

СОГЛАСОВАНО  
Первый заместитель генерального  
директора — заместитель по научной работе  
ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.Н. Щипунов



24 » 09 2021 г.

**Государственная система обеспечения единства измерений**  
**Рабочий эталон единицы эффективной площади антенн**  
**П1-77**

**Методика поверки**  
**П1-77-1-2021 МП**

р. п. Менделеево  
2021 г.

## Содержание

1	ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	3
2	ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	4
3	ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	4
4	ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ.....	4
5	МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ .....	5
6	ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ....	5
7	ВНЕШНИЙ ОСМОТР.....	5
8	ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	6
8.1	Подготовка к поверке .....	6
8.2	Опробование.....	6
9	ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	7
9.1	Определение КСВН антенн П6-59 .....	7
9.2	Определение КСВН антенн П6-69/Э.....	7
9.3	Определение относительной погрешности эффективной площади антенн П6-59.....	7
9.4	Определение относительной погрешности эффективной площади антенн П6-69/Э.....	10
10	ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ .....	13
11	ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	13

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (далее — МП) устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок рабочего эталона единицы эффективной площади антенн П1-77, заводской № 1, (далее — П1-77), используемого в качестве рабочего эталона в соответствии с ГОСТ Р 8.574-2000 ГСИ «Государственная поверочная схема для средств измерений плотности потока энергии электромагнитного поля в диапазоне частот от 0,3 до 178,4 ГГц», изготовленного обществом с ограниченной ответственностью Научно-производственная компания «Эталон-Тест» (ООО НПК «Эталон-Тест»), г. Москва, г. Зеленоград.

1.2 Первичной поверке подлежит П1-77 до ввода его в эксплуатацию и после ремонта. Периодической поверке подлежит П1-77, находящийся в эксплуатации или на хранении.

1.3 При подтверждении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы эффективной площади антенн в соответствии с ГОСТ Р 8.574-2000 ГСИ «Государственная поверочная схема для средств измерений плотности потока энергии электромагнитного поля в диапазоне частот от 0,3 до 178,4 ГГц», подтверждающая прослеживаемость результатов измерений к государственному первичному эталону единицы плотности потока энергии электромагнитного поля в диапазоне частот 0,3–178 ГГц ГЭТ 160-2006. Поверка П1-77 проводится методом компарирования, в соответствии с государственной поверочной схемой (ГОСТ Р 8.574-2000, Приложение А).

1.4 Передача П1-77 единицы эффективной площади поверяемым средствам измерений осуществляется методом сличения с помощью компаратора в соответствии с Приложением А ГОСТ Р 8.574-2000.

1.5 В результате поверки П1-77 должны быть подтверждены следующие требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 — Требования, подтверждаемые при поверке

Наименование требования (характеристики)	Значение
КСВН антенн измерительных рупорных (далее — антенн) П6-59, не более	2,0
КСВН антенн измерительных рупорных (далее — антенн) П6-69/Э, не более	1,5
Пределы допускаемой относительной погрешности эффективной площади антенн П6-59, %	±12
Пределы допускаемой относительной погрешности эффективной площади антенн П6-69/Э, %	±12

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки П1-77 должны быть выполнены операции, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 — Операции поверки П1-77

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операций при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	7	да	да
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	да	да
3 Определение метрологических характеристик средства измерений	9		
3.1 Определение КСВН антенн П6-59	9.1	да	да
3.2 Определение КСВН антенн П6-69/Э	9.2	да	да
3.3 Определение относительной погрешности эффективной площади антенн П6-59	9.3	да	да
3.4 Определение относительной погрешности эффективной площади антенны П6-69/Э	9.4	да	да

2.2 На основании решения эксплуатирующей организации допускается проведение поверки П1-77 с неполным составом антенн по соответствующим пунктам настоящей методики поверки. Соответствующая запись должна быть сделана в документе П1-77.0040.15 ФО.

## 3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха: от 15 до 25 °С;
- влажность окружающего воздуха: от 30 до 80%;
- атмосферное давление: от 630 до 800 мм рт.ст.

## 4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка должна осуществляться лицами со средним или высшим техническим образованием, аттестованными в качестве поверителей в области радиотехнических измерений в установленном порядке и имеющими квалификационную группу электробезопасности не ниже второй.

4.2 Перед проведением поверки поверитель должен предварительно ознакомиться с документом П1-77.0040.15 РЭ «Рабочий эталон единицы эффективной площади антенн П1-77. Руководство по эксплуатации» (далее — П1-77.0040.15 РЭ).

