

СОГЛАСОВАНО

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

_____ А.Н. Щипунов



_____ 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**Модули расширения частотного диапазона
ВЕКТОР**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 113-24-003

р.п. Менделеево
2024 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на модули расширения частотного диапазона ВЕКТОР (далее – МРЧД ВЕКТОР), изготавливаемые обществом с ограниченной ответственностью «МВЭЙВ», и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Первичной поверке подлежат МРЧД ВЕКТОР до ввода в эксплуатацию и после ремонта. Периодической поверке подлежат МРЧД ВЕКТОР, находящиеся в эксплуатации и на хранении.

1.3 Применяемые при поверке эталоны и средства измерений должны обеспечивать прослеживаемость к государственным первичным эталонам единиц величин:

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 219-2024 «Государственный первичный эталон единиц комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи в волноводных трактах в диапазоне частот от 2,14 до 178,4 ГГц» в соответствии с Приказом Росстандарта №1796 от 05 августа 2024 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений для средств измерений комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи в волноводных трактах в диапазоне частот от 2,14 до 178,4 ГГц».

1.4 Поверка МРЧД может осуществляться только аккредитованным на проведение поверки лицом в соответствии с его областью аккредитации, в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации.

1.5 При проведении поверки необходимо руководствоваться настоящей методикой и эксплуатационной документацией на МРЧД и на используемое при поверке оборудование. Методика поверки реализуется посредством методов прямых измерений.

1.6 Настоящая методика поверки применяется для поверки МРЧД ВЕКТОР, используемых в качестве рабочего эталона (разряды для рабочих эталонов в государственной поверочной схеме не указаны) единиц комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи в волноводных трактах в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи в волноводных трактах в диапазоне частот от 2,14 до 178,4 ГГц утвержденной Приказом Росстандарта №1796 от 05 августа 2024.

1.7 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в приложении А.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

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

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	да	да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8

Продолжение таблицы 1

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Определение диапазона рабочих частот и относительной погрешности установки частоты выходного сигнала совместно с С4220, С4420	да	нет	9.1
Определение максимальной выходной мощности	да	да	9.2
Определение динамического диапазона для полосы пропускания 10 Гц и доверительных границ нелинейности ($P=0,95$) приемников L в динамическом диапазоне	да	да	9.3
Определение диапазона перестройки аттенюатора для опций A75/A110/A118/A170	да	да	9.4
Определение среднего квадратического отклонения шумов измерительной трассы при измерении модуля коэффициента отражения 0 дБ в полосе пропускания 1 кГц	да	да	9.5
Определение доверительных границ $\Delta S_{ii} $ абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) модуля коэффициента отражения $ S_{ii} $ в диапазоне от 0 до 1 и фазы коэффициента отражения $ S_{ii} $ в диапазоне от 0,02 до 1 в зависимости от вида калибровки	да	да	9.6
Определение доверительных границ составляющей абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) модуля коэффициента передачи из-за трекинга передачи T по МИ 3411-2013	да	да	9.7
Определение доверительных границ $\Delta S_{ij} $ абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) модуля и фазы коэффициента передачи $ S_{ij} $	да	да	9.8
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	10

2.2 Допускается проводить периодическую поверку меньшего числа измеряемых величин:

для одного МРЧД ВЕКТОР без комплекта калибровочных мер по пп. 9.1-9.5;

для одного МРЧД ВЕКТОР с комплектом калибровочных мер по пп. 9.1-9.6.

Данные ограничения должны быть зафиксированы при оформлении результатов поверки.

2.3 При получении отрицательных результатов по любому пункту таблицы 1 поверяемый МРЧД ВЕКТОР бракуется.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться нормальные условия:

- температура окружающего воздуха, °C от 15 до 25;
- относительная влажность окружающего воздуха, % не более 80;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) от 84,0 до 106,7 (от 630 до 800).

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка должна осуществляться лицами со средним или высшим техническим образованием, аттестованными в качестве поверителей в области радиотехнических измерений в установленном порядке.

4.2 Перед проведением поверки поверитель должен предварительно ознакомиться с документом РЭ 26.51.43-193-21477812-2023 «Модули расширения частотного диапазона векторных анализаторов электрических цепей ВЕКТОР. Руководство по эксплуатации» (далее – РЭ).

4.3 Поверка осуществляется одним специалистом.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 Рекомендуемые средства поверки, в том числе рабочие эталоны и средства измерений, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень средств поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Раздел 3 Контроль условий поверки	Средство измерений температуры окружающей среды в диапазоне от +15°C до +25°C с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,5$ °C; Средство измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 % до 80 % с абсолютной погрешностью не более $\pm 3,0$ %.	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 15500-07
9.1 Определение диапазона рабочих частот и относительной погрешности установки частоты выходного сигнала совместно с С4220, С4420	Анализатор электрических цепей векторный с верхней частотой не менее 20 ГГц, количеством измерительных портов 2; Стандарт частоты рубидиевый с номинальным значением воспроизводимых частот: 10 МГц, соответствующий требованиям к рабочим эталонам не ниже 3 разряда в соответствии с Приказом Росстандарта № 2360 от 26.09.2022; Модули расширения частотного диапазона анализаторов спектра или анализаторов электрических цепей векторных с диапазоном частот от 50 до 178,4 ГГц.	Анализатор электрических цепей векторный ZVA24, рег. № 37174-08; Стандарт частоты рубидиевый FS725, рег. № 31222-06; Модули расширения частотного диапазона ZC75, ZC78, ZC110, ZC118, ZC170, ZC178 анализаторов электрических цепей векторных серий ZVA или

Продолжение таблицы 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	<u>Вспомогательное оборудование:</u> Анализатор цепей векторный С4220 или С4420	ZNA, рег. №75204-19; Анализаторы цепей векторные С4220, С4420, рег. № 65960-16.
9.2 Определение максимальной выходной мощности	Измеритель мощности с диапазоном измерения мощности от минус 21 до 10 дБ (1 мВт), диапазоном частот от 50 до 178,4 ГГц, относительной погрешностью измерений $\pm 1,0$ дБ. <u>Вспомогательное оборудование:</u> Анализатор цепей векторный С4220 или С4420	Ваттметры поглощаемой мощности СВЧ NRP110T, рег. № 69958-17; Ваттметры поглощаемой мощности МЗ-75, рег. № 10226-85; Анализаторы цепей векторные С4220, С4420, рег. № 65960-16.
9.3 Определение диапазона перестройки аттенюатора для опций А75/А110/А118/А170	<u>Вспомогательное оборудование:</u> Анализатор цепей векторный С4220 или С4420	Анализаторы цепей векторные С4220, С4420, рег. № 65960-16
9.4 Определение динамического диапазона для полосы пропускания 10 Гц и доверительных границ нелинейности ($P=0,95$) приемников L в динамическом диапазоне	Измеритель отношения мощностей с диапазоном частот от 75 до 110 ГГц, с пределами допускаемой погрешности измерений отношений двух уровней мощности одинаковой частоты 0,3 %; Генератор сигналов с диапазоном частот от 50 до 178,4 ГГц, уровнем мощности не менее 10 дБ (1 мВт) в диапазоне частот от 50 до 75 ГГц, 6 дБ (1 мВт) в диапазоне частот от 75 до 110 ГГц, 0 дБ (1 мВт) в диапазоне частот от 110 до 178,4 ГГц; Поляризационный аттенюатор с диапазоном частот от 50 до 170 ГГц, разностным ослаблением от 0 до 60 дБ. <u>Вспомогательное оборудование:</u> Анализатор цепей векторный С4220 или С4420	Ваттметры поглощаемой мощности СВЧ NRP110T, рег. № 69958-17; Генератор сигналов E8257D, рег. № 36419-07; Модули расширения частотного диапазона ZVA-Z75, ZVA-Z110, ZVA-Z110E, ZVA-Z170, ZC75, ZC78, ZC110, ZC118, ZC170, ZC178, ZC220 анализаторов электрических цепей векторных серий ZVA или ZNA, рег. №75204-19; Поляризационные аттенюаторы DA-04E, DA-03E, DA-02E, рег. № 92420-24; Анализаторы цепей векторные С4220, С4420, рег. № 65960-16.

