

СОГЛАСОВАНО

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



А.Н. Щипунов

А.Н. Щипунов

2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**Комплекс автоматизированный измерительно-вычислительный
(АИВК) для измерения радиотехнических характеристик антенн в
дальнем поле до 18 ГГц ВМФТ.411734.002**

Методика поверки

133-21-05 МП

2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ.....	3
3 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ	4
4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ ПОВЕРКУ	4
5 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	4
6 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	4
7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР	5
8 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	5
9 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ.....	6
9.1 Подготовка к поверке.....	6
9.2 Опробование	6
10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК.....	6
10.1 Определение динамического диапазона.....	6
10.2 Определение инструментальной погрешности измерений уровней АДН и ФДН	8
11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ.....	9
12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	10

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (далее – МП) устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок комплекса автоматизированного измерительно-вычислительного (АИВК) для измерения радиотехнических характеристик антенн в дальнем поле до 18 ГГц ВМФТ.411734.002, заводской № 2090001, изготовленного ООО «Смайтек», г. Москва (далее – комплекс).

Прослеживаемость результатов измерений при поверке по государственной поверочной схеме для средств измерений ослабления электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 0 до 178 ГГц в соответствии ГОСТ Р 8.851-2013 к государственному первичному эталону ослабления электромагнитных колебаний ГЭТ 193-2011 обеспечена.

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

1.3 Периодическая поверка комплекса проводится в ходе его эксплуатации и хранения.

1.4 Комплекс предназначен для измерений радиотехнических характеристик антенн.

1.5 Периодическая поверка комплекса проводится не реже одного раза в 24 (двадцать четыре) месяца.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

2.1 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	7	+	+
2 Проверка программного обеспечения (далее - ПО)	8	+	+
3 Подготовка к поверке и опробование	9	+	+
4 Определение метрологических характеристик	10		
4.1 Определение динамического диапазона	10.1	+	+
4.2 Определение инструментальной погрешности измерений уровней амплитудных (далее - АДН) и фазовых (далее - ФДН) диаграмм направленности	10.2	+	+

2.2 Не допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов или отдельных автономных блоков или меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

3 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

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

Таблица 2 – Средства поверки

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 - 8.3.2	Аттенюатор ступенчатый программируемый Agilent 84908М, диапазон частот от 0 до 50 ГГц, диапазон вводимых ослаблений от 0 до 65 дБ с шагом 5 дБ
8.3.1 - 8.3.2	Анализатор цепей векторный (далее – ВАЦ) N5235А, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений коэффициента передачи $\pm 0,2$ дБ

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.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ ПОВЕРКУ

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 ВМФТ.411734.002 РЭ «Комплекс автоматизированный измерительно-вычислительный (АИВК) для измерения радиотехнических характеристик антенн в дальнем поле до 18 ГГц ВМФТ.411734.002. Руководство по эксплуатации» (далее – РЭ).

5 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

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 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки комплекса должны соблюдаться условия, приведенные в таблице 3.

Таблица 3 – Условия проведения поверки комплекса

Влияющая величина	Нормальное значение	Допускаемое отклонение от нормального значения
Температура окружающего воздуха, °С	20	± 5
Относительная влажность окружающего воздуха, %	от 30 до 80	–
Атмосферное давление, кПа	от 84 до 106,7	–
Напряжение питающей сети переменного тока, В	220	± 22
Частота питающей сети, Гц	50	± 1

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР

7.1 При проведении внешнего осмотра комплекса проверить:

- комплектность и маркировку комплекса;
- наружную поверхность элементов комплекса, в том числе управляющих и питающих кабелей;
- состояние органов управления.

7.2 Проверку комплектности комплекса проводить путем сличения действительной комплектности с данными, приведенными в разделе «Комплектность» документа ВМФТ.411734.002 ПС «Комплекс автоматизированный измерительно-вычислительный (АИВК) для измерения радиотехнических характеристик антенн в дальнем поле до 18 ГГц ВМФТ.411734.002. Паспорт» (далее – ПС).

7.3 Проверку маркировки производить путем внешнего осмотра и сличением с данными, приведенными в РЭ.

7.4 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если:

- комплектность комплекса соответствуют ПС;
- маркировка комплекса соответствуют РЭ;
- наружная поверхность 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 на векторный анализатор цепей;
- имеются сертификаты о калибровке на эталонные антенны из состава комплекса.

