

СОГЛАСОВАНО

Начальник

ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Т.Ф. Мамлеев



9 декабря 2024 г.

М.п.

Государственная система обеспечения единства измерений

Приемники измерительные АРС

Методика поверки

МП ЛИБЮ.464349.024

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки приемников измерительных АРС производства закрытого акционерного общества Научно-производственный центр Фирма «НЕЛК» (ЗАО НПЦ Фирма «НЕЛК») (далее - приемники). Сокращённая поверка приемников не предусмотрено.

1.2 В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведённые в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические требования

Наименование характеристики	Значение	
Диапазон рабочих частот, Гц: с опцией MWR-DC для APC-4 для APC-8 для APC-10 для APC-13 без опции MWR-DC для APC-4 для APC-8 для APC-10 для APC-13	от $1 \cdot 10^2$ до $4 \cdot 10^9$ от $1 \cdot 10^2$ до $8,5 \cdot 10^9$ от $1 \cdot 10^2$ до $1 \cdot 10^{10}$ от $1 \cdot 10^2$ до $1,35 \cdot 10^{10}$ от $8 \cdot 10^3$ до $4 \cdot 10^9$ от $8 \cdot 10^3$ до $8,5 \cdot 10^9$ от $8 \cdot 10^3$ до $1 \cdot 10^{10}$ от $8 \cdot 10^3$ до $1,35 \cdot 10^{10}$	
Уровень спектральной плотности мощности шума, дБ (мВт/Гц), не более: с опцией MWR-DC в диапазоне частот от 100 Гц до 1 кГц включ. в диапазоне частот св. 1 кГц до 10 кГц в диапазоне частот от 10 кГц до 100 МГц включ. в диапазоне частот св. 100 МГц до 8 ГГц включ. в диапазоне частот св. 8 ГГц до 10 ГГц включ. в диапазоне частот св. 10 ГГц до 13,5 ГГц без опции MWR-DC в диапазоне частот от 8 кГц до 100 кГц включ. в диапазоне частот св. 100 кГц до 1 МГц включ. в диапазоне частот св. 1 МГц до 10 МГц включ. в диапазоне частот св. 10 МГц до 100 МГц в диапазоне частот от 100 МГц до 8 ГГц включ. в диапазоне частот св. 8 ГГц до 10 ГГц включ. в диапазоне частот св. 10 ГГц до 13,5 ГГц	предусилитель	
	выкл.	вкл.
	-85	-85
	-100	-100
	-145	-154
	-150	-154
	-146	-154
	-145	-154
	-107	-105
	-115	-105
	-130	-130
	-143	-145
	-145	-154
	-150	-155
	-150	-152
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня синусоидального сигнала, дБ	$\pm 1,0$	
Минимальная частотная полоса пропускания измерительного фильтра, Гц	0,1	
Уровень спектральной плотности мощности фазового шума на частоте 100 МГц при отстройке от неё на 1 кГц, дБн/Гц, не более:	-120	
Уровень спектральной плотности мощности фазовых шумов на отстройке 10 кГц от несущей, дБн/Гц, не более: с опцией MWR-ULPN - для несущей 1 ГГц (для всех модификаций) - для несущей 10 ГГц (для модификации APC-13)	-124 -104	

Продолжение таблицы 1

Наименование характеристики	Значение
Динамический диапазон (для всех модификаций) измерений уровня сигнала, дБ, не менее:	
в диапазоне частот от 8 кГц до 1 МГц включ.	120
в диапазоне частот св. 1 МГц до 100 МГц включ.	139
в диапазоне частот св. 100 МГц до 8 ГГц включ.	148
в диапазоне частот св. 8 ГГц до 10 ГГц включ.	144
в диапазоне частот св. 10 ГГц до 13,5 ГГц	139
Максимальная ширина полосы пропускания, МГц, не менее	180

1.3 Методика поверки обеспечивает прослеживаемость поверяемых приемников к государственным первичным эталонам единиц величин:

- ГЭТ 26-2010 «Государственный первичный эталон единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 0,03 до 37,50 ГГц» в соответствии с Приказом Росстандарта № 3461 от 30.12.2019 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц»;

- ГЭТ 1-2022 «Государственный первичный эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени» в соответствии с Приказом Росстандарта № 2360 от 26.09.2022 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты»;

- ГЭТ 193-2011 «Государственный первичный эталон единицы ослабления электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 0 до 178 ГГц» в соответствии с Приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г № 3383 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений ослабления напряжения постоянного тока и электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 20 Гц до 178,4 ГГц».

1.4 Метод, обеспечивающий реализацию методики поверки: метод прямых измерений.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10
Определение спектральной плотности мощности шума	Да	Да	10.1
Определение допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня синусоидального сигнала	Да	Да	10.2
Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов	Да	Да	10.3
Определение динамического диапазона измерений уровня сигнала	Да	Нет	10.4

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Определение максимальной ширины полосы пропускания и минимальной полосы пропускания измерительного фильтра	Да	Нет	10.5

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от + 15 до + 25;
- относительная влажность воздуха до 25 °С, %, не более 80
- атмосферное давление, кПа от 84,0 до 106,7.

Примечание - При проведении поверочных работ условия окружающей среды средств поверки (рабочих эталонов) должны соответствовать регламентируемым в их инструкциях по эксплуатации требованиям.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки могут быть допущены лица, имеющие высшее или среднее техническое образование и практический опыт в области радиотехнических измерений, и допущенные к проведению поверки установленным порядком.

4.2 Поверитель должен изучить эксплуатационные документы на поверяемый приемник и используемые средства поверки.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 3.

5.2 Все средства поверки должны быть исправны и иметь действующие документы о поверке (знак поверки).

