

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ,
МЕТРОЛОГИИ И ИСПЫТАНИЙ В Г. МОСКВЕ»
(ФБУ «РОСТЕСТ – МОСКВА»)

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора
ФБУ «Ростест-Москва»



Е.В. Морин

«21» марта 2017 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

АНАЛИЗАТОРЫ ФАЗОВОГО ШУМА
FSWP8, FSWP26, FSWP50

Методика поверки

РТ-МП-2822-441-2015
с Изменением № 1

г. Москва
2017 г.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Настоящая методика поверки распространяется на анализаторы фазового шума FSWP8, FSWP26, FSWP50, в том числе произведенные до внесения изменений № 1 (далее – анализаторы), изготавливаемые фирмой «Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG», Германия, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

(Изменённая редакция, Изм. №1)

Интервал между поверками – 12 месяцев.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 Перед проведением поверки анализатора провести внешний осмотр и операции подготовки его к работе.

1.2 Метрологические характеристики анализатора, подлежащие проверке, и операции поверки приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке (после ремонта)	периодической поверке
1	2	3	4
1 Внешний осмотр	7.1	да	да
2 Опробование	7.2	да	да
3 Подтверждение идентификационных данных ПО	7.3	да	да
4 Определение (контроль) метрологических характеристик:			
4.1 Определение погрешности частоты опорного генератора	7.4	да	да
4.2 Определение погрешности измерения уровня сигнала в диапазоне частот	7.5	да	да
4.3 Определение погрешности измерения фазового шума	7.6	да	да
4.4 Определение погрешности измерения амплитудного шума	7.7	да	да
4.5 Определение уровня собственных фазовых шумов	7.8	да	да
4.6 Определение уровня собственных амплитудных шумов	7.9	да	нет
4.7 Определение уровня собственных вносимых фазовых шумов	7.10	да	да
4.8 Определение КСВН входа	7.11	да	нет
4.9 Определение уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями 3-го порядка	7.12	да	нет
4.10 Определение уровня помех, обусловленных гармоническими искажениями 2-го порядка	7.13	да	нет
4.11 Определение погрешности измерений уровня из-за переключения полосы пропус-	7.14	да	нет

кания			
Продолжение таблицы 1			
1	2	3	4
4.12 Определение относительной погрешности установки ширины полосы пропускания ПЧ по уровню минус 3 дБ и коэффициента прямоугольности фильтров полосы пропускания	7.15	да	нет
4.13 Определение уровня остаточных сигналов комбинационных частот	7.16	да	нет
4.14 Определение среднего уровня собственных шумов	7.17	да	да
4.15 Определение погрешности измерений уровня сигнала минус 10 дБмВт ¹ на частоте 64 МГц	7.18	да	да
4.16 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики относительно частоты 64 МГц	7.19	да	да
4.17 Определение погрешности измерений уровня из-за нелинейности шкалы	7.20	да	да
4.18 Определение погрешности измерений уровня из-за переключения ослабления входного аттенюатора	7.21	да	да

Примечания:

1 В соответствии с п. 16 Приказа Минпромторга России № 1815 от 02.06.2015 допускается проведение поверки СИ без отдельных опций из состава СИ в соответствии с заявлением владельца СИ, с обязательным указанием в свидетельстве о поверке информации об объеме проведенной поверки.

2 В соответствии с п. 18 Приказа Минпромторга России № 1815 от 02.06.2015 допускается проводить периодическую поверку анализаторов фазового шума FSWP26 и FSWP50 в ограниченном диапазоне частот на основании письменного заявления владельца СИ с соответствующей записью в свидетельстве о поверке. Ограничение диапазона частот при периодической поверке вышеуказанных моделей допускается только в соответствии с диапазоном частот более низкочастотных моделей FSWP8 и FSWP26.

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта документа по поверке	Наименование средства поверки	Требуемые технические характеристики средства поверки		Рекомендуемое средство поверки
		Пределы измерений	Пределы допускаемой погрешности	
1	2	3	4	5
7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.12, 7.13, 7.20, 7.21	Стандарт частоты	5 МГц, 10 МГц	$\pm 5 \cdot 10^{-10}$ за 1 год	Стандарт частоты рубидиевый GPS - 12RG

¹ дБмВт – дБ относительно 1 мВт

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
7.4	Частотомер универсальный	от 0,001 Гц до 100 МГц	$\pm 5 \cdot 10^{-10}$ с внешней опорной частотой за 1 год	Частотомер универсальный CNT-90XL
7.5, 7.6, 7.7, 7.12, 7.13, 7.14, 7.15, 7.18, 7.19, 7.20, 7.21	Генератор сигналов	от 100 кГц до 43,5 ГГц (от минус 100 до 10) дБмВт АМ: от 0 до 100% ФМ: от 0 до 1 рад	$\pm 5 \%$ $\pm 5 \%$	Генератор сигналов СВЧ SMF100A
7.8, 7.9	Измеритель фазовых шумов	Фазовый шум на частоте 640 МГц при отстройке 10 кГц	не более минус 155 дБн/Гц ²	Анализатор источников сигналов FSUP8 с опцией B60
7.20, 7.21	Аттенюатор	Частота 64 и 128 МГц от 0 до 100 дБ	$\pm 0,03$ дБ	Аттенюатор ступенчатый R&S RSC
7.6, 7.7	Анализатор спектра	от 2 Гц до 43 ГГц демодуляция АМ, ЧМ	$\pm 1 \cdot 10^{-7}$ $\pm 0,5 \%$	Анализатор спектра FSW43
7.5, 7.18, 7.19	Измеритель мощности	от 0 Гц до 50 ГГц от $2 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^2$ мВт	$\pm (0,1 \dots 0,2)$ дБ	Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP-Z56
7.11, 7.19	Анализатор цепей	от 10 МГц до 50 ГГц КСВН: от 1,05 до 10	$\pm 5 \%$	Анализатор электрических цепей векторный ZVA50
<i>Вспомогательные средства поверки:</i> аттенюатор номиналом 10 дБ, сумматор, нагрузка 50 Ом, фильтры				

Примечания:

1 Вместо указанных в таблице средств поверки разрешается применять другие аналогичные меры и измерительные приборы, обеспечивающие измерения соответствующих параметров с требуемой точностью.