Продолжение таблицы 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
9.5 Определение среднего квадратического отклонения шумов измерительной трассы при измерении модуля коэффициента отражения 0 дБ в полосе пропускания 1 кГц	<u>Вспомогательное оборудование:</u> Анализатор цепей векторный С4220 или С4420	Анализаторы цепей векторные С4220, С4420, рег. № 65960-16
9.6 Определение доверительных границ $\Delta S_{ii} $ абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) модуля коэффициента отражения $ S_{ii} $ в диапазоне от 0 до 1 и фазы коэффициента отражения $ S_{ii} $ в диапазоне от 0,02 до 1 в зависимости от вида калибровки	Нагрузки волноводные с номинальными значениями модуля коэффициента отражения 0,024 (КСВН 1,05), 0,333 (КСВН 2,0) и 1,0 (нагрузка короткого замыкания) в волноводных трактах WR-15; 3,6×1,8; WR-10; 2,4×1,2; WR-6; 1,6×0,8, соответствующие требованиям к вторичному эталону в соответствии с Приказом Росстандарта № 1796 от 05.08.2024. <u>Вспомогательное оборудование:</u> Анализатор цепей векторный С4220 или С4420	Государственный первичный эталон единиц комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи в волноводных трактах в диапазоне частот от 2,14 до 178,4 ГГц, рег. № ГЭТ219-2024; Анализаторы цепей векторные С4220, С4420, рег. № 65960-16.
9.7 Определение доверительных границ составляющей абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) модуля коэффициента передачи из-за трекинга передачи Т по МИ 3411-2013	Мера модуля коэффициента передачи $ S_{ij} =1$ в волноводных трактах WR-15; 3,6×1,8; WR-10; 2,4×1,2; WR-6; 1,6×0,8, соответствующие требованиям к вторичному эталону в соответствии с Приказом Росстандарта № 1796 от 05.08.2024. <u>Вспомогательное оборудование:</u> Анализатор цепей векторный С4220 или С4420	Государственный первичный эталон единиц комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи в волноводных трактах в диапазоне частот от 2,14 до 178,4 ГГц; Анализаторы цепей векторные С4220, С4420, рег. № 65960-16.

Продолжение таблицы 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
9.8 Определение доверительных границ $\Delta S_{ij} $ абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) модуля и фазы коэффициента передачи $ S_{ij} $	Отрезок волновода в волноводных трактах WR-15; 3,6×1,8; WR-10; 2,4×1,2; WR-6; 1,6×0,8. Вспомогательное оборудование: Анализатор цепей векторный С4220 или С4420	Государственный первичный эталон единиц комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи в волноводных трактах в диапазоне частот от 2,14 до 178,4 ГГц; Анализаторы цепей векторные С4220, С4420, рег. № 65960-16.
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице. Вспомогательный анализатор цепей векторный С4220 или С4420 должен быть поверенным.		

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, регламентируемые правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденными приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15.12.2020 № 903н, а также требования безопасности, приведённые в эксплуатационной документации на МРЧД ВЕКТОР и средства поверки.

6.2 Размещение и подключение измерительных приборов разрешается производить только при выключенном питании, вспомогательное оборудование должно быть надежно заземлено в соответствии с эксплуатационной документацией.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Внешний осмотр МРЧД ВЕКТОР провести визуально без вскрытия, при этом необходимо проверить:

- комплектность, маркировку и пломбировку (наклейку) на соответствие РЭ;
- целостность и чистоту разъемов;
- целостность фирменной наклейки;
- исправность кабеля управления;
- отсутствие видимых повреждений, влияющих на работоспособность МРЧД ВЕКТОР.

7.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если:

- комплект поставки соответствует РЭ;
- маркировка соответствует РЭ;
- пломбировка (наклейка) и фирменная наклейка цела;
- разъемы целы и чисты;
- отсутствуют видимые повреждения, влияющие на работоспособность МРЧД.

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

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Контроль условий поверки

8.1.1 Проверить соблюдение условий проведения поверки на соответствие разделу 3 данной методики поверки.

8.1.2 Для контроля условий проведения поверки использовать средство измерений температуры окружающей среды и средство измерений относительной влажности воздуха, указанные в разделе 3.

8.2 Перед проведением поверки необходимо произвести подготовительные работы, оговоренные в РЭ и применяемых средств поверки.

8.2.1 Проверку работоспособности МРЧД ВЕКТОР выполнить в следующей последовательности.

8.2.1.1 Подготовить к работе анализатор электрических цепей векторный С4220 или С4420 (далее – АЦВ) в соответствии с РЭ на него.

8.2.1.2 Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 1. При соединении МРЧД ВЕКТОР с АЦВ руководствоваться РЭ. При поверке одного МРЧД ВЕКТОР он подключается к порту 1 АЦВ.

8.2.1.3 Включить модуль расширения частотного диапазона и АЦВ в соответствии с РЭ на них.

8.2.1.4 Устанавливая поочередно режимы измерений S_{11} , S_{12} , S_{21} , S_{22} в рабочем диапазоне частот МРЧД ВЕКТОР, убедиться, что происходит обновление трассы в полном диапазоне частот для каждого вида измерений.

Подключить к измерительному порту МРЧД ВЕКТОР ваттметр и убедиться в наличии СВЧ сигнала на выходе.