Таблица 3 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п. 3.1 Контроль условия поверки (при подготовке и проведении поверки средства измерений)	Средства измерений: температуры окружающей среды в диапазоне от 10 до 30°C с абсолютной погрешностью не более 1°C. Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 20 до 90 % с абсолютной погрешностью не более 3 %; атмосферного давления в диапазоне от 86,6 до 106,7 кПа с абсолютной погрешностью не более 0,5 кПа	Приборы комбинированные Testo 622, (рег. № 44744-10)
10.2	Рабочие эталоны единицы мощности электромагнитных колебаний, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда в соответствии с государственной поверочной схемой, утверждённой приказом Росстандарта № 3461 от 30.12.2019 в диапазоне частот от 9 кГц до 13,5 ГГц, уровень измеряемой падающей	Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP18T, (рег. № 69958-17)

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
	<p>мощности гармонических СВЧ сигналов от $3 \cdot 10^{-4}$ до 10^2 мВт.</p> <p>Средство измерений коэффициента передачи в диапазоне частот от 10 МГц до 13,5 ГГц, в диапазоне измерений коэффициента передачи от 0 до 30 дБ, с пределами допускаемой погрешности измерений коэффициента передачи $\pm 0,2$ дБ.</p> <p>Средства воспроизведения синусоидального сигнала в диапазоне частот от 10 МГц до 13,5 ГГц, пределы изменения уровня выходной мощности на выходе прибора в режиме НК от минус 110 до 11 дБм; уровень фазовых шумов на частоте 1 ГГц при отстройке 10 кГц не более минус 130 дБн/Гц, на частоте 10 ГГц при отстройке 10 кГц не более минус 110 дБн/Гц.</p> <p>Средства воспроизведения синусоидального сигнала в диапазоне частот от 100 Гц до 10 МГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности установки частоты $\pm 5 \cdot 10^{-7} \cdot f_n$ Гц</p>	<p>Анализатор цепей векторный Agilent N5224A (рег. № 53568-13)</p> <p>Генератор сигналов Agilent E8267D, (рег. № 53941-13)</p> <p>Генератор сигналов Г4-219, (рег. № 32580-12)</p>
10.3	Средства воспроизведения синусоидального сигнала в диапазоне частот от 10 МГц до 13,5 ГГц, пределы изменения уровня выходной мощности на выходе прибора в режиме НК от минус 110 до 11 дБм; уровень фазовых шумов на частоте 1 ГГц при отстройке 10 кГц не более минус 130 дБн/Гц, на частоте 10 ГГц при отстройке 10 кГц не более минус 110 дБн/Гц	Генератор сигналов Agilent E8267D, (рег. № 53941-13)
10.4	<p>Средства воспроизведения синусоидального сигнала в диапазоне частот от 100 Гц до 100 МГц, выходная мощность до 0,1 Вт; относительная нестабильность частоты не более 10^{-6}; пределы допускаемой абсолютной погрешности установки выходной мощности ± 1 дБ.</p> <p>Средства воспроизведения синусоидального сигнала в диапазоне частот от 10 МГц до 13,5 ГГц, пределы изменения уровня выходной мощности на выходе прибора в режиме НК от минус 110 до 11 дБм; уровень фазовых шумов на частоте 1 ГГц при отстройке 10 кГц не более минус 130 дБн/Гц, на частоте 10 ГГц при отстройке 10 кГц не более минус 110 дБн/Гц</p>	<p>Генератор сигналов СВЧ SMR40, (рег. № 35617-07)</p> <p>Генератор сигналов Agilent E8267D, (рег. № 53941-13)</p>
10.5	Средства воспроизведения синусоидального сигнала в диапазоне частот от 10 МГц до 13,5 ГГц, пределы изменения уровня выходной мощности на выходе прибора в режиме НК от минус 110 до 11 дБм; уровень фазовых шумов на частоте 1 ГГц при отстройке 10 кГц не более минус 130 дБн/Гц,	Генератор сигналов Agilent E8267D, (рег. № 53941-13)

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
	на частоте 10 ГГц при отстройке 10 кГц не более минус 110 дБн/Гц	
10.2	Эталон единицы ослабления, соответствующий требованиям к эталонам не ниже 2 разряда в соответствии с государственной поверочной схемой, утверждённой приказом Росстандарта № 3383 от 30.12.2019 в диапазоне частот от 100 Гц до 1 ГГц, в диапазоне установки ослабления от 0 до 50 дБ	Аттенюатор ступенчатый R&S RSC (рег. № 48368-11)
10.5	Эталон единицы времени и частоты, соответствующий требованиям к эталонам не ниже 3 разряда в соответствии с государственной поверочной схемой, утверждённой приказом Росстандарта № 2360 от 26.09.2022 с номинальным значением частоты выходного сигнала 10 МГц	Компаратор частотный ЧК7-1011 (рег. № 35168-14)
Примечание – допускается использовать при поверке аналогичные поверенные средства измерения утвержденного типа, утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, обеспечивающие необходимое соотношение погрешностей поверяемого и эталонного средства измерений.		

Вспомогательное оборудование приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Вспомогательное оборудование

Номер пункта документа по поверке	Наименование вспомогательного оборудования	Требуемые технические характеристики	Рекомендуемое вспомогательное оборудование
10.1	Нагрузка согласованная 50 Ом	Диапазон частот от 0 Гц до 13,5 ГГц	Нагрузка согласованная из набора мер коэффициента передачи и отражения
10.2	Аттенюатор	Диапазон частот от 0 Гц до 13,5 ГГц номинальное ослабление 10 дБ	Аттенюатор коаксиальный Д2М-18-10-11Р-11 (2 штуки)
10.2	Резистивный делитель мощности	Диапазон частот от 0 Гц до 13,5 ГГц КСВН не более 1,2	Делитель мощности ДМ2А-18-01Р

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При выполнении операций поверки должны быть соблюдены все требования техники безопасности, регламентированные ГОСТ 12.2.003 «Система стандартов безопасности труда.