## 5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки П1-77 должны применяться средства поверки, которые приведены в таблице 3.

Таблица 3 — Средства измерений для поверки П1-77

Пункт МП	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
9.1, 9.2	Анализатор электрических цепей векторный ZVA50 (далее — ZVA50), диапазон частот — от 10 до 50000 МГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения $ S_{11} $ и $ S_{22}  \pm(0,4-0,6)$ дБ в диапазоне частот от 50 до 50000 МГц при значениях $ S_{11} $ и $ S_{22} $ от 3 до минус 15 дБ
9.3, 9.4	Государственный первичный эталон единицы плотности потока энергии электромагнитного поля в диапазоне частот 0,3–178 ГГц ГЭТ 160-2006 (далее — ГЭТ 160-2006), номинальные значения диапазона (0,1–10) Вт/м <sup>2</sup> , случайная составляющая погрешности воспроизведения $(1,5-2,5) \cdot 10^{-2}$ , неисключенная систематическая составляющая погрешности $(4-9) \cdot 10^{-2}$
9.3, 9.4	Рулетка измерительная металлическая two COMP 5 m, класс точности 2 по ГОСТ 7502-98

5.2 ГЭТ 160-2006 используется при поверке в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений плотности потока энергии электромагнитного поля в диапазоне частот от 0,3 до 178,4 ГГц (ГОСТ Р 8.574-2000, Приложение А).

5.3 Допускается использовать аналогичные средства поверки, обеспечивающие подтверждение метрологических характеристик с требуемой точностью.

5.4 Средства поверки должны быть исправны и поверены.

## 6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, регламентируемые действующими правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, действующими санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами при работе с СВЧ излучением, а также требования безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на П1-77 и средства поверки.

6.2 Средства поверки должны быть надежно заземлены в соответствии с документацией.

6.3 Сборку измерительной схемы и подключение измерительных приборов разрешается производить только при отключенном питании.

6.4 Размещение и подключение измерительных приборов разрешается производить только при отключенном питании.

## 7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР

7.1 Внешний осмотр П1-77 проводить визуально; при этом проверить:

- комплектность, маркировку и пломбировку;
- отсутствие видимых механических повреждений антенн и соединительных кабелей, входящих в состав П1-77, влияющих на его нормальную работу;
- чистоту и отсутствие видимых повреждений ВЧ соединителей антенн и соединительных кабелей;
- состояние лакокрасочных покрытий и четкость маркировок;
- наличие поверенного ZVA50, входящего в комплект вспомогательного оборудования П1-77.

7.2 Проверку комплектности П1-77 проводить сличением фактической комплектности с данными, приведенными в документе «Рабочий эталон единицы эффективной площади антенн П1-77. Формуляр П1-77.0040.15 ФО» (далее — П1-77.0040.15 ФО).

7.3 Проверку маркирования и пломбирования (наклейки) проводить путем внешнего осмотра и сличением с данными, приведенными в документе П1-77.0040.15 РЭ.

7.4 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если:

- комплектность П1-77 соответствует разделу 4 П1-77.0040.15 ФО;
- маркировка и пломбировка (наклейка) П1-77 соответствует П1-77.0040.15 РЭ, раздел 6;
- ВЧ соединители антенн и соединительных кабелей целые и чистые;
- отсутствуют видимые механические повреждения антенн и соединительных кабелей, влияющие на нормальную работу П1-77;
- отсутствуют повреждения лакокрасочных покрытий, маркировки четкие;
- ZVA50 поверен.

В противном случае результат внешнего осмотра считать отрицательным и последующие операции поверки не проводить.

## **8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

### **8.1 Подготовка к поверке**

8.1.1 Перед проведением операций поверки необходимо произвести подготовительные работы, установленные в п. 10 П1-77.0040.15 РЭ и в руководствах по эксплуатации применяемых средств поверки.

### **8.2 Опробование**

8.2.1 Установить антенну П6-59 из состава П1-77 на первую стойку с опорно-поворотным механизмом (далее — ОПМ) системы позиционирования антенн в пространстве (штатив и устройство горизонтального позиционирования) из состава П1-77, закрепить антенну П6-59 при помощи соответствующего механического адаптера и подключить ее радиочастотным кабелем к генератору сигналов высокочастотному из состава ГЭТ 160-2006, при необходимости используя коаксиальные переходы.