2 Применяемые средства поверки должны быть исправны, иметь свидетельства (отметки в формулярах или паспортах) о поверке с не истекшим сроком действия и при необходимости аттестованы в качестве эталонов единиц величин.

3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

К проведению поверки анализаторов допускается инженерно-технический персонал со среднетехническим или высшим радиотехническим образованием, имеющим опыт работы с радиотехническими установками, ознакомленный с руководством пользователя (РЭ) и документацией по поверке.

² дБн/Гц – дБ относительно уровня несущей, приведенный к полосе пропускания 1 Гц
Анализаторы фазового шума FSWP8, FSWP26, FSWP50
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ МП РТ 2822-441-2015 с изменениями №1

4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении поверки должны быть соблюдены все требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019-80 «ССБТ. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности».

5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

Поверку проводить при следующих условиях:

- температура окружающего воздуха, °С	20 ± 5;
- относительная влажность воздуха, %	от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа	от 84 до 106,7;
- параметры питания от сети переменного тока:	
- напряжение, В	220 ± 22;
- частота, Гц	50 ± 0,5.

6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1 Поверитель должен изучить РЭ поверяемого анализатора и РЭ используемых средств поверки.

6.2 Перед проведением операций поверки необходимо:

- проверить комплектность поверяемого анализатора (наличие интерфейсных кабелей, шнуров питания и пр.);
- проверить комплектность рекомендованных (или аналогичных им) средств поверки, заземлить (если это необходимо) требуемые рабочие эталоны, средства измерений и включить питание заблаговременно перед очередной операцией поверки (в соответствии со временем установления рабочего режима, указанным в РЭ).

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре проверить:

- отсутствие внешних механических повреждений и неисправностей, влияющих на работоспособность анализатора;
- исправность органов управления.

Результаты внешнего осмотра считать удовлетворительными, если отсутствуют внешние механические повреждения и неисправности, влияющие на работоспособность анализатора, органы управления находятся в исправном состоянии.

7.2 Опробование

7.2.1 Подключить анализатор к сети переменного тока напряжением 220 В с заземленным контактом.

7.2.2 Включить анализатор, после времени прогрева 30 минут запустить процедуру встроенной автоматической калибровки и самопроверки, нажатием клавиш Setup-Alignment.

7.2.3 Результаты опробования считать удовлетворительными, если после прохождения автоматической калибровки на дисплее не появилось сообщение об ошибках.

7.3 Подтверждение идентификационных данных ПО

Идентификационное наименование и номер версии программного обеспечения для управления анализатором отображаются при нажатии Setup – System Config – Versions+Options.

Наименование и номер версии ПО должны соответствовать описанию ПО в технической документации на анализатор.

7.4 Определение погрешности частоты опорного генератора

Для определения погрешности частоты опорного генератора подключить выход 10 MHz REF Out на задней панели анализатора ко входу частотомера, синхронизированного по внешнему стандарту частоты.

Провести измерение частоты опорного генератора по частотомеру, относительную погрешность измерений частоты вычислить по формуле:

$$\Delta f = (f_{изм} - f_{уст}) / f_{изм}$$

где: $f_{уст}$ – установленное значение частоты (10 МГц);

$f_{изм}$ – измеренное значение частоты, Гц.

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если значение погрешности частоты опорного генератора находится в пределах $\pm 1 \cdot 10^{-7}$ (с опцией термостатированного генератора опорной частоты FSW-B4 в пределах $\pm 5 \cdot 10^{-8}$).

7.5 Определение погрешности измерения уровня сигнала в диапазоне частот

Для определения погрешности измерения уровня сигнала собрать схему по рис. 1.

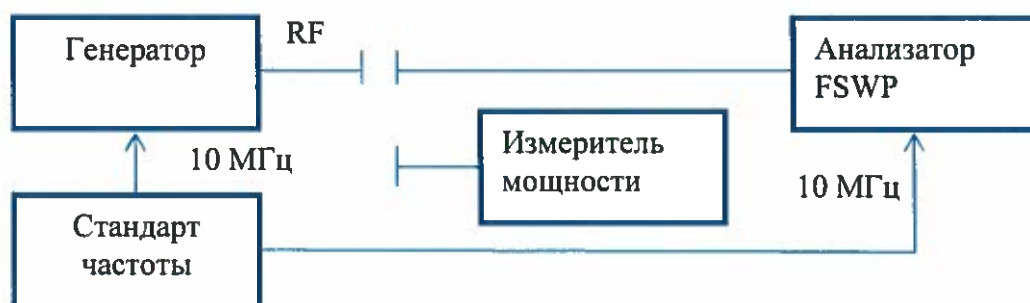


Рисунок 1

Настроить генератор и анализатор на работу от внешнего источника опорной частоты. Затем с помощью измерителя мощности провести калибровку АЧХ выходного сигнала генератора на конце кабеля с помощью функции User Correction во всем диапазоне частот генератора для уровня сигнала 0 дБмВт.

Подключить выход генератора с активированной пользовательской коррекцией АЧХ ко входу анализатора фазового шума. На анализаторе выбрать режим работы «Анализатор фазового шума», установить в настройках автопоиска частоты входного сигнала начальную частоту 1 МГц и конечную 8 ГГц / 26,5 ГГц / 50 ГГц в зависимости от модели анализатора.

На генераторе установить уровень 0 дБмВт и частоту 1 МГц, анализатор должен автоматически определить частоту и уровень входного сигнала и отобразить их в левом верхнем углу экрана.

Определить погрешность измерения уровня сигнала по формуле:

$$\Delta P = P_{изм} - 0 \text{ дБмВт}$$

Повторить измерения для частот из ряда: 10 МГц, от 100 МГц до 1 ГГц с шагом 100 МГц, от 1 ГГц до 8 ГГц с шагом 500 МГц, от 8 ГГц до 26 ГГц с шагом 1 ГГц, 26,5 ГГц, от 26 ГГц до 50 ГГц с шагом 2 ГГц в зависимости от модели анализатора. При измерениях на частотах свыше 42 ГГц вместо генератора использовать анализатор цепей в режиме CW с калибровкой по мощности.