Оборудование производственное. Общие требования безопасности», а также всеми действующими местными инструкциями по технике безопасности.

6.2 К выполнению операций поверки и обработке результатов наблюдений могут быть допущены только лица, аттестованные в качестве поверителя в установленном порядке.

6.3 Все блоки и узлы, а также используемые средства измерений должны быть надежно заземлены. Коммутации и сборки электрических схем для проведения измерений должны проводиться только на выключенной и полностью обесточенной аппаратуре.

6.4 На рабочем месте должны быть приняты меры по обеспечению защиты от воздействия статического электричества

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 Внешний вид и комплектность проверить на соответствие данным, приведенным в руководстве по эксплуатации (РЭ) на приемники.

При проведении внешнего осмотра проверить:

- соответствие комплектности эксплуатационной документации, наличие маркировок с указанием типа и заводского номера;
- соответствие внешнего вида и опломбирования описанию типа;
- отсутствие механических повреждений, влияющих на функциональность приемников;
- отсутствие неудовлетворительного крепления разъемов;
- состояние лакокрасочного покрытия (царапины, локальные изменения цвета и потертости, не приводящие к потере читаемости информационных надписей и маркировки, допускаются).

7.1.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными при отсутствии дефектов, нарушающих функциональность, и соответствии описанию типа. В противном случае, приемник дальнейшей поверке не подвергается, бракуется и направляется для проведения ремонта.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 На поверку представляют приемник, полностью укомплектованный в соответствии с РЭ на него.

8.1.2 Во время подготовки к поверке поверитель знакомится с документацией на приемник и подготавливает все материалы и средства поверки, необходимые для проведения поверки.

8.2 Опробование средства измерений

8.2.1 Подготовить приемник к работе. Порядок подготовки поверяемого приемника, включения, управления и дополнительная информация приведены в руководстве по эксплуатации.

8.2.2 Выдержать приемник в выключенном состоянии в условиях проведения поверки не менее двух часов, если он находился в отличных от них условиях.

8.2.3 Опробование модификаций приемников, имеющих сенсорный дисплей.

8.2.3.1 Включить приемник. Проверить работоспособность дисплея и отсутствие сообщений о неисправности или ошибках в процессе загрузки приемника.

8.2.3.2 Выдержать приемник во включенном состоянии не менее 30 минут.

8.2.3.3 Выдержать средства поверки во включенном состоянии в течение времени, указанного в их руководствах по эксплуатации.

8.2.3.4 Проверить, работоспособность сенсорной клавиатуры приемника - возможность установки и изменений с помощью клавиатуры следующих значений характеристик приемника: частоты; опорного уровня; полос обзора; полос пропускания.

8.2.3.5 Результаты испытаний считать положительными, если после включения и в процессе загрузки приемника не возникают сообщения об ошибках, сенсорный дисплей работоспособен, сенсорная клавиатура работоспособна - обеспечивается установка и изменение с помощью клавиатуры следующих значений характеристик приемника: частоты; опорного уровня; полос обзора; полос пропускания.

8.2.4 Опробование модификаций приемников, не имеющих сенсорного дисплея.

8.2.4.1 Подготовить к работе персональный компьютер (далее - ПК), к которому будет подключаться поверяемый приемник по интерфейсу удаленного управления. Установить программное обеспечение (далее - ПО), прилагаемое к поверяемому приёмнику, на данный ПК, следуя указаниям руководства по эксплуатации.

8.2.4.2 Включить приемник. Проверить работоспособность установленного ПО на ПК и отсутствие сообщений о неисправности или ошибках в процессе подключения ПО к приемнику.

8.2.4.3 Выдержать приемник во включенном состоянии не менее 30 минут.

8.2.4.4 Выдержать средства поверки во включенном состоянии в течение времени, указанного в их руководствах по эксплуатации.

8.2.4.5 Проверить функционирование диалоговых окон ПО приемника - возможность установки и изменений с помощью средств управления ПК следующих значений характеристик приемника: частоты; опорного уровня; полос обзора; полос пропускания.

8.2.4.6 Результаты проверки считать положительными, если ПО, установленное на ПК, работоспособно, на всех этапах проверки отсутствовали ошибки и предупреждающие сообщения ПО, диалоговые окна ПО приемника функционируют - обеспечивается установка и изменение с помощью органов управления ПК следующих значений характеристик приемника: частоты; опорного уровня; полос обзора; полос пропускания.

9 Проверка программного обеспечения

9.1 Запустить ПО «MWR GUI».

9.2 Идентификационное наименование и номер версии программного обеспечения поверяемого приемника отображаются в диалоговом окне «**Информация**».

9.3 Выполнить следующие установки на приемнике:

- [**Настройки**: Информация].

9.4 Идентификационное наименование и номер версии ПО, отображаемый в диалоговом окне «Информация», должны соответствовать указанным в описании типа па данное средство измерений.

9.5 Результаты проверки соответствия программного обеспечения считать положительными, если идентификационное наименование ПО «MWR GUI» и значение версии не ниже 1.1.26.

В противном случае результаты считать отрицательными и последующие операции поверки не выполнять.

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Определение спектральной плотности мощности шума

Определение уровня спектральной плотности мощности собственных шумов в диапазоне частот проводят методом прямых измерений путём измерений уровня с усреднением показаний отсчетных устройств поверяемого приемника при отсутствии входного сигнала.

10.1.1 К СВЧ входу поверяемого приемника подключить согласованную нагрузку 50 Ом из набора мер коэффициента передачи и отражения, указанного в таблице 4.

10.1.2 Выполнить следующие установки на приемнике:

- [**Сброс**:]

- [**Амплитуда**: Опорный уровень: -40 дБм]

- [**RF Аттенюатор Ручной**: 0 дБ]

- [Предусилитель: Включен]
- [Полоса: Полоса ПЧ: 260 МГц для частоты «Стоп» до 100 МГц включ.
20 МГц для частот «Старт» от 100 МГц включ.]
- [Частота: Старт: ...]
- [Частота: Стоп: ...]