Убедиться в том, что ОПМ обеспечивает перемещение антенны П6-59 по горизонтали и вертикали.

8.2.2 Установить антенну П6-59 из состава П1-77 на вторую стойку ОПМ из состава П1-77, закрепить антенну ОПМ при помощи соответствующего механического адаптера и подключить ее радиочастотным кабелем к измерителю мощности оконечного типа из состава ГЭТ 160-2006, при необходимости используя коаксиальные переходы.

Убедиться в том, что ОПМ стойки обеспечивает перемещение антенны П6-59 по горизонтали и вертикали.

Отсоединить антенну П6-59 от генератора сигналов высокочастотного и снять ее со стойки ОПМ.

Отсоединить антенну П6-59 от измерителя мощности оконечного типа и снять ее со стойки ОПМ.

8.2.3 Установить антенну П6-69/Э из состава П1-77 на первую стойку с ОПМ системы позиционирования антенн в пространстве (штатив и устройство горизонтального позиционирования) из состава П1-77, закрепить антенну П6-69/Э при помощи соответствующего механического адаптера и подключить ее радиочастотным кабелем к генератору сигналов высокочастотному из состава ГЭТ 160-2006, при необходимости используя коаксиальные переходы.

Убедиться в том, что ОПМ обеспечивает перемещение антенны П6-69/Э по горизонтали и вертикали.

8.2.4 Установить антенну П6-69/Э из состава П1-77 на вторую стойку ОПМ из состава П1-77, закрепить антенну ОПМ при помощи соответствующего механического адаптера и подключить ее радиочастотным кабелем к измерителю мощности оконечного типа из состава ГЭТ 160-2006, при необходимости используя коаксиальные переходы.

Убедиться в том, что ОПМ обеспечивает перемещение антенны П6-69/Э по горизонтали и вертикали.

Отсоединить антенну П6-69/Э от генератора сигналов высокочастотного и снять ее со стойки ОПМ.

Отсоединить антенну П6-69/Э от измерителя мощности оконечного типа и снять ее со стойки ОПМ.

8.2.5 Выполнить последовательно присоединение антенн П6-59 и П6-69/Э к ZVA50.

8.2.6 Результаты опробования считать положительными, если:

- антенны П6-59 и П6-69/Э устанавливаются и закрепляются на стойках ОПМ;
- обеспечивается перемещение антенн по горизонтали и вертикали;
- выполнено присоединение антенн П6-59 и П6-69/Э к генератору сигналов высокочастотному;
- выполнено присоединение антенн П6-59/Э и П6-69/Э, к измерителю мощности оконечного типа;
- выполнено присоединение антенн П6-59 и П6-69/Э к ZVA50.

В противном случае результат опробования считать отрицательным и последующие операции поверки не проводить.

## 9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

### 9.1 Определение КСВН антенн П6-59

9.1.1 Определение КСВН проводить по выходу антенн П6-59.

9.1.2 Измерения КСВН антенн П6-59 проводить с применением ZVA50 в соответствии с руководством по его эксплуатации.

9.1.3 Измерения проводить в режиме панорамного обзора на частотах  $f_i$  от 1 до 18 ГГц включительно, с шагом 0,5 ГГц.

9.1.4 Подключить антенну П6-59 с помощью кабеля из состава ГЭТ 160-2006 к ZVA50 в соответствии с руководством по его эксплуатации и провести измерение КСВН —  $K_{cmU}^{f_i}$ .

Результаты измерений зафиксировать в протоколе поверки.

9.1.5 Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения  $K_{cmU}^{f_i}$  антенны П6-59 в диапазоне частот от 1 до 18 ГГц включительно не превышают 2,0.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки с антеннами П6-59 не проводить.

### 9.2 Определение КСВН антенн П6-69/Э

9.2.1 Определение КСВН проводить по выходу антенн П6-69/Э.

9.2.2 Измерения КСВН антенн П6-69/Э проводить с применением ZVA50 в соответствии с руководством по его эксплуатации.

9.2.3 Измерения проводить в режиме панорамного обзора на частотах  $f_i$  от 18 до 40 ГГц включительно, с шагом 0,5 ГГц.

9.2.4 Подключить антенну П6-69/Э с помощью кабеля из состава ГЭТ 160-2006 к ZVA50 в соответствии с руководством по его эксплуатации и провести измерение КСВН —  $K_{cmU}^{f_i}$ .

