

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



А.Н. Щипунов

2020 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Комплекс автоматизированный измерительно-вычислительный
ТМСА 0.1-18.0 Д 101

Методика поверки

133-20-01 МП

2020 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ВВОДНАЯ ЧАСТЬ	3
2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ.....	3
3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ	4
4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ.....	4
5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	5
6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ.....	5
7 ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ ПОВЕРКИ.....	5
8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ	5
8.1 Внешний осмотр	5
8.2 Опробование.....	6
8.3 Определение метрологических характеристик	7
8.3.1 Определение пределов допускаемой инструментальной погрешности измерений уровней амплитудных и фазовых диаграмм направленности.....	7
8.3.2 Определение динамического диапазона.....	8
8.3.3 Определение пределов допускаемой погрешности измерений уровней амплитудных, фазовых и поляризационных диаграмм направленности	9
8.3.4 Определение пределов допускаемой погрешности измерений коэффициента усиления методом замещения и диапазона рабочих частот.....	11
8.3.5 Определение диапазона изменения углов поворота опорно-поворотного устройства (ОПУ) и диапазона перемещения ОПУ по слайдеру, определение абсолютной погрешности установки углового положения ОПУ и установки положения ОПУ по слайдеру	12
9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	14

1 ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Настоящая методика поверки (далее – МП) устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок комплекса автоматизированного измерительно-вычислительного ТМСА 0.1-18.0 Д 101 (далее – комплекс), заводской № 101, изготовленного ООО «ТРИМ СШП Измерительные системы», г. Санкт-Петербург.

Первичная поверка комплекса проводится при вводе его в эксплуатацию и после ремонта.

Периодическая поверка комплекса проводится в ходе его эксплуатации и хранения.

1.2 Комплекс предназначен для измерения радиотехнических характеристик антенн в диапазоне частот от 0,2 до 18,0 ГГц.

1.3 Поверка комплекса проводится не реже одного раза в 24 (двадцать четыре) месяца.

1.4 Допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов (частотных поддиапазонов) комплекса с обязательным указанием объема проведённой поверки в свидетельстве о поверке.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

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

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Пункт МП	Проведение операций при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	8.1	+	+
2 Опробование	8.2	+	+
3 Определение метрологических характеристик	8.3	+	+
3.1 Определение пределов допускаемой инструментальной погрешности измерений уровней амплитудных и фазовых диаграмм направленности	8.3.1	+	+
3.2 Определение динамического диапазона	8.3.2	+	+
3.3 Определение пределов допускаемой погрешности измерений уровней амплитудных, фазовых и поляризационных диаграмм направленности	8.3.3	+	-
3.4 Определение пределов допускаемой погрешности измерений коэффициента усиления методом замещения и диапазона рабочих частот	8.3.4	+	-
3.5 Определение диапазона изменения углов поворота опорно-поворотного устройства (ОПУ) и диапазона перемещения ОПУ по слайдеру, определение абсолютной погрешности установки углового положения ОПУ и установки положения ОПУ по слайдеру	8.3.5	+	-

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

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

Таблица 2 – Средства измерений и вспомогательное оборудование для поверки комплекса

Пункт МП	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
8.3.1	<p>Анализатор электрических цепей векторный ZVA50. Регистрационный № 48355-11. Диапазон частот от 0,01 до 50 ГГц, динамический диапазон для диапазона частот от 1 до 46 ГГц не менее 110 дБ, нелинейность приёмных устройств не более 0,1 дБ.</p> <p>Антенна измерительная дипольная П6-121. Номер в Госреестре 58703-14. Диапазон частот от 30 до 300 МГц. Пределы допускаемой погрешности коэффициента калибровки $\pm 2,0$ дБ.</p> <p>Антенна измерительная П6-62. Номер в Госреестре 28932-05. Диапазон частот от 300 до 1000 МГц. Пределы допускаемой погрешности коэффициента калибровки $\pm 2,0$ дБ.</p> <p>Антенная система П6-123 из состава антенного измерительного комплекта АИК 1-40Б (номер в Госреестре 55403-13). Диапазон частот от 0,9 до 12,4 ГГц. Пределы допускаемой погрешности коэффициента калибровки $\pm 1,8$ дБ.</p> <p>Рупор измерительный широкополосный П6-128. Номер в Госреестре 58705-14. Диапазон частот от 12,0 до 40,0 ГГц. Пределы допускаемой погрешности коэффициента усиления в диапазоне частот от 12 до 18 ГГц: $\pm 2,0$ дБ.</p> <p>Аттенюатор ступенчатый программируемый Agilent 84908М. Номер в Госреестре 60239-15. Диапазон частот от 0 до 50,0 ГГц.</p>
8.3.2	Аттенюатор ступенчатый программируемый Agilent 84908М.
8.3.3	Эталоны и испытательное оборудование не применяются
8.3.4	Эталоны и испытательное оборудование не применяются
8.3.5	Система лазерная координатно-измерительная Leica Absolute Tracker AT401. Номер в Госреестре 48561-11. Диапазон измерений расстояний от 1,5 до 60000 мм, предел допускаемой основной абсолютной погрешности объемных измерений ± 15 мкм + 6 мкм/м.