10.1.3 Частоты «Старт», «Стоп» и значения полос пропускания приёмника RBW устанавливаются в соответствии с указанными поддиапазонами частот в таблице 5 в зависимости от отсутствия/наличия опции расширения диапазона частот - MWR-DC.

Таблица 5 – Диапазон частот и полоса фильтра RBW приемника

Диапазон частот	Значение фильтра RBW	Диапазон частот	Значение фильтра RBW
1	2	3	4
для приемников без опции MWR-DC		для приемников с опцией MWR-DC	
от 8 кГц до 100 кГц включ.	1 Гц	от 100 Гц до 1 кГц включ.	1 Гц
св. 100 кГц до 1 МГц включ.	10 Гц	св. 1 кГц до 10 кГц	1 Гц
св. 1 МГц до 10 МГц включ.	10 Гц	от 10 кГц до 100 МГц включ.	1 Гц
св. 10 МГц до 100 МГц	100 Гц	св. 100 МГц до 8 ГГц включ.	1 кГц
от 100 МГц до 8 ГГц включ.	1 кГц	св. 8 ГГц до 10 ГГц включ.	1 кГц
св. 8 ГГц до 10 ГГц включ.	1 кГц	св. 10 ГГц до 13,5 ГГц	1 кГц
св. 10 ГГц до 13,5 ГГц	1 кГц	-	-

10.1.4 Выполнить следующие установки на приемнике:

- [Амплитуда: Детектор: Ср. Кв. Значение]
- [Полоса: Окно БПФ: Ханна]
- [Маркер: Маркер: Маркер1: Ещё: Маркер для измерения шума]
- [График: График 1: Усреднение 10].

10.1.5 Дождаться окончания процедуры измерений с усреднением 10. Результаты измерений уровня спектральной плотности мощности собственных шумов будут отображаться на экране приемника.

10.1.6 Зафиксировать данные результаты измерений в протоколе измерений.

10.1.7 В случае наличия собственных дискретных спектральных составляющих приемника с уровнем, превышающим допустимый средний уровень собственных шумов, необходимо производить отстройку от них.

10.1.8 Повторить измерения во всех поддиапазонах частот, указанных в таблице 5, в зависимости от отсутствия/наличия опции расширения диапазона частот MWR-DC.

10.1.9 Повторить измерения для входа 2.

10.1.10 Повторить измерения п. 10.1.2 - 10.1.9 при выключенном предусилителе.

10.1.11 Результаты проверки считать положительными, если измеренные значения спектральной плотности мощности шумов P_{noise} в диапазоне частот не превышают значений, указанных в таблице 6, в зависимости от отсутствия/наличия опции расширения диапазона частот - MWR-DC.

Таблица 6 – Допустимые значения спектральной плотности мощности шумов приемника

Диапазон частот	Допустимые значения P_{noise} , дБ (мВт/Гц), не более			
	предусилитель			
	вкл.	выкл.	вкл.	выкл.
	без опции MWR-DC		с опцией MWR-DC	
от 100 Гц до 1 кГц включ.	-		-85	-85
св. 1 кГц до 10 кГц			-100	-100
от 10 кГц до 100 МГц включ.			-154	-145

Диапазон частот	Допустимые значения P_{noise} , дБ (мВт/Гц), не более			
	предусилитель			
	вкл.	выкл.	вкл.	выкл.
	без опции MWR-DC		с опцией MWR-DC	
от 8 кГц до 100 кГц включ.	-105	-107	-	
св. 100 кГц до 1 МГц включ.	-105	-115		
св. 1 МГц до 10 МГц включ.	-130	-130		
св. 10 МГц до 100 МГц	-145	-143		
от 100 МГц до 8 ГГц включ.	-154	-145	-154	-150
св. 8 ГГц до 10 ГГц включ.	-155	-150	-154	-146
св. 10 ГГц до 13,5 ГГц	-152	-150	-154	-145

10.2 Определение допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня синусоидального сигнала

Определение допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня синусоидального сигнала проводить при отношении сигнал/шум не менее 20 дБ методом прямых измерений с помощью ваттметра поглощаемой мощности, аттенюатора ступенчатого, генератора сигналов на частотах в зависимости от модификации поверяемого приемника и отсутствия/наличия у поверяемого приемника опции расширения диапазона частот - MWR-DC.

10.2.1 Определение абсолютной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала при значении уровня входного сигнала минус 20 дБ (1 мВт)

10.2.1.1 Измерения проводят на частотах, указанных в таблице 7, в зависимости от отсутствия/наличия у приемника опции расширения диапазона частот - MWR-DC.

10.2.1.2 Подготовить к работе ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP18T в соответствии с его руководством по эксплуатации. В качестве устройства управления и отображения информации при проведении измерений необходимо использовать персональный компьютер с установленным ПО.

10.2.1.3 Перед проведением измерений определить неравномерность коэффициента передачи резистивного делителя мощности (далее - ДМ) между плечами в диапазоне частот от 10 МГц до 13,5 ГГц.

10.2.1.4 Для этого откалибровать анализатор цепей векторный (далее - ВАЦ). Подключить ДМ к плоскостям калибровки ВАЦ и измерить коэффициенты передачи S_{21} и S_{31} в диапазоне частот. Используя функцию MATH, вычислить трассу (S_{21}/S_{31}). Проверить, что неравномерность ДМ не превышает $\pm 0,2$ дБ.

В случае превышения использовать другой ДМ или сохранить полученную трассу в виде «.s2p» файла на внешний носитель и загрузить данный файл в ПО, активировав режим «S-parameter correction».

