

УТВЕРЖДАЮ

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



А.Н. Щипунов

2019 г.

**Калибраторы мощности СВЧ
NRPC67**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
NRPC67 МП**

р.п. Менделеево

2019 г.

Содержание

1	Вводная часть	3
2	Операции поверки	3
3	Средства поверки	3
4	Требования к квалификации поверителей	4
5	Требования безопасности	4
6	Условия поверки	4
7	Подготовка к проведению поверки	4
8	Проведение поверки	4
8.1	Внешний осмотр	4
8.2	Идентификация программного обеспечения	5
8.3	Опробование	6
8.4	Определение стабильности модуля эффективного коэффициента отражения	8
8.5	Определение систематической составляющей основной относительной погрешности измерений мощности, зависящей от частоты	9
9	Оформление результатов поверки	10

1 ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Настоящая методика поверки (далее - МП) устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок калибраторов мощности СВЧ NRPC67 (далее – калибраторы NRPC67), изготавливаемых фирмой «Rohde&Schwarz GmbH & Co. KG», Германия.

1.2 Первичной поверке подлежат калибраторы NRPC67 до ввода в эксплуатацию и после ремонта.

Периодической поверке подлежат калибраторы NRPC67, находящиеся в эксплуатации и на хранении.

1.3 Интервал между поверками 1 год.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки калибраторов NRPC67 должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки калибраторов NRPC67

Наименование операции	Пункт МП	Проведение операций при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	8.1	да	да
Идентификация программного обеспечения	8.2	да	да
Опробование	8.3	да	да
Определение стабильности модуля эффективного коэффициента отражения выхода	8.4	да	да
Определение систематической составляющей основной относительной погрешности измерений мощности, зависящей от частоты	8.5	да	да

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

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки калибраторов NRPC67 должны быть применены средства измерений, указанные в таблице 2.

Таблица 2

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
8.3	Машина трехкоординатная измерительная мультисенсорная DELTEC LEOS 200, диапазон измеряемых по осям X и Y от 0 до 200 мм, по оси Z от 0 до 150 мм; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений в плоскости (оптические и контактные измерения) XY $\pm(2,8+4 \cdot L/1000)$ мм, по оси Z (оптические измерения) $\pm(4+4 \cdot L/1000)$ мм, по оси Z (контактные измерения) $\pm(2,5+4 \cdot L/1000)$ мм, где L – измеряемая длина
8.3, 8.4, 8.5	Генератор сигналов E8257D, диапазон частот от 250 кГц до 67 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 7,5 \cdot 10^{-8}$
8.3, 8.5	Ваттметры эталонные из состава ГЭТ 26-2010, диапазон частот от 30 МГц до 37,5 ГГц, пределы допускаемой погрешности измерений мощности: $\pm 0,2 \%$ в диапазоне частот от 30 до 100 МГц; $\pm 0,6 \%$ в диапазоне частот от 100 МГц до 8 ГГц; $\pm 1,0 \%$ в диапазоне частот от 8 до 18 ГГц; $\pm 1,2 \%$ в диапазоне частот от 18 до 26 ГГц; $\pm 1,5 \%$ в диапазоне частот от 26,0 до 37,5 ГГц

Продолжение таблицы 2

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
8.3, 8.5	Ваттметры эталонные из состава ГЭТ 167-2017, диапазон частот от 37,50 до 78,33 ГГц, пределы допускаемой погрешности измерений мощности: ±1,5 % в диапазоне частот от 37,50 до 53,57 ГГц ±2,0 % в диапазоне частот от 53,57 до 78,33 ГГц
8.4	Ваттметры рассогласованные эталонные из состава ГЭТ 26-2010 и ГЭТ 167-2017, КСВН более 1,5

3.2 Допускается использовать аналогичные средства поверки, которые обеспечат измерение соответствующих параметров с требуемой точностью.

3.3 Средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь действующие свидетельства о поверке.