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

8 ПРОВЕРКА ПО

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

8.3 Повторить операции п. 8.2 для файла **RL-BEAM-DTV.exe**.

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

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

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

Таблица 4 - Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение	
	Идентификационное наименование ПО	RL-BEAM-DA.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.0.1.7	1.0.0.0
Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода) по алгоритму MD5	C232EB8AAB82708178292 0EB6F335E54	2BCCFD45AFC543EEB5E 31D496C54AAA9

9 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ

9.1 Подготовка к поверке

9.1.1 Проверить наличие эксплуатационной документации и сроки действия свидетельств о поверке средств поверки.

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

9.2 Опробование

9.2.1 Подготовить комплекс к работе в соответствии с РЭ.

9.2.2 Проверить работоспособность аппаратуры комплекса путем проверки отсутствия сообщений об ошибках и неисправностях при загрузке программных продуктов «RL-BEAM-DA.exe» и «RL-BEAM-DTV.exe».

9.2.3 Проверить работоспособность всех приводов опорно-поворотного устройства (далее – ОПУ).

9.2.4 Результаты проверки считать положительными, если:

- аппаратура комплекса работоспособна и отсутствуют сообщения об ошибках;
- все приводы ОПУ работоспособны.

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

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

10.1 Определение динамического диапазона

10.1.1 Подготовить комплекс к работе в соответствии с РЭ.

10.1.2 Установить антенны для диапазона частот от 0,35 до 3 ГГц на согласованной поляризации.

10.1.3 ВАЦ установить в режим измерений коэффициента передачи.

Мощность передатчика «Power» ВАЦ установить 0 дБ (отн 1 мВт), ширину полосы фильтра промежуточной частоты «Bandwidth» установить 100 Гц, диапазон частот установить от 0,35 до 3 ГГц, шаг по частоте 50 МГц.

10.1.4 Прогреть комплекс в течение не менее 20 минут.

10.1.5 Провести измерения коэффициента передачи $K(f)$, дБ.

Результаты измерений зафиксировать в рабочем журнале.

10.1.6 Отключить кабельную СВЧ сборку от входа антенны, подключенной к приемному порту ВАЦ.

На открытый конец кабеля подключить согласованную нагрузку.

В рабочем журнале зафиксировать значения уровня шума $K_{\text{шум}}(f)$, дБ.

10.1.7 Рассчитать динамический диапазон комплекса $D(f)$, в [дБ], по формуле (1):

$$D(f) = K(f) - K_{\text{шум}}(f) - G_{\text{пр}} - 3, \quad (1)$$

где $G_{пр}$ – значения коэффициент усиления приемной антенны, дБ.

Результаты расчета зафиксировать в рабочем журнале.

10.1.8 За величину динамического диапазона комплекса принять минимальное значение в диапазоне частот.

10.1.9 Установить антенны для диапазона частот от 3,3 до 4,9 ГГц на согласованной поляризации.

10.1.10 Подключить маломощный усилитель в тракт, мощность передатчика «Power» ВАЦ установить минус 5 дБ (отн 1 мВт), ширину полосы фильтра промежуточной частоты «Bandwidth» установить 100 Гц, диапазон частот установить от 3,3 до 4,9 ГГц, шаг по частоте 50 МГц. Повторить операции пп. 10.1.4 – 10.1.8.

10.1.11 Установить антенны для диапазона частот от 4,9 до 7,05 ГГц на согласованной поляризации.

10.1.12 Подключить маломощный усилитель в тракт, мощность передатчика «Power» ВАЦ установить 0 дБ (отн 1 мВт), ширину полосы фильтра промежуточной частоты «Bandwidth» установить 100 Гц, диапазон частот установить от 4,9 до 7,05 ГГц, шаг по частоте 50 МГц. Повторить операции пп. 10.1.4 – 10.1.8.

10.1.13 Установить антенны для диапазона частот от 7,05 до 10 ГГц на согласованной поляризации.

10.1.14 Подключить маломощный усилитель в тракт, мощность передатчика «Power» ВАЦ установить 0 дБ (отн 1 мВт), ширину полосы фильтра промежуточной частоты «Bandwidth» установить 100 Гц, диапазон частот установить от 7,05 до 10 ГГц, шаг по частоте 50 МГц. Повторить операции пп. 10.1.4 – 10.1.8.