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

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

3.4 При проведении поверки комплекса должно применяться вспомогательное оборудование, указанное в таблице 2.

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 Поверка должна осуществляться лицами с высшим или средним техническим образованием, аттестованными в качестве поверителей в области радиотехнических измерений и имеющими квалификационную группу электробезопасности не ниже третьей.

4.2 Перед проведением поверки поверитель должен предварительно ознакомиться с документом «Комплекс автоматизированный измерительно-вычислительный ТМСА 0.1-18.0 Д 101. Руководство по эксплуатации. ТМСА 101.018.00Д РЭ. Книга 1» (далее – РЭ).

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 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», а также требования безопасности, приведённые в эксплуатационной документации на составные элементы комплекса и средства поверки.

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

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки комплекса должны соблюдаться условия, приведенные в таблице 3 (если иное не оговорено в РЭ).

Таблица 3 – Условия проведения поверки комплекса

Наименование параметра	Значение параметра
Температура окружающего воздуха, °С	от 15 до 25
Атмосферное давление, кПа	от 86 до 106
Относительная влажность воздуха, %	от 30 до 70
Напряжение сети электропитания переменного тока, В	от 198 до 242
Частота сети электропитания переменного тока, Гц	от 49 до 51

7 ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ ПОВЕРКИ

7.1 Проверить наличие эксплуатационной документации и срок действия свидетельств о поверке на средства поверки.

7.2 Подготовить средства поверки к проведению измерений в соответствии с руководствами по их эксплуатации.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При проведении внешнего осмотра комплекса проверить:

- комплектность и маркировку комплекса;
- наружную поверхность элементов комплекса, в том числе управляющих, питающих и радиочастотных кабелей, а также целостность СВЧ-соединителей;
- состояние органов управления;
- наличие свидетельства о поверке на векторный анализатор цепей (ВАЦ).

8.1.2 Проверку комплектности комплекса проводить путем сличения действительной комплектности с данными, приведенными в разделе «Комплектность» документа «Комплекс автоматизированный измерительно-вычислительный ТМСА 0.1-18.0 Д 101. Паспорт. ТМСА 101.018.00Д ПС» (далее – ПС).

8.1.3 Проверку маркировки производить путем внешнего осмотра и сличением с данными, приведенными в ПС.

8.1.4 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если:

- комплектность и маркировка комплекса соответствуют ПС;
- наружная поверхность элементов комплекса не имеет механических повреждений и других дефектов;
- управляющие, питающие и радиочастотные кабели, а также СВЧ-соединители не имеют механических и электрических повреждений;

- органы управления закреплены прочно и без перекосов, действуют плавно и обеспечивают надежную фиксацию;
 - все надписи на органах управления и индикации четкие и соответствуют их функциональному назначению;
 - имеется свидетельство о поверке ВАЦ.
- В противном случае результаты внешнего осмотра считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

8.2 Опробование

8.2.1 Идентификация программного обеспечения (далее – ПО)

8.2.1.1 Включить персональные компьютеры (далее – ПК), для чего:

- на блоке источника бесперебойного питания нажать кнопку ВКЛ;
- нажать на системном блоке ПК кнопку включения;
- включить монитор.

Установить далее на ПК программу, позволяющую определять версию и контрольную сумму файла по алгоритму MD5, например, программу «HashTab».