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

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

4.2 Перед проведением поверки поверитель должен предварительно ознакомиться с документом «Калибраторы мощности СВЧ NRPC67. Руководство по эксплуатации NRPC67РЭ» (далее – РЭ).

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, регламентируемые Межотраслевыми правилами по охране труда (правила безопасности) ПОТ Р М-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00, а также требования безопасности, приведённые в эксплуатационной документации на калибраторы NRPC67 и средства поверки.

5.2 Средства поверки должны быть надежно заземлены в соответствии с эксплуатационной документацией.

5.3 Размещение и подключение измерительных приборов разрешается производить только при выключенном питании.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 Поверку калибраторов NRPC67 проводить в следующих условиях:

- температура окружающего воздуха, °С 23±2;
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.) от 84 до 106,7 (от 630 до 800);
- напряжение сети, В от 220 до 240;
- частота сети, Гц от 49,5 до 50,5.

7 ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ ПОВЕРКИ

7.1 Перед проведением поверки необходимо произвести подготовительные работы, оговоренные в руководстве по эксплуатации на калибраторы NRPC67 и на применяемые средства поверки.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

Внешний осмотр калибратора NRPC67 проводить визуально без вскрытия, при этом необходимо проверить:

- комплектность, маркировку и пломбировку (наклейку) на соответствие РЭ;
- целостность и чистоту разъемов ВЧ, USB и питания;
- целостность фирменной наклейки;

– отсутствие видимых повреждений, влияющих на работоспособность калибратора NRPC67.

Результат внешнего осмотра считать положительным, если:

- комплект поставки соответствует п. 4.2 документа РЭ;
- маркировка и пломбировка (наклейка) соответствует разделу 10 документа РЭ;
- фирменная наклейка цела;
- разъемы ВЧ, USB и питания целы и чисты;
- отсутствуют видимые повреждения, влияющие на работоспособность калибратора NRPC67.

В противном случае результаты внешнего осмотра считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

8.2 Идентификация программного обеспечения

8.2.2.1 Выполнить следующие операции:

– установить с CD-диска (входящего в комплект поставки), на внешнюю ПЭВМ, которая будет использоваться при поверке, программное обеспечение «**R&S NRPV Virtual Power Meter**» (далее – ПО «**R&S NRPV**»);

– запустить ПО «**R&S NRPV**» и двойным нажатием запустить ПО, наблюдать на экране монитора внешней ПЭВМ виртуальную панель управления (интерфейс пользователя), представленную на рисунке 1;

– в раскрывшейся виртуальной панели управления, представленной на рисунке 1, нажать «**Help**» и наблюдать рисунок 2, где наблюдать идентификационное наименование ПО «**R&S NRPV**» и версию ПО «**R&S NRPV**»;

– сравнить наблюдаемые значения со значениями, записанными в РЭ. Результаты зафиксировать в рабочем журнале.