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если значение погрешности измерения уровня сигнала находится в пределах ± 1 дБ до 8 ГГц, ± 2 дБ от 8 ГГц до 18 ГГц и ± 3 дБ от 18 ГГц до 50 ГГц.

7.6 Определение погрешности измерения фазового шума

Для определения погрешности измерения фазового шума использовать схему рис.1.

На генераторе установить частоту 1 ГГц, выходной уровень 0 дБмВт, фазовую модуляцию с девиацией фазы 0,001 рад и частотой модулирующего колебания 10 кГц, при необходимости проконтролировать точность установки девиации фазы по анализатору спектра FSW43 в режиме демодуляции ФМ. На анализаторе FSWP выбрать режим измерения фазового шума при отстройках от 10 Гц до 100 кГц с количеством корреляций 1, в настройках трассы включить отображение дискретных составляющих

С помощью маркера провести измерение уровня дискретной составляющей на графике фазового шума при отстройке 10 кГц.

Определить погрешность измерения фазового шума по формуле:

$$\Delta\Phi = \Phi_{\text{изм}} + 66 \text{ дБн}$$

Повторить измерения при частоте модулирующего колебания и соответствующих отстройках в 10 Гц, 1 кГц и 100 кГц, а также для несущих частот 10 ГГц и 40 ГГц в зависимости от модели анализатора.

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если значение погрешности измерения фазового шума находится в пределах $\pm 1,5$ дБ.

7.7 Определение погрешности измерения амплитудного шума

Для определения погрешности измерения амплитудного шума использовать схему рис.1.

На генераторе установить частоту 1 ГГц, выходной уровень 0 дБмВт, амплитудную модуляцию с $K_{\text{ам}} = 0,1 \%$ и частотой модулирующего колебания 10 кГц, при необходимости проконтролировать точность установки $K_{\text{ам}}$ по анализатору спектра FSW43 в режиме демодуляции АМ. На анализаторе FSWP выбрать режим измерения амплитудного шума при отстройках от 10 Гц до 100 кГц с количеством корреляций 1, в настройках трассы включить отображение дискретных составляющих

С помощью маркера провести измерение уровня дискретной составляющей на графике фазового шума при отстройке 10 кГц.

Определить погрешность измерения амплитудного шума по формуле:

$$\Delta AN = AN_{\text{изм}} + 66 \text{ дБн}$$

Повторить измерения при частоте модулирующего колебания и соответствующих отстройках в 10 Гц, 1 кГц и 100 кГц, а также для несущих частот 10 ГГц и 40 ГГц в зависимости от модели анализатора.

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если значение погрешности измерения амплитудного шума находится в пределах ± 2 дБ.

7.8 Определение уровня собственных фазовых шумов

Для определения уровня собственных фазовых шумов собрать схему по рис. 2.

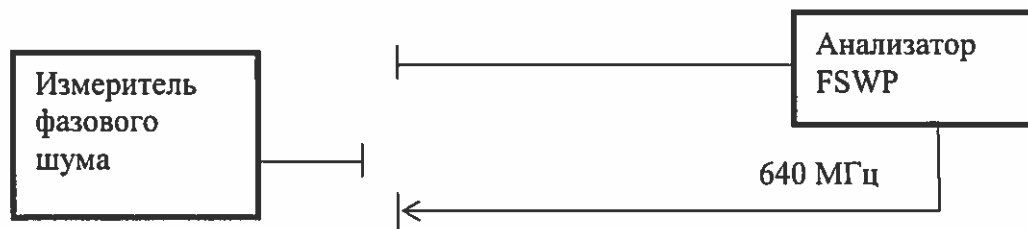


Рисунок 2

На анализаторе FSWP активировать выход 640 МГц на задней панели прибора, подключить его к измерителю фазового шума FSUP.

На FSUP установить режим измерения фазового шума для частоты 640 МГц при отстройках от 3 кГц до 30 кГц, для отстройки 10 кГц установить количество кросс-корреляций 100000.

Провести измерения фазового шума при отстройке 10 кГц. Убедиться, что измеренное значение не превышает минус 158 дБн/Гц.

После этого подключить сигнал с выхода 640 МГц FSWP на вход самого прибора. На FSWP установить режим измерения фазового шума при отстройках от 3 кГц до 30 кГц и количестве кросс-корреляций 1, включить режим усреднения.

Провести измерения фазового шума при отстройке 10 кГц.

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если значение уровня собственных фазовых шумов не более минус 148 дБн/Гц.

При наличии на анализаторе FSWP опции B60, установить количество кросс-корреляций для отстройки 10 кГц равным 10000 и проверить, что уровень собственных фазовых шумов на отстройке 10 кГц имеет значение не более (минус 167 ± 3) дБн/Гц.

При наличии на анализаторе FSWP опции B61, установить сервисный режим, при котором один из встроенных синтезаторов коммутируется на вход прибора, а второй - используется в качестве гетеродина для обоих каналов приемника. Полученный результат будет показывать суммарный фазовый шум обоих синтезаторов, и таким образом на 3 дБ превышать собственный фазовый шум каждого синтезатора в отдельности.

Установить частоту встроенных синтезаторов 1 ГГц, нажатием:

SETUP > Service > Calibration Signal > Calibration Synthesizer 2 > Freq 1 GHz

Установить начальную отстройку 1 Гц, конечную отстройку 10 кГц, количество кросс-корреляций 10.

Поскольку чувствительность по фазовым шумам, определяется фазовыми шумами синтезатора и улучшением из-за кросс-корреляции, то следующие корректировочные коэффициенты будут связывать фазовый шум синтезаторов и чувствительность прибора:

- 3 дБ за счет измерения суммы фазовых шумов 2ух синтезаторов;
- $5 \cdot \lg X$ (дБ), где X – количество кросс-корреляций.