Результаты измерений зафиксировать в протоколе поверки.

9.2.5 Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения  $K_{cmU}^{f_i}$  антенны П6-69/Э в диапазоне частот от 18 до 40 ГГц включительно не превышают 1,5.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки с антеннами П6-69/Э не проводить.

### 9.3 Определение относительной погрешности эффективной площади антенн П6-59

9.3.1 Измерения для определения относительной погрешности эффективной площади антенн П6-59 проводить в помещении размерами (6×6) м с высотой потолка не менее 3 м.

В зоне измерений не допускается нахождение предметов, имеющих отражающие металлические поверхности.

9.3.2 Определить методом трех антенн значения эффективной площади антенн П6-59 на частотах  $f_i$ : от 1 до 18 ГГц включительно, с шагом 0,5 ГГц.

При определении эффективной площади антенн П6-59, в качестве третьей антенны использовать антенну из состава ГЭТ 160-2006.

9.3.3 Для проведения измерений собрать схему измерений, приведенную на рисунке 1.

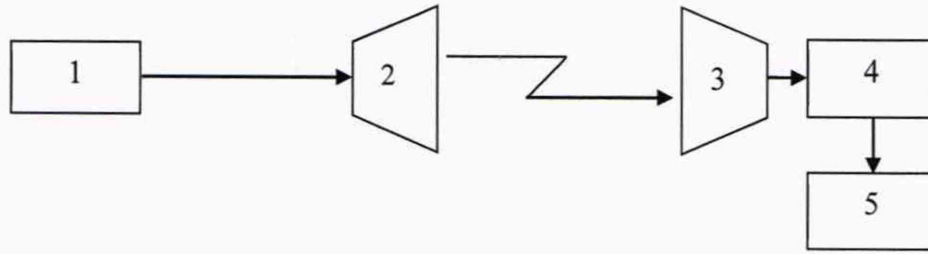


Рисунок 1 — Схема измерений

- 1 — генератор сигналов из состава ГЭТ 160-2006;
- 2 — антенна № 1;
- 3 — антенна № 2;
- 4 — преобразователь измерительный из состава ГЭТ 160-2006;
- 5 — измеритель мощности из состава ГЭТ 160-2006.

9.3.4 Антенны № 1 и № 2 установить на опорно-поворотные устройства, имеющие возможность настройки по азимутальному и вертикальному углу.

Установить антенны № 1 и № 2 визуально с вертикальной плоскостью поляризации.

Установить расстояние  $d$ , равное 3,0 м, между плоскостями апертур антенн № 1 и № 2.

Расстояние  $d$  контролировать с помощью рулетки измерительной.

9.3.5 Антенну № 1 устанавливать в вертикальной поляризации и ориентировать таким образом, чтобы направление распространения электромагнитной волны было параллельно оси устройства передвижения антенн из состава ГЭТ 160-2006 (далее — УПА) и направлено вдоль УПА.

9.3.6 Приборы и излучающие модули располагать в безэховой камере БЭК-1 ГЭТ 160-2006.

Все измерения проводить при одном значении выходной мощности генератора сигналов из состава ГЭТ 160-2006  $P_{A_1}^{f_i} = 18$  дБмВт (63 мВт).

9.3.7 Подключить антенну № 1 к выходному разъему генератора сигналов.

9.3.8 Подключить кабелем из состава ГЭТ 160-2006 преобразователь измерительный из состава ГЭТ 160-2006 к антенне № 2.

К преобразователю измерительному подключить измеритель мощности из состава ГЭТ 160-2006.

9.3.9 Измерения проводить на всех частотах, приведенных в п. 9.3.2, для трех комбинаций антенн:

- комбинация А12: антенна № 1 — антенна П6-59 № 529, антенна № 2 — антенна П6-59 № 524;
- комбинация А13: антенна № 1 — антенна П6-59 № 529, антенна № 3 — антенна ГЭТ 160-2006;
- комбинация А23: антенна № 2 — антенна П6-59 № 524, антенна № 3 — антенна ГЭТ 160-2006.

9.3.10 Собрать схему измерений (см. рисунок 1) для комбинации А12.

9.3.11 Установить на генераторе сигналов частоту  $f_i = 1$  ГГц.

Подать с генератора сигналов мощность.



Добиться с помощью устройства поворотного максимального значения выходного сигнала с антенны № 2 по показаниям измерителя мощности.

Произвести отсчет мощности  $P_{A_2}^{f_i}$  в мВт. Зафиксировать результат отсчета в протоколе поверки.