8.2.1.2 Выбрать в папке файл *FrequencyMeas.exe*, нажать на правую кнопку мыши на файле и выбрать пункт «Свойства». Открыть вкладку «Хеш-суммы файлов». Наблюдать контрольную сумму файла *FrequencyMeas.exe* по алгоритму MD5. Открыть вкладку «О программе». Наблюдать значение версии файла *FrequencyMeas.exe*. Результаты наблюдения зафиксировать в рабочем журнале.

8.2.1.3 Повторить операции п. 8.2.1.2 для файла *AmrView.exe*.

8.2.1.4 Сравнить полученные контрольные суммы и версии с их значениями, записанными в РЭ. Результат сравнения зафиксировать в рабочем журнале.

8.2.1.5 Результаты идентификации ПО считать положительными, если полученные идентификационные данные ПО соответствуют значениям, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 - Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение	
Идентификационное наименование ПО	FrequencyMeas.exe	AmrView.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО	6.0.0.0	3.18
Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода) по алгоритму MD5	DF62601DB3C861BC222 501DA83A5ACA2	53B0CFD7FB97D49C0099 46147619548D

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

8.2.2 Проверка работоспособности

8.2.2.1 Подготовить комплекс к работе в соответствии с документом «Комплекс автоматизированный измерительно-вычислительный ТМСА 0.1-18.0 Д 101. Руководство по эксплуатации. ТМСА 101.018.00Д РЭ. Книга 1»

8.2.2.2 Проверить работоспособность аппаратуры комплекса путем проверки отсутствия сообщений об ошибках и неисправностях при загрузке программных продуктов «FrequencyMeas.exe» и «AmrView.exe».

8.2.2.3 Проверить работоспособность приводов опорно-поворотного устройства (ОПУ) при установке углового положения по азимуту.

8.2.2.4 Результаты проверки считать положительными, если аппаратура комплекса работоспособна и отсутствуют сообщения об ошибках.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить, комплекс бракуется и подлежит ремонту.

8.3 Определение метрологических характеристик

8.3.1 Определение пределов допускаемой инструментальной погрешности измерений уровней амплитудных и фазовых диаграмм направленности

8.3.1.1 Подготовить анализатор цепей векторный ZVA50 для работы в соответствии с РЭ.

8.3.1.2 Подключить аттенюатор программируемый 84908М к измерительным портам анализатора цепей векторного ZVA50 с использованием фазостабильных кабельных сборок.

Установить параметры обзора:

- диапазон частот от 0,2 до 18 ГГц (должен содержать частоты на которых выполняются измерения в тракте комплекса);
- выходная мощность 0 дБ (отн. 1 мВт);
- ширина полосы фильтра ПЧ 1 кГц;
- количество усреднений 10;
- режим измерений S_{12} (или S_{21}).

Зафиксировать амплитуду $K_{xdB}(nf)$ измеряемого коэффициента передачи поочередно для ослаблений программируемого аттенюатора $xdB = 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45$ и 50 дБ.

8.3.1.3 Подготовить комплекс к работе в соответствии с РЭ. Прогреть аппаратуру не менее 30 минут.

8.3.1.4 В качестве вспомогательной антенны установить антенну ТМА 0,1–18 из состава комплекса. Сориентировать антенну для работы на вертикальной поляризации.

8.3.1.5 В качестве испытуемой антенны установить антенну П6-121 на диэлектрическом штативе. При этом использовать СВЧ-кабель из состава комплекса. Сориентировать антенну для работы на вертикальной поляризации.

8.3.1.6 Установить на ВАЦ режим измерений S_{21} и выходную мощность минус 30 дБ (отн. 1 мВт).

8.3.1.7 Подключить малoshумящий усилитель (МШУ) из состава комплекса согласно РЭ.

8.3.1.8 В тракт между входом МШУ и испытуемой антенной подключить аттенюатор 84908М. При этом использовать СВЧ-кабели из состава комплекса.

8.3.1.9 Установить диапазон частот 0,2 – 0,3 ГГц, выходную мощность 0 дБ (отн. 1 мВт), полосу фильтра промежуточной частоты (ПЧ) 100 Гц. Количество частотных точек в диапазоне частот не менее 31. Без усреднений. Остальные параметры по умолчанию.

