



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

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

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора

ФБУ «Ростест-Москва»



А.Д. Меньшиков

«27» мая 2019 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА

СК4-БЕЛАН 240М, СК4-БЕЛАН 400М, СК4-БЕЛАН 500М

Методика поверки

РТ-МП-5870-441-2019

г. Москва

2019

Настоящая методика поверки распространяется на анализаторы спектра СК4-БЕЛАН 240М, СК4-БЕЛАН 400М, СК4-БЕЛАН 500М (далее – приборы), изготавливаемые АО ПФ «ЭЛВИРА», и устанавливает методы и средства их поверки.

Интервал между поверками – 1 год.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1. Операции поверки

наименование операции	номер пункта методики	проведение операции при поверке	
		первичной	периодической
Внешний осмотр и подготовка к поверке	6	да	да
Опробование (функциональное тестирование)	7.2	да	да
Определение усредненного уровня собственных шумов на частотах свыше 10 МГц	7.3.1	да	да
Определение усредненного уровня собственных шумов на частотах от 9 кГц до 10 МГц	7.3.2	да	да
Определение погрешности частоты опорного генератора	7.3.3	да	да
Определение погрешности измерения уровня мощности на частоте 100 МГц и неравномерности АЧХ на частотах ниже 10 МГц	7.3.4	да	да
Определение неравномерности АЧХ на частотах свыше 10 МГц	7.3.5	да	да
Определение составляющей погрешности измерения уровня мощности, связанной с переключением ослабления аттенюатора	7.3.6	да	да
Определение коэффициента прямоугольности фильтров ПЧ	7.3.7	да	нет
Определение уровня фазовых шумов	7.3.8	да	да
Определение составляющей погрешности измерения уровня, связанной с нелинейностью логарифмической шкалы	7.3.9	да	нет
Определение уровня гармонических искажений второго порядка	7.3.10	да	нет
Определение уровня интермодуляционных искажений третьего порядка	7.3.11	да	да

1.2 По письменному запросу пользователя поверку в части определения усредненного уровня собственных шумов (операция 7.3.1), определения неравномерности АЧХ (операция 7.3.5), определения составляющей погрешности измерения уровня мощности, связанной с переключением ослабления аттенюатора (операция 7.3.6), определения уровня гармонических искажений второго порядка (операция 7.3.10) допускается проводить в ограниченном сверхдиапазоне частот. При этом в свидетельстве о поверке должно быть указано ограничение по диапазону частот.

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки рекомендуется применять средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2. Средства поверки

№	наименование средства поверки	номер пункта методики	требуемые технические характеристики	рекомендуемый тип средства поверки и его технические характеристики, примечания
1	2	3	4	5
эталонные средства измерений				
1	стандарт частоты	7.3.3	относительная погрешность частоты 10 МГц не более $\pm 1 \cdot 10^{-9}$ уровень сигнала от 0 до +10 дБм	стандарт частоты рубидиевый FS725
2	генератор сигналов №1	7.3.3 7.3.4 7.3.7 7.3.8 7.3.9 7.3.11	диапазон частот от 9 кГц до 10 ГГц; диапазон уровня от -30 до +12 дБм; уровень фазовых шумов на частоте 1 ГГц при отстройке 10 кГц не более -147 дБн/Гц; уровень фазовых шумов на частоте 10 ГГц при отстройке 10 кГц не более -128 дБн/Гц; вход синхронизации 10 МГц	генератор сигналов SMA100B с опциями B112, B711
3	генератор сигналов №2	7.3.5 7.3.6 7.3.10. 7.3.11	диапазон частот от 250 кГц до 50 ГГц; диапазон уровня от -20 до +10 дБм; вход синхронизации 10 МГц	генератор сигналов E8257D с опцией 550
4	ваттметр поглощаемой СВЧ мощности	7.3.7	относительная погрешность измерения уровня мощности -10 дБм в диапазоне частот от 100 МГц до 50 ГГц не более $\pm 0,3$ дБ	ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP-Z56
5	аттенюатор ступенчатый	7.3.9	погрешность ослабления от 0 до 100 дБ на частоте 100 МГц не более $\pm 0,15$ дБ	аттенюатор ступенчатый RSC модель 103 (с протоколом поверки)

2.2 Вместо указанных в таблице 2 средств поверки допускается применять другие аналогичные средства поверки, обеспечивающие требуемые технические характеристики.

2.3 Применяемые средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь документы о поверке.

3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

К проведению поверки допускаются лица с высшим или среднетехническим образованием, имеющие практический опыт в области радиотехнических измерений.

4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019-80.

4.2 Во избежание несчастного случая и для предупреждения повреждения поверяемого прибора необходимо обеспечить выполнение следующих требований:

- подсоединение поверяемого прибора к сети должно производиться с помощью сетевого кабеля из комплекта прибора;
- заземление поверяемого прибора и средств поверки должно производиться посредством присоединения заземляющего провода к клемме «земля» на задней панели прибора;
- запрещается подавать на вход прибора сигнал с уровнем, превышающим максимально допустимое значение;
- запрещается работать с поверяемым прибором при снятых крышках или панелях;
- запрещается работать с прибором в условиях температуры и влажности, выходящих за пределы рабочего диапазона, а также при наличии в воздухе взрывоопасных веществ;
- запрещается работать с прибором в случае обнаружения его повреждения.

5 УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПОВЕРКЕ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия окружающей среды:

- температура воздуха 23 ± 5 °С;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80 %;

6 ВНЕШНИЙ ОСМОТР И ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1 Внешний осмотр

6.1.1 При проведении внешнего осмотра проверяются:

- чистота и исправность разъемов, отсутствие механических повреждений корпуса и ослабления крепления элементов;
- сохранность органов управления, четкость фиксации их положений;
- комплектность прибора.