Значения количества кросс-корреляций при настройках по умолчанию в зависимости от отстройки и суммарный корректирующий коэффициент приведены в таблице 3:

Таблица 3

Отстройка, Гц	1	10	100	1000	10000
Количество корреляций	1	10	130	13000	13000
Коррекция, дБ	3	8	13,5	18,5	23,5

Рассчитать собственный фазовый шум опции FSWP-B61 по формуле:

$$PN_{B61} = PN_{ИЗМ} - K_{кор}, \text{ где}$$

$PN_{ИЗМ}$ – измеренный суммарный фазовый шум двух синтезаторов;

$K_{кор}$ – корректирующий коэффициент.

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если значение уровня собственных фазовых шумов для опции B61 не более значений, указанных в таблице 4.

Таблица 4

Несущая частота, F	Частота отстройки, ΔF				
	1 Гц	10 Гц	100 Гц	1 кГц	10 кГц
1 ГГц	минус 72	минус 95	минус 120	минус 150	минус 166

(Изменённая редакция, Изм. №1)

7.9 Определение уровня собственных амплитудных шумов

Для определения уровня собственных амплитудных шумов собрать схему по рис. 2.

На анализаторе FSWP активировать выход 640 МГц на задней панели прибора, подключить его ко входу прибора.

На FSWP установить режим измерения амплитудного шума при отстройках от 1 Гц до 30 кГц для несущей 640 МГц, включить режим усреднения.

Провести измерения амплитудного шума при отстройке 10 кГц.

Примечание. Для кварцевых генераторов на отстройке 10 кГц амплитудный шум не превышает фазовый шум. Поэтому амплитудный шум сигнала 640 МГц также не более минус 158 дБн/Гц (см. п. 7.8).

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если значение уровня собственных амплитудных шумов не более минус 158 дБн/Гц.

7.10 Определение уровня собственных вносимых фазовых шумов (при наличии опции В64)

Для определения уровня собственных вносимых фазовых шумов соединить кабелем выход генератора на передней панели FSWP со входом прибора.

На анализаторе FSWP включить режим измерения вносимых фазовых шумов, установить частоту измерений 1 ГГц, включить выход генератора с установленным номинальным значением уровня выходного сигнала 10 дБмВт. Установить диапазон измеряемых отстроек от 3 кГц до 30 кГц, количество корреляций 10000 при отстройке 10 кГц, включить режим усреднения.

Провести измерения вносимого фазового шума на отстройке 10 кГц.

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если значение уровня собственных вносимых фазовых шумов не более минус 160 дБн/Гц.

7.11 Определение КСВН входа

Определение КСВН входа анализатора провести с помощью анализатора электрических цепей векторного ZVA50.

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если измеренные значения КСВН в диапазонах частот не превышают:

до 26,5 ГГц.....2,0;
от 26,5 ГГц до 50 ГГц.....2,5.

Пункты 7.12 – 7.21 выполняются только при наличии опции В1

7.12 Определение уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями 3-го порядка

Для определения уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями 3-го порядка подключить ВЧ выходы двух генераторов сигналов СВЧ SMF100А, через аттенюаторы номиналом 10 дБ, к входам сумматора. Генераторы синхронизировать от внешнего источника – стандарта частоты рубидиевого GPS-12RG. Выход сумматора подключить к ВЧ входу анализатора (на частотах выше 42 ГГц использовать источники сигналов анализатора цепей).

На генераторах установить сигналы с параметрами:

частота $f_{g1} = f_{in} - 500$ кГц;
 $f_{g2} = f_{in} + 500$ кГц;
уровень – минус 15 дБмВт.

На FSWP выбрать режим анализатора спектра и установить следующие настройки:

- [AMPT : RF ATTEN MANUAL : 0 dB]
- [AMPT : -5 dBm]

- [SPAN : 4 MHz]
 - [BW : RES BW MANUAL : 2 kHz]
 - [FREQ : CENTER : { f_{in} }],
- где $f_{in} = 11, 20, 50, 100$ МГц;
- от 190 МГц до 990 МГц с шагом 200 МГц;
 - 1010 МГц;
 - от 1190 МГц до 2990 МГц с шагом 200 МГц;
 - 3010 МГц;
 - от 3490 МГц до 7990 МГц с шагом 500 МГц;
 - от 8,1 ГГц до 26,1 ГГц с шагом 1 ГГц;
 - от 26,5 ГГц до 50 ГГц с шагом 2 ГГц в зависимости от модели прибора.

Установить маркеры анализатора на частоты f_{g1} и f_{g2} . Регулируя уровни генераторов установить показания маркеров на значения -15 dBm. Установить дельта-маркер на частоту f_{g1} - 1 МГц. Измерить относительный уровень интермодуляционной помехи.

При наличии опции B24, повторить измерения при включенном предусилителе и ослаблении встроенного аттенюатора 35 дБ.

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если уровень помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка, не превышает значений, указанных в таблице 5.

Таблица 5

Относительный уровень интермодуляционных искажений 3 порядка $L_{ИМЗ}$, выраженный в виде точки пересечения 3 порядка (TOI) ¹ , при сдвиге по частоте не менее $5 \times RBW$ и ВЧ аттенюаторе 0 дБ, не менее	с выключенным предусилителем, $L_{смес} =$ минус 15 дБмВт	с включенным предусилителем $L_{смес} =$ минус 50 дБмВт
до 10 МГц	28 дБмВт	-
от 10 МГц до 1 ГГц	25 дБмВт	минус 10 дБмВт
от 1 ГГц до 3 ГГц	20 дБмВт	минус 13 дБмВт
от 3 ГГц до 8 ГГц	17 дБмВт	минус 20 дБмВт
от 8 ГГц до 10 ГГц	8 дБмВт	минус 20 дБмВт
от 10 ГГц до 50 ГГц	10 дБмВт	минус 20 дБмВт

¹TOI = $(2 * L_{смес} - L_{ИМЗ}) / 2$, где: $L_{смес}$ – уровень входного сигнала на смесителе

7.13 Определение уровня помех, обусловленных гармоническими искажениями 2-го порядка

Подключить ВЧ выход генератора сигналов СВЧ SMF100A к ВЧ входу анализатора через соответствующий фильтр, подавляющий уровень собственных гармоник генератора. Генератор синхронизировать от внешнего источника – стандарта частоты рубидиевого GPS-12RG.