8.3.1.10 Зафиксировать значение $S_{xdB}(nf)$ измеряемого коэффициента передачи поочередно для ослаблений программируемого аттенюатора $xdB = 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45$ и 50 дБ.

8.3.1.11 Рассчитать пределы допускаемой инструментальной погрешности [дБ] измерений уровней амплитудных диаграмм направленности по формуле (8.3.1.1):

$$\delta S_{xdB}(nf) = \pm \left| [S_{xdB}(nf) - S_{0dB}(nf)] - [K_{xdB}(nf) - K_{0dB}(nf)] \right|, \quad (8.3.1.1)$$

где $S_{xdB}(nf)$ - результаты измерений амплитуды $S_{-5dB}(nf), S_{-10dB}(nf) \dots S_{-50dB}(nf)$, дБ.

За пределы допускаемой инструментальной погрешности измерений уровней амплитудных диаграмм направленности принять среднее значение модуля погрешности в диапазоне частот.

8.3.1.12 Рассчитать пределы допускаемой инструментальной погрешности [\dots°] измерения фазы диаграммы направленности по формуле (8.3.1.2):

$$\Delta \phi_{xdB} = \pm \frac{180}{\pi} \arctg \left(10^{0.05 \langle \delta S_{xdB}(nf) \rangle} - 1 \right), \quad (8.3.1.2)$$

где $\langle \delta S_{xdB}(nf) \rangle$ - среднее значение модуля погрешности в диапазоне частот, дБ.

8.3.1.13 Повторить пп. 8.3.1.4-8.3.1.12 для диапазона частот 0,3 – 1 ГГц. В качестве испытуемой антенны использовать П6-62. Установить выходную мощность ВАЦ минус 15 дБ (отн. 1 мВт).

8.3.1.14 Повторить пп. 8.3.1.4-8.3.1.12 для диапазона частот 1 – 4 ГГц. В качестве испытуемой антенны использовать П6-123 из состава АИК 1-40Б. Установить выходную мощность ВАЦ минус 20 дБ (отн. 1 мВт).

8.3.1.15 Повторить пп. 8.3.1.4-8.3.1.12 для диапазона частот 4 – 12 ГГц. В качестве испытуемой антенны использовать П6-123 из состава АИК 1-40Б. Установить выходную мощность ВАЦ минус 10 дБ (отн. 1 мВт).

8.3.1.16 Повторить пп. 8.3.1.4-8.3.1.12 для диапазона частот 12 – 18 ГГц. В качестве испытуемой антенны использовать П6-128. В качестве вспомогательной антенны использовать ТМА 1-40В из состава комплекса. Установить выходную мощность ВАЦ плюс 5 дБ (отн. 1 мВт).

8.3.1.17 Результаты поверки считать положительными, если значения инструментальной погрешности измерений уровней амплитудных и фазовых диаграмм направленности находятся в пределах, указанных в таблице 5.

Таблица 5 – Пределы допускаемой инструментальной погрешности измерений уровней амплитудных (АДН) и фазовых (ФДН) диаграмм направленности (ДН)

Диапазон частот, ГГц	Уровень ДН, дБ	Пределы допускаемой инструментальной погрешности измерений уровней АДН, дБ	Пределы допускаемой инструментальной погрешности измерений уровней ФДН, °
от 0,2 до 18 включ.	-5	±0,3	±1,8
	-10	±0,3	±1,8
	-15	±0,3	±1,8
	-20	±0,3	±1,8
	-25	±0,3	±1,8
	-30	±0,3	±1,8
	-35	±0,4	±2,4
	-40	±0,5	±3,2
	-45	±0,7	±4,6
	-50	±1,1	±7,7

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить, комплекс бракуется и подлежит ремонту.

8.3.2 Определение динамического диапазона

8.3.2.1 Подготовить комплекс к работе в соответствии с РЭ. Прогреть аппаратуру не менее 30 минут.

8.3.2.2 Установить на ВАЦ режим измерений S_{21} и выходную мощность 0 дБ (отн. 1 мВт).

8.3.2.3 Подключить МШУ из состава комплекса согласно РЭ.