6.1.2 При наличии дефектов или повреждений, препятствующих нормальной эксплуатации поверяемого прибора, его направляют в ремонт.

6.2 Подготовка к поверке

6.2.1 Перед началом работы следует изучить руководство по эксплуатации поверяемого прибора, а также руководства по эксплуатации применяемых средств поверки.

6.2.2 Подсоединить прибор к сети 220 В; 50 Гц сетевым кабелем из комплекта прибора.

6.2.3 Подсоединить клемму «земля» на задней панели прибора к защитному заземлению при помощи провода.

6.2.4 Включить питание прибора переключателем на задней панели, и клавишей в левой нижней части лицевой панели.

6.2.5 Перед началом выполнения операций по определению метрологических характеристик прибора (раздел 7.3) используемые средства поверки и поверяемый прибор должны быть выдержаны во включенном состоянии в соответствии с указаниями руководств по эксплуатации. Минимальное время прогрева прибора составляет 1 час.

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Общие указания по проведению поверки

7.1.1 Полученные в процессе выполнения операций результаты измерений должны укладываться в пределы допускаемых значений, которые указаны в таблицах настоящего раздела документа.

При получении отрицательных результатов по какой-либо операции необходимо повторить операцию. При повторном отрицательном результате прибор следует направить в сервисный центр изготовителя для проведения регулировки и/или ремонта.

7.1.2 В настоящем документе обозначения клавиш на лицевой панели прибора даны жирным шрифтом, обозначения функциональных сенсорных клавиш и вызываемых ими пунктов меню – обычным шрифтом.

7.2 Опробование (функциональное тестирование)

7.2.1 Выполнить идентификацию данных программного обеспечения прибора через меню **SYSTEM**, **About**.

Номер версии ПО должен быть не ниже V24.02.

7.2.2 Выполнить проверку правильности установки режимов в соответствии с руководством по эксплуатации прибора, путем последовательного нажатия клавиш на передней панели прибора, и функциональных сенсорных клавиш.

7.3 Проведение поверки

7.3.1 Определение усредненного уровня собственных шумов на частотах выше 10 МГц

7.3.1.1 Используя при необходимости адаптер, установить на вход “RF INPUT” прибора согласованную нагрузку 50 Ω .

7.3.1.2 Выполнить на приборе установки:

PRESET

AMPT, **MORE**→ Optimal IMD, Ref. Level –50 dBm, Attenuator 0 dB

SPAN 10 kHz

BW, **RBW** (FFT) 1 kHz, Video Auto, Average On 100, ←

7.3.1.3 Устанавливать на приборе центральную частоту **FREQ**, как указано в столбце 1 таблицы 7.3.1.1. После завершения усреднений нажимать клавишу **SEARCH**.

ПРИМЕЧАНИЯ:

1. Указанные в столбце 3 допускаемые значения соответствуют полосе пропускания (RBW) 1 кГц; при этом нормализованные к полосе пропускания 1 Гц допускаемые значения уровня собственных шумов, указанные в описании типа, ниже на 30 дБ.

2. В скобках даны допускаемые значения в режиме тракта Optimal IMD при выключенном МШУ для приборов с опциями отключаемых МШУ (005, 052, 054, 055).

Таблица 7.3.1.1 – Усредненный уровень собственных шумов в режиме тракта Optimal IMD на частотах свыше 10 МГц

частота	отсчет маркера, дБм	верхний предел допускаемых значений, дБм
1	2	3
10.1 МГц		–120 (–119)
500 МГц		–120 (–119)
1.00 ГГц		–120 (–119)
1.50 ГГц		–115 (–114)
2.00 ГГц		–115 (–114)
2.50 ГГц		–115 (–114)
2.99 ГГц		–115 (–114)
3.01 ГГц		–113 (–111)
6.0 ГГц		–113 (–111)
9.0 ГГц		–113 (–111)
12.0 ГГц		–108 (–106)
18.0 ГГц		–108 (–106)
23.99 ГГц		–108 (–106)
следующие значения для моделей СК4-БЕЛАН 400М, СК4-БЕЛАН 500М		
30.0 ГГц		–105 (–102)
35.0 ГГц		–105 (–102)
39.99 ГГц		–105 (–102)
следующие значения только для модели СК4-БЕЛАН 500М		
45.00 ГГц		–105 (–102)
49.99 ГГц		–100 (–97)

7.3.1.4 Выполнить на приборе установки:

PRESET

AMPT, MORE→ Optimal Noise, Ref. Level –50 dBm, Attenuator 0 dB

SPAN 10 kHz

BW, RBW (FFT) 1 kHz, Video Auto, Average On 100, ←

7.3.1.5 Устанавливать на приборе центральную частоту **FREQ**, как указано в столбце 1 таблицы 7.3.1.2 После завершения усреднений нажимать клавишу **SEARCH**.

ПРИМЕЧАНИЯ:

1. Указанные в столбце 3 допускаемые значения соответствуют полосе пропускания (RBW) 1 кГц; при этом нормализованные к полосе пропускания 1 Гц допускаемые значения уровня собственных шумов, указанные в описании типа, ниже на 30 дБ.

2. В скобках даны допускаемые значения в режиме тракта Optimal Noise при выключенном МШУ для приборов с опциями отключаемых МШУ (005, 052, 054, 055).

7.3.1.6 Для прибора без опции отключаемого МШУ (005, 052, 054, 055) перейти к следующей операции.