10.2.1.5 Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 1, соединив выход генератора сигналов напрямую с портом 1 ДМ.



Рисунок 1 – Схема для определения абсолютной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала

Выполнить следующие установки на генераторе сигналов:

- [PRESET]
- [FREQ: из таблицы 7]
- [LEVEL: -20 dBm].

Выполнить следующие установки на приемнике:

- [Сброс:]
- [Амплитуда: Опорный уровень: -10 дБм]
- [RF Аттenuатор Ручной: 0 дБ]
- [Предусилитель: Выключен]
- [Полоса: Полоса ПЧ: 260 МГц для частот менее 100 МГц]
20 МГц для частот от 100 МГц включ. и выше]
- [Частота: из таблицы 7 (в зависимости от модификации и опции MWR-DCDC)]
- [Частота: Полоса Обзора: из таблицы 8]
- [RBW: Ручной: из таблицы 8].

Таблица 7 – Определение абсолютной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала при отношении сигнал/шум не менее 20 дБ

Частота входного сигнала, МГц	Уровень сигнала на входе, дБ (1 мВт)	Частота входного сигнала, МГц	Уровень сигнала на входе, дБ (1 мВт)
0,0001	-20	12000	-20
0,001	-20	13490	-20
0,1	-20	1000	10
10	-20		0
100	-20		-10
500	-20		-20
1000	-20		-30
2000	-20		-40
3000	-20		-50
3990	-20		-60
4000	-20		-70
5000	-20	3990	10
6000	-20	3990	0
7990	-20	7990	10
8000	-20	7990	0
9000	-20	9990	10
9900	-20	9990	0
10000	-20	13490	10
11000	-20	13490	0

Таблица 8 – Устанавливаемые значения полос обзора и RBW в зависимости от частоты входного сигнала

Частота входного сигнала $f_{уст}$, Гц		Полоса обзора	RBW
опция MWR-DC	0,0001	10 Гц	0,1 Гц
	0,001	10 Гц	0,1 Гц
	0,008	10 Гц	0,1 Гц
0,1		100 Гц	10 Гц
1		1 кГц	100 Гц
от 10 МГц и до выше		100 кГц	1 кГц

10.2.1.6 На ваттметре поглощаемой мощности выполнить процедуру установки нуля.

10.2.1.7 Активировать выходной сигнал на генераторе сигналов и, плавно изменяя выходной уровень генератора, установить его таким, чтобы значение уровня мощности, измеряемого ваттметром, было равно минус $(20 \pm 0,1)$ дБ (1 мВт). Для установки частоты от 100 Гц до 8 кГц использовать генератор сигналов Г4-219.

10.2.1.8 Зафиксировать показания ваттметра P_W , дБ (1 мВт) в протоколе измерений.

10.2.1.9 Выполнить следующие установки на приемнике:

- [Маркеры: Маркер1: Макс Пик]

Зафиксировать показания маркера приемника как P_{APC} , дБ (1 мВт) в протоколе измерений. Повторить измерения для остальных частот и фиксировать результаты измерений P_W и P_{APC} , дБ (1 мВт) в протоколах измерений.

10.2.2 Определение абсолютной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала при изменении значений ослабления внутреннего аттенюатора.

10.2.2.1 Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 1, соединив выход генератора сигналов напрямую с портом 1 ДМ.

Выполнить следующие установки на генераторе сигналов:

- [PRESET]

- [FREQ: 1 GHz]

- [LEVEL: -10 dBm].

Выполнить следующие установки на приемнике:

- [Частота: Центр: 1 ГГц]

- [Амплитуда: Опорный уровень: 0 дБм]

- [RF Аттенюатор Ручной: 10 дБ].

10.2.2.2 На ваттметре поглощаемой мощности выполнить процедуру установки нуля.

Активировать выходной сигнал на генераторе сигналов и, плавно изменяя выходной уровень генератора, установить его таким, чтобы значение уровня мощности, измеряемого ваттметром, было равно минус $(10 \pm 0,1)$ дБ (1 мВт).

Зафиксировать показания ваттметра P_W , дБ (1 мВт) в протоколе измерений.

10.2.2.3 Выполнить следующие установки на приемнике:

- [Маркеры: Маркер 1: Макс Пик].

Зафиксировать показания маркера приемника после как P_{APC} , дБ (1 мВт) в протоколе измерений.

10.2.2.4 Повторить измерения, устанавливая значения выходного уровня генератора таким, чтобы значения уровня мощности, измеряемого ваттметром, соответствовали значениям, указанным в таблице 9. Значения опорного уровня и собственного аттенюатора приемника так же установить в соответствии с таблицей 9.

Таблица 9 – Устанавливаемые значения параметров приемника

Значения уровня мощности, измеряемого ваттметром, дБм (1 мВт)	Значения параметров приемника	
	Опорный уровень, дБм (1 мВт)	RF Аттенюатор Ручной, дБ
0	10	20
10	20	30

10.2.2.5 Зафиксировать результаты измерений P_W и P_{APC} , дБ (1 мВт) в протоках измерений.

Повторить измерения на частоте из ряда: 3,99; 8,49; 9,99; 13,19 ГГц. И фиксировать результаты измерений P_W и P_{APC} , дБ (1 мВт) в протоках измерений.

10.2.3 Определение абсолютной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала при значениях уровня входного сигнала от минус 20 до минус 70 дБ (1 мВт).

10.2.3.1 Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 1, соединив выход генератора сигналов с портом А аттенюатора ступенчатого R&S RSC, а порт В аттенюатора с портом 1 ДМ.

Выполнить следующие установки на генераторе сигналов:

- [PRESET]
- [FREQ: 1 GHz]
- [LEVEL: -20 dBm].

Выполнить следующие установки на приемнике:

- [Частота: Центр: 1 ГГц]
- [Амплитуда: Опорный уровень: -20 дБм].