10.1.15 Установить антенны для диапазона частот от 8,2 до 12,4 ГГц на согласованной поляризации.

10.1.16 Подключить маломощный усилитель в тракт, мощность передатчика «Power» ВАЦ установить 0 дБ (отн 1 мВт), ширину полосы фильтра промежуточной частоты «Bandwidth» установить 100 Гц, диапазон частот установить от 8,2 до 12,4 ГГц, шаг по частоте 50 МГц. Повторить операции пп. 10.1.4 – 10.1.8.

10.1.17 Установить антенны для диапазона частот от 12,4 до 18 ГГц на согласованной поляризации.

10.1.18 Подключить маломощный усилитель в тракт, мощность передатчика «Power» ВАЦ установить 0 дБ (отн 1 мВт), ширину полосы фильтра промежуточной частоты «Bandwidth» установить 100 Гц, диапазон частот установить от 12,4 до 18 ГГц, шаг по частоте 50 МГц. Повторить операции пп. 10.1.4 – 10.1.8.

10.1.19 Результаты поверки считать положительными, если динамический диапазон комплекса в диапазоне частот соответствует значениям, приведенным в таблице 5.

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

Таблица 5 – Динамический диапазон комплекса

Диапазон частот, ГГц	Динамический диапазон, дБ, не менее
от 0,35 до 3 включ.	45,0
св. 3,3 до 4,9 включ.	60,0
св. 4,9 до 7,05 включ.	55,0
св. 7,05 до 10 включ.	55,0
св. 8,2 до 12,4 включ.	50,0
св. 12,4 до 18 включ.	45,0

10.2 Определение инструментальной погрешности измерений уровней АДН и ФДН

10.2.1 Подготовить комплекс к работе в соответствии с РЭ.

10.2.2 Установить антенны для диапазона частот от 0,35 до 3 ГГц на согласованной поляризации. Подключить в СВЧ тракт комплекса аттенюатор Agilent 84908M.

10.2.3 ВАЦ установить в режим измерений коэффициента передачи.

Мощность передатчика «Power» ВАЦ установить 0 дБ (отн 1 мВт), ширину полосы фильтра промежуточной частоты «Bandwidth» установить 100 Гц, диапазон частот установить от 0,35 до 3 ГГц, шаг по частоте 50 МГц.

10.2.4 Прогреть комплекс в течение не менее 20 минут.

10.2.5 Провести измерения коэффициента передачи $A_{0dB}(f)$, дБ.

Результаты измерений зафиксировать в рабочем журнале.

10.2.6 Провести измерения коэффициента передачи $A_{x dB}(f)$ в диапазоне ослаблений аттенюатора от 5 до 50 дБ с шагом 5 дБ.

Результаты измерений зафиксировать в рабочем журнале.

10.2.7 Установить антенны для диапазона частот от 3,3 до 4,9 ГГц на согласованной поляризации.

10.2.8 Подключить малошумящий усилитель в тракт, мощность передатчика «Power» ВАЦ установить минус 5 дБ (отн 1 мВт), ширину полосы фильтра промежуточной частоты «Bandwidth» установить 100 Гц, диапазон частот установить от 3,3 до 4,9 ГГц, шаг по частоте 50 МГц. Повторить операции пп. 10.2.4 – 10.2.6.

10.2.9 Установить антенны для диапазона частот от 4,9 до 7,05 ГГц на согласованной поляризации.

10.2.10 Подключить малошумящий усилитель в тракт, мощность передатчика «Power» ВАЦ установить 0 дБ (отн 1 мВт), ширину полосы фильтра промежуточной частоты «Bandwidth» установить 100 Гц, диапазон частот установить от 4,9 до 7,05 ГГц, шаг по частоте 50 МГц. Повторить операции пп. 10.2.4 – 10.2.6.

10.2.11 Установить антенны для диапазона частот от 7,05 до 10 ГГц на согласованной поляризации.

10.2.12 Подключить малошумящий усилитель в тракт, мощность передатчика «Power» ВАЦ установить 0 дБ (отн 1 мВт), ширину полосы фильтра промежуточной частоты «Bandwidth» установить 100 Гц, диапазон частот установить от 7,05 до 10 ГГц, шаг по частоте 50 МГц. Повторить операции пп. 10.2.4 – 10.2.6.

10.2.13 Установить антенны для диапазона частот от 8,2 до 12,4 ГГц на согласованной поляризации.