8.3.2.4 Ко входу МШУ подключить аттенюатор 84908М. Второй разъем аттенюатора оставить свободным. При этом использовать СВЧ-кабели из состава комплекса. Установить ослабление аттенюатора 10 дБ.

8.3.2.5 Установить диапазон частот 0,2 – 0,3 ГГц, ширину полосы фильтра ПЧ 100 Гц. Количество частотных точек в диапазоне частот не менее 31. Без усреднений. Остальные параметры по умолчанию.

8.3.2.6 Зафиксировать значение $S_N(nf)$ уровня шума [дБ].

8.3.2.7 Рассчитать динамический диапазон комплекса при измерениях в частотной области по формуле (8.3.2.1):

$$D(nf) = S_{0dB}(nf) - (\langle S_N(nf) \rangle + 3) + A, \quad (8.3.2.1)$$

где $\langle S_N(nf) \rangle$ - среднее значение уровня шума в диапазоне частот, дБ;

$A = 0,8 + 0,04 \times F$ – вносимые потери аттенюатора 84908М на частоте F (ГГц), дБ.

8.3.2.8 Повторить пп. 8.3.2.5-8.3.2.7 для диапазонов частот 0,3 – 1, 1 – 4, 4 – 12, 12 – 18 ГГц.

8.3.2.9 Результаты поверки считать положительными, если значения динамического диапазона комплекса соответствуют указанным в таблице 6.

Таблица 6 – Динамический диапазон комплекса

Диапазон частот, ГГц	Динамический диапазон, дБ, не менее
от 0,2 до 0,3 включ.	76,0
св. 0,3 до 1,0 включ.	99,0
св. 1,0 до 4,0 включ.	98,0
св. 4,0 до 12,0 включ.	80,0
св. 12,0 до 18,0 включ.	66,0

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить, комплекс бракуется и подлежит ремонту.

8.3.3 Определение пределов допускаемой погрешности измерений уровней амплитудных, фазовых и поляризационных диаграмм направленности

8.3.3.1 Определение погрешности измерений амплитудных (фазовых) ДН и поляризационных диаграмм проводить для условия, что расстояние R между антеннами при измерениях удовлетворяет условию «дальней зоны».

Определение погрешностей измерений амплитудных (фазовых) ДН и поляризационных диаграмм выполняется с учетом их инструментальных погрешностей и методической погрешности из-за источников переотражений в соответствии с требованиями ГОСТ 8.736-2011.

8.3.3.2 Рассчитать составляющую погрешности измерений, обусловленную инструментальной погрешностью приемного устройства A [дБ], определяемой в п. 8.3.3, по формуле (8.3.3.1):

$$\theta_H = 10^{0,1A} - 1. \quad (8.3.3.1)$$

Погрешность измерений уровней ДН минус 3 и минус 6 дБ рассчитать при ослаблении аттенюатора 5 дБ.

8.3.3.3 Рассчитать составляющую погрешности измерений из-за наличия побочных переотражений в безэховой камере по формуле (8.3.3.2):

$$\theta_{KB} = \left(1 + 10^{-0,05(L-KB)}\right)^2 - 1, \quad (8.3.3.2)$$

где L - измеряемый уровень диаграммы, дБ;

KB – коэффициент безэховости, дБ, подставляется из таблицы 6.

8.3.3.4 Рассчитать доверительные границы ($p = 0,99$) случайной погрешности, обусловленной влиянием собственных шумов комплекса, по формуле (8.3.3.3):

$$\varepsilon = \left(1 + 10^{-0,05(L+SNR)}\right)^2 - 1, \quad (8.3.3.3)$$

где $SNR = 60$ - отношение сигнал/шум в направлении максимума ДН, дБ.