Для прибора с опцией 005, 052, 054, 055 нажать клавишу **AMPT**, и включить МШУ.

AMPT, MORE→ Preamplifier On

Выполнить действия аналогично пунктам 7.3.1.3 и 7.3.1.5, устанавливая на приборе центральную частоту **FREQ**, как указано в столбце 1 таблицы 7.3.1.3, после завершения усреднений нажимать клавишу **SEARCH**.

Таблица 7.3.1.2 – Усредненный уровень собственных шумов в режиме тракта Optimal Noise на частотах свыше 10 МГц

частота	отсчет маркера, дБм	верхний предел допускаемых значений, дБм
1	2	3
10.1 МГц		-125 (-124)
500 МГц		-125 (-124)
1.00 ГГц		-125 (-124)
1.50 ГГц		-120 (-119)
2.00 ГГц		-120 (-119)
2.50 ГГц		-120 (-119)
2.99 ГГц		-120 (-119)
3.01 ГГц		-120 (-118)
6.0 ГГц		-120 (-118)
9.0 ГГц		-120 (-118)
12.0 ГГц		-115 (-113)
18.0 ГГц		-115 (-113)
23.99 ГГц		-115 (-113)
следующие значения для моделей СК4-БЕЛАН 400М, СК4-БЕЛАН 500М		
30.0 ГГц		-110 (-107)
35.0 ГГц		-110 (-107)
39.99 ГГц		-110 (-107)
следующие значения только для модели СК4-БЕЛАН 500М		
45.00 ГГц		-110 (-107)
49.99 ГГц		-105 (-102)

Таблица 7.3.1.3 – Усредненный уровень собственных шумов в режиме включенного МШУ (опции 005, 052, 054 или 055)

частота	отсчет маркера, дБм	верхний предел допускаемых значений, дБм
1	2	3
опции 005, 052, 054 или 055		
10.1 МГц		-137
500 МГц		-137
1.0 ГГц		-137
1.5 ГГц		-137
2.0 ГГц		-137
2.5 ГГц		-136
2.99 ГГц		-136
следующие значения для опции 052, 054 или 055		
6.0 ГГц		-135
12.0 ГГц		-135
18.0 ГГц		-135
20.0 ГГц		-133
23.99 ГГц		-133
следующие значения для опции 054 или 055		
30.0 ГГц		-130
35.0 ГГц		-130
39.99 ГГц		-130
следующие значения только для опции 055		
45.0 ГГц		-130
49.99 ГГц		-126

7.3.2 Определение усредненного уровня собственных шумов на частотах от 9 кГц до 10 МГц

7.3.2.1 Используя при необходимости адаптер, установить на вход “RF INPUT” прибора согласованную нагрузку 50 Ω .

7.3.2.2 Выполнить на приборе установки:

PRESET

AMPT, MORE→ Optimal IMD, Scale Div. Number 14

Ref. Level 0 dBm, Attenuator 0 dB

SPAN 1 kHz

BW, RBW (FFT) 100 Hz, Video Auto, Average On 100, ←

7.3.2.3 Устанавливать на приборе центральную частоту **FREQ**, как указано в столбце 1 таблицы 7.3.2. После завершения усреднений нажимать клавишу **SEARCH**.

ПРИМЕЧАНИЯ:

1. Указанные в столбце 3 допускаемые значения соответствуют полосе пропускания (RBW) 100 Гц; при этом нормализованные к полосе пропускания 1 Гц допускаемые значения уровня собственных шумов, указанные в описании типа, ниже на 20 дБ.

2. В скобках даны допускаемые значения при выключенном МШУ для приборов с опциями отключаемых МШУ (005, 052, 054, 055).

Таблица 7.3.2 – Усредненный уровень собственных шумов на частотах от 9 кГц до 10 МГц

частота	отсчет маркера, дБм	верхний предел допускаемых значений, дБм
1	2	3
9 кГц		–95 (–94)
99 кГц		–95 (–94)
500 кГц		–115 (–114)
5 МГц		–120 (–119)
9.9 МГц		–120 (–119)

7.3.2.4 Отсоединить согласованную нагрузку от входа прибора.

7.3.3 Определение погрешности частоты опорного генератора

7.3.3.1 Соединить выход “10 MHz” стандарта частоты с входом “Ref In” генератора сигналов №1.

Соединить, используя соответствующий адаптер и кабель, выход “RF OUTPUT” генератора сигналов с входом “RF INPUT” прибора.

7.3.3.2 Установить на генераторе ВЧ сигналов частоту 1 ГГц и уровень 0 дБм.

7.3.3.3 Сделать на приборе установки:

PRESET

AMPT, MORE→ Optimal Noise , Ref. Level 0 dBm

FREQ 1 GHz;

SPAN 1MHz;

BW, RBW auto, Video auto

SEARCH

MEAS, Frequency, MRK Counter On

Таблица 7.3.3 – Погрешность частоты опорного генератора

нижний предел допускаемых значений, ГГц	измеренное значение частоты, ГГц	верхний предел допускаемых значений, ГГц
1	2	3
1.000 000 000 – ΔF		1.000 000 000 + ΔF

$\Delta F = \pm F \cdot (\delta_0 + N \cdot \delta_A)$, где

N – количество лет со дня выпуска или последней заводской подстройки, округленное в большую сторону до целого числа

δ_0 (погрешность начальной заводской установки) = $0,1 \cdot 10^{-7}$

δ_A (временной дрейф за 1 год) = $1 \cdot 10^{-7}$

7.3.3.5 Отсоединить кабели от прибора.

