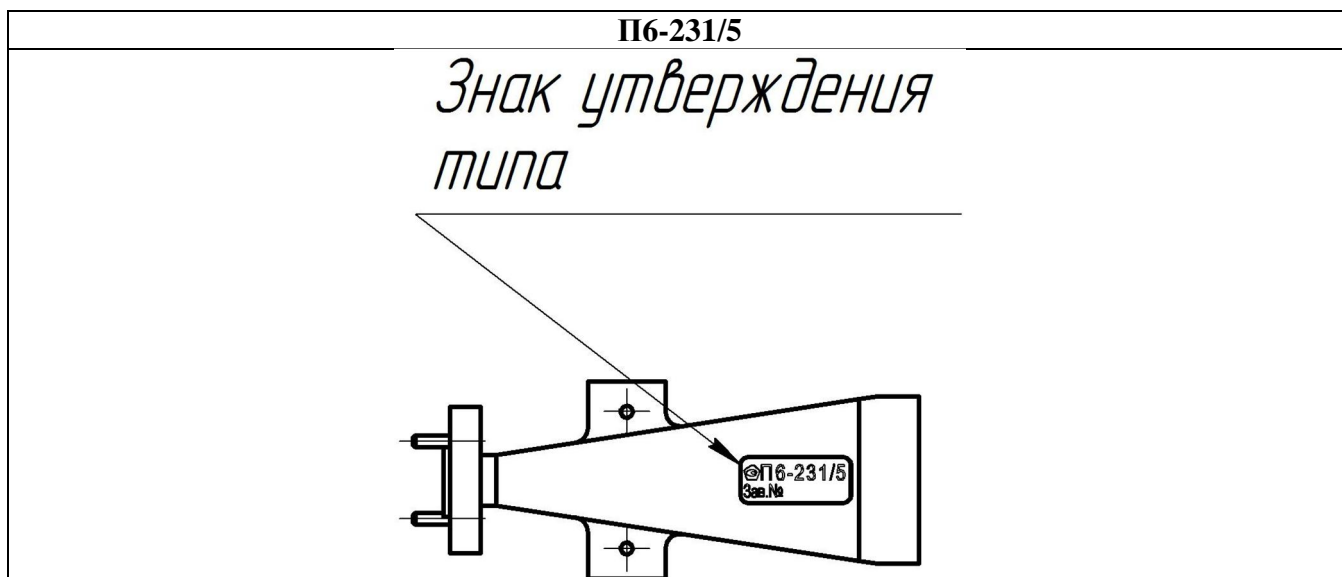
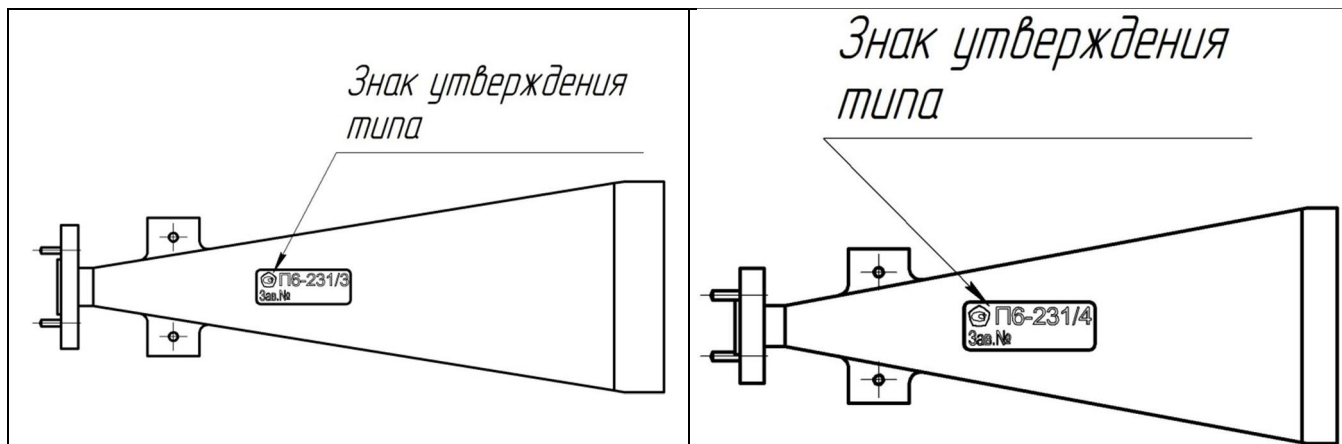