На генераторе установить сигнал с параметрами:

частота – f_{in} ;

уровень – минус 5 дБмВт.

Настройки FSWP в режиме анализатора спектра:

- [AMPT : RF ATTEN MANUAL : 0 dB]

- [AMPT : -5 dBm]

- [SPAN : 10 kHz]

- [BW : RES BW MANUAL : 30 Hz]

- [BW : VIDEO BW MANUAL : 10 Hz]

- [FREQ : CENTER : { f_{in} }].

$f_{in} = 9; 21; 106; 274; 449,9; 699,9; 999,9; 1499,9; 1749,9; 2699,9; 3449,9$ МГц; 5 ГГц; 10 ГГц; 20 ГГц в зависимости от модели прибора.

Установить маркер на пик сигнала:

- [MKR=> : PEAK].

По маркеру определить уровень сигнала L_{in} . Регулируя уровень генератора установить показания маркера на значение -5 dBm.

Установить центральную частоту на 2-ую гармонику:

- [FREQ : CENTER : $\{2 \times f_{in}\}$].

Установить маркер на пик 2-ой гармоники:

- [MKR=> : PEAK].

По маркеру определить уровень сигнала L_{K2} .

Уровень помех, обусловленных гармоническими искажениями 2-го порядка, определить по формуле $L_{in} - L_{K2}$.

При наличии опции B24, повторить измерения при включенном предусилителе и ослаблении встроенного аттенюатора 35 дБ.

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если уровень помех обусловленных гармоническими искажениями 2-го порядка, не превышает значений, указанных в таблице 6.

Таблица 6

Относительный уровень гармонических искажений 2-го порядка L_{K2} , выраженный в виде точки пересечения 2-го порядка (SHI) ² , при ВЧ аттенюаторе 0 дБ, не менее	с выключенным предусилителем, $L_{смес} =$ минус 5 дБмВт	с включенным предусилителем $L_{смес} =$ минус 50 дБмВт
	от 1 МГц до 500 МГц	45 дБмВт
от 500 МГц до 1,5 ГГц	47 дБмВт	10 дБмВт
от 1,5 ГГц до 4 ГГц	62 дБмВт	10 дБмВт
от 4 ГГц до 25 ГГц	65 дБмВт	10 дБмВт

²SHI = $L_{смес} - L_{K2}$, где: $L_{смес}$ – уровень входного сигнала смесителя

7.14 Определение погрешности измерений уровня из-за переключения полосы пропускания

Подключить ВЧ выход генератора сигналов СВЧ SMF100A к ВЧ входу анализатора.

На генераторе установить сигнал с параметрами:

частота – 64 МГц;

уровень – минус 20 дБмВт.

Настройки FSWP в режиме анализатора спектра:

- [AMPT : -10 dBm]

- [AMPT : RF ATTEN MANUAL : 10 dB]

- [FREQ : CENTER : 64 MHz]

- [SPAN : 100 kHz]

- [BW : RBW MANUAL : 10 kHz]

- [BW : VBW MANUAL : 100 Hz]

Установить маркер на пик сигнала и зафиксировать значение:

- [MKR => : PEAK]

- [MKR : REFERENCE FIXED].

Изменить настройки анализатора:

- [SPAN : $\{10 \times RBW\}$] для $RBW \leq 10$ МГц или

- [SPAN : ZERO] для $RBW > 10$ МГц

- [BW : RBW MANUAL : $\{RBW\}$: ENTER]

- [BW : VBW MANUAL : $\{0.01 \times RBW\}$: ENTER]

Если $RBW < 100$ Гц, то использовать ширину полосы видеофильтра $VBW = 1$ Гц.

Установить маркер на пик сигнала и зафиксировать значение:

- [MKR => : PEAK].

Провести измерения для значений полосы пропускания $RBW = 100$ Гц, 1 кГц, 10 кГц,

100 кГц, 1 МГц и 10 МГц, а также 20, 50 и 80 МГц при наличии опции В8.

Разница уровней отображается в поле «Delta [T1 FXD] {xxx} dB».

Повторить измерения для режима БПФ-фильтра. Для этого изменить настройки анализатора:

- [SWEEP : SWEEP MODE : FFT].

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если погрешности измерений уровня из-за переключения полосы пропускания относительно $RBW=10$ кГц не превышает $\pm 0,2$ дБ.

7.15 Определение относительной погрешности установки ширины полосы пропускания ПЧ по уровню минус 3 дБ и коэффициента прямоугольности фильтров полосы пропускания

Подключить ВЧ выход генератора сигналов к ВЧ входу анализатора. На генераторе установить сигнал с параметрами:

частота – 64 МГц;

уровень – 0 дБмВт.

Настройки FSWP в режиме анализатора спектра:

- [AMPT : RF ATTEN MANUAL : 10 dB]

- [AMPT : 0 dBm]

- [FREQ : CENTER : 64 MHz]

- [BW : COUPLING RATIO : SPAN/RBW MANUAL : 3 : ENTER]

Определить погрешность установки ширины полосы пропускания ПЧ по уровню минус

3 дБ:

- [MKR FCTN : N DB DOWN : 3 dB]

- [SPAN : {3 × RBW}].

Провести измерения для значений полосы пропускания $RBW = 100$ Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц, 1 МГц и 10 МГц с помощью функции:

- [MKR => : PEAK].

Действительное значение полосы пропускания ПЧ по уровню минус 3 дБ отображается в поле «BW {полоса пропускания}».

Для тех же полос пропускания установить

- [MKR FCTN : N DB DOWN : 60 dB]

- [SPAN : {6 × RBW}].

Действительное значение полосы пропускания ПЧ по уровню минус 60 дБ отображается в поле «BW {полоса пропускания}».

Определить коэффициенты прямоугольности по формуле $BW_{60дБ}/BW_{3дБ}$

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если:

- относительная погрешность установки ширины полосы пропускания ПЧ по уровню минус 3 дБ не превышает ± 3 %;

- значения коэффициентов прямоугольности фильтров полосы пропускания не превышают 5.

7.16 Определение уровня остаточных сигналов комбинационных частот

Замкнуть ВЧ вход анализатора на нагрузку 50 Ом.