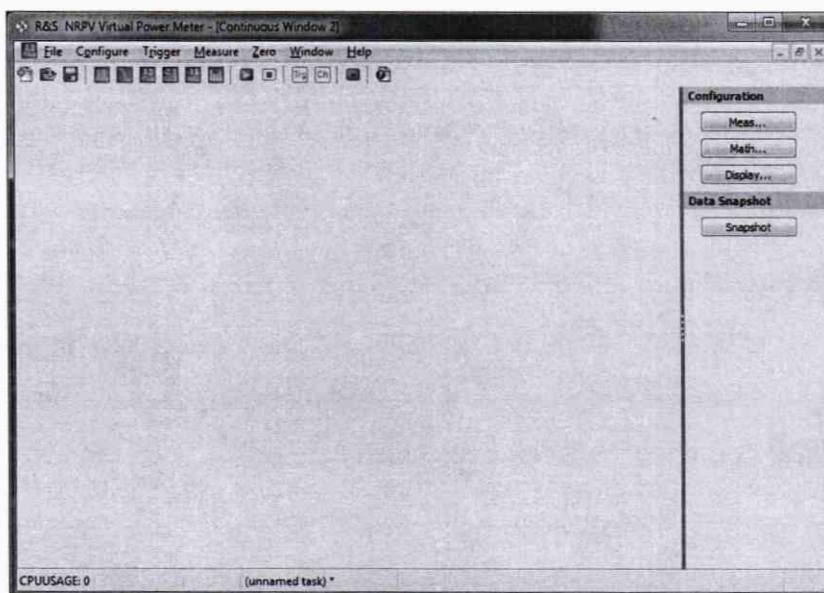


Рисунок 1

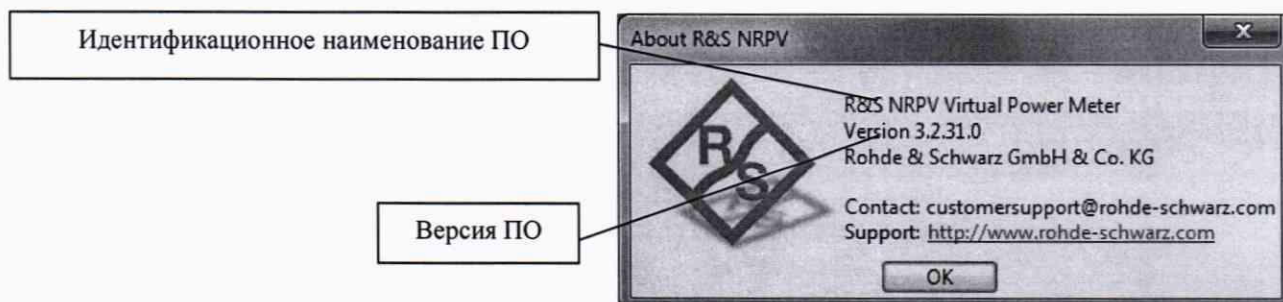


Рисунок 2

8.2.2.2 Результаты идентификации ПО считать положительными, если получены следующие идентификационные данные:

- идентификационное наименование ПО – R&S NRPV Virtual Power Meter;
- версия ПО – 3.2.31.0 и выше.

В противном случае результаты идентификации ПО считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

8.3 Опробование

8.3.1 Определить присоединительные размеры соединителей входа (разъем «RF IN») и выхода (разъем «Test Port») поверяемого калибратора NRPC67 методом прямых измерений машиной трехкоординатной измерительной мультисенсорной DELTEC LEOS 200. Результаты определения зафиксировать в рабочем журнале.

Результат определения присоединительных размеров соединителей входа и выхода считать положительным, если все присоединительные размеры соединителей входа и выхода находятся в допуске от 0 до минус 0,05 мм.

В противном случае результаты определения присоединительных размеров соединителей входа и выхода считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

8.3.2 Последовательно выполнить следующие операции:

– подсоединить поверяемый калибратор NRPC67 к внешней ПЭВМ через USB, выбрать во вкладке Configure/Visa Sensor Configuration, нажать кнопку Find USB Sensors и, выбрав из списка обнаруженных устройств испытуемый калибратор NRPC67, нажать кнопку Add.

Наблюдать на экране монитора рисунок 3, нажать Ок;

– нажать графический значок Continuous, затем справа во вкладке Configuration Meas и настроить окно в соответствии с рисунком 4;

– нажать кнопку Play и наблюдать рисунок 5 (изменяющиеся значения);

– нажать во вкладке Configure Channel assignment и зафиксировать в рабочем журнале тип и серийный номер испытуемого NRPC67 (рисунок 6);

– зарегистрировать в рабочем журнале серийный номер поверяемого NRPC67.

– собрать схему, изображенную на рисунке 7. Провести процедуру обнуления, установить на генераторе сигналов частоту 50 МГц и уровень мощности 1 мВт. Убедиться в изменении показаний поверяемого калибратора NRPC67 при подаче измеряемого сигнала. Отключить мощность на выходе генератора сигналов.