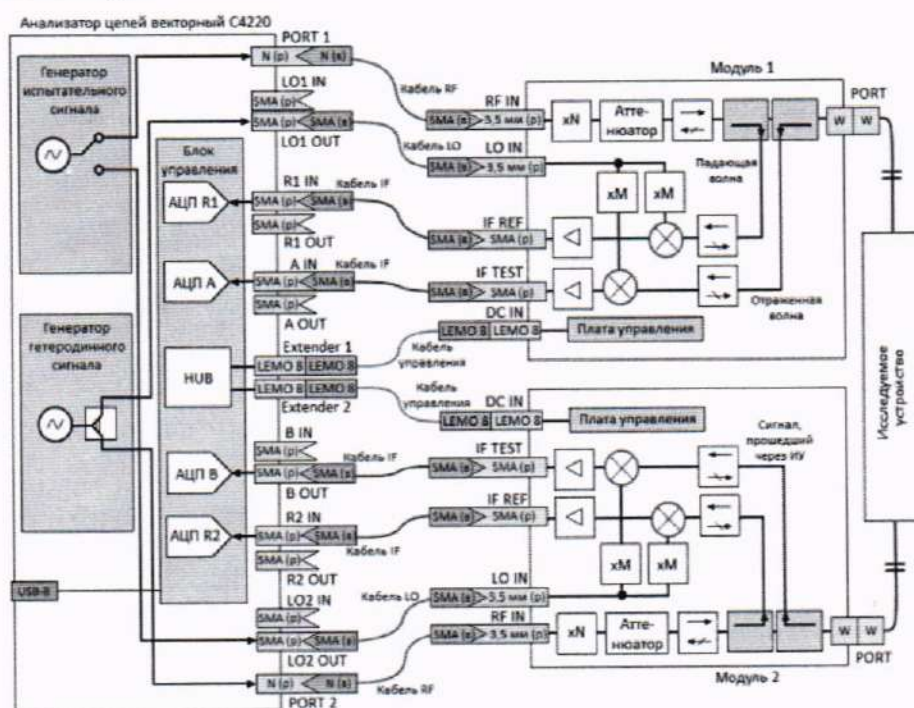


Рисунок 1 – Схема проверки работоспособности МРЧД ВЕКТОР

8.3 Результаты опробования считать положительными, если:

- светодиод МРЧД ВЕКТОР светится зеленым цветом;
- в режимах измерений S_{11} , S_{12} , S_{21} , S_{22} происходит обновление трассы в полном диапазоне частот для каждого вида измерений;
- при подключении ваттметра к измерительному порту изменяются показания АЦВ и ваттметра.

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

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

9.1 Определение диапазона рабочих частот и относительной погрешности установки частоты выходного сигнала совместно с С4220, С4420

9.1.1 Для определения диапазона частот выполнить измерения частот на выходе МРЧД ВЕКТОР в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3 – Значения частот для измерения характеристик МРЧД ВЕКТОР

Модификации МРЧД	Частота, ГГц				
	F1	F2	F3	F4	F5
ВЕКТОР 50-75 ГГц	50	55	65	70	75
ВЕКТОР 50-75 ГГц с опцией В78	53,57	60	65	70	78,33
ВЕКТОР 75-110 ГГц	75	85	95	100	110
ВЕКТОР 78-118 ГГц	78,33	90	100	110	118,1
ВЕКТОР 110-170 ГГц	110	125	140	155	170
ВЕКТОР 110-170 ГГц с опцией В178	118,1	135	140	170	178,4

Измерения проводить методом прямых измерений с применением анализатора электрических цепей векторного ZVA и модулей расширения частотного диапазона ZC75, ZC78, ZC110, ZC118, ZC170, ZC178, ZC220 анализаторов электрических цепей векторных серий ZVA или ZNA в соответствии с руководством по эксплуатации. В качестве источника опорной частоты выбрать внешний источник (EXT) – стандарт частоты рубидиевый, соединив его выход «10 МГц» с соответствующим входом анализатора электрических цепей векторных серий ZVA.

9.1.2 Результаты измерений зафиксировать в протоколе.

9.1.3 Рассчитать относительную погрешность установки частоты по формуле (1):

$$\delta f = (f_{\text{изм}} - f_{\text{уст}}) / f_{\text{уст}}, \quad (1)$$

где $f_{\text{изм}}$ – измеренное значение частоты, ГГц;

$f_{\text{уст}}$ – установленное значение частоты, ГГц.

9.1.4 Результаты поверки считать положительными, если на выходе МРЧД ВЕКТОР устанавливаются максимальная и минимальная частота в соответствии с таблицей 4 и относительная погрешность установки частоты АЦВ находится в интервале $\pm 2 \cdot 10^{-6}$.

9.2 Определение максимальной выходной мощности

9.2.1 Настроить АЦВ в соответствии с РЭ для выбранного типа МРЧД ВЕКТОР.

9.2.2 Установить на АЦВ режим измерений на фиксированной частоте и провести настройки, обеспечивающие генерацию максимальной непрерывной выходной мощности на выходе МРЧД ВЕКТОР.

9.2.3 Подключить к измерительному порту МРЧД ВЕКТОР ваттметр поглощаемой мощности СВЧ с соответствующим сечением волновода.

9.2.4 Выполнить измерения выходной мощности в дБ (1 мВт) на 5 (пяти) частотах в диапазоне работы МРЧД ВЕКТОР, включая крайние (в соответствии с таблицей 3).

9.2.5 Результаты измерений зафиксировать в протоколе.

9.2.6 Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения выходной мощности соответствуют таблице 5.

Таблица 5 – Допустимые значения выходной мощности МРЧД ВЕКТОР

Модификации МРЧД	Максимальная выходная мощность, дБ (1 мВт), не менее	
	$P_{\max}$	$P_{\max}$ с опциями A75/A110/A118/A170
ВЕКТОР 50 – 75 ГГц	10	8
ВЕКТОР 50 – 75 ГГц с опцией B78	10	8
ВЕКТОР 75 – 110 ГГц	6	4
ВЕКТОР 78 – 118 ГГц	0	-2
ВЕКТОР 110 – 170 ГГц	-6	-8
ВЕКТОР 110 – 170 ГГц с опцией B178 в диапазонах частот: от 118,1 до 170 ГГц включ.	-6	-8
св. 170 до 178,4 ГГц	-21	-23

9.3 Определение динамического диапазона для полосы пропускания 10 Гц и доверительных границ нелинейности ($P=0,95$) приемников L в динамическом диапазоне

9.3.1 Подключить испытуемый МРЧД ВЕКТОР к порту 1 АЦВ. Настроить АЦВ в соответствии с РЭ для выбранного типа МРЧД ВЕКТОР.

9.3.2 Установить на АЦВ режим измерений в диапазоне рабочих частот и провести настройки, обеспечивающие генерацию максимальной непрерывной выходной мощности на выходе МРЧД ВЕКТОР.

9.3.3 К выходу МРЧД ВЕКТОР присоединить короткозамыкатель. Установить АЦВ в режим измерений мощности тестового приемника T1 для АЦВ C4420 или A для АЦВ C4220 (далее - T1) источник сигнала – порт 1. Внести трассу в память, выбрав в меню: Индикация – Память – Данные -> Память. Зафиксировать в протоколе значение T1 на нижней, средней и верхней частотах МРЧД ВЕКТОР.

9.3.4 Выключить мощность в канале высокой частоты P_{RF} и вывести математическую трассу в меню Индикация – Память – Математика – Дан/Пам, соответствующую динамическому диапазону. Зафиксировать в протоколе минимальное значение динамического диапазона.

9.3.5 Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 2. Если генератор сигналов обеспечивает требуемую частоту, то допускается не использовать МРЧД 1. Между выходом генератора сигналов (генератора сигналов с МРЧД1 в соответствии с таблицей 4) и входом МРЧД ВЕКТОР установить волноводный направленный ответвитель с переходным ослаблением 10 дБ и поляризационный аттенюатор.