Для определения уровня остаточных сигналов комбинационных частот выключить ЖИГ-фильтр. Установить настройки FSWP в режиме анализатора спектра:

- [AMPT : RF ATTEN MANUAL : 0 dB]

- [AMPT : -50 dBm]

- [BW : RES BW MANUAL : 200 Hz].

Измерить уровень с помощью функции:

- [MKR => : PEAK].

Провести измерения во всём диапазоне частот.

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если уровень

остаточных сигналов комбинационных частот не превышает:

- до 1 МГц.....минус 90 дБмВт;
- от 1 МГц до 8900 МГц.....минус 110 дБмВт;
- свыше 8900 МГц.....минус 100 дБмВт.

7.17 Определение среднего уровня собственных шумов

Замкнуть ВЧ вход анализатора на нагрузку 50 Ом.

Настройки FSWP в режиме анализатора спектра:

- [AMPT : RF ATTEN MANUAL : 0 dB]
- [AMPT : -60 dBm]
- [SPAN : 0 Hz]
- [TRACE 1 : AVERAGE]
- [TRACE 1 : SWEEP COUNT : {SWPCNT} ENTER]
- [MEAS : TIME DOMAIN POWER : MEAN]
- [FREQ : CENTER : { f_n }]
- [BW : RBW MANUAL : {RBW}]
- [BW : VBW MANUAL : {VBW}].

Считать среднее значение маркера и скорректировать значение измерений на минус $10 \cdot \lg(\text{RBW}/1 \text{ Гц})$:

- RBW = 1 Гц соответствует коррекции 0 дБ;
- RBW = 10 Гц соответствует коррекции минус 10 дБ;
- RBW = 100 Гц соответствует коррекции минус 20 дБ;
- RBW = 1 кГц соответствует коррекции минус 30 дБ.

Измерения провести при следующих настройках анализатора:

- RBW = 1 Гц; SWPCNT = 20; f_n = 2 Гц, 10 Гц;
- RBW = 10 Гц; SWPCNT = 5; f_n = 30 Гц, 90 Гц;
- RBW = 100 Гц; SWPCNT = 5; f_n = 300 Гц, 980 Гц;
- RBW = 1 кГц; SWPCNT = 1; f_n = 9,8 кГц; 98 кГц; 998 кГц; 9,8 МГц; 30 МГц; от 99 МГц

до 7999 МГц с шагом 100 МГц; от 8,5 ГГц до 50 ГГц с шагом 500 МГц в зависимости от модели прибора.

При наличии опций FSW-B24 провести дополнительные измерения на частотах f_n = 100 кГц, 1 МГц, 99 МГц, от 1 ГГц до 50 ГГц с шагом 1 ГГц. Для измерений установить: предусилитель включен; RBW = 1 кГц; SWPCNT = 1.

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если средний уровень собственных шумов [дБмВт], приведённый к полосе пропускания 1 Гц не превышает значений, указанных в таблице 7

Таблица 7

Наименование характеристики	Значения характеристики
1	2
Средний уровень собственных шумов, приведённый к полосе пропускания 1 Гц, в диапазонах частот, не более:	
от 10 Гц до 100 Гц	минус 110 дБмВт
от 100 Гц до 1 кГц	минус 120 дБмВт
от 1 кГц до 9 кГц	минус 135 дБмВт
от 9 кГц до 1 МГц	минус 145 дБмВт
от 1 МГц до 1 ГГц	минус 149 дБмВт
от 1 ГГц до 3 ГГц	минус 150 дБмВт
от 3 ГГц до 8 ГГц	минус 150 дБмВт

Продолжение таблицы 7

1	2
от 8 ГГц до 13,6 ГГц от 13,6 ГГц до 18 ГГц от 18 ГГц до 25 ГГц от 25 ГГц до 34 ГГц от 34 ГГц до 40 ГГц от 40 ГГц до 43,5 ГГц от 43,5 ГГц до 47 ГГц от 47 ГГц до 49 ГГц от 49 ГГц до 50 ГГц	минус 148 дБмВт минус 147 дБмВт минус 145 дБмВт минус 140 дБмВт минус 137 дБмВт минус 135 дБмВт минус 133 дБмВт минус 131 дБмВт минус 129 дБмВт
с опцией FSWP-B24 и установленном усилении предусилителя 30 дБ от 100 кГц до 60 МГц от 60 МГц до 3 ГГц от 3 ГГц до 8 ГГц от 8 ГГц до 18 ГГц от 18 ГГц до 23 ГГц от 23 ГГц до 40 ГГц от 40 ГГц до 43 ГГц от 43 ГГц до 50 ГГц	минус 160 дБмВт минус 165 дБмВт минус 162 дБмВт минус 162 дБмВт минус 160 дБмВт минус 156 дБмВт минус 152 дБмВт минус 146 дБмВт

7.18 Определение погрешности измерений уровня сигнала минус 10 дБмВт на частоте 64 МГц

Установить на ваттметре СВЧ с блоком измерительным NRP в меню «Cal Factor» параметры, соответствующие измерению на частоте 64 МГц с помощью преобразователя измерительного NRP-Z56.

Собрать схему в соответствии с рисунком 3: подключить вход преобразователя, вход анализатора и выход генератора сигналов к сумматору.