8.3.3.5 Рассчитать пределы допускаемой погрешности измерений уровней амплитудных ДН и поляризационных диаграмм (для доверительной вероятности 0,95) в диапазоне частот по формуле (8.3.3.4):

$$\delta_{лин} = \frac{\varepsilon + \theta_H + \theta_{KB}}{\varepsilon/2,56 + \frac{1}{\sqrt{3}}(\theta_H + \theta_{KB})} \sqrt{\frac{1}{3}(\theta_H + \theta_{KB})^2 + \frac{\varepsilon^2}{6,56}}, \quad (8.3.3.4)$$

8.3.3.6 Рассчитать пределы допускаемой погрешности измерений уровней амплитудной ДН в логарифмический масштаб по формуле (8.3.3.5):

$$\delta_{\log} = \pm 10 \lg(1 + \delta_{\text{лин}}). \quad (8.3.3.5)$$

Рассчитать пределы допускаемой погрешности измерений фазовой ДН по формуле (8.3.3.6):

$$\delta_{\phi} = \pm a \tan(\delta_{\text{лин}}). \quad (8.3.3.6)$$

8.3.3.7 Результаты поверки считать положительными, если значения погрешности измерений уровней амплитудных (АДН), фазовых (ФДН) и поляризационных диаграмм направленности находятся в пределах, приведенных в таблице 7.

Таблица 7 – Пределы допускаемой погрешности измерений уровней амплитудных (АДН), фазовых (ФДН) и поляризационных диаграмм направленности

Диапазон частот, ГГц	КБ, дБ	Уровень ДН ¹⁾ , дБ	Пределы допускаемой погрешности измерений уровней АДН ²⁾ , дБ	Пределы допускаемой погрешности измерений уровней ФДН ²⁾ , °
от 0,2 до 18,0 включ.	-15	-3	±2,1	±15,1
		-6	±2,8	±20,7
		-10	±3,9	±29,8
	-20	-3	±1,3	±10,1
		-6	±1,7	±12,2
		-10	±2,4	±17,9
	-25	-15	±3,9	±29,8
		-3	±0,9	±5,6
		-6	±1,1	±7,5
		-10	±1,4	±10,1
	-30	-15	±2,4	±17,9
		-20	±3,9	±29,8
		-3	±0,5	±3,3
		-6	±0,7	±5,7
		-10	±0,8	±5,9
	-35	-15	±1,4	±10,1
		-20	±2,4	±17,9
		-25	±3,9	±29,8
		-3	±0,4	±2,6
		-6	±0,5	±3,3
		-10	±0,5	±3,3
	-40	-15	±0,8	±5,8
		-20	±1,4	±10,1
		-25	±2,4	±17,9
-30		±3,9	±29,8	
-3		±0,3	±2,3	
-6		±0,3	±2,3	
-40	-10	±0,3	±2,3	
	-15	±0,5	±3,3	
	-20	±0,8	±5,9	
	-25	±1,4	±10,1	

		-25	±1,5	±10,8
		-30	±2,4	±17,9
		-35	±3,9	±29,8
Примечания: 1) – уровни поляризационных диаграмм отсчитываются от максимума на согласованной поляризации; 2) – значения приведены для условий «дальней зоны» излучения.				

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить, комплекс бракуется и подлежит ремонту.

8.3.4 Определение пределов допускаемой погрешности измерений коэффициента усиления методом замещения и диапазона рабочих частот

8.3.4.1 Определение пределов допускаемой погрешности измерений коэффициента усиления методом замещения проводить в соответствии ГОСТ 8.736-2011 на основе частных составляющих суммарной погрешности по формуле (8.3.4.1):

$$\Delta G = \pm 10 \lg \left(1 + 1,1 \sqrt{\theta_1^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2 + \theta_4^2 + \theta_5^2 + \theta_6^2 + \theta_7^2} \right), \quad (8.3.4.1)$$

где θ_1 - границы частной составляющей суммарной погрешности, обусловленной погрешностью КУ эталонной антенны ΔG_3 , принимаются равными 0,5; 0,8; 1,0 и 1,5 дБ (что соответствует 0,12; 0,2; 0,26 и 0,41);

θ_2 - границы частной составляющей суммарной погрешности, обусловленной инструментальной погрешностью $\delta S_{x_{dB}}(nf)$ [дБ], определяемой в п. 5.1 для ослабления 10 дБ, вычисляются по формуле (8.3.4.2):

$$\theta_2 = 10^{0,1 \Delta S_{x_{dB}}(nf)} - 1; \quad (8.3.4.2)$$

θ_3 - границы частной составляющей суммарной погрешности, обусловленной конечным расстоянием между антеннами, принимаются равными 0,05 при выполнении условия $R \geq 2 \cdot D^2 / \lambda$ (где λ – длина волны, м; D - наибольший из размеров раскрывов антенн, м);

θ_4 - границы частной составляющей суммарной погрешности, обусловленной побочными переотражениями от элементов антенного полигона, вычисляемые по формуле (8.3.4.3):

$$\theta_5 = \left(1 + 10^{0,05 KB} \right)^2 - 1, \quad (8.3.4.3)$$

где KB - коэффициент беззховости, дБ, подставляется из таблицы 7.