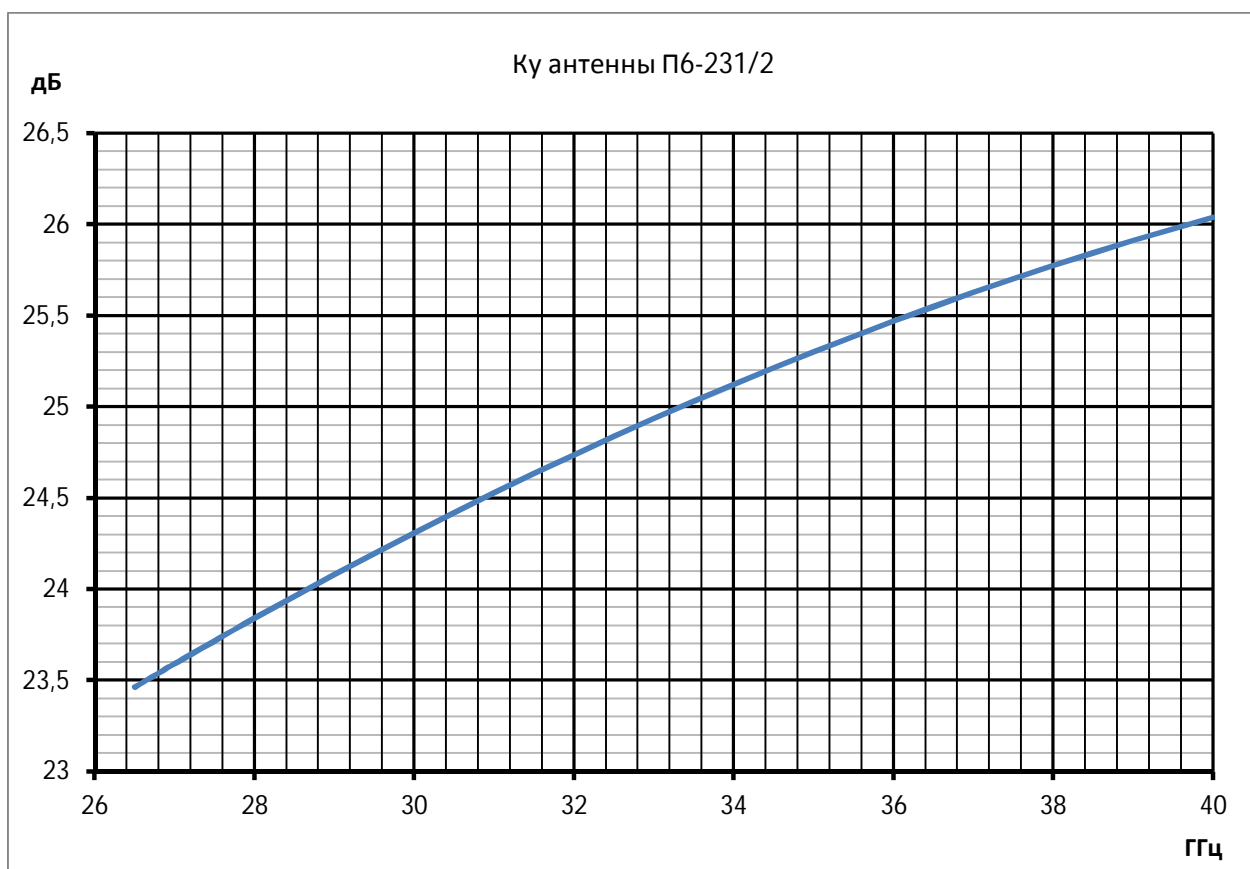