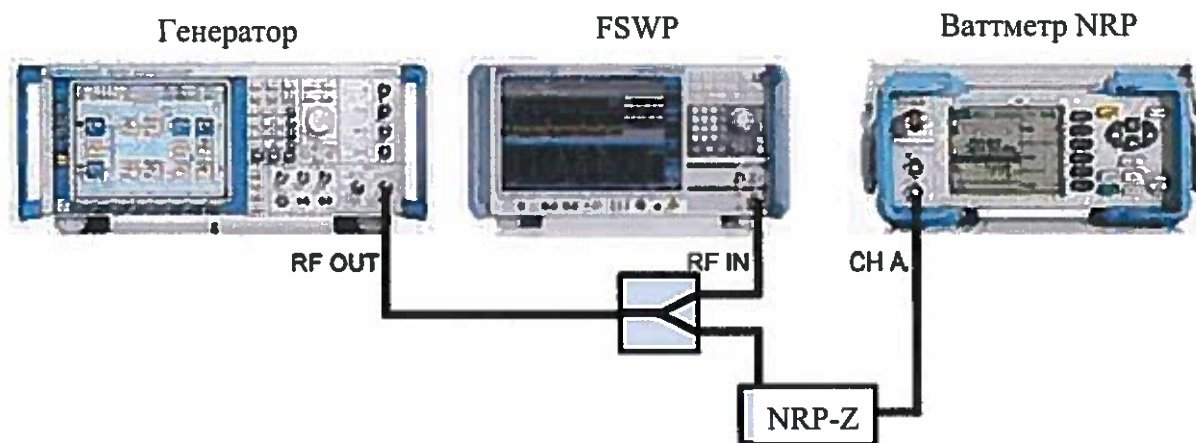


Рисунок 3

На генераторе установить сигнал с параметрами:

- частота – 64 МГц;
- уровень – минус 4 дБмВт.

Изменяя уровень генератора, установить показания ваттметра $L_{NRP} = \text{минус } 10 \pm 0,05$ дБмВт.

Установить следующие настройки FSWP в режиме анализатора спектра:

- [AMPT : RF ATTN MANUAL : 10 dB]
- [AMPT : -10 dBm]
- [SWEEP : SWEEP TIME : 10 ms]

- [SPAN : 30 kHz]
- [BW : RES BW MANUAL : 10 kHz]
- [TRACE : DETECTOR : RMS]
- [FREQ : CENTER : 64 MHz].

Измерить уровень сигнала L_{FSW} [дБмВт] с помощью функции:

- [MKR => : PEAK].

Погрешность измерений уровня сигнала минус 10 дБмВт на частоте 64 МГц рассчитать по формуле:

$$\Delta L_{64} = L_{FSW} - L_{NRP}.$$

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если погрешность измерений уровня сигнала не превышает $\pm 0,2$ дБ.

7.19 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики относительно частоты 64 МГц и диапазона измеряемых уровней

Собрать схему в соответствии с рисунком 4, для частот менее 10 МГц вместо анализатора цепей использовать генератор сигналов.

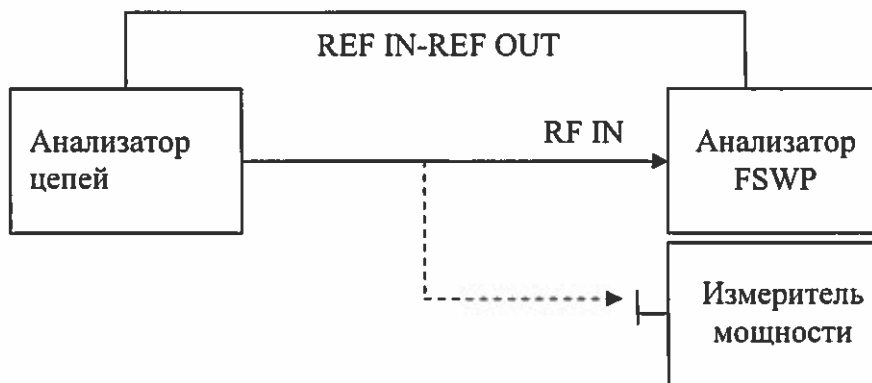


Рисунок 4

Анализатор цепей откалибровать по мощности и по КСВН по концу кабеля, подключенного к порту 1 в диапазоне частот от 10 МГц до 50 ГГц. Затем перевести в режим генерации НГ, уровень минус 10 дБмВт, включить систему АРУ. Выбрать измерение падающей волны a1 с учетом коррекции на рассогласование («enhanced wave correction»), частоту генерации 10 МГц.

Установить следующие настройки FSWP в режиме анализатора спектра:

- [AMPT : RF INPUT {coupling} DC]
- [AMPT : RF ATTEN MANUAL : {a_{FSW}} 10 dB]
- [AMPT : 0 dBm]
- [SPAN : 100 kHz]
- [BW : RES BW MANUAL : 10 kHz]
- [FREQ : CENTER : 64 MHz]
- [MKR => : MORE : EXCLUDE LO].

Измерить уровень сигнала L_{FSW} с помощью функции:

- [MKR => : PEAK].

Зафиксировать показания a1 анализатора цепей.

Погрешность измерений уровня сигнала ΔL^{REF} [дБ] = $L_{FSW} - a1$ занести в протокол.

Неравномерность АЧХ относительно частоты 64 МГц рассчитать для следующих частот f_{in} = 1 кГц, 10 кГц, 30 кГц, 100 кГц, 300 кГц, 1 МГц, 3 МГц, 10 МГц, 50 МГц, 100 МГц, 200 МГц, от 500 МГц до 8 ГГц с шагом 500 МГц, от 8 ГГц и до 50 ГГц с шагом 1 ГГц в зависимости от модели прибора.

Установить следующие настройки FSWP:

- [SPAN : 100 kHz]
- [FREQ : CENTER : {f_{in}}]

- [BW : RES BW MANUAL : {RBW}]

В диапазоне частот F_{in} до 100 кГц использовать $RBW=F_{in}/10$, в остальных случаях использовать $RBW=10$ кГц.

Измерить уровень сигнала L_{FSW} с помощью функции:

- [MKR => : PEAK].

Зафиксировать показания анализатора цепей $a1$ [дБмВт].

Неравномерность АЧХ относительно частоты 64 МГц $\delta_{АЧХ}$ [дБ] рассчитать по формуле:

$$\delta_{АЧХ}[дБ] = L_{FSW} - a1 - \Delta L^{REF}.$$

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если абсолютное значение неравномерности амплитудно-частотной характеристики не превышает значений, указанных в таблице 8.