Рисунок 3

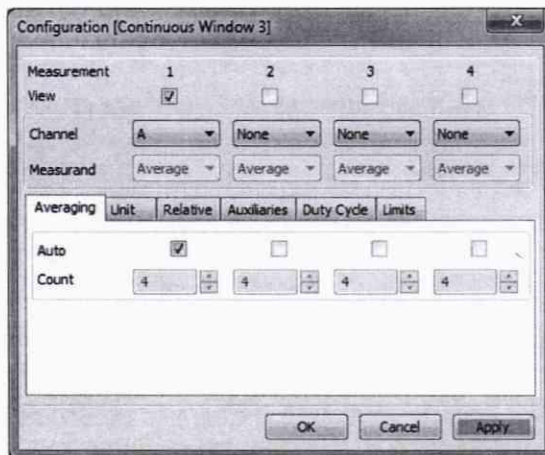


Рисунок 4



Рисунок 5

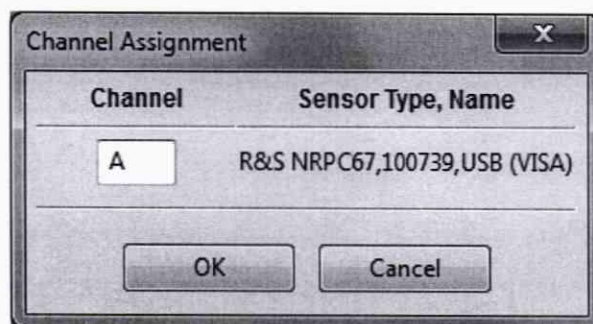


Рисунок 6

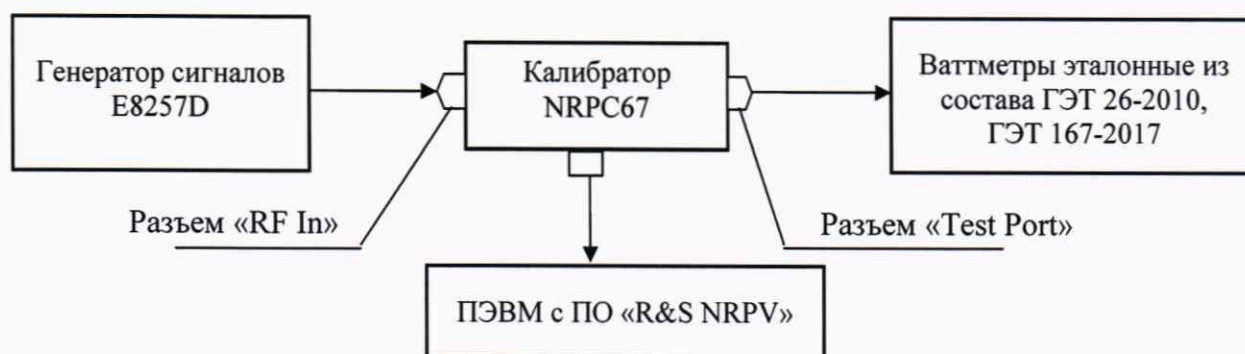


Рисунок 7

8.3.3 Результат опробования поверяемого калибратора NRPC67 считать положительным, если:

- результаты определения присоединительных размеров соединителей входа (разъем «RF IN») и выхода (разъем «Test Port») положительные;
- процедура добавления поверяемого калибратора NRPC67 в список подключенных устройств выполнена успешно;
- серийный номер подсоединенного поверяемого калибратора NRPC67 на экране виртуальной панели управления соответствует номеру, указанному его на корпусе.
- на экране монитора ПК наблюдали рисунок 5;
- выполнена процедура обнуления;
- при подаче сигнала изменяются показания калибратора NRPC67.

8.4 Определение стабильности модуля эффективного коэффициента отражения выхода

8.4.1 Собрать схему измерений, представленную на рисунке 8.