Рисунок 2 – Схема определения нелинейности приемников L

Направленный ответвитель подключить в соответствии с таблицей 4: СВЧ порт МРЧД ВЕКТОР в зависимости от модификации подключается либо к основному каналу направленного ответвителя (номинальный коэффициент передачи $S_{21} = 0$ дБ), либо к боковому каналу (номинальный коэффициент передачи $S_{21} = -10$ дБ). К другому каналу направленного ответвителя при помощи перехода подключить NRP110T. К МРЧД ВЕКТОР 110 – 170 ГГц с опцией B178 подключение осуществить без использования выходного пирамидального перехода. Ослабление встроенных в МРЧД ВЕКТОР аттенюаторов и поляризационного аттенюатора при этом установить равным 0 дБ.

Таблица 4 – Настройки приборов для проверки линейности приемников

Модификации МРЧД	Р _{max} , дБ (1 мВт)	Рекомендуемые СИ		Подкл. МРЧД	Диапазон МРЧД, дБ	Изменение мощности, дБ		
		Тип	Р _{max} , дБ (1 мВт)			А1	А2	А3
ВЕКТОР 50 – 75 ГГц	10	E8257D	11	Основной канал ответви- теля	от -60 до 0 дБ	-20	-20	-20
ВЕКТОР 50 – 75 ГГц с опцией В78	10	E8257D	11		от -60 до 0 дБ	-20	-20	-20
ВЕКТОР 75 – 110 ГГц	6	E8257D с МРЧД ZVA- Z110/ ZC110	7/12		от -50 до 0 дБ	-20	-20	-20
ВЕКТОР 78 – 118 ГГц	0		7/12	Боковой канал ответви- теля	от -40 до 0 дБ	-30	-20	-
ВЕКТОР 110 – 170 ГГц	-6		7/12		от -40 до 0 дБ	-30	-10	-
ВЕКТОР 110 – 170 ГГц с опцией В178	-6			7/12	от -40 до 0 дБ	-30	-10	-

9.3.6 Установить АЦВ в режим измерений мощности тестового приемника Т1 (для АЦВ 4420 и А для АЦВ 4220) источник сигнала – порт 1, режим работы на фиксированной частоте установив 0 Гц в меню «Стимул-Полоса» и в меню «Стимул-Центр» нижнюю частоту поверяемого МРЧД ВЕКТОР в соответствии с таблицей 4.

9.3.7 Выключить мощность в канале высокой частоты P_{RF} АЦВ. Включить мощность на выходе генератора сигналов и регулировкой поляризационного аттенюатора установить на входе испытуемого МРЧД ВЕКТОР уровень мощности, соответствующий уровню мощности на нижней частоте в соответствии с результатами измерений по п. 9.3.3. При необходимости перед входом направленного ответвителя установить вспомогательный усилитель.

9.3.8 Зафиксировать в протоколе показания тестового приемника Т1 P_{T01} и ваттметра P_{01} .

9.3.9 Установить на генераторе (или при помощи встроенного в МРЧД1 аттенюатора) значение P_{A1} ваттметра на А1 дБ (в соответствии с таблицей 4) ниже, чем ранее отображаемое им значение P_{01} . Зафиксировать показания P_{TA1} , P_{A1} в протоколе.

9.3.10 Вернуть аттенюатор генератора (встроенный в МРЧД1 аттенюатора) в исходное положение и убедиться, что значение мощности, отображаемое ваттметром, совпало с P_{01} в пределах $\pm 0,5$ дБ. Изменением ослабления поляризационного аттенюатора установить значение, примерно равное P_{TA1} , ранее зафиксированное для значения А1. Зафиксировать в протоколе показания приемника P_{T02} , ваттметра P_{02} .

9.3.11 Установить при помощи встроенного в МРЧД1 аттенюатора значение P_{A2} ваттметра на А2 дБ ниже, чем ранее отображаемое им значение P_{02} . Зафиксировать показания P_{TA2} , P_{A2} в протоколе.

9.3.12 Для МРЧД ВЕКТОР 50 – 75 ГГц, ВЕКТОР 50 – 75 ГГц с опцией В78, ВЕКТОР 75 – 110 ГГц выполнить пп. 9.3.13-9.3.14.

9.3.13 Вернуть аттенюатор генератора (встроенный в МРЧД1 аттенюатора) в исходное положение и убедиться, что значение мощности, отображаемое ваттметром, совпало с P_{01} в пределах $\pm 0,5$ дБ. Изменением ослабления поляризационного аттенюатора установить значение P_{TA2} ранее зафиксированное для значения А2. Зафиксировать в протоколе показания P_{T03} , показания ваттметра P_{03} .

9.3.14 Установить на генераторе (или при помощи встроенного в МРЧД1 аттенюатора) значение P_{A3} ваттметра на А3 дБ ниже, чем ранее отображаемое им значение P_0 . Зафиксировать показания P_{TA3} , P_{A3} в протоколе.

9.3.15 Рассчитать значение нелинейности приемника в следующей последовательности.

9.3.1.1 Значение нелинейности приемника в динамическом диапазоне от 0 до А1 дБ рассчитать по формуле (2):

$$L_{A1} = P_{TA1} - P_{A1} - P_{T01} + P_{01}. \quad (2)$$

9.3.1.2 Значение нелинейности приемника в динамическом диапазоне от 0 до (А1+А2) дБ рассчитать по формуле (3):

$$L_{A1+A2} = L_{A1} + (P_{TA2} - P_{A2} - P_{T02} + P_{02}). \quad (3)$$

9.3.1.3 Для МРЧД ВЕКТОР 50 – 75 ГГц, ВЕКТОР 50 – 75 ГГц с опцией В78, ВЕКТОР 75

– 110 ГГц рассчитать значение нелинейности приемника в динамическом диапазоне от 0 до $(A_1+A_2+A_3)$ дБ по формуле (4):

$$L_{A_1+A_2+A_3} = L_{A_1+A_2} + (P_{TA3} - P_{A3} - P_{T03} + P_{03}). \quad (4)$$

9.3.16 Результаты поверки считать положительными, если:

- значение динамического диапазона для полосы пропускания 10 ГГц, не менее:
110 дБ для МРЧД ВЕКТОР 50 – 75, ВЕКТОР 50 – 75 ГГц с опцией В78, ВЕКТОР 75 – 110 ГГц;
100 дБ для МРЧД ВЕКТОР 78 – 118 ГГц;
95 дБ для МРЧД ВЕКТОР 110 – 170 ГГц и ВЕКТОР 110 – 170 ГГц с опцией В178 на частотах от 118,1 до 170 ГГц включ.;
80 дБ для МРЧД ВЕКТОР 110 – 170 ГГц с опцией В178 на частотах св. 170 до 178,4 ГГц;
- нелинейность приемника L_{A_1} , $L_{A_1+A_2}$, $L_{A_1+A_2+A_3}$ в динамическом диапазоне находится в пределах:
 $\pm 0,15$ дБ для МРЧД ВЕКТОР 50 – 75, ВЕКТОР 50 – 75 ГГц с опцией В78, ВЕКТОР 75 – 110 ГГц;
 $\pm 0,20$ дБ для МРЧД ВЕКТОР 78 – 118 ГГц, ВЕКТОР 110 – 170 ГГц и ВЕКТОР 110 – 170 ГГц с опцией В178 от 118,1 до 170 ГГц включ.;
 $\pm 0,30$ дБ для ВЕКТОР 110 – 170 ГГц с опцией В178 св. 170 до 178,4 ГГц.

