

УТВЕРЖДАЮ

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



_____ А.Н. Щипунов

М.п.

« 23 »

ю

_____ 2018 г.

ИНСТРУКЦИЯ

Комплексы бортовых траекторных измерений маневренных самолетов КБТИ-М

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

651-18-057 МП

р.п. Менделеево

Содержание

1 Общие сведения.....	3
2 Операции поверки.....	3
3 Средства поверки	3
4 Требования к квалификации поверителей.....	4
5 Требования безопасности.....	4
6 Условия поверки.....	4
7 Подготовка к поверке	5
8 Проведение поверки.....	5
9 Оформление результатов поверки.....	13
Ссылочные нормативные документы	14
Перечень сокращений.....	14

1 Общие сведения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на комплексы бортовых траекторных измерений маневренных самолетов КБТИ-М (далее — КБТИ-М), изготавливаемые АО «ЛИИ им. М.М. Громова», Московская область, г. Жуковский, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Интервал между поверками — 5 лет.

2 Операции поверки

2.1 При поверке выполняют операции, представленные в таблице 1.

Таблица 1 — Перечень операций, выполняемых при поверке

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение поверки	
		после ремонта	при периодической поверке
1. Внешний осмотр.	8.1	да	да
2. Опробование, идентификация ПО	8.2	да	да
3. Определение (контроль) метрологических характеристик			
3.1. Определение доверительных границ абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения координат местоположения в постобработке по каждой координатной оси при геометрическом факторе PDOP не более 3	8.3	да	да
3.2. Определение доверительных границ абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения составляющих вектора скорости в постобработке при геометрическом факторе PDOP не более 3	8.4	да	да

2.2 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций поверка прекращается и аппаратура бракуется.

2.3 Не допускается проведение поверки меньшего числа измеряемых величин и (или) в меньших диапазонах.

3 Средства поверки

3.1 Рекомендуемые средства поверки КБТИ-М приведены в таблице 2.

Таблица 2 — Средства измерений, используемые при поверки

Номер пункта методики	Наименование рабочих эталонов или вспомогательных средств поверки. Номер документа, регламентирующего технические требования к рабочим эталонам или вспомогательным средствам. Разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики
8.3, 8.4	Рабочий эталон единиц координат местоположения 1 разряда по ГОСТ Р 8.750-2011, доверительные границы абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,67) в системах координат ПЗ-90.2, ПЗ-90.11, WGS-84, СК-42, ГСК-2011: хранения абсолютных координат не более 0,01 м; измерений беззапросной дальности по фазе дальномерного кода не более 0,05 м и по фазе несущей частоты не более 0,001 м; измерений скорости изменения беззапросной дальности не более 0,005 м/с

3.2 Все средства поверки, применяемые при поверке КБТИ-М, должны быть исправны, аттестованы или поверены.

3.3 Вместо указанных в таблице 2 средств поверки допускается применять другие аналогичные, обеспечивающие определение метрологических характеристик КБТИ-М с требуемой точностью.

4 Требования к квалификации поверителей

4.1 Поверка должна осуществляться лицами, квалифицированными в качестве поверителей в области координатно-временных средств измерений.

5 Требования безопасности

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены все требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019.

6 Условия поверки

6.1 При проведении поверки КБТИ-М должны соблюдаться следующие условия:

а) температура окружающего воздуха:

- МКИУС от минус 40 до плюс 55
- БКС от минус 10 до плюс 35 °С;
- БКУ от минус 20 до плюс 60 °С;

б) напряжение питания в сети:

- постоянного тока для МКИУС от 24,3 до 29,7 В;
- переменного тока частотой от 50 до 60 Гц для БКС и БКУ от 100 до 240 В.

7 Подготовка к поверке

7.1 Поверитель должен изучить техническую документацию изготовителя, руководство по эксплуатации «Комплекс бортовых траекторных измерений маневренных самолетов КБТИ-М. Руководство по эксплуатации ИКПВ.794129.007 РЭ» и руководства по эксплуатации применяемых средств поверки.

7.2 Перед проведением операций поверки необходимо:

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

8 Проведение поверки

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При проведении внешнего осмотра проверить отсутствие механических повреждений и ослабления элементов, четкость фиксации их положения, четкость обозначений, чистоту и исправность разъёмов и гнезд.

8.1.2 Результаты поверки считать положительными, если отсутствуют механические повреждения и ослабления элементов, фиксация их положения четкая, разъёмы и гнезда чистые и исправные. В противном случае КБТИ-М бракуется и направляются в ремонт.

8.2 Опробование, идентификация ПО

8.2.1 Опробование КБТИ-М

8.2.1.1 Для проведения опробования собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 1, подключить МКИУС и БКС к своим антеннам ГНСС и БКУ через соответствующий интерфейс.

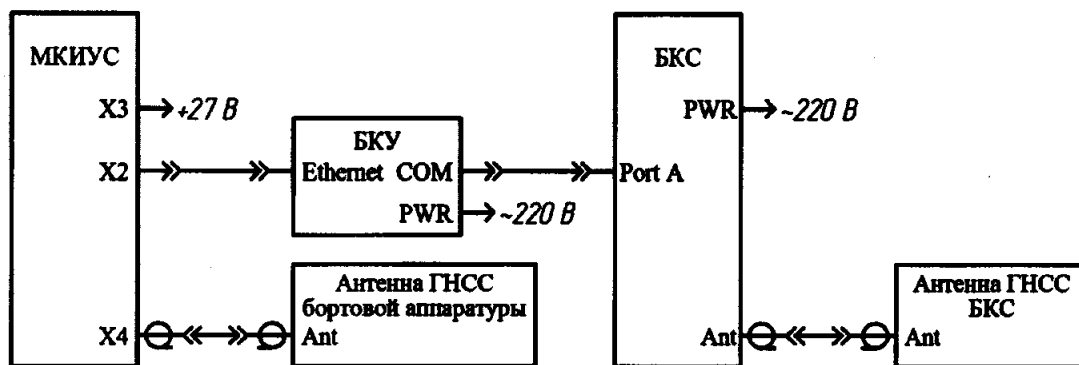


Рисунок 1 — Схема подключения КБТИ-М для проверки работоспособности

8.2.1.2 Разместить антенны ГНСС бортовой аппаратуры и БКС под открытым небом без объектов, препятствующих приёму навигационного сигнала, и включить МКИУС с БКС в соответствии с руководством по эксплуатации «Комплекс бортовых траекторных измерений маневренных самолетов КБТИ-М. Руководство по эксплуатации ИКПВ.794129.007 РЭ».

8.2.1.3 Подождать не менее 10 минут для получения текущих навигационных параметров.

8.2.1.4 Запустить штатное ПО КБТИ-М «VERT32T» и нажать клавишу Enter.

8.2.1.5 В основном меню выбрать "Контроль удаленного блока [F9]".

8.2.1.6 Проверить состояние МКИУС, нажав кнопку "Состояние <?>".

8.2.1.7 Если состояние МКИУС "RA", то блок работоспособен, иначе нажать кнопку "Реальное время <0>" и дождаться окончания загрузки, когда в окне Протокола обмена не появится строка "... after!". Проверить состояние МКИУС, нажав кнопку "Состояние <?>".

8.2.1.8 Запустить штатное ПО КБТИ-М «JavStock».

8.2.1.9 Убедиться в приеме навигационных сигналов согласно индикации «STAT» на корпусе приемника (мигает красным, желтым или зеленым)

8.2.1.10 Выбрать COM-порт через который подключен БКС к БКУ и нажать "Старт".

8.2.