10.2.3.2 Установить на аттенюаторе ступенчатом R&S RSC значение ослабления 0 дБ, частоту 1 ГГц. На ваттметре поглощаемой мощности выполнить процедуру установки нуля.

10.2.3.3 Активировать выходной сигнал на генераторе сигналов и, плавно изменяя выходной уровень генератора, установить его таким, чтобы мощность, измеряемая ваттметром, была равна минус $(20 \pm 0,1)$ дБ (1 мВт). Зафиксировать показания ваттметра как $P_{W(-20)}$.

10.2.3.4 Установить на аттенюаторе ступенчатом значение ослабления 10 дБ.

Выполнить следующие установки на приемнике:

- [Маркеры: Маркер1: Макс Пик].

Зафиксировать показания маркера приемника как P_{APC} , дБ (1 мВт).

10.2.3.5 Повторить измерения, последовательно устанавливая на аттенюаторе ступенчатом значение ослабления 20; 30; 40; 50 дБ.

Зафиксировать показания маркера приемника как P_{APC} , дБ (1 мВт).

10.2.4 Повторить измерения для входа 2 приемника.

10.2.5 Для полученных в пунктах 10.2.1 и 10.2.2 результатов измерений P_{APC} , дБ (1 мВт), рассчитать абсолютную погрешность измерений уровня мощности входного сигнала при отношении сигнал/шум не менее 20 дБ:

$$\Delta P = P_{APC} - P_W, \quad (1)$$

где P_W – показания ваттметра поглощаемой мощности, дБ (1 мВт).

10.2.6 Для полученных в пункте 10.2.3 результатов измерений P_{APC} , дБ (1 мВт), рассчитать абсолютную погрешность измерений уровня мощности входного сигнала при отношении сигнал/шум не менее 20 дБ:

$$\Delta P = P_{APC} - P_{W(-20)} + A, \quad (2)$$

где $P_{W(-20)}$ – показания ваттметра поглощаемой мощности при ослаблении ступенчатого аттенюатора 0 дБ;

A – действительные значения установленного ослабления ступенчатого аттенюатора, дБ.

10.2.7 Результаты поверки считать положительными, если рассчитанные значения абсолютной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала находятся в пределах $\pm 1,0$ дБ.

10.3 Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов

Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов при отстройке от несущей в зависимости от частоты несущей относительно несущей в полосе 1 Гц проводят методом прямых измерений с помощью генератора сигналов.

10.3.1 Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 2.

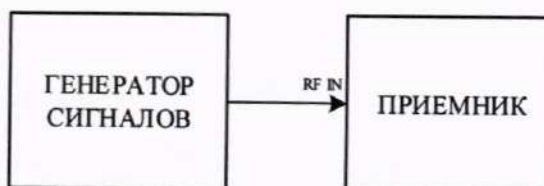


Рисунок 2 – Схема для определения спектральной плотности мощности фазовых шумов, уровня подавления паразитных сигналов и ширины полосы пропускания

10.3.2 Выполнить следующие установки на генераторе сигналов:

- [PRESET]
- [FREQ: 1 GHz]
- [LEVEL: 10 dBm].

Выполнить следующие установки на приемнике:

- [Сброс:]
- [Амплитуда: Опорный уровень: 10 дБм]
- [RF Attenuator Авто]
- [Предусилитель: Выключен]
- [Полоса: Полоса ПЧ: 20 МГц]
- [Частота: Центр: 1 ГГц]
- [Частота: Полоса Обзора: 1 МГц]
- [RBW: Ручной: 1 кГц].

10.3.3 Активировать выходной сигнал на генераторе сигналов.

Выполнить следующие установки на приемнике:

- [Меню: Режим]
- [Режим: Анализ фазовых шумов: Таблица].

10.3.4 Дождаться окончания процедуры измерений с усреднением 10. Зафиксировать результаты измерений спектральной плотности мощности фазовых шумов в отображаемом на экране приемника окне «Фазовый шум» в виде таблицы, как $R_{\Phi\text{ш}}$ (дБм/Гц) для следующих отстроек от центральной частоты: 100 Гц; 1 кГц; 10 кГц; 100 кГц.

В случае необходимости проведения повторных измерений, в меню приемника активировать окно «Новое измерение». Зафиксировать результаты измерений $R_{\Phi\text{ш}}$ в протоколе измерений.

10.3.5 Повторить измерения на несущей частоте 10 ГГц. Зафиксировать результаты измерений $R_{\Phi\text{ш}}$ в протоколе измерений.

10.3.6 Повторить измерения на несущей частоте 100 МГц на приемнике, на котором установлена опция MWR-ULPN. Зафиксировать результаты измерений $R_{\Phi\text{ш}}$ в протоколе измерений.

10.3.7 Повторить измерения для входа 2 приемника.

10.3.8 Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения спектральной плотности мощности фазовых шумов (без опции MWR-ULPN) на частоте 100 МГц при отстройке от несущей 1 кГц не превышают минус 120 дБн/Гц; спектральная плотность мощности фазовых шумов (с опцией MWR-ULPN) на частоте 1 ГГц при отстройке

от несущей 10 кГц не превышает минус 124 дБн/Гц, а на частоте 10 ГГц при отстройке от несущей 10 кГц не превышает минус 104 дБн/Гц.

10.4 Определение динамического диапазона измерений уровня сигнала

Динамический диапазон измерений уровня сигнала определяется из относительного уровня интермодуляционных искажений 3-го порядка, уровнем подавления паразитных сигналов и диапазоном отображения уровней сигнала.

10.4.1 Определение относительного уровня интермодуляционных искажений 3-го порядка в диапазоне частот

10.4.1.1 Определение относительного уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка в диапазоне частот, проводят методом прямых измерений путем подачи на вход приемника двух гармонических сигналов с частотами f_1 и f_2 . У приемника есть функция измерений уровня помех, возникших на частотах $(2f_1-f_2)$ и $(2f_2-f_1)$, относительно уровня основных сигналов на частотах f_1 и f_2 . Результаты данных измерений выражаются в виде точки пересечения 3-го порядка (TOI).