Таблица 8

Неравномерность амплитудно-частотной характеристики относительно частоты 64 МГц, с включённым ЖИГ-фильтром, предусилитель отключён, ослабление 10 дБ, не более	
от 10 Гц до 9 кГц	± 1 дБ
от 9 кГц до 10 МГц	± 0,45 дБ
от 10 МГц до 3,6 ГГц	± 0,3 дБ
от 3,6 ГГц до 8 ГГц	± 0,5 дБ
от 8 ГГц до 22 ГГц	± 1,5 дБ
от 22 ГГц до 26,5 ГГц	± 2 дБ
от 26,5 ГГц до 50 ГГц	± 2,5 дБ

7.20 Определение погрешности измерений уровня из-за нелинейности шкалы

Подключить ВЧ выход генератора сигналов к входу аттенюатора ступенчатого измерительного RSC, выход аттенюатора – к ВЧ входу анализатора. Генератор синхронизировать от внешнего источника.

На генераторе установить сигнал с параметрами:

частота – 128,1 МГц;

уровень – 10 дБмВт.

Значение ослабления на аттенюаторе RSC установить 0 дБ.

Установить следующие настройки FSWP в режиме анализатора спектра:

- [AMPT : RF ATTEN MANUAL : 10 dB]

- [AMPT : 10 dBm]

- [FREQ : CENTER : 128.1 MHz]

- [SPAN : 0 Hz]

- [TRACE : DETECTOR : AV]

- [BW : RES BW MANUAL : 1kHz]

- [SWEEP : SWEEP TIME MANUAL : {sweep time}]

- [MEAS : TIME DOMAIN POWER : MEAN]

Измерить уровень сигнала L_{Ref} с помощью маркера.

Изменять ослабление аттенюатора RSC до 90 дБ с шагом 5 дБ.

В таблице 9 приведена зависимость установки значений времени развертки и ослабления аттенюатора.

Таблица 9

атт, дБ	от 10 до 50	от 50 до 80	от 80 до 100
Время развёртки, мс	200	600	1000

На каждом шаге изменений значения ослабления измерить уровень сигнала L_{FSW} с помощью маркера.

Погрешность измерений уровня рассчитать по формуле:

$$\Delta L = L_{FSW} - L_{Ref} + A,$$

где A – действительное значение ослабления аттенюатора на частоте измерения

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если погрешности измерений уровня из-за нелинейности шкалы (при отношении сигнал/шум не менее 16 дБ) не превышает:

- в диапазоне от 0 до минус 70 дБ ± 0,1 дБ;
- в диапазоне от минус 70 дБ до минус 90 дБ ± 0,2 дБ.

7.21 Определение погрешности измерений уровня из-за переключения ослабления входного аттенюатора

Подключить ВЧ выход генератора сигналов к входу аттенюатора ступенчатого измерительного RSC, выход аттенюатора – к ВЧ входу анализатора. Генератор синхронизировать от внешнего источника – стандарта частоты.

На генераторе установить сигнал с параметрами:

- частота – 64 МГц;
- уровень – 10 дБмВт.

Значение ослабления на аттенюаторе RSC установить 70 дБ.

Установить следующие настройки FSWP в режиме анализатора спектра:

- [FREQ : CENTER : 64 MHz]
- [SPAN : 500 Hz]
- [BW : RES BW MANUAL : 1 kHz]
- [TRACE : DETECTOR : RMS]
- [BW : VIDEO BW MANUAL : 100 Hz]
- [AMPT : RF ATTEN MANUAL : 10 dB]
- [AMPT : -35 dBm]

Установить маркер на пик сигнала:

- [MKR => : PEAK].

Задать фиксированный опорный маркер:

- [MKR : REFERENCE FIXED].

Параметры измерительной цепи (ослабление на аттенюаторе RSC a_{ATT} , ослабление анализатора a_{FSW} и опорный уровень анализатора) изменять согласно таблице 10, используя следующие настройки анализатора:

- [AMPT : RF ATTEN MANUAL : { a_{FSW} }]
- [AMPT : { -45 dBm + a_{FSW} } dBm]
- [MKR => : PEAK].

Таблица 10

a_{ATT} , дБ	70	80	75	65	60	55	50	40	30	20	10
a_{FSW} , дБ	10	0	5	15	20	25	30	40	50	60	70
Опорный уровень, дБмВт	-35	-45	-40	-30	-25	-20	-15	-5	5	15	25

Считать показание маркера Delta [T1 FXD] $\{\Delta_m\}$ дБ в верхнем правом углу ЖКИ.

Для каждого из значений ослабления входного аттенюатора анализатора вычислить погрешность измерения уровня из-за переключения ослабления входного аттенюатора по формуле:

$$\Delta_{\text{атт}} = \Delta_m + (A_d - A_{d\ 70\ \text{дБ}}),$$

где: Δ_m – отсчет маркера Delta [T1 FXD] $\{\Delta_m\}$ дБ,

A_d – действительное значение ослабления аттенюатора RSC на частоте 64 МГц (в соответствии с результатами поверки аттенюатора),

$A_{d\ 70\ \text{дБ}}$ – действительное значение ослабления аттенюатора RSC при установке номинального значения 70 дБ на частоте 64 МГц.

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если погрешности измерений уровня из-за переключения ослабления входного аттенюатора на частоте 64 МГц относительно ослабления 10 дБ не превышают $\pm 0,2$ дБ.

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 Результаты измерений, полученные в процессе поверки, заносят в протокол произвольной формы.

8.2 При положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке в соответствии с приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации №1815 от 02.07.2015.

Знак поверки наносится на переднюю панель анализаторов фазового шума FSWP8, FSWP26, FSWP50 или на свидетельство о поверке в соответствии с приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации № 1815 от 02.07.2015.

8.3 При отрицательных результатах поверки, выявленных при внешнем осмотре, опробовании, или выполнении операций поверки, выдается извещение о непригодности в соответствии с приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации №1815 от 02.07.2015.

**Лист изменений к РТ-МП-2822-441-2015
с изменениями № 1**

- 1) Вводная часть дополнена фразой о распространении действия данной методики поверки на анализаторы фазового шума FSWP8, FSWP26, FSWP50, произведенные до внесения изменения № 1.
- 2) П. 7.8 раздела 7 **ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ** дополнен методикой определения уровня собственных фазовых шумов анализатора при наличии в нем опции В61.

Начальник лаборатории № 441
ФБУ «Ростест-Москва»



С. Э. Баринов

Нач. сектора № 1 лаборатории № 441
ФБУ «Ростест-Москва»



Р. А. Осин