Отключить СВЧ мощность на генераторе сигналов.

9.3.12 Выполнить операции п. п. 9.3.11, последовательно устанавливая на генераторе сигналов частоты  $f_i$  от 1,5 до 18,00 ГГц включительно, с шагом 0,5 ГГц.

9.3.13 Рассчитать для комбинации А12 на всех частотах  $f_i$  значения  $R_{12}^{f_i}$  в см<sup>2</sup> по формуле (1):

$$R_{12}^{f_i} = \lambda \cdot R \cdot \sqrt{\frac{P_{A_2}^{f_i}}{P_{A_1}^{f_i}}}, \quad (1)$$

где:  $R = (300 + R_{\text{фц1}} + R_{\text{фц2}})$  см;

$R_{\text{фц1}}$  — расстояние фазового центра антенны № 1 (приведено в паспорте на антенну), см;

$R_{\text{фц2}}$  — расстояние фазового центра антенны № 2 (приведено в паспорте на антенну), см;

$P_{A_1}^{f_i}$  — мощность, поданная на вход излучателя;

$P_{A_2}^{f_i}$  — мощность на выходе приемной антенны;

$\lambda$  — длина волны в см, на которой проводились измерения.

Результаты расчета зафиксировать в протоколе поверки.

9.3.14 Собрать схему измерений (см. рисунок 1) для комбинации А13.

Выполнить операции п. п. 9.3.11, 9.3.12.

9.3.15 Рассчитать для комбинации А13 на всех частотах  $f_i$  значения  $R_{13}^{f_i}$  в см<sup>2</sup> по формуле (2):

$$R_{13}^{f_i} = \lambda \cdot R \cdot \sqrt{\frac{P_{A_3}^{f_i}}{P_{A_1}^{f_i}}}, \quad (2)$$

где:  $R = (300 + R_{\text{фц1}} + R_{\text{фц3}})$  см;

$R_{\text{фц1}}$  — расстояние фазового центра антенны № 1 (приведено в паспорте на антенну), см;

$R_{\text{фц3}}$  — расстояние фазового центра антенны № 3 (приведено в паспорте на антенну), см;

$P_{A_1}^{f_i}$  — мощность, поданная на вход излучателя;

$P_{A_3}^{f_i}$  — мощность на выходе приемной антенны;

$\lambda$  — длина волны в см, на которой проводились измерения.

Результаты расчета зафиксировать в протоколе поверки.

9.3.16 Собрать схему измерений (см. рисунок 1) для комбинации А23.

Выполнить операции п. п. 9.3.11, 9.3.12.

9.3.17 Рассчитать для комбинации А23 на всех частотах  $f_i$  значения  $R_{23}^{f_i}$  в см<sup>2</sup> по формуле (3):

$$R_{23}^{f_i} = \lambda \cdot R \cdot \sqrt{\frac{P_{A_3}^{f_i}}{P_{A_2}^{f_i}}}, \quad (3)$$

где:  $R = (300 + R_{\text{фц2}} + R_{\text{фц3}})$  см;

$R_{\text{фц2}}$  — расстояние фазового центра антенны № 2 (приведено в паспорте на антенну), см;

$R_{\text{фц3}}$  — расстояние фазового центра антенны № 3 (приведено в паспорте на антенну), см;

$P_{A_2}^{f_i}$  — мощность, поданная на вход излучателя;

$P_{A_3}^{f_i}$  — мощность на выходе приемной антенны;

$\lambda$  — длина волны в см, на которой проводились измерения.

Результаты расчета зафиксировать в протоколе поверки.

9.3.18 Вычислить значения эффективной площади антенны П6-59 № 529  $S_{\text{П6-59 № 529}}^{f_i}$  в см<sup>2</sup> на частотах  $f_i$  по формуле (4):

$$S_{\text{П6-59 № 529}}^{f_i} = \frac{R_{12}^{f_i} \cdot R_{13}^{f_i}}{R_{23}^{f_i}}. \quad (4)$$

Результаты вычислений зафиксировать в протоколе поверки.

9.3.19 Вычислить значения эффективной площади антенны П6-59 № 524  $S_{\text{П6-59 № 524}}^{f_i}$  в см<sup>2</sup> на частотах  $f_i$  по формуле (5):

$$S_{\text{П6-59 № 524}}^{f_i} = \frac{R_{12}^{f_i} \cdot R_{23}^{f_i}}{R_{13}^{f_i}}. \quad (5)$$

Результаты вычислений зафиксировать в протоколе поверки.