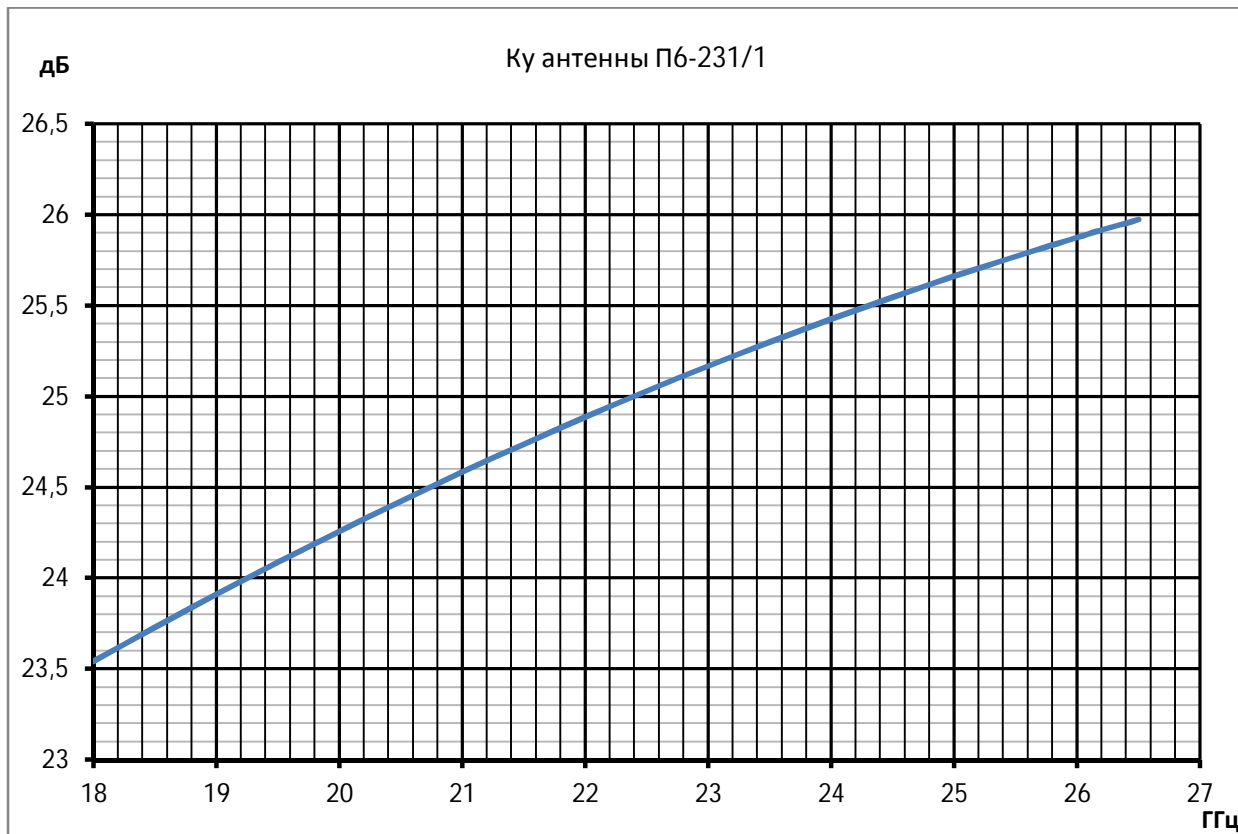
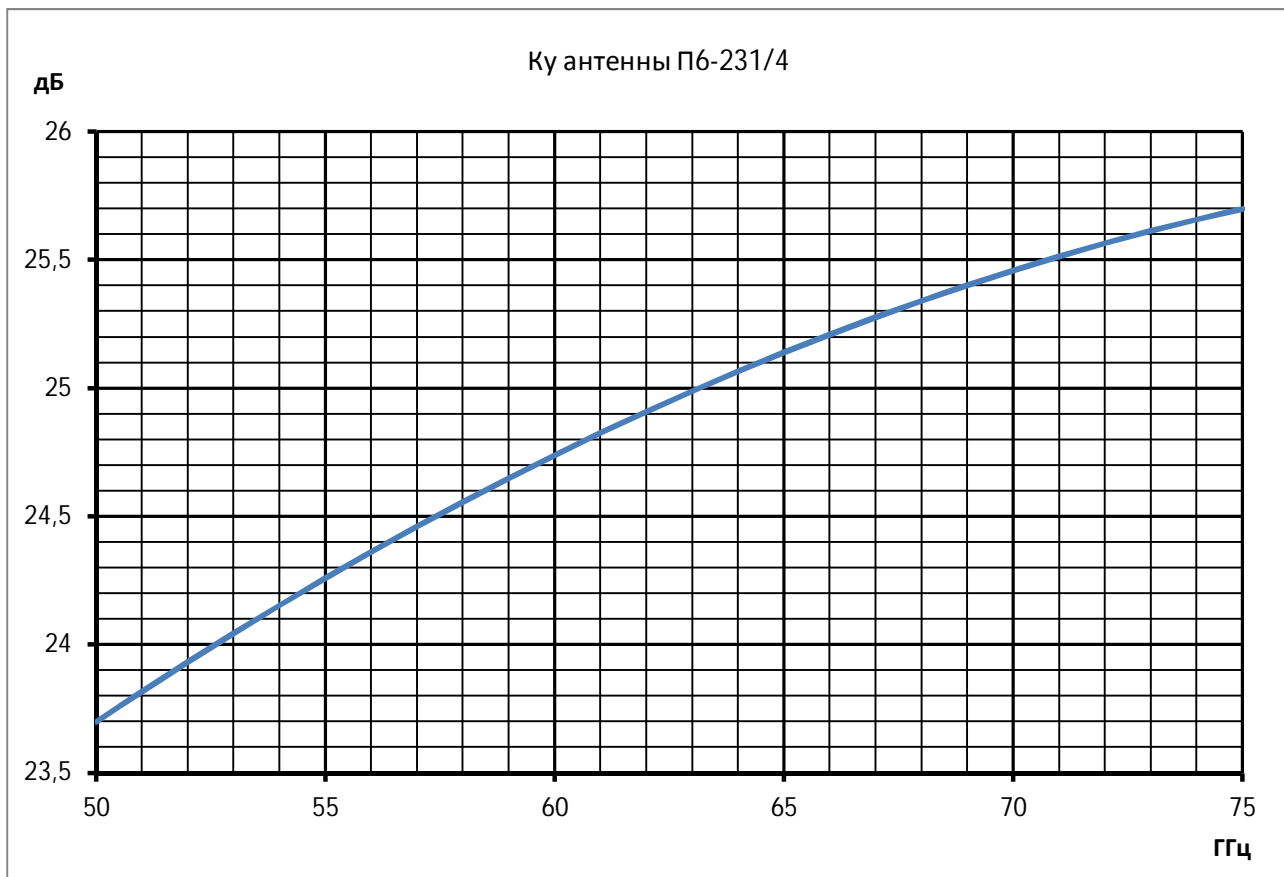