7.3.4 Определение погрешности измерения уровня мощности на частоте 100 МГц и неравномерности АЧХ на частотах ниже 10 МГц

7.3.4.1 Установить на выход “RF OUT” генератора №1 аттенуатор 10 dB (для уменьшения возможной погрешности из-за рассогласования), используя при необходимости адаптер.

Присоединить к выходному разъему аттенуатора СВЧ кабель 2,4 мм.

Присоединить к выходному разъему СВЧ кабеля преобразователь ваттметра поглощаемой СВЧ мощности.

7.3.4.2 Выполнить предварительное определение уровня мощности генератора №1 на частоте 100 МГц.

Для каждого значения уровня мощности, указанного в столбце 1 таблицы 7.3.4.1, подстраивать уровень на генераторе так, чтобы отсчет ваттметра был равен указанным в столбце 1 таблицы 7.3.4.1 значениям с отклонением в пределах ± 0.02 дБ.

Записать установленные на генераторе значения уровня в столбец 2 таблицы 7.3.4.1, значение для уровня -10 дБм записать в первую строку столбца 2 таблицы 7.3.4.2.

7.3.4.3 Выполнить предварительное определение уровня мощности генератора №1 на частотах от 10 МГц до 30 кГц.

Устанавливать значения частоты на генераторе, указанные в столбце 1 таблицы 7.3.4.2. Подстраивать уровень на генераторе так, чтобы отсчет ваттметра был равен $-(10 \pm 0.02)$ дБм

Записать отсчеты установленного уровня на генераторе в столбец 2 таблицы 7.3.4.2.

7.3.4.4 Отсоединить преобразователь ваттметра от разъема кабеля СВЧ.

Присоединить разъем кабеля СВЧ к входу “RF INPUT” прибора.

7.3.4.4 Сделать установки на приборе:

PRESET

AMPT, MORE→ Optimal IMD, Ref. Level 0 dBm, Attenuator 10 dB

FREQ 100 MHz; **SPAN** 50 kHz; **BW**, RBW 3 kHz, Video Auto

SEARCH

7.3.4.5 Устанавливать на генераторе СВЧ значения уровня, определенные в пункте 7.3.4.2 (записанные в столбце 2 таблицы 7.3.4.1).

Нажимать на приборе клавишу **SEARCH** и записывать отсчеты маркера на приборе в столбец 4 таблицы 7.3.4.1.

Таблица 7.3.4.1 – Погрешность измерения уровня мощности на частоте 100 МГц

уровень мощности по ваттметру СВЧ, дБм	уровень на генераторе СВЧ, дБм	нижний предел допускаемых значений, дБм	измеренное значение уровня, дБм	верхний предел допускаемых значений, дБм
1	2	3	4	5
0		-0.30		+0.30
-10		-10.30		-9.70
-20		-20.30		-19.70
-30		-30.30		-29.70

7.3.4.6 Устанавливать на генераторе значения уровня, определенные в пунктах 7.3.4.2 и 7.3.4.3 (записанные в столбце 2 таблицы 7.3.4.2) для частот, указанных в столбце 1 таблицы 7.3.4.2.

Вводить соответствующие значения частоты на приборе.

Нажимать на приборе клавишу **SEARCH** и записывать отсчеты маркера на приборе в столбец 3 таблицы 7.3.4.2.

Таблица 7.3.4.2 – Неравномерность АЧХ на частотах ниже 10 MHz (уровень -10 дБм)

частота	уровень на генераторе СВЧ, дБм	отсчет маркера, дБм	неравномерность АЧХ, дБ	пределы допускаемой неравномерности АЧХ, дБ
1	2	3	4	5
100 МГц		M0 =	-	-
10 МГц				±1.5
3 МГц				±1.5
100 кГц				±1.5
30 кГц				±1.5

7.3.4.7 Вычислить неравномерность АЧХ FR (Frequency Response) на частотах ниже 10 МГц по формуле

$$FR = M(F) - M0, \text{ где}$$

M(F) – отсчет маркера на данной частоте, M0 – отсчет маркера для уровня -10 дБм на частоте 100 МГц.

7.3.4.8 Отсоединить кабель СВЧ от входа прибора.

7.3.5 Определение неравномерности АЧХ на частотах свыше 10 МГц

7.3.5.1 Установить на выход “RF OUT” генератора №2 аттенюатор 10 dB (для уменьшения возможной погрешности из-за рассогласования), используя при необходимости адаптер.

Присоединить к выходному разъему аттенюатора СВЧ кабель 2,4 мм.

Присоединить к выходному разъему СВЧ кабеля преобразователь ваттметра поглощаемой СВЧ мощности.

7.3.5.2 Выполнить предварительное определение уровня мощности генератора №2.

Устанавливать значения частоты на генераторе, указанные в столбце 1 таблицы 7.3.5. Подстраивать уровень на генераторе так, чтобы отсчет ваттметра был равен $-(10 \pm 0.02)$ дБм. Записывать отсчеты установленного уровня на генераторе в столбец 2 таблицы 7.3.5.

7.3.5.3 Отсоединить преобразователь ваттметра от разъема кабеля СВЧ.

Присоединить разъем кабеля СВЧ к входу “RF INPUT” прибора.