9.4 Определение диапазона перестройки аттенюатора для опций А75/А110/А118/А170

9.4.1 Определить диапазона перестройки аттенюатора для опций А75/А110/А118/А170 ВЕКТОР методом измерений отношения мощностей на выходе при ослаблении аттенюатора 0 и 35 дБ.

9.4.2 Подключить МРЧД ВЕКТОР к АЦВ. К выходу МРЧД ВЕКТОР присоединить короткозамыкатель.

9.4.3 Установить АЦВ в режим измерений мощности тестового приемника T_i (i – номер порта) для АЦВ 4420 или А (для порта 1 или В для порта 2) для АЦВ 4220, источник сигнала – порт i .

9.4.4 В зависимости от настроек опции аттенюатора в соответствии с РЭ установить мощность на выходе МРЧД ВЕКТОР в меню «Стимул-Мощность» в положение 10 дБм или в меню «Система-Настройки-Расширитель частоты-MWave-Аттенюатор», если оно активно, установить 0 дБ. Внести трассу в память.

9.4.5 Установить мощность МРЧД ВЕКТОР в меню «Стимул-Мощность» в положение минус 30 дБм или в меню «Система-Настройки-Расширитель частоты-MWave-Аттенюатор», если оно активно, установить минус 40 дБ.

9.4.6 Определить по Δ -маркеру минимальное изменение трассы при включении аттенюатора в максимальное положение. Зафиксировать минимальное значение в протоколе.

9.4.7 Результаты измерений зафиксировать в протоколе.

9.4.8 Результаты поверки считать положительными, если измеренное значение А при включении аттенюатора не менее 35 дБ.

9.5 Определение среднего квадратического отклонения шумов измерительной трассы при измерении модуля коэффициента отражения 0 дБ в полосе пропускания 1 кГц

9.5.1 Подключить МРЧД к АЦВ. К выходу МРЧД присоединить короткозамыкатель. Установить диапазон частот в соответствии с типом испытуемого МРЧД, количество точек 501, уровень выходной мощности максимальный, полосу пропускания фильтра ПЧ 1 кГц.

9.5.2 Запомнить измерительную трассу S_{11} (сохранить трассу в память).

9.5.3 Создать математическую трассу, выполняющую операцию деления измеряемых данных на запомненные (А/В). Выбрать формат отображения «Ампл лог (дБ)». Включить отображение статистических данных для математической трассы: «Маркеры - Маркерные вычисления - Статистика - Статистика Вкл.»

9.5.4 По истечении 1 минуты обновить данные трассы памяти.

9.5.5 Провести измерения в течение 5 - 10 секунд и зафиксировать в протоколе результат измерения среднего квадратического отклонения (в меню индикации «ст.отк») математической трассы из статистических данных.

9.5.6 Результаты измерений зафиксировать в протоколе.

9.5.7 Результаты поверки считать положительными, если измеренное значение СКО при измерении S_{11} не более 0,005.

9.6 Определение доверительных границ $\Delta|S_{ii}|$ абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) модуля коэффициента отражения $|S_{ii}|$ в диапазоне от 0 до 1 и фазы коэффициента отражения $|S_{ii}|$ в диапазоне от 0,02 до 1 в зависимости от вида калибровки

9.6.1 Определение доверительных границ абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения проводят методом прямых измерений путем измерений коэффициента отражения мер в виде нагрузок с модулем коэффициента отражения 0,024 (КСВН 1,05), 0,333 (КСВН 2,0) и 1,0 (нагрузка короткого замыкания).

9.6.2 Установить на АЦВ С4420 параметры по умолчанию, максимальный уровень выходной мощности, диапазон рабочих частот в соответствии с модификацией МРЧД, частоты измерений должны включать нижнюю, верхнюю и промежуточные частоты, кратные 100 МГц. Установить полосу фильтра промежуточной частоты не более 100 Гц.

9.6.3 Выполнить калибровку АЦВ С4420 с МРЧД ВЕКТОР с использованием волноводного набора калибровочных мер из состава МРЧД ВЕКТОР:

– при поверке одного МРЧД ВЕКТОР – однопортовую OSM;

– при поверке двух МРЧД ВЕКТОР – однопортовую OSM для подключенного МРЧД ВЕКТОР к первому порту АЦВ и двухпортовую TRL, при этом подключать меры к МРЧД ВЕКТОР, подключенный к второму порту АЦВ.

9.6.4 Присоединить нагрузку с Γ к измерительному порту МРЧД ВЕКТОР.

9.6.5 Измерить модуль коэффициента отражения в линейном масштабе (отн.ед.) и фазу коэффициента отражения в градусах.

9.6.6 Для упрощения процесса измерений и вычислений рекомендуется использовать маркеры, реализованные в программном обеспечении. Загрузить файл (*.slp) с действительными значениями модуля и фазы коэффициента отражения нагрузки, полученными с применением ГЭТ 219-2024, в память программного обеспечения АЦВ.

Определить с помощью маркеров максимальную погрешность измерений модуля $\Delta|S_{ii}^{ИЗМ.МАКС}|$ и фазы $\Delta|\varphi_{ii}^{ИЗМ.МАКС}|$ на указанных частотах между измеряемыми данными и данными трассы памяти.

9.6.7 Результаты измерений зафиксировать в протоколе.

Определить максимальную погрешность измерений модуля ($S_{ii}^{ИЗМ.МАКС}$) и погрешность $\Delta\varphi(S_{ii}^{ИЗМ})$ в градусах.

9.6.8 Рассчитать абсолютную погрешность измерений модуля и фазы коэффициента отражения по формуле (5):

$$\Delta|S_{ii}^{ИЗМ}| = |S_{ii}^{ИЗМ}| - |S_{ii}^0|, \Delta\varphi(S_{ii}^{ИЗМ}) = \varphi(S_{ii}^{ИЗМ}) - \varphi(S_{ii}^0), \quad (5)$$

где $\Delta|S_{ii}^{ИЗМ}|$ – погрешность измерений модуля коэффициента отражения, отн.ед.;

$|S_{ii}^{ИЗМ}|$ – измеренное значение модуля коэффициента отражения нагрузки, отн.ед.;

$|S_{ii}^0|$ – действительное значение модуля коэффициента отражения нагрузки, отн.ед.;

$\Delta\varphi(S_{ii}^{ИЗМ})$ – погрешность измерений фазы коэффициента отражения, градус;

$\varphi(S_{ii}^{ИЗМ})$ – измеренное значение фазы коэффициента отражения нагрузки, градус;

$\varphi(S_{ii}^0)$ – действительное значение фазы коэффициента отражения нагрузки, градус.