10.4.1.2 Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 3.

Выполнить следующие установки на приемнике:

- [Сброс:]
- [Амплитуда: Опорный уровень: -10 дБм]
- [RF Аттенюатор Ручной: 0 дБ]
- [Предусилитель: Выключен]
- [Полоса: Полоса ПЧ: 20 МГц]
- [Частота: Центр: 101 МГц]
- [Частота: Полоса Обзора: 4 МГц]
- [RBW: Ручной: 100 Гц]

10.4.1.3 Установить выходной уровень сигнала первого генератора сигналов минус 20 дБ (1 мВт), частоту $f_1 = 101$ МГц - 500 кГц. Установить выходной уровень сигнала второго генератора сигналов минус 20 дБ (1 мВт), частоту $f_2 = 101$ МГц + 500 кГц.



Рисунок 3 – Структурная схема для определения относительного уровня интермодуляционных искажений 3-го порядка в диапазоне частот

10.4.1.4 Включить мощность первого генератора сигналов. Органами регулировки генератора установить уровень сигнала на входе приемника минус 20 дБ (1 мВт) по показанию маркера. Выключить мощность первого генератора сигналов. Включить мощность второго генератора сигналов и его уровень установить аналогичным образом.

10.4.1.5 Включить выходную мощность первого генератора сигналов. При помощи соответствующей функции поверяемого приемника определить уровень интермодуляционных

искажений 3-го порядка, выраженный в виде точки пересечения 3-го порядка (TOI). Для этого выполнить следующие установки на приемнике:

- [Измерения: Функция Маркерных измерений: Искращения 3-го порядка (TOI)].

Зафиксировать результаты измерений уровня интермодуляционных искажений 3-го порядка, выраженных в виде точки пересечения 3-го порядка (TOI) и отображаемых в таблице на экране приемника в строке «Искращения 3-го порядка (верхняя строка)» как IP3 дБ (1 мВт), в протоколе измерений.

10.4.1.6 Повторить измерения, устанавливая на приемнике следующие значения центральной частоты: 1; 3,99; 8,49; 9,99; 13,19 ГГц. На генераторах устанавливать соответствующие частоты с отстройкой на ± 500 кГц. Зафиксировать результаты измерений IP3 в протоколе измерений.

10.4.1.7 Результаты испытаний считать положительными, если измеренные значения относительного уровня интермодуляционных искажений 3-го порядка в диапазоне частот, выраженного в виде точки пересечения 3-го порядка IP3, не менее значения минус 5 дБ (1 мВт).

10.4.2 Определение уровня подавления паразитных сигналов при уровне сигнала на смесителе минус 20 дБ (1 мВт) относительно несущей в диапазоне частот.

10.4.2.1 Определение уровня подавления паразитных сигналов при уровне сигнала на смесителе минус 20 дБ (1 мВт) относительно несущей $f_{пк}$ 0,1; 1,01; 2,01; 3,01; 3,99; 5,01; 6,01; 7,01; 7,99; 9,01; 9,99; 11,01; 12,01; 13,19 ГГц в диапазоне частот проводят методом прямых измерений с помощью генератора сигналов.

10.4.2.2 Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 2.

Выполнить следующие установки на приемнике:

- [Сброс:]
- [Амплитуда: Опорный уровень: -10 дБм]
- [RF Аттenuатор Ручной: 10 дБ]
- [Предусилитель: Выключен]
- [Полоса: Полоса ПЧ: Авто]
- [Частота: Центр: из ряда $f_{пк}$]
- [Частота: Полоса Обзора: 120 МГц]
- [RBW: Ручной: 10 кГц]
- [График: График1: Усреднение 3].

Выполнить следующие установки на генераторе сигналов:

- [PRESET]
- [FREQ: из ряда $f_{пк}$]
- [LEVEL: -20 dBm].

10.4.2.3 Активировать выходной сигнал на генераторе. На приемнике дожидаться окончания процедуры измерений с усреднением 3 и измерить с помощью маркера уровни паразитных каналов (уровни всех откликов, отображаемых на экране приемника в текущей полосе обзора, кроме откликов гармонических составляющих сигнала с текущей частотой). Зафиксировать показания маркера как $P_{пк}$ дБ (1 мВт) в протоколе измерений.

10.4.2.4 Для полученных в пункте 10.4.2.3 результатов измерений уровня подавления паразитных каналов приема $P_{пк}$ дБ (1 мВт) рассчитать уровень подавления паразитных каналов приема при уровне сигнала на смесителе минус 20 дБ (1 мВт), относительно несущей в диапазоне частот:

$$P_{пк(-20)} = P_{пк} - P_{см}, \text{ [дБ]} \quad (3)$$

где $P_{см}$ – уровень входного сигнала смесителя, равный минус 20 дБ (1 мВт).

10.4.2.5 Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения уровня подавления паразитных каналов приёма при уровне сигнала на смесителе минус 20 дБ (1 мВт) относительно несущей в диапазоне частот не превышают значения минус 50 дБ.

10.4.3 Определение диапазона отображения уровней сигнала

Определение диапазона отображения уровней сигнала провести по схеме, представленной на рисунке 2. Для измерений использовать генератор сигналов.

10.4.3.1 Измерения провести на частотах f , полученных в пункте 10.1 для P_{noise} и мощности входного синусоидального сигнала $P_{вх} = -16$ дБ (мВт).