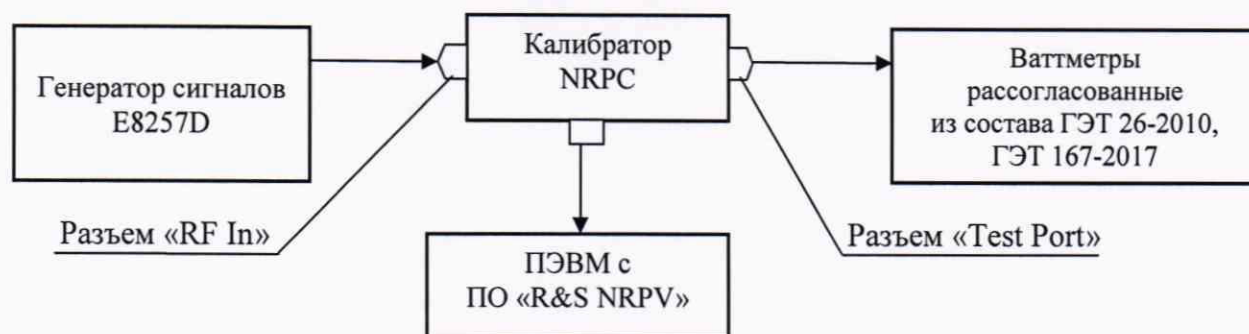


Рисунок 8

Примечание - В качестве устройства отображения результатов измерений можно использовать NRP2. Настройки на NRP2 проводить идентично настройкам в виртуальном интерфейсе ПЭВМ.

8.4.2 Установить мощность выходного сигнала генератора такую, чтобы значение мощности на выходе поверяемого калибратора NRPC67 находилось в пределах от 0,5 до 1,5 мВт.

Устанавливая значения частоты выходного сигнала генератора кратные 1 ГГц, провести измерения мощности с Г-коррекцией.

Фиксировать в рабочем журнале показания поверяемого калибратора NRPC67 – N_{NRPC} и рассогласованного эталонного ваттметра из состава ГЭТ 26-2010 и ГЭТ 167-2017 – $N_{ГЭТ_В1}$.

Рассчитать для каждого значения установленной частоты относительную погрешность измерений мощности с Г-коррекцией $\delta_{NRPC_Г}$, в %, по формуле (1):

$$\delta_{NRPC_Г} = \left(\frac{N_{ГЭТ_В1}}{N_{NRPC}} - 1 \right) \cdot 100. \quad (1)$$

Результат вычислений $\delta_{NRPC_Г}$ зафиксировать в рабочем журнале.

При **первичной поверке** значения $\delta_{NRPC_Г}$ зафиксировать в таблице 6 раздела 12 РЭ как $\delta_{NRPC_Г}^{PЭ}$, и п.п. 8.4.3 и 8.4.4 не выполнять.

8.4.3 При **периодической поверке** рассчитать нестабильность $\delta_{Г}$, в %, относительной погрешности измерений мощности с Г-коррекцией по формуле (2):

$$\delta_{Г} = \delta_{NRPC_Г} - \delta_{NRPC_Г}^{PЭ}, \quad (2)$$

где $\delta_{NRPC_Г}$ – погрешность измерений мощности, определенная по формуле (1) при периодической поверке по п. 8.4.2;

$\delta_{NRPC_Г}^{PЭ}$ – значения погрешности измерений мощности из таблицы 6 раздела 12 РЭ.

8.4.4 Результаты периодической поверки считать положительными, если выполняется неравенство (3):

$$\delta_{\Gamma} \leq 2 \cdot |\Gamma_{\text{Э_КОРР}}| \cdot |\Gamma_{\text{Н}}| \cdot 100, \quad (3)$$

где $|\Gamma_{\text{Э_КОРР}}|$ – значения модуля эффективного коэффициента отражения выхода при измерениях с Γ -коррекцией, которые приведены в таблице 5 раздела 12 РЭ (в сертификате калибровки фирмы-изготовителя);

$|\Gamma_{\text{Н}}|$ – значения модуля коэффициента отражения ваттметров рассогласованных из состава ГЭТ 26-2010, ГЭТ 167-2017.

В противном случае результаты периодической поверки считать отрицательными и дальнейшие операции поверки не проводить.