7.3.5.4 Сделать установки на приборе:

PRESET

AMPT, More->, Optimal IMD, Ref. Level 0 dBm, Attenuator 10 dB

FREQ 100 MHz **SPAN** 500 kHz; **BW**, RBW 10 kHz, Video Auto

SEARCH

Таблица 7.3.5 – Неравномерность АЧХ на частотах свыше 100 MHz (уровень –10 дБм)

частота	уровень на генераторе СВЧ, дБм	отсчет маркера, дБм	неравномерность АЧХ, дБ	пределы допускаемой неравномерности АЧХ, дБ
1	2	3	4	5
100 МГц		M0 =	-	-
10 МГц				±0.5
30 МГц				±0.5
500 МГц				±0.5
1.0 ГГц				±0.5
2.0 ГГц				±0.5
2.99 ГГц				±0.5
3.5 ГГц				±1.5
4.0 ГГц				±1.5
5 ГГц				±1.5
6 ГГц				±1.5
7 ГГц				±1.5
8 ГГц				±1.5
9 ГГц				±1.5
10 ГГц				±1.5
11 ГГц				±2.0
12 ГГц				±2.0
14 ГГц				±2.0
16 ГГц				±2.0
18 ГГц				±2.0
20 ГГц				±2.0
22 ГГц				±2.0
23.99 ГГц				±2.0
следующие значения для моделей СК4-БЕЛАН 400М, СК4-БЕЛАН 500М				
26 ГГц				±2.0
28 ГГц				±2.0
30 ГГц				±2.0
32 ГГц				±2.0
34 ГГц				±2.0
36 ГГц				±2.0
38 ГГц				±2.0
39.99 ГГц				±2.0
следующие значения для модели СК4-БЕЛАН 500М				
42 ГГц				±2.5
44 ГГц				±2.5
46 ГГц				±2.5
48 ГГц				±2.5
49.99 ГГц				±2.5

7.3.5.5 Устанавливать на генераторе СВЧ значения уровня, определенные в пункте 7.3.5.2 (записанные в столбце 2 таблицы 7.3.5) для частот, указанных в столбце 1 таблицы 7.3.5.

Вводить соответствующие значения частоты на приборе.

Нажимать на приборе клавишу **SEARCH**.

ВНИМАНИЕ: Для частот выше 3 ГГц необходимо на каждом шаге выполнять операцию настройки ЖИГ-преселектора, для чего следует нажать на приборе:

AMPT, YTF Adjust

Дождаться появления сообщения **“Preselector Filter on the Center”**.

После этого нажать клавишу **SEARCH**.

7.3.5.6 Вычислить неравномерность АЧХ FR (Frequency Response) по формуле

$$FR = M(F) - M_0, \text{ где}$$

$M(F)$ – отсчет маркера на данной частоте, M_0 – отсчет маркера на частоте 100 МГц.

7.3.5.7 Отсоединить кабель СВЧ от входа прибора.

7.3.6 Определение погрешности измерения уровня, связанной с переключением ослабления аттенюатора

7.3.6.1 Соединить, используя соответствующий адаптер и кабель, выход “RF OUTPUT” генератора сигналов №2 с входом “RF INPUT” прибора.

7.3.6.2 Установить на генераторе ВЧ сигналов уровень 0 дБм и частоту 100 МГц.

7.3.6.3 Сделать на приборе установки:

PRESET

AMPT, MORE→ Optimal IMD , Ref. Level 0 dBm, Attenuator 0 dB

FREQ 100 MHz; **SPAN** 100 kHz; **BW**, RBW 1 kHz, Video Auto, Average On 100

7.3.6.4 Подстроить уровень на генераторе таким образом, чтобы отсчет маркера на приборе был равен (0 ± 0.03) дБм.

7.3.6.5 Вводить клавишами **AMPT**, Attenuator значения ослабления аттенюатора, указанные в столбце 2 таблицы 7.3.6.

Выждать до завершения 100 усреднений, нажимать клавишу **SEARCH**.

7.3.6.6 Выполнить операцию на остальных частотах следующим образом.

1) Установить на генераторе значение частоты, указанное в столбце 1 таблицы 7.3.6.

2) Выполнить действия по пунктам 7.3.6.4, 7.3.6.5.

3) На частотах выше 3 ГГц следует дополнительно выполнять операцию настройки ЖИГ-преселектора, для чего нажать на приборе:

AMPT, YTF Adjust

Дождаться появления сообщения **“Preselector Filter on the Center”**.

После этого выждать до завершения 100 усреднений, нажать клавишу **SEARCH**.

Таблица 7.3.6 – Погрешность измерения уровня, связанная с переключением ослабления аттенюатора

частота	ослабление аттенюатора, дБ	отсчет маркера, дБм	пределы допускаемых значений, дБм
1	2	3	4
100 МГц	0	0.00	-
	10		±0.50
	20		±0.50
	30		±0.50
	40		±0.50
	50		±0.50
	60		±0.50
	70		±0.50
2.9 ГГц	0	0.00	-
	10		±0.50
	20		±0.50
	30		±0.50
	40		±0.50
	50		±0.50
	60		±0.50
	70		±0.50
20 ГГц	0	0.00	-
	10		±1.50
	20		±1.50
	30		±1.50
	40		±1.50
	50		±1.50
	60		±1.50
	70		±1.50
следующие значения для моделей СК4-БЕЛАН 400М, СК4-БЕЛАН 500М			
27 ГГц	0	0.00	-
	10		±2.00
	20		±2.00
	30		±2.00
	40		±2.00
	50		±2.00
	60		±2.00
	70		±2.00
39 ГГц	0	0.00	-
	10		±2.00
	20		±2.00
	30		±2.00
	40		±2.00
	50		±2.00
	60		±2.00
	70		±2.00

Продолжение таблицы 7.3.6

следующие значения для модели СК4-БЕЛАН 500М			
45 ГГц	0	0.00	-
	10		±2.50
	20		±2.50
	30		±2.50
	40		±2.50
	50		±2.50
	60		±2.50
	70		±2.50
49 ГГц	0	0.00	-
	10		±2.50
	20		±2.50
	30		±2.50
	40		±2.50
	50		±2.50
	60		±2.50
	70		±2.50

7.3.6.7 Отсоединить кабели и оборудование от входа прибора.