9.6.9 Результаты поверки считать положительными, если погрешности измерений модуля коэффициента отражения при однопортовой OSM и двухпортовой TOSM калибровках в диапазоне значений от 0 до 1 находятся в пределах:

$\pm 0,025$ для модификации ВЕКТОР 50 – 75 ГГц;

$\pm 0,027$ для модификаций ВЕКТОР 75 – 110 ГГц, ВЕКТОР 78 – 118 ГГц;

- $\pm 0,030$ для модификаций ВЕКТОР 110 – 170 ГГц;
- погрешности измерений модуля коэффициента отражения при двухпортовой TRL калибровке в диапазоне значений от 0 до 1 находятся в пределах:
 - $\pm 0,013$ для модификации ВЕКТОР 50 – 75 ГГц;
 - $\pm 0,016$ для модификаций ВЕКТОР 75 – 110 ГГц, ВЕКТОР 78 – 118 ГГц;
 - $\pm 0,019$ для модификаций ВЕКТОР 110 – 170 ГГц;
- погрешности измерений фазы коэффициента отражения $|S_{ii}|$ в диапазоне значений модуля коэффициента отражения от 0,02 до 1,0 находится в пределах $\pm(1+57 \cdot \arcsin(\Delta|S_{ii}|/|S_{ii}|))$.

9.7 Определение доверительных границ составляющей абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) модуля коэффициента передачи из-за трекинга передачи Т по МИ 3411-2013

9.7.1 Определение доверительных границ абсолютной погрешности измерений коэффициента передачи из-за трекинга передачи Т проводить методом прямых измерений с помощью меры в виде отрезка прямоугольного волновода из состава ГЭТ 219.

9.7.2 Частоты измерений должны включать нижнюю, верхнюю и промежуточные частоты, кратные 100 МГц.

9.7.3 Перед проведением измерений прибор должен быть откалиброван в соответствии с п. 9.6.3.

9.7.4 Подключить меру коэффициента передачи в виде отрезка волновода соответствующего сечения из состава комплекта калибровочных мер эталона между двумя МРЧД. Провести измерения модуля коэффициента передачи $|S_{21}|$ в логарифмическом масштабе (дБ) при двух направлениях зондирования.

9.7.5 Для удобства расчеты допускается осуществить в ПО АЦВ С4420: загрузить файл (*.s2p) с действительными значениями меры в память программного обеспечения АЦВ С4420 и с помощью маркеров определить максимальное отклонение $T^{\text{МАКС}}$ между измеряемыми данными и данными трассы памяти в логарифмическом масштабе.

9.7.6 Рассчитать составляющую абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи $|S_{ij}|$ из-за трекинга передачи Т по формуле (6):

$$T = |S_{21}| - |S_{21}|_0, \quad (6)$$

где $|S_{21}|_0$ – действительное значение модуля коэффициента передачи меры.

За значение составляющей абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи из-за трекинга передачи $T^{\text{МАКС}}$ выбрать максимальное из полученных значений.

Результаты поверки считать положительными, если $T^{\text{МАКС}}$ находится в пределах $\pm 0,05$ дБ.

9.8 Определение доверительных границ $\Delta|S_{ij}|$ абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) модуля и фазы коэффициента передачи $|S_{ij}|$

9.8.1 Измерения проводить для каждого сечения прямоугольного волновода, частоты измерений должны включать нижнюю, верхнюю и промежуточные частоты, кратные 100 МГц.

9.8.2 Перед проведением измерений прибор должен быть откалиброван в соответствии с п. 9.6.3.

9.8.3 Измерения модуля и абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи 0 дБ проводить методом прямых измерений с помощью меры в виде отрезка прямоугольного волновода одновременно с проведением измерений по п. 9.7.

9.8.3 Подключить меру коэффициента передачи в виде отрезка волновода соответствующего сечения из состава ГЭТ 219 между измерительными портами МРЧД. Провести измерения модуля $|S_{21}|$ в логарифмическом масштабе (дБ) и фазы φ_{21} коэффициента передачи при двух направлениях зондирования.

9.8.4 Для удобства, расчеты допускается осуществить в ПО АЦВ С4420: загрузить файл (*.s2p) с действительными значениями меры в память программного обеспечения и с помощью маркеров определить максимальное отклонение между измеряемыми данными и данными трассы памяти.

9.8.5 Рассчитать абсолютную погрешность измерений модуля и фазы коэффициента

передачи $|S_{ij}|$ при измерении модуля коэффициента передач 0 дБ по формулам (7) и (8):

$$\Delta|S_{ij}| = |S_{21}| - |S_{21}|_0, \quad (7)$$

$$\Delta\varphi_{ij} = \varphi_{21} - \varphi_{210}, \quad (8)$$

где $|S_{21}|_0$ – действительное значение модуля коэффициента передачи меры;

φ_{210} – действительное значение фазы коэффициента передачи меры.

9.8.6 Рассчитать абсолютную погрешность измерений модуля и фазы коэффициента передачи $|S_{ij}|$ при измерении модуля коэффициента измерений модуля коэффициента передачи для нижнего значения диапазона измерений, приведённого в таблице 6, и абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи косвенными измерениями на основании измерений погрешности измерений из-за трекинга передачи T и нелинейности приемников L по формулам (9) и (10):

$$\Delta|S_{ij}| = L + T^{\text{МАКС}}, \quad (9)$$

$$\Delta\varphi_{ij} = 0,5 + 57 \cdot \arcsin(|S_{21}|/8,6), \quad (10)$$

где L – результат измерений по п. 9.3;

$T^{\text{МАКС}}$ – результат измерений по п. 9.7.

9.8.7 Результаты поверки считать положительными, если:

- при измерении модуля коэффициента передачи 0 дБ абсолютная погрешность измерений модуля коэффициента передачи находится в пределах $\pm 0,05$ дБ и абсолютная погрешность фазы коэффициента передачи находится в пределах $\pm 0,8$ градуса;

- при измерении модуля коэффициента передачи для нижнего значения диапазона измерений абсолютная погрешность измерений модуля и фазы коэффициента передачи находится в пределах:

- $\pm 0,20$ дБ и $\pm 1,8$ градуса для МРЧД ВЕКТОР 50 – 75, ВЕКТОР 50 – 75 ГГц с опцией В78, ВЕКТОР 75 – 110 ГГц;

- $\pm 0,25$ дБ и $\pm 2,2$ градуса для МРЧД ВЕКТОР 78 – 118 ГГц, ВЕКТОР 110 – 170 ГГц и ВЕКТОР 110 – 170 ГГц с опцией В178 от 118,1 до 170 ГГц включ.;

- $\pm 0,35$ дБ и $\pm 2,8$ градуса для ВЕКТОР 110 – 170 ГГц с опцией В178 св. 170 до 178,4 ГГц.

9.9 Проверка обязательных требований к средству измерений

9.9.1 Проверку соответствия уровню рабочего эталона МРЧД ВЕКТОР выполнить сравнением с требованиями, предъявляемыми к рабочему эталону (разряды для рабочих эталонов в государственной поверочной схеме не указаны) единиц комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи в волноводных трактах в соответствии с Приказом Росстандарта №1796 от 05 августа 2024 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений для средств измерений комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи в волноводных трактах в диапазоне частот от 2,14 до 178,4 ГГц».