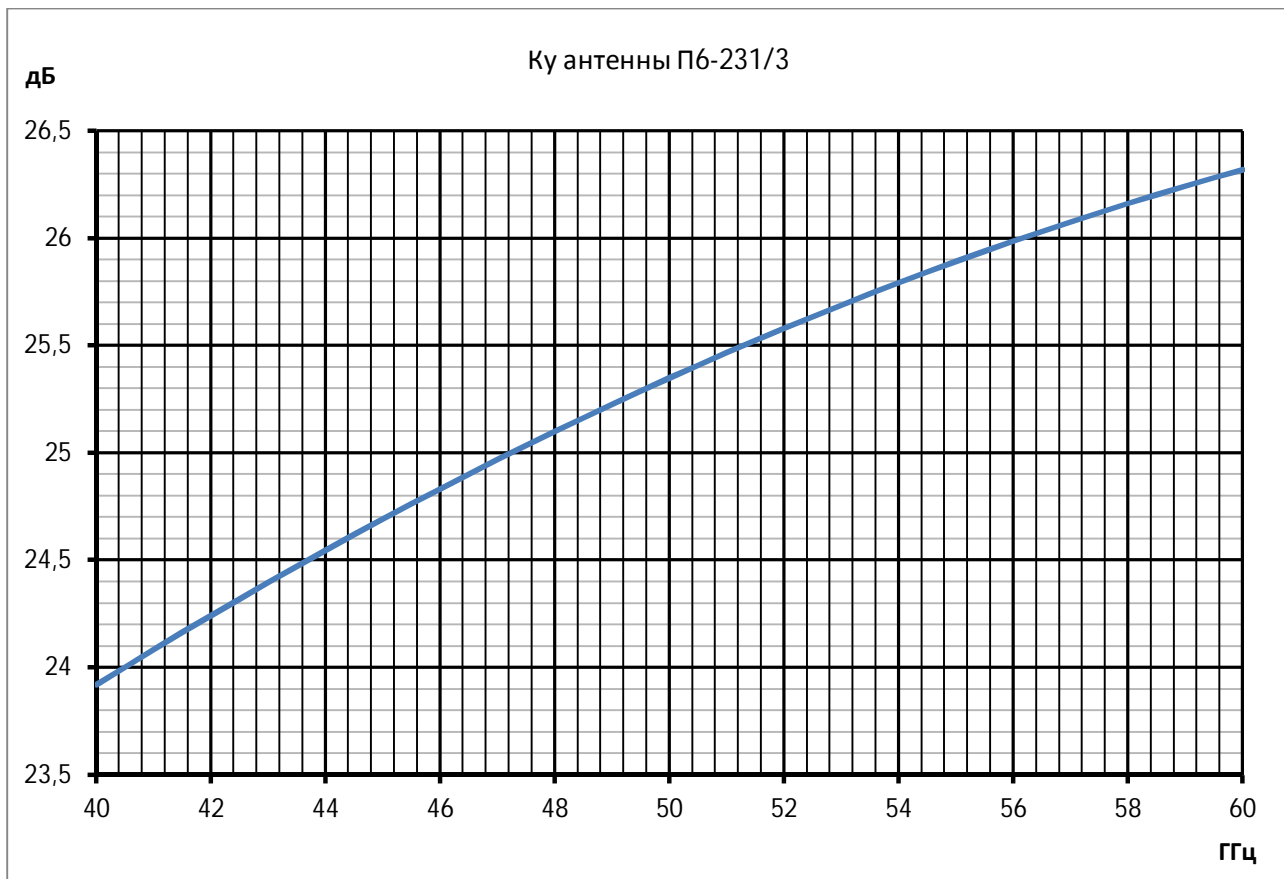