7.3.7 Определение коэффициента прямоугольности фильтров

7.3.7.1 Соединить, используя соответствующий адаптер и кабель, выход “RF OUTPUT” генератора сигналов №1 с входом “RF INPUT” прибора.

7.3.7.2 Установить на генераторе сигналов уровень 0 дБм и частоту 100 МГц.

7.3.7.3 Сделать на приборе установки:

PRESET

AMPT, MORE→Optimal IMD, Ref. Level + 5 dBm, Attenuator Auto, Scale Div.Number 8

FREQ 100 MHz; **SPAN** 1.8 kHz; **BW**, RBW 300 Hz, Video Auto

7.3.7.4 Нажать на приборе клавиши **SEARCH, MRK**, Delta On. Убедиться в том, что отсчет дельта-маркера равен 0.0 дБ.

7.3.7.5 Используя вращающуюся ручку на приборе, переместить маркер вправо так, чтобы его отсчет был равен $-(3 \pm 0.2)$ дБ, и зафиксировать положительный отсчет частоты маркера F1(–3).

Переместить маркер влево так, чтобы его отсчет был равен $-(3 \pm 0.2)$ дБ, и зафиксировать отрицательный отсчет частоты маркера F2(–3).

Вычислить разность частот $\Delta F(-3) = [F2(-3) - F1(-3)]$, и записать результат в столбец 3 таблицы 7.3.7.

7.3.7.6 Переместить маркер вправо так, чтобы его отсчет был равен $-(60 \pm 0.5)$ дБ, и зафиксировать положительный отсчет частоты маркера F1(–60).

Переместить маркер влево так, чтобы его отсчет был равен $-(60 \pm 0.5)$ дБ, и зафиксировать отрицательный отсчет частоты маркера F2(–60).

Вычислить разность частот $\Delta F(-60) = [F2(-60) - F1(-60)]$, и записать результат в столбец 4 таблицы 7.3.7.

7.3.7.7 Отключить дельта-маркер клавишами **MRK**, Delta Off.

7.3.7.8 Рассчитать значение коэффициента прямоугольности по формуле

$$K = \Delta F(-60) / \Delta F(-3)$$

Записать вычисленное значение в столбец 5 таблицы 7.3.7.

7.3.7.9 Ввести на приборе:

SPAN 1.8 MHz

BW, **RBW** 300 kHz, **Video** Auto, **Average** On, 100 ←.

7.3.7.10 Выполнить действия по пунктам 7.3.7.4 – 7.3.7.8.

Таблица 7.3.7 – Коэффициент прямоугольности фильтров

полоса обзора SPAN	полоса пропускания RBW	$\Delta F(-3)$, Гц	$\Delta F(-60)$, Гц	K	верхний предел допускаемых значений
1	2	3	4	5	6
1.8 кГц	300 Гц	F1(-3) = +	F1(-60) = +		5
		F2(-3) = -	F2(-60) = -		
		$\Delta F(-3) =$	$\Delta F(-60) =$		
1.8 МГц	300 кГц	F1(-3) = +	F1(-60) = +		5
		F2(-3) = -	F2(-60) = -		
		$\Delta F(-3) =$	$\Delta F(-60) =$		

7.3.8 Определение уровня фазовых шумов

Схема соединений с генератором сигналов №1 – по предыдущей операции

7.3.8.1 Сделать на приборе установки:

PRESET

AMPT, **MORE** → Optimal Noise , Ref. Level + 10 dBm, Scale Div. Number 12

FREQ, 1 GHz; **SPAN**, 25 kHz; **BW**, **RBW** 300 Hz

7.3.8.2 Установить на генераторе сигналов уровень +10 дБм и частоту 1 ГГц.

7.3.8.3 На приборе найти пик сигнала клавишей **SEARCH**.

Переместить сигнал в центр полосы обзора, нажав клавиши **MRK** →, **MRK** → **CF**

7.3.8.4 Нажать клавиши **MRK FUNCT**, **MRK Noise** On.

Включить 100 усреднений при помощи клавиш **BW**, **Average** 100 On.

7.3.8.5 Переместить при помощи вращающейся ручки маркер вправо на 10 кГц от центральной частоты, дождаться завершения 100 усреднений, зафиксировать отсчет маркера **MRK Noise**.

7.3.8.6 Установить на генераторе уровень +10 дБм и частоту 10 ГГц.

7.3.8.7 На приборе установить частоту 10 ГГц клавишей **FREQ**, далее выполнить действия по пунктам 7.3.8.3 – 7.3.8.5, зафиксировать отсчет маркера **MRK Noise** на частоте 10 ГГц.

Таблица 7.3.8 – Уровень фазовых шумов

центральная частота	отстройка от центральной частоты	измеренное значение уровня фазовых шумов, дБн/Гц	верхний предел допускаемых значений уровня фазовых шумов, дБн/Гц
1	2	3	4
1 ГГц	10 кГц		-125 (-138) *
10 ГГц	10 кГц		-120

ПРИМЕЧАНИЕ: в скобках указано значение для опции 030

7.3.9 Определение погрешности измерения уровня, связанной с нелинейностью логарифмической шкалы

7.3.9.1 Соединить, используя соответствующий адаптер и кабель, выход “RF OUTPUT” генератора сигналов №1 с входом ступенчатого аттенюатора.