9.9.2 Результат считать положительным, если в ходе поверки получены положительные результаты по п. 9.6, 9.7 и 9.8, которые удовлетворяют требованиям:

- доверительные границы $\Delta|S_{ii}|$ погрешности модуля коэффициента отражения $|S_{ii}|$ рабочих эталонов при доверительной вероятности 0,95 находятся в пределах:

- $\pm 0,014$ в трактах $3,6 \times 1,8$ и WR-15;

- $\pm 0,017$ в трактах $2,4 \times 1,2$ и WR-10;

- $\pm 0,020$ в трактах $1,6 \times 0,8$ и WR-6;

- доверительные границы $\Delta|S_{ij}|$ погрешности модуля коэффициента передачи $|S_{ij}|$ рабочих эталонов при доверительной вероятности 0,95 находятся в пределах:

- $\pm 0,29$ дБ в трактах $3,6 \times 1,8$ и WR-15;

- $\pm 0,34$ дБ в трактах $2,4 \times 1,2$ и WR-10;

- $\pm 0,41$ дБ в трактах $1,6 \times 0,8$ и WR-6.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 МРЧД ВЕКТОР признается годным, если в ходе поверки все результаты поверки положительные.

При наличии в комплекте опции набора калибровочных мер волноводных, опций В78, В178 их тип и серийный номер заносят в протокол поверки и при оформлении свидетельства в свидетельство о поверке.

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

11.3 При положительных результатах поверки по заявлению владельца МРЧД ВЕКТОР или лица, предъявившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке.

11.4 В соответствии с комплектностью и сведениями по п. 2.2 при выполнении сокращенной поверки (на основании решения или заявки на проведение поверки эксплуатирующей организации) в свидетельстве указывается объем, в котором выполнена поверка.

11.5 МРЧД ВЕКТОР, имеющий отрицательные результаты поверки, в обращение не допускается. На него выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования по установленной форме.

Начальник НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

Начальник центра - заместитель начальника
НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

Ведущий инженер лаборатории 113
НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

 О.В. Каминский

 И.П. Чирков

 О.А. Коновалова

Таблица А.1 – Метрологические характеристики модулей расширения частотного диапазона ВЕКТОР, определяемые при проведении поверки

Наименование характеристики		Значение	
Диапазон рабочих частот модификаций ¹ , ГГц	ВЕКТОР 50 – 75 ГГц	от 50 до 75	
	ВЕКТОР 50 – 75 ГГц с опцией В78	от 53,57 до 78,33	
	ВЕКТОР 75 – 110 ГГц	от 75 до 110	
	ВЕКТОР 78 – 118 ГГц	от 78,33 до 118,10	
	ВЕКТОР 110 – 170 ГГц	от 110 до 170	
	ВЕКТОР 110 – 170 ГГц с опцией В178	от 118,1 до 178,4	
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты выходного сигнала совместно с С4220, С4420 ¹		$\pm 2 \cdot 10^{-6}$	
Максимальная выходная мощность $P_{\max}$ модификаций ¹ , дБ (1 мВт), не менее	ВЕКТОР 50 – 75 ГГц ²	10	
	ВЕКТОР 75 – 110 ГГц	6	
	ВЕКТОР 78 – 118 ГГц	0	
	ВЕКТОР 110 – 170 ГГц ²	-6 (-21) ³	
Максимальная выходная мощность с опциями А75/А110/А118/А170 ¹ , дБ (1 мВт), не менее		$P_{\max} - 2$	
Диапазон перестройки аттенюатора для опций А75/А110/А118/А170 ¹ , дБ, не менее		от -35 до 0	
Динамический диапазон для полосы пропускания 10 Гц модификаций ¹ , дБ, не менее	ВЕКТОР 50 – 75 ГГц ²	110	
	ВЕКТОР 75 – 110 ГГц	110	
	ВЕКТОР 78 – 118 ГГц	100	
	ВЕКТОР 110 – 170 ГГц ²	95 (80) ³	
Среднее квадратическое отклонение шумов измерительной трассы при измерении модуля коэффициента отражения 0 дБ в полосе пропускания 1 кГц, дБ, не более		0,005	
Доверительные границы абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) модуля коэффициента отражения в диапазоне значений $ S_{ii} $ от 0 до 1 в зависимости от вида калибровки ^{4,5} и модификаций, отн. ед.	Калибровка	TRL ⁶	OSM/TOSM ⁶
	ВЕКТОР 50 – 75 ГГц ²	$\pm 0,013$	$\pm 0,025$
	ВЕКТОР 75 – 110 ГГц, ВЕКТОР 78 – 118 ГГц	$\pm 0,016$	$\pm 0,027$
	ВЕКТОР 110 – 170 ГГц ²	$\pm 0,019$	$\pm 0,030$
Доверительные границы абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) фазы коэффициента отражения в диапазоне значений $ S_{ii} $ от 0,02 до 1, градус		$\pm(1+57 \cdot \arcsin(\Delta S_{ii} / S_{ii}))$	
Доверительные границы нелинейности ($P=0,95$) приемников L в динамическом диапазоне ¹ , дБ	ВЕКТОР 50 – 75 ГГц ² , ВЕКТОР 75 – 110 ГГц	от -60 до 0 дБ	$\pm 0,15$
	ВЕКТОР 78 – 118 ГГц	от -50 до 0 дБ	$\pm 0,15$
	ВЕКТОР 110 – 170 ГГц ²	от -40 до 0 дБ	$\pm 0,20 (\pm 0,30)^3$
Доверительные границы составляющей абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) модуля коэффициента передачи из-за трекинга передачи Т по МИ 3411-2013 ⁶ , дБ		$\pm 0,05$	

Продолжение таблицы А.1

Наименование характеристики	Значение
Доверительные границы $\Delta S_{ij} $ абсолютной погрешности измерений (P=0,95) модуля коэффициента передачи $ S_{ij} ^{5,6,7}$, дБ	$\pm(T+L)$
Доверительные границы абсолютной погрешности измерений (P=0,95) фазы коэффициента передачи 5,6,7 , градус	$\pm(0,5+57 \cdot \arcsin \Delta S_{ij} /8,6))$
Примечания: 1) Характеристики, не требующие применения калибровочного набора мер. 2) В том числе для опций В78, В178 3) В диапазоне частот от 170 до 178,4 ГГц для опции В178. 4) Для измерений коэффициентов отражения двухполосников или многополосников с бесконечным ослаблением. 5) При изменении температуры не более, чем ± 1 °С после калибровки. 6) Для комплектации из не менее чем двух модулей ВЕКТОР. 7) Для измерений коэффициентов передачи согласованных многополосников при полосе пропускания 10 Гц.	

Форма протокола поверки МРЧД ВЕКТОР

Таблица Б.1 – Условия проведения поверки:

Наименование контролируемого параметра	Значение контролируемого параметра
Температура окружающей среды, °С	
Относительная влажность воздуха, %	

Таблица Б.2 – Внешний осмотр

Вид проверки	Заключение
Комплектность МРЧД ВЕКТОР соответствует указанной в технической документации фирмы-изготовителя	
Целостность и чистота разъемов	
Наличие маркировки, подтверждающей тип и серийный номер	
целостность фирменной наклейки	
исправность кабеля управления	
Наружная поверхность не имеет следов механических повреждений, которые могут влиять на работу прибора	

Таблица Б.3 – Опробование

Вид проверки	Заклучение
Вентилятор МРЧД ВЕКТОР срабатывает после включения.	
В режимах измерений S_{11} , S_{12} , S_{21} , S_{22} происходит обновление трассы в полном диапазоне частот для каждого вида измерений;	
При подключении ваттметра к измерительному порту изменяются показания АЦВ и ваттметра.	