9.3.20 Определить значения относительной погрешности эффективной площади антенны П6-59 № 529  $\delta_{S_{\text{П6-59 № 529}}^{f_i}}^{f_i}$  в процентах по формуле (6):

$$\delta_{S_{\text{П6-59 № 529}}^{f_i}}^{f_i} = \frac{S_{\text{П6-59 № 529}}^{f_i} - S_{\text{П6-59 № 529}}^{f_i} \Phi}{S_{\text{П6-59 № 529}}^{f_i}} \cdot 100, \quad (6)$$

где  $S_{\text{П6-59 № 529}}^{f_i}$  — значения эффективной площади антенны П6-59 № 529 в см<sup>2</sup>, определенные в п. 9.3.18;

$S_{\text{П6-59 № 529}}^{f_i} \Phi$  — значения эффективной площади антенны П6-59 № 529 в см<sup>2</sup>, приведенные в П1-77.0040.15 ФО.

9.3.21 Определить значения относительной погрешности эффективной площади антенны П6-59 № 524  $\delta_{S_{\text{П6-59 № 524}}^{f_i}}^{f_i}$  в процентах по формуле (7):

$$\delta_{S_{\text{П6-59 № 524}}^{f_i}}^{f_i} = \frac{S_{\text{П6-59 № 524}}^{f_i} - S_{\text{П6-59 № 524}}^{f_i} \Phi}{S_{\text{П6-59 № 524}}^{f_i}} \cdot 100, \quad (7)$$

где  $S_{\text{П6-59 № 524}}^{f_i}$  — значения эффективной площади антенны П6-59 № 524 в см<sup>2</sup>, определенные в п. п. 9.3.19;

$S_{\text{П6-59 № 524}}^{f_i} \Phi$  — значения эффективной площади антенны П6-59 № 524 в см<sup>2</sup>, приведенные в П1-77.0040.15 ФО.

9.3.22 Результаты поверки считать положительными, если значения  $\delta_{S_{\text{П6-59 № 529}}^{f_i}}^{f_i}$  и  $\delta_{S_{\text{П6-59 № 524}}^{f_i}}^{f_i}$  находятся в пределах  $\pm 12\%$ .

В противном случае результаты поверки считать отрицательными.

#### 9.4 Определение относительной погрешности эффективной площади антенн П6-69/Э

9.4.1 Измерения для определения относительной погрешности эффективной площади антенн П6-69/Э проводить в помещении размерами (6×6) м с высотой потолка не менее 3 м.

В зоне измерений не допускается нахождение предметов, имеющих отражающие металлические поверхности.

9.4.2 Определить методом трех антенн значения эффективной площади антенн П6-69/Э на частотах  $f_i$ : от 18 до 40 ГГц включительно, с шагом 0,5 ГГц.

При определении эффективной площади антенны антенн П6-69/Э в качестве третьей антенны использовать антенну из состава ГЭТ 160-2006.

9.4.3 Для проведения измерений собрать схему измерений, приведенную на рисунке 1.

9.4.4 Антенны № 1 и № 2 установить на опорно-поворотные устройства, имеющие возможность настройки по азимутальному и вертикальному углу.

Установить антенны № 1 и № 2 визуалью с вертикальной плоскостью поляризации.

Установить расстояние  $d$ , равное 3,0 м, между плоскостями апертур антенн № 1 и № 2. Расстояние  $d$  контролировать с помощью рулетки измерительной.

9.4.5 Антенну № 1 устанавливать в вертикальной поляризации и ориентировать таким образом, чтобы направление распространения электромагнитной волны было параллельно оси устройства передвижения антенн из состава ГЭТ 160-2006 (далее — УПА) и направлено вдоль УПА.

9.4.6 Приборы и излучающие модули располагать в безэховой камере БЭК-1 ГЭТ 160-2006.

Все измерения проводить при одном значении выходной мощности генератора сигналов из состава ГЭТ 160-2006  $P_{A_1}^{f_i} = 18$  дБмВт (63 мВт).

9.4.7 Подключить антенну № 1 к выходному разъему генератора сигналов.

9.4.8 Подключить кабелем из состава ГЭТ 160-2006 преобразователь измерительный из состава ГЭТ 160-2006 к антенне № 2.

К преобразователю измерительному подключить измеритель мощности из состава ГЭТ 160-2006.