Соединить, используя соответствующий адаптер и кабель, выход ступенчатого аттенюатора с входом “RF INPUT” прибора.

7.3.9.2 Установить на генераторе сигналов уровень 0 дБм и частоту 100 МГц.

7.3.9.3 Установить на ступенчатом аттенюаторе ослабление 0 дБ.

7.3.9.4 Сделать на приборе установки:

PRESET

AMPT, MORE→ Optimal IMD, Scale Div.Number 13, Ref. Level 0 dBm, Attenuator 10 dB

FREQ 100 MHz; **SPAN** 10 kHz; **BW**, RBW 100 Hz, Video Auto

SEARCH

7.3.9.5 Подстроить уровень на генераторе таким образом, чтобы отсчет маркера на приборе был равен (0 ± 0.03) дБм.

7.3.9.6 Устанавливать на ступенчатом аттенюаторе номинальные значения ослабления, указанные в столбце 1 таблицы 7.3.9.

Нажимать на приборе клавишу **SEARCH**.

В столбцах 2 и 3 таблицы 7.3.9 следует использовать действительные значения ослабления аттенюатора А по протоколу поверки аттенюатора.

ПРИМЕЧАНИЕ: для уменьшения флуктуаций при значениях ослабления ≥ 70 дБ на каждом последующем шаге следует вводить усреднения клавишами **BW**, Average On 200; после завершения усреднений нажимать клавишу **SEARCH** для отсчета маркера; затем отключать усреднения клавишами **BW**, Average Off.

7.3.9.7 Отсоединить аттенюатор от генератора и прибора.

Таблица 7.3.9 – Погрешность измерения уровня, связанная с нелинейностью логарифмической шкалы

номинал ослабления на аттенюаторе, дБ	нижний предел допускаемых значений, дБм	отсчет маркера, дБм	верхний предел допускаемых значений, дБм
1	2	3	4
0	-	0.00	-
10	$-(A_{10} - 0.3)$		$-(A_{10} + 0.3)$
20	$-(A_{20} - 0.3)$		$-(A_{20} + 0.3)$
30	$-(A_{30} - 0.3)$		$-(A_{30} + 0.3)$
40	$-(A_{40} - 0.5)$		$-(A_{40} + 0.5)$
50	$-(A_{50} - 0.5)$		$-(A_{50} + 0.5)$
60	$-(A_{60} - 0.5)$		$-(A_{60} + 0.5)$
70	$-(A_{70} - 0.6)$		$-(A_{70} + 0.6)$
80	$-(A_{80} - 0.6)$		$-(A_{80} + 0.6)$
90	$-(A_{90} - 0.6)$		$-(A_{90} + 0.6)$
100	$-(A_{100} - 0.6)$		$-(A_{100} + 0.6)$

7.3.10 Определение уровня гармонических искажений второго порядка

7.3.10.1 Соединить, используя соответствующий адаптер и кабель, выход “RF OUTPUT” генератора сигналов №2 с входом фильтра, тип которого указан в столбце 1 таблицы 7.3.10.

Соединить, используя соответствующий адаптер и кабель, выход фильтра с входом “RF INPUT” прибора.

ПРИМЕЧАНИЕ:

Для определения гармонических искажений производитель прибора рекомендует дополнительно приобретать опцию 090, которая представляет собой набор полосовых фильтров и фильтров нижних частот, используемых в описанных ниже измерениях:

ECLPF-115	Фильтр нижних частот 115 МГц (разъемы SMA-гнездо)
ECMBPF-500-1125	Полосовой фильтр 1125 МГц с полосой 500 МГц (разъемы SMA-гнездо)
ECMLPF-8400	Фильтр нижних частот 8,4 ГГц (разъемы SMA-гнездо)
ECMLPF-15000	Фильтр нижних частот 15 ГГц (разъемы SMA-гнездо)

7.3.10.2 Установить на генераторе сигналов уровень -20 дБм и частоту 105 МГц.

7.3.10.3 Сделать установки на приборе:

PRESET

AMPT, MORE → Optimal IMD, Ref. Level -20 dBm, Attenuator 0 dB

FREQ 105 MHz; **SPAN** 100 kHz; **BW**, RBW 1 kHz, Video Auto

SEARCH

7.3.10.4 Подстроить уровень на генераторе сигналов таким образом, чтобы отсчет маркера на приборе был равен $-(20 \pm 0.03)$ дБм.

7.3.10.5 Ввести на приборе центральную частоту, равную удвоенному значению частоты, установленной на генераторе, указанную в столбце 3 таблицы 7.3.10.

Ввести на приборе усреднения клавишами **BW**, Average On 100.

После завершения усреднений нажать клавишу **SEARCH** для отсчета маркера.

Отключить усреднения клавишами **BW**, Average Off.

7.3.10.6 Выполнить операцию для значения частоты 1 ГГц следующим образом.

- 1) Подключить, как описано в пункте 7.3.10.1, соответствующий фильтр, указанный в столбце 1 таблицы 7.3.10.
- 2) Установить на генераторе сигналов значение частоты 1 ГГц.
- 3) Установить на приборе центральную частоту, равную значению частоты на генераторе, и найти пик сигнала клавишей **SEARCH**.
- 4) Далее выполнить действия по пунктам 7.3.10.4, 7.3.10.5.

7.3.10.7 Выполнить операцию для значения частоты 7,5 ГГц следующим образом.

- 1) Подключить, как описано в пункте 7.3.10.1, соответствующий фильтр, указанный в столбце 1 таблицы 7.3.10.
- 2) Установить на генераторе сигналов значение частоты 7,5 ГГц.
- 3) Установить на приборе центральную частоту, равную значению частоты на генераторе, и найти пик сигнала клавишей **SEARCH**.
- 4) Далее выполнить действия по пунктам 7.3.10.4, 7.3.10.5.