Таблица Б.4 – Определение диапазона частот и относительной погрешности установки частоты выходного сигнала

Модификация МРЧД	Установленные значения частоты F, ГГц	Измеренные значения частоты F _{изм.} , ГГц	Относительная погрешность установки частоты	Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты выходного сигнала
ВЕКТОР 50-75 ГГц	50 75			$\pm 2 \cdot 10^{-6}$
ВЕКТОР 50-75 ГГц с опцией В78	53,57 78,33			
ВЕКТОР 75-110 ГГц	75 110			
ВЕКТОР 78-118 ГГц	78,33 118,1			
ВЕКТОР 110-170 ГГц	110 170			
ВЕКТОР 110-170 ГГц с опцией В178	118,1 178,4			

Таблица Б.5 – Определение мощности выходного сигнала

Модификации МРЧД	Значение мощности на выходе на частотах, дБм					Допуск, не менее, дБм	
	F1	F2	F3	F4	F5	без встроенного аттенюатора	с опцией аттенюатора
ВЕКТОР 50-75 ГГц						10	8
ВЕКТОР 50-75 ГГц с опцией В78						10	8
ВЕКТОР 75-110 ГГц						6	4
ВЕКТОР 78-118 ГГц						0	-2
ВЕКТОР 110-170 ГГц						-6	-8
ВЕКТОР 110-170 ГГц с опцией В178						-6 до 170 ГГц; -21 свыше 170 ГГц	-8 до 170 ГГц; -23 свыше 170 ГГц

Таблица Б.6 – Определение динамического диапазона для полосы пропускания 10 Гц

Модификация МРЧД	Измеренное значение динамического диапазона, дБ	Допустимое значение динамического диапазона, не менее, дБ
ВЕКТОР 50-75 ГГц		110
ВЕКТОР 50-75 ГГц с опцией В78		110
ВЕКТОР 75-110 ГГц		110
ВЕКТОР 78-118 ГГц		100
ВЕКТОР 110-170 ГГц		95
ВЕКТОР 110-170 ГГц с опцией В178		95 до 170 ГГц; 80 свыше 170 ГГц

Таблица Б.7– Определение доверительных границ нелинейности (P=0,95) приемников L

Модификация МРЧД	Измеренное значение нелинейности приемников L в диапазонах измерений, дБ				Доверительные границы нелинейности (P=0,95) приемников L в динамическом диапазоне, дБ
	A1	A2	A3	A1+A2+A3	
ВЕКТОР 50-75 ГГц					±0,15
ВЕКТОР 50-75 ГГц с опцией В78					±0,15
ВЕКТОР 75-110 ГГц					±0,15
ВЕКТОР 78-118 ГГц			-		±0,15
ВЕКТОР 110-170 ГГц			-		±0,20
ВЕКТОР 110-170 ГГц с опцией В178			-		±0,20

Таблица Б.8 – Определение среднего квадратического отклонения шумов измерительной трассы

Измеренное значение среднего квадратического отклонения шумов измерительной трассы, дБ	Допустимое значение среднего квадратического отклонения шумов измерительной трассы при измерении модуля коэффициента отражения 0 дБ в полосе пропускания 1 кГц, дБ, не более
	0,005

Таблица Б.9 – Определение диапазона перестройки аттенюатора для опций A75/A110/A118/A170

Измеренное значение перестройки аттенюатора, дБ	Допустимое значение, не менее, дБ
	35 дБ

Таблица Б.10 – Определение доверительных границ абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) модуля коэффициента отражения

Модификации МРЧД	Нагрузка	Измеренные значения абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения, отн.ед.	Доверительные границы абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) модуля коэффициента отражения $\Delta S_{ii} $ в диапазоне от 0 до 1 в зависимости от вида калибровки, отн. ед.	
			TRL ⁶	OSM/TOSM ⁶
ВЕКТОР 50 – 75 ГГц	КСВН = 1,05 КСВН = 2,0 КЗ		$\pm 0,013$	$\pm 0,025$
ВЕКТОР 75 – 110 ГГц, ВЕКТОР 78 – 118 ГГц	КСВН = 1,05 КСВН = 2,0 КЗ		$\pm 0,016$	$\pm 0,027$
ВЕКТОР 110 – 170 ГГц	КСВН = 1,05 КСВН = 2,0 КЗ		$\pm 0,019$	$\pm 0,030$

Таблица Б.11 – Определение доверительных границ абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) фазы коэффициента отражения

Модификации МРЧД	Нагрузка	Измеренные значения абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения, отн.ед.	Доверительные границы абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) фазы коэффициента отражения в диапазоне $ S_{ii} $ от 0,02 до 1, градус	
			TRL ⁶	OSM/TOSM ⁶
ВЕКТОР 50 – 75 ГГц	КСВН = 1,05 КСВН = 2,0 КЗ		$\pm 32,2$ $\pm 3,2$ $\pm 1,7$	$\pm 90,5$ $\pm 5,3$ $\pm 2,4$
ВЕКТОР 75 – 110 ГГц, ВЕКТОР 78 – 118 ГГц	КСВН = 1,05 КСВН = 2,0 КЗ		$\pm 40,6$ $\pm 3,7$ $\pm 1,9$	- $\pm 5,3$ $\pm 2,4$
ВЕКТОР 110 – 170 ГГц	КСВН = 1,05 КСВН = 2,0 КЗ		$\pm 50,2$ $\pm 4,3$ $\pm 2,1$	- $\pm 6,1$ $\pm 2,7$

Таблица Б.12 – Определение доверительных границ составляющей абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) модуля коэффициента передачи из-за трекинга передачи Т по МИ 3411-2013

Измеренное значение составляющей абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) модуля коэффициента передачи из-за трекинга передачи Т, дБ	Доверительные границы составляющей абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) модуля коэффициента передачи из-за трекинга передачи Т по МИ 3411-2013, дБ, не более
	$\pm 0,05$

Таблица Б.13 – Определение доверительных границ абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) модуля коэффициента передачи 0 дБ

Измеренное значение абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) модуля коэффициента передачи 0 дБ, дБ	Доверительные границы абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) модуля коэффициента передачи дБ, не более, дБ
	$\pm 0,05$

Таблица Б.14 – Определение доверительных границ абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) фазы коэффициента передачи 0 дБ

Измеренное значение абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) фазы коэффициента передачи при модуле коэффициента передачи 0 дБ, дБ	Доверительные границы абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) фазы коэффициента передачи при модуле коэффициента передачи 0 дБ, не более, град
	$\pm 0,8$

Таблица Б.15 – Определение доверительных границ абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) модуля коэффициента передачи

Модификация МРЧД	Измеренное значение абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи (Т+L), дБ	Доверительные границы абсолютной погрешности измерений ($P=0,95$) модуля коэффициента передачи, дБ
ВЕКТОР 50-75 ГГц		$\pm 0,20$
ВЕКТОР 50-75 ГГц с опцией В78		$\pm 0,20$
ВЕКТОР 75-110 ГГц		$\pm 0,20$
ВЕКТОР 78-118 ГГц		$\pm 0,20$
ВЕКТОР 110-170 ГГц		$\pm 0,25$
ВЕКТОР 110-170 ГГц с опцией В178		$\pm 0,25$ до 170 ГГц; $\pm 0,35$ свыше 170 ГГц