9.4.9 Измерения проводить на всех частотах, приведенных в п. 9.4.2, для трех комбинаций антенн:

- комбинация А12: антенна № 1 — антенна П6-69/Э № 008, антенна № 2 — антенна П6-69/Э № 007;
- комбинация А13: антенна № 1 — антенна П6-69/Э № 008, антенна № 3 — антенна ГЭТ 160-2006;
- комбинация А23: антенна № 2 — антенна П6-69/Э № 007, антенна № 3 — антенна ГЭТ 160-2006.

9.4.10 Собрать схему измерений (см. рисунок 1) для комбинации А12.

9.4.11 Установить на генераторе сигналов частоту  $f_i = 18$  ГГц.

Подать с генератора сигналов мощность.

Добиться с помощью устройства поворотного максимального значения выходного сигнала с антенны № 2 по показаниям измерителя мощности.

Произвести отсчет  $P_{A_2}^{f_i}$ , в мкВт на выходе антенны № 2. Зафиксировать результат отсчета в протоколе поверки.

Отключить СВЧ мощность на генераторе сигналов.

9.4.12 Выполнить операции п. 9.4.11, последовательно устанавливая на генераторе сигналов частоты  $f_i$  от 18,5 до 40,00 ГГц включительно, с шагом 0,5 ГГц.

9.4.13 Рассчитать для комбинации А12 на всех частотах  $f_i$  значения  $R_{12}^{f_i}$  в см<sup>2</sup> по формуле (8):

$$R_{12}^{f_i} = \lambda \cdot R \cdot \sqrt{\frac{P_{A_2}^{f_i}}{P_{A_1}^{f_i}}}, \quad (8)$$

где:  $R = (300 + R_{\text{фц1}} + R_{\text{фц2}})$  см;

$R_{\text{фц1}}$  — расстояние фазового центра антенны № 1 (приведено в паспорте на антенну), см;

$R_{\text{фц2}}$  — расстояние фазового центра антенны № 2 (приведено в паспорте на антенну), см;

$P_{A_1}^{f_i}$  — мощность, поданная на вход излучателя;

$P_{A_2}^{f_i}$  — мощность на выходе приемной антенны;

$\lambda$  — длина волны в см, на которой проводились измерения.

Результаты расчета зафиксировать в протоколе поверки.

9.4.14 Собрать схему измерений (см. рисунок 1) для комбинации А13.

Выполнить операции п. п. 9.4.11, 9.4.12.

9.4.15 Рассчитать для комбинации А13 на всех частотах  $f_i$  значения  $R_{13}^{f_i}$  в см<sup>2</sup> по формуле (9):

$$R_{13}^{f_i} = \lambda \cdot R \cdot \sqrt{\frac{P_{A_3}^{f_i}}{P_{A_1}^{f_i}}}, \quad (9)$$

где:  $R = (300 + R_{\text{фц1}} + R_{\text{фц3}})$  см;

$R_{\text{фц1}}$  — расстояние фазового центра антенны № 1 (приведено в паспорте на антенну), см;

$R_{\text{фц3}}$  — расстояние фазового центра антенны № 3 (приведено в паспорте на антенну), см;

$P_{A_1}^{f_i}$  — мощность, поданная на вход излучателя;

$P_{A_3}^{f_i}$  — мощность на выходе приемной антенны;

$\lambda$  — длина волны в см, на которой проводились измерения.

Результаты расчета зафиксировать в протоколе поверки.

9.4.16 Собрать схему измерений (см. рисунок 1) для комбинации А23.

Выполнить операции п. п. 9.4.11, 9.4.12.

(10): 9.4.17 Рассчитать для комбинации А23 на всех частотах  $f_i$  значения  $R_{23}^{f_i}$  в см<sup>2</sup> по формуле

$$R_{23}^{f_i} = \lambda \cdot R \cdot \sqrt{\frac{P_{A_3}^{f_i}}{P_{A_2}^{f_i}}}, \quad (10)$$

где:  $R = (300 + R_{\text{фц2}} + R_{\text{фц3}})$  см;

$R_{\text{фц2}}$  — расстояние фазового центра антенны № 2 (приведено в паспорте на антенну), см;

$R_{\text{фц3}}$  — расстояние фазового центра антенны № 3 (приведено в паспорте на антенну), см;

$P_{A_2}^{f_i}$  — мощность, поданная на вход излучателя;

$P_{A_3}^{f_i}$  — мощность на выходе приемной антенны;

$\lambda$  — длина волны в см, на которой проводились измерения.