θ_6 - границы частной составляющей суммарной погрешности, обусловленной поляризационными потерями, вычисляемые по формуле (8.3.4.4):

$$\theta_6 = \left(1 + 10^{0,05 K} \right)^2 - 1, \quad (8.3.4.4)$$

где K - наибольший уровень кроссполяризационной составляющей поля излучения среди эталонной и исследуемой антенн, принимается равным минус 25 дБ;

θ_7 - границы частной составляющей суммарной погрешности, обусловленной рассогласованием СВЧ трактов эталонной и исследуемой антенн, принимаются равными 0,14.

θ_8 - границы частной составляющей суммарной погрешности, обусловленной неточной установкой фазовых центров антенн и другими факторами, принимаются равными 0,05.

8.3.4.2 Результаты поверки считать положительными, если значения допускаемой погрешности измерений коэффициента усиления (КУ) методом замещения в диапазоне частот, при погрешности КУ эталонной антенны, находятся в пределах, указанных в таблице 8.

Таблица 8 – Пределы допускаемой погрешности измерений КУ методом замещения (для данного коэффициента безэховости КБ)

Диапазон частот, ГГц	КБ, дБ	Пределы допускаемой погрешности КУ эталонной антенны, дБ	Пределы допускаемой погрешности измерений КУ ¹⁾ , дБ
от 0,2 до 18,0 включ.	-15	±0,5	±1,9
		±0,8	±2,0
		±1,0	±2,0
		±1,5	±2,3
	-20	±0,5	±1,4
		±0,8	±1,5
		±1,0	±1,6
		±1,5	±2,0
	-25	±0,5	±1,2
		±0,8	±1,4
		±1,0	±1,5
		±1,5	±1,9
	-30	±0,5	±1,1
		±0,8	±1,3
		±1,0	±1,5
		±1,5	±1,9
	-35	±0,5	±1,1
		±0,8	±1,3
		±1,0	±1,5
		±1,5	±1,9
	-40	±0,5	±1,1
		±0,8	±1,3
		±1,0	±1,4
		±1,5	±1,9

¹⁾Примечание: при КСВН антенн не более 2,2 и условия «дальней зоны» излучения.

8.3.4.3 Проверку диапазона рабочих частот проводить по результатам определения погрешностей измерений КУ методом замещения (п. 8.3.4.2).

8.3.4.4 Результаты поверки считать положительными, если в диапазоне частот от 0,2 до 18,0 ГГц значения погрешностей измерений коэффициента усиления (КУ) методом замещения находятся в допускаемых пределах, приведенных в п. 8.3.4.2. В этом случае диапазон частот комплекса составляет от 0,2 до 18,0 ГГц.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить, комплекс бракуется и подлежит ремонту.

8.3.5 Определение диапазона изменения углов поворота опорно-поворотного устройства (ОПУ) и диапазона перемещения ОПУ по слайдеру, определение абсолютной погрешности установки углового положения ОПУ и установки положения ОПУ по слайдеру

8.3.5.1 Определение диапазона изменения угла поворота ОПУ в азимутальной плоскости и по крену проводят с помощью лазерного трекера Leica Absolute Tracker AT401 в соответствии с его руководством по эксплуатации. Определение действительных значений углов поворота осуществляется с использованием программных средств трекера.

8.3.5.2 Результаты поверки считать положительными, если диапазон изменения угла поворота ОПУ составляет:

- в азимутальной плоскости $\pm 180^\circ$;
- по крену не ограничен.

8.3.5.3 Определение абсолютной погрешности установки углового положения ОПУ проводить с помощью лазерного трекера Leica AT401 в соответствии с его руководством по эксплуатации. Определение действительных значений углов поворота осуществляется с использованием программных средств трекера.