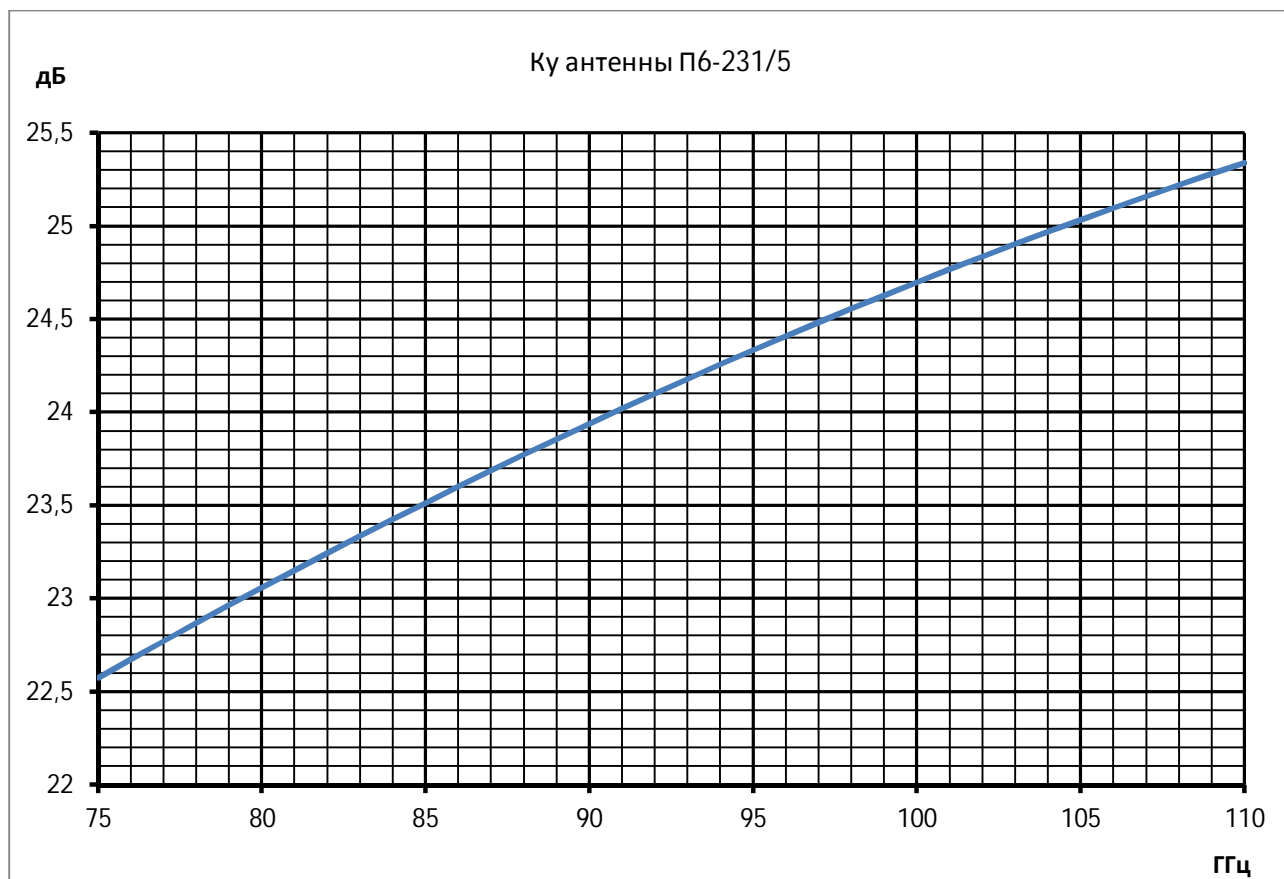
Рисунок 9: Изображение нанесения Знака утверждения типа антенн

Приложение А. Графики зависимости K_u от частоты (расчётные).

Графики зависимости коэффициента усиления антенн измерительных рупорных Пб-231/х от частоты.







Приложение Б. Формулы пересчёта величин

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

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

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

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

Пересчёт коэффициента усиления G в эффективную площадь $S_{\text{эф}}$ [м²] и обратно
(l - длина волны в метрах)

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

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

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

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.