10.2.14 Подключить малошумящий усилитель в тракт, мощность передатчика «Power» ВАЦ установить 0 дБ (отн 1 мВт), ширину полосы фильтра промежуточной частоты «Bandwidth» установить 100 Гц, диапазон частот установить от 8,2 до 12,4 ГГц, шаг по частоте 50 МГц. Повторить операции пп. 10.2.4 – 10.2.6.

10.2.15 Установить антенны для диапазона частот от 12,4 до 18 ГГц на согласованной поляризации.

10.2.16 Подключить малошумящий усилитель в тракт, мощность передатчика «Power» ВАЦ установить 0 дБ (отн 1 мВт), ширину полосы фильтра промежуточной частоты «Bandwidth» установить 100 Гц, диапазон частот установить от 12,4 до 18 ГГц, шаг по частоте 50 МГц. Повторить операции пп. 10.2.4 – 10.2.6.

10.2.17 Подключить аттенюатор к ВАЦ N5235A.

Провести измерения величин вводимого относительного ослабления $B_{0dB}(f)$, $B_{x dB}(f)$ аналогично п.п. 10.2.4 – 10.2.6 в соответствии с РЭ на ВАЦ N5235A.

Зафиксировать результаты измерений $B_{0dB}(f)$, $B_{x dB}(f)$ в рабочем журнале.

Измерения проводить с шагом не более 500 МГц.

10.2.18 Рассчитать инструментальную погрешность измерений АДН, в [дБ], в диапазоне частот по формуле (2):

$$\Delta_{x dB}(f) = \pm \left[\left| A_{x dB}(f) - A_{0 dB}(f) \right| + \left| B_{x dB}(f) - B_{0 dB}(f) \right| \right], \quad (2)$$

10.2.19 За инструментальную погрешность измерений АДН принять среднее значение модуля погрешности в диапазоне частот.

10.2.20 Инструментальную погрешность измерений ФДН, в градусах, в диапазоне частот рассчитать по формуле (3):

$$\varphi_{\text{дБ}} = \pm \frac{180}{\pi} \arctg(10^{0,05(\Delta(f))} - 1), \quad (3)$$

где $\langle \Delta(f) \rangle$ - среднее значение модуля погрешности в диапазоне частот, дБ.

10.2.21 Результаты поверки считать положительными, если значения инструментальной погрешности измерений уровней АДН и ФДН находятся в пределах, указанных в таблице 6.

В противном случае результаты определения инструментальной погрешности измерений уровней АДН и ФДН считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

Таблица 6 – Пределы допускаемой инструментальной погрешности измерений уровней АДН и ФДН

Диапазон частот, ГГц	Уровень диаграммы направленности (далее – ДН), дБ	Пределы допускаемой инструментальной погрешности измерений уровней АДН, дБ	Пределы допускаемой абсолютной инструментальной погрешности измерений ФДН, градус
от 0,35 до 3 включ.	-3	±0,3	±2,1
	-5	±0,3	±2,1
	-10	±0,3	±2,1
	-15	±0,4	±2,8
	-20	±0,4	±2,8
	-25	±0,4	±2,8
	-30	±0,4	±2,8
	-35	±0,4	±2,8
	-40	±0,5	±3,5
	-45	±0,5	±3,5
	-50	±0,6	±4,2
св. 3 до 18 включ.	-3	±0,2	±1,5
	-5	±0,2	±1,5
	-10	±0,2	±1,5
	-15	±0,2	±1,5
	-20	±0,2	±1,5
	-25	±0,2	±1,5
	-30	±0,2	±1,5
	-35	±0,3	±2,1
	-40	±0,3	±2,1
	-45	±0,4	±2,8
	-50	±0,5	±3,5

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Соответствие комплекса метрологическим требованиям подтверждается обработкой результатов измерений, полученных по методам, приведенным в п.п. 10.1 и 10.2.


12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

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


12.2 Результаты поверки комплекса подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца комплекса или лица, представившего его на поверку, на комплекс наносится знак поверки, и (или) выдается свидетельство о поверке средства измерений, и (или) в паспорт комплекса вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки, или выдается извещение о непригодности к применению комплекса.

Начальник НИО-1
ФГУП «ВНИИФТРИ»

Начальник отдела 13
ФГУП «ВНИИФТРИ»



О.В. Каминский



М.С. Шкуркин