7.3.10.8 Выполнить операцию для значения частоты 11,5 ГГц следующим образом.

- 1) Подключить, как описано в пункте 7.3.10.1, соответствующий фильтр, указанный в столбце 1 таблицы 7.3.10.
- 2) Установить на генераторе сигналов значение частоты 11,5 ГГц.
- 3) Установить на приборе центральную частоту, равную значению частоты на генераторе, и найти пик сигнала клавишей **SEARCH**.
- 4) Далее выполнить действия по пунктам 7.3.10.4, 7.3.10.5.

Следующая операция выполняется только для приборов СК4-БЕЛАН 400М/500М. Для прибора СК4-БЕЛАН 240М перейти к пункту 7.3.10.10.

7.3.10.9 Выполнить операцию для значения частоты 15 ГГц следующим образом.

- 1) Подключить, как описано в пункте 7.3.10.1, соответствующий фильтр, указанный в столбце 1 таблицы 7.3.10.
- 2) Установить на генераторе сигналов значение частоты 15 ГГц.
- 3) Установить на приборе центральную частоту, равную значению частоты на генераторе, и найти пик сигнала клавишей **SEARCH**.
- 4) Далее выполнить действия по пунктам 7.3.10.4, 7.3.10.5.

Таблица 7.3.10 – Уровень гармонических искажений второго порядка

тип полосового фильтра	частота генератора	частота второй гармоники	отсчет маркера, дБм	верхний предел допускаемых значений, дБм
1	2	3	4	5
ЕCLPF-115	105 МГц	210 МГц		–80
ЕСMBPF-500-1125	1 ГГц	2 ГГц		–80
ЕСMLPF-8400	7.5 ГГц	15 ГГц		–90
ЕСMLPF-15000	11.5 ГГц	23 ГГц		–80
	15 ГГц	30 ГГц		–80

7.3.10.10 Отсоединить кабели и фильтр от прибора.

7.3.11 Определение уровня интермодуляционных искажений третьего порядка

7.3.11.1 Соединить выходы “10 MHz” стандарта частоты с входами “Ref In” генератора сигналов №1 и генератора сигналов №2.

Соединить, используя соответствующий адаптер и кабель, выход “RF OUTPUT” генератора сигналов №1 с одним из выходных плеч делителя мощности.

Соединить, используя соответствующий адаптер и кабель, выход “RF OUTPUT” генератора сигналов №2 с другим выходным плечом делителя мощности.

7.3.11.2 Соединить, используя соответствующие адаптер и кабель, входное плечо делителя мощности с входом “RF INPUT” прибора.

7.3.11.3 Установить на генераторах уровень сигнала –14 дБм. Отключить у генераторов режим автоматической регулировки мощности (APM).

7.3.11.4 Установить на генераторе №1 частоту $F1 = 1$ ГГц.

Установить на генераторе сигналов №2 частоту $F2 = 1.000\ 030$ ГГц.

7.3.11.5 Сделать установки на приборе:

PRESET

AMPT, MORE→ Optimal IMD , Ref. Level – 20 dBm, Attenuator 0 dB

FREQ $F_c = [(F1 + F2)/2] = 1.000\ 015$ GHz

SPAN 300 kHz; **BW**, RBW 30 Hz, Video Auto

SEARCH

7.3.11.6 Убедиться в том, что маркер прибора находится на пике одного из сигналов генераторов с частотой $F1$ или $F2$.

Подстроить уровень сигнала соответствующего генератора так, чтобы отсчет маркера был равен $-(20 \pm 0.03)$ дБ.

Используя вращающуюся ручку, переместить маркер на пик сигнала другого генератора. Подстроить уровень сигнала этого генератора так, чтобы отсчет маркера был равен $-(20 \pm 0.03)$ дБ.

7.3.11.7 Ввести на приборе усреднения клавишами **BW**, Average On 10.

Дождаться завершения усреднений, после чего нажать клавишу **SEARCH**.

Используя вращающуюся ручку, переместить маркер на пик сигнала комбинационной частоты $[2 \cdot F1 - F2] = 0.999\ 970$ ГГц, и записать отсчет маркера в столбец 1 таблицы 7.3.11.

Используя вращающуюся ручку, переместить маркер на пик сигнала комбинационной частоты $[2 \cdot F2 - F1] = 1.000\ 060$ ГГц, и записать отсчет маркера в столбец 2 таблицы 7.3.11.

Таблица 7.3.11 – Уровень интермодуляционных искажений 3-го порядка

отсчет маркера на частоте $[2 \cdot F1 - F2]$, дБм	отсчет маркера на частоте $[2 \cdot F2 - F1]$, дБм	верхний предел допускаемых значений, дБм
1	2	3
		–100

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 Протокол поверки

При выполнении операций поверки оформляется протокол в произвольной форме.

8.2 Свидетельство о поверке

При положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке и наносится знак поверки в соответствии с Приказом Минпромторга России № 1815 от 02.07.2015 г.

8.3 Извещение о непригодности

При отрицательных результатах поверки, выявленных при внешнем осмотре, опробовании или выполнении операций поверки, выдается извещение о непригодности в соответствии с Приказом Минпромторга России № 1815 от 02.07.2015 г.

Начальник лаборатории № 441
ФБУ «Ростест-Москва»

Начальник сектора № 1 лаборатории
№ 441 ФБУ «Ростест-Москва»




А.С. Фефилов

А.И. Иванов