Результаты расчета зафиксировать в протоколе поверки.

9.4.18 Вычислить значения эффективной площади антенны П6-69/Э № 008  $S_{\text{П6-69/Э № 008}}^{f_i}$  в см<sup>2</sup> на частотах  $f_i$  по формуле (11):

$$S_{\text{П6-69/Э № 008}}^{f_i} = \frac{R_{12}^{f_i} \cdot R_{13}^{f_i}}{R_{23}^{f_i}}. \quad (11)$$

Результаты вычислений зафиксировать в протоколе поверки.

9.4.19 Вычислить значения эффективной площади антенны П6-69/Э № 007  $S_{\text{П6-69/Э № 007}}^{f_i}$  в см<sup>2</sup> на частотах  $f_i$  по формуле (12):

$$S_{\text{П6-69/Э № 007}}^{f_i} = \frac{R_{12}^{f_i} \cdot R_{23}^{f_i}}{R_{13}^{f_i}}. \quad (12)$$

Результаты вычислений зафиксировать в протоколе поверки.

9.4.20 Определить значения относительной погрешности эффективной площади антенны П6-69/Э № 008  $\delta_{S_{\text{П6-69/Э № 008}}^{f_i}}^{f_i}$  в процентах по формуле (13):

$$\delta_{S_{\text{П6-69/Э № 008}}^{f_i}}^{f_i} = \frac{S_{\text{П6-69/Э № 008}}^{f_i} - S_{\text{П6-69/Э № 008}}^{f_i \Phi}}{S_{\text{П6-69/Э № 008}}^{f_i}} \cdot 100, \quad (13)$$

где  $S_{\text{П6-69/Э № 008}}^{f_i}$  — значения эффективной площади антенны П6-69/Э № 008 в см<sup>2</sup>, определенные в п. 9.3.18;

$S_{\text{П6-69/Э № 008}}^{f_i \Phi}$  — значения эффективной площади антенны П6-69/Э № 008 в см<sup>2</sup>, приведенные в П1-77.0040.15 ФО.

9.4.21 Определить значения относительной погрешности эффективной площади антенны П6-69/Э № 007  $\delta_{S_{\text{П6-69/Э № 007}}}^{fi}$  в процентах по формуле (14):

$$\delta_{S_{\text{П6-69/Э № 007}}}^{fi} = \frac{S_{\text{П6-69/Э № 007}}^{fi} - S_{\text{П6-69/Э № 007 Ф}}^{fi}}{S_{\text{П6-69/Э № 007 Ф}}^{fi}} \cdot 100, \quad (14)$$

где  $S_{\text{П6-69/Э № 007}}^{fi}$  — значения эффективной площади антенны П6-69/Э № 007 в см<sup>2</sup>, определенные в п. п. 9.4.18;

$S_{\text{П6-69/Э № 007 Ф}}^{fi}$  — значения эффективной площади антенны П6-69/Э № 007 в см<sup>2</sup>, приведенные в П1-77.0040.15 ФО.

9.4.22 Результаты поверки считать положительными, если значения  $\delta_{S_{\text{П6-69/Э № 008}}}^{fi}$  и  $\delta_{S_{\text{П6-69/Э № 007}}}^{fi}$  находятся в пределах  $\pm 12\%$ .

В противном случае результаты поверки считать отрицательными.

## 10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 При положительных результатах поверки П1-77 признаётся пригодным к применению (подтверждено соответствие метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, и обязательным требованиям к рабочему эталону, приведенным в ГОСТ Р 8.574-2000 и Приложении А к нему).

10.2 При отрицательных результатах поверки П1-77 признаётся непригодным к применению (соответствие метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, и обязательным требованиям к рабочему эталону, приведенным в ГОСТ Р 8.574-2000 и приложении А к нему, не подтверждено).

## 11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Положительные результаты поверки оформляются протоколом, подтверждающим соответствие П1-77, заводской №1, обязательным требованиям к рабочему эталону по ГОСТ Р 8.574-2000.

При проведении поверки П1-77, заводской № 1, с неполным составом антенн, соответствующая запись должна быть сделана в протоколе поверки и эксплуатационных документах (П1-77.0040.15 ФО).

11.2 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Начальник НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

О.В. Каминский

Начальник лаборатории 132 НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

С.А. Колотыгин