8.5 Определение систематической составляющей основной относительной погрешности измерений мощности, зависящей от частоты

8.5.1 Измерения для определения относительной погрешности измерений мощности, зависящей от частоты, проводить в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 7.

8.5.2 Измерения проводить на частотах: 30 МГц; 50 МГц; 100 МГц; кратных 0,25 ГГц до 3,0 ГГц; кратных 0,5 ГГц от 3,0 до 18,0 ГГц; кратных 1 ГГц от 18,0 до 67,0 ГГц при значении мощности на выходе поверяемого калибратора NRPC67 от 0,5 до 1,0 мВт с применением Γ -коррекции.

8.5.3 Установить нулевые показания на поверяемом калибраторе NRPC67 и эталонном ваттметре.

Включить генератор сигналов и установить значение частоты выходного сигнала в соответствии с п. 8.5.2. Подать на его выход такую мощность СВЧ, чтобы показание на выходе поверяемого калибратора NRPC67 составляло от 0,5 до 1,5 мВт.

После установления показаний одновременно отсчитать показания поверяемого калибратора NRPC67 – P_{NRPC} и эталонного ваттметра – $P_{\text{ЭТ}}$. Выключить мощность СВЧ.

Определить отношение показаний эталонного ваттметра и поверяемого калибратора NRPC67 – $\frac{P_{\text{ЭТ}}}{P_{\text{NRPC}}}$.

Повторить измерения не менее трех раз ($n \geq 3$).

8.5.4 Отсоединить эталонный ваттметр от поверяемого калибратора NRPC67 и присоединить его снова с поворотом на 120° вокруг оси соединителя. Повторить измерения и расчеты по п. 8.5.3.

8.5.5 Рассчитать среднее значение отношения показаний эталонного ваттметра и поверяемого калибратора NRPC67 по формуле (4):

$$\left(\frac{P_{\text{ЭТ}}}{P_{\text{NRPC}}} \right)_{\text{CP}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{P_{\text{ЭТ}}}{P_{\text{NRPC}}} \right)_i, \quad (4)$$

где $i = 1, 2, \dots, n$ – номер измерения.

8.5.6 Рассчитать значения систематической составляющей основной относительной погрешности измерения мощности, зависящей от частоты, $\delta_{1\text{мВт}}^{f_i}$, в %, поверяемого калибратора NRPC67 для установленной частоты по формуле (5):

$$\delta_{1\text{мВт}}^{f_i} = \left(\left(\frac{P_{\text{ЭТ}}}{P_{\text{NRPC}}} \right)_{\text{CP}} - 1 \right) \cdot 100\%. \quad (5)$$

8.5.7 Повторить измерения и расчеты для каждой из частот, указанных в п. 8.5.2.

8.5.8 Результаты поверки считать положительными, если значения $\delta_{1,МВт}^{f_i}$, находятся в пределах:

- ±0,7 % в диапазоне частот от 30 до 100 МГц включительно;
- ±1,1 % в диапазоне частот св. 100 МГц до 8 ГГц включительно;
- ±1,5 % в диапазоне частот св. 8 до 18 ГГц включительно;
- ±1,6 % в диапазоне частот св. 18 до 26 ГГц включительно;
- ±1,9 % в диапазоне частот св. 26 до 40 ГГц включительно;
- ±2,5 % в диапазоне частот св. 40 до 50 ГГц включительно;
- ±3,8 % в диапазоне частот св. 50 до 67 ГГц включительно.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 Калибратор NRPC67 признается годным, если в ходе поверки все результаты поверки положительные.

9.2 На калибратор NRPC67, который признан годным, выдается свидетельство о поверке установленной формы.

Знак поверки наносить в виде наклейки или оттиска клейма поверителя на свидетельство о поверке.

9.3 При отрицательных результатах поверки калибратор NRPC67 к применению не допускается и на него выдается извещение о непригодности с указанием причин забракования.

Начальник НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

 О.В. Каминский

Начальник отдела 11 НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

 И.П. Чирков

Ведущий инженер НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

 А. С. Боровков