10.4.3.2 Выполнить следующие настройки приемника:

- [Сброс]
- [Амплитуда: Опорный уровень: -16 дБм]
- [RF Аттенюатор Ручной: 0 дБ]
- [Предусилитель: Выключен]
- [Частота: Центр: из ряда f п. 10.1]
- [Частота: Полоса Обзора: 5 кГц]
- [RBW: Ручной: 100 Гц]
- [График: График 1: усреднение]
- [Маркер: маркер 1: Макс.Пик]
- [Маркер: маркер 1: Макс.Пик: След.Пик].

10.4.3.3 Выполнить следующие установки на генераторе сигналов:

- [PRESET]
- [FREQ: из ряда f п. 10.1]
- [LEVEL: - 16 dBm].

10.4.3.4 Зафиксировать максимальное значение уровня мощности сигнала в поле маркера 1 (P_1) и маркера 2 (P_2), дБ (1 мВт).

Проверить выполнение условия:

$$(P_2 - P_1) > 55, \text{ [дБ]}. \quad (4)$$

Если $(P_1 - P_2) < 55$ дБ, то необходимо уменьшать $P_{вх}$ пока не выполнится условие (4).

10.4.3.5 Рассчитать динамический диапазон измерений уровня сигнала по формуле:

$$D = |P_{noise} - P_{вх}|, \text{ [дБ]}. \quad (5)$$

где P_{noise} – уровень собственных шумов приемника, определенный в п.10.1.

Результаты измерений зафиксировать в протоколе измерений.

10.4.3.6 Повторить измерений для остальных частот f , определенных в п. 10.1.

10.4.3.7 Результаты поверки считать положительными, если динамический диапазон измерений приемника от 8 кГц до 1 МГц включ. не менее 120 дБ, св. 1 МГц до 100 МГц включ. не менее 139 дБ, св. 100 МГц до 8,0 ГГц включ. не менее 148 дБ, св. 8 до 10 ГГц включ. не менее 144 дБ, св. 10,0 до 13,5 ГГц не менее 139 дБ.

10.5 Определение максимальной ширины полосы пропускания и минимальной полоса пропускания измерительного фильтра

10.5.1 Собрать схему, представленную на рисунке 2. Для измерений использовать генератор сигналов.

10.5.2 Измерения провести на частоте входного сигнала 1 ГГц и мощности входного синусоидального сигнала $P_{вх} = -16$ дБ (мВт). С помощью программного обеспечения установить гетеродин в режим фиксированной частоты.

10.5.3 Установить на генераторе режим свипирования по частоте от 980 до 1020 МГц с шагом 1 Гц.

10.5.4 Выполнить следующие настройки приемника:

- [Сброс]
- [Частота: Центр: 1000 МГц]
- [RF Аттenuатор: авто]
- [Полоса: Полоса ПЧ: 20 МГц]
- [Частота: Полоса Обзора: 40 МГц]
- [RBW: Ручной: 100 Гц]
- [График: График 1: удержание макс.]
- [Маркер: маркер 1: 1000 МГц].

Установить маркер 2 и маркер 3 по уровню 3 дБ от маркера 1.

10.5.5 Измерить полосу пропускания тракта ПЧ при фильтре 20 МГц. Результаты зафиксировать в протоколе измерений.

10.5.6 Установить на генераторе режим свипирования по частоте от 800 до 1200 МГц с шагом 1 Гц.

10.5.7 Выполнить следующие настройки приемника:

- [Сброс]
- [Частота: Центр: 1000 МГц]
- [RF Аттenuатор: авто]
- [Полоса: Полоса ПЧ: 260 МГц]
- [Частота: Полоса Обзора: 400 МГц]
- [RBW: Ручной: 100 Гц]
- [График: График 1: удержание макс.]
- [Маркер: маркер 1: 1000 МГц].

Установить маркер 2 и маркер 3 по уровню 3 дБ от маркера 1.

10.5.7 Измерить полосу пропускания тракта ПЧ при фильтре 260 МГц. Результаты зафиксировать в протоколе измерений.

10.5.8 Для определения минимальной ширины полосы пропускания собрать схему, представленную на рисунке 4. Для измерений использовать генератор сигналов и компаратор частотный.



Рисунок 4 – Структурная схема соединения для определения минимальной ширины полосы пропускания измерительного фильтра

10.5.9 Выполнить следующие настройки приемника:

- [Сброс]
- [Частота: Центр: 100 МГц]
- [Амплитуда: Опорный уровень: -10 дБм]
- [RF Аттenuатор: авто]
- [Полоса: Полоса ПЧ: 20 МГц]
- [Частота: Полоса Обзора: 1 Гц]

- [RBW: Ручной: 0,1 Гц]
- [График: График 1: удержание макс.]
- [Маркер: маркер 1: макс].

Установить маркер 2 и маркер 3 по уровню 3 дБ от маркера 1.

10.5.10 Измерить полосу пропускания тракта ПЧ при фильтре 20 МГц. Результаты зафиксировать в протоколе измерений.

10.5.11 Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения максимальной ширины полосы пропускания не менее 180 МГц, минимальная ширина полосы пропускания измерительного фильтра не более 0,1 Гц.

11 Оформление результатов поверки

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

11.2 По заявлению владельца изделия или лица, представившего его на поверку, в случае положительных результатов поверки (подтверждено соответствие изделия метрологическим требованиям) наносится знак поверки и (или) выдается свидетельство о поверке.

11.3 По заявлению владельца изделия или лица, представившего его на поверку, в случае отрицательных результатов поверки (не подтверждено соответствие изделия метрологическим требованиям) выдается извещение о непригодности к применению.

11.4 Обязательное оформление протокола поверки не требуется. По заявлению владельца изделия или лица, представившего его на поверку, возможно оформление протокола поверки.

11.5 Способ защиты средства измерений от несанкционированного вмешательства представлен в описании типа, дополнительных действий по соблюдению требований по защите средства измерений от несанкционированного вмешательства не требуется.

Начальник отдела
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Научный сотрудник
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России



К.С. Черняев

О.А. Рудакова