8.3.5.4 Установить на башню ОПУ уголкового отражателя (УО) из состава трекера. Расстояние от УО до оси вращения ОПУ должно составлять не менее 0,5 м.

8.3.5.5 Установить ОПУ в положение по углу азимута «0°00'».

8.3.5.6 Установить ОПУ в положение по крену «0°00'».

8.3.5.7 Вращая ОПУ по азимуту в пределах от 0 до 10 градусов, для каждого углового положения зафиксировать показания трекера. При пропадании сигнала от УО повернуть его отражающей частью в сторону трекера.

8.3.5.8 Для каждого углового положения вычислить с учетом знака абсолютную погрешность установки угла поворота ОПУ по формуле (8.3.5.1):

$$\Delta\alpha = \alpha_c - \alpha_m - n \cdot 360^\circ, \quad (8.3.5.1)$$

где α_c - угол, установленный в программе, в градусах;

α_m - угол, измеренный трекером, в градусах и минутах;

n - количество полных оборотов.

8.3.5.9 Повторить операции по пп. 8.3.5.7-8.3.5.8 два раза.

8.3.5.10 Для каждого углового положения вычислить значение абсолютной погрешности установки угла поворота ОПУ по азимуту.

8.3.5.11. Повторить операции пп. 8.3.5.5-8.3.5.10, вращая ОПУ по крену в пределах от 0 до 10 градусов для определения абсолютной погрешности установки углового положения по крену.

8.3.5.12 Результаты поверки считать положительными, если значения абсолютной погрешности установки углового положения ОПУ в азимутальной плоскости и по крену находятся в пределах $\pm 0,05$ градусов.

8.3.5.13 Определение диапазона перемещения ОПУ по слайдеру Z проводить с использованием лазерного трекера Leica Absolute Tracker AT401. Установить на башню ОПУ УО. Установить ОПУ в одну из крайних позиций, провести измерение координат УО. Затем переместить ОПУ в крайнюю противоположную позицию, провести измерение координат УО. Вычислить расстояние между крайними положениями.

8.3.5.14 Повторить операции по п. 8.3.5.13 для слайдера X.

8.3.5.15 Результаты поверки считать положительными, если диапазон перемещения по слайдеру Z составляет от 0 до 0,6 м, по слайдеру X от 0 до 0,24 м.

8.3.5.16 Определение абсолютной погрешности установки положения ОПУ по слайдеру проводить с использованием лазерного трекера Leica Absolute Tracker AT401. Установить на башню ОПУ УО.

8.3.5.17 Установить ОПУ в положение по слайдеру «0».

8.3.5.18 Перемещая ОПУ по слайдеру Z в пределах от 0 до 600 мм, с шагом 300 мм, для каждого пространственного положения зафиксировать показания трекера.

8.3.5.19 Для каждого пространственного положения вычислить с учетом знака абсолютную погрешность установки положения ОПУ по формуле (8.3.5.2):

$$\Delta l = l_c - l_m, \quad (8.3.5.2)$$

где l_c - координата, установленная в программе, в мм;

l_m - координата, измеренная трекером, в мм.

8.3.5.20 Повторить операции по пп. 8.3.5.17-8.3.5.19 два раза.

8.3.5.21 Для каждого пространственного положения вычислить значение абсолютной по-

грешности установки положения ОПУ.

8.3.5.22 Повторить операции по пп. 8.3.5.16-8.3.5.21 для слайдера X в пределах от 0 до 240 мм, с шагом 120 мм.

8.3.5.23 Результаты поверки считать положительными, если значения абсолютной погрешности установки положения ОПУ по слайдерам Z и X находятся в пределах $\pm 0,2$ мм.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить, комплекс бракуется и подлежит ремонту.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

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

9.2 Результаты поверки удостоверяются свидетельством о поверке.

9.3 При проведении поверки отдельных измерительных каналов (частотных поддиапазонов) комплекса в свидетельстве о поверке указываются об объёме проведённой поверки.

9.3 Если по результатам поверки комплекс признан непригодным к применению, оформляется извещение о непригодности к применению с указанием причин непригодности.

Начальник НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

О.В. Каминский

Заместитель начальника НИО-1
ФГУП «ВНИИФТРИ»

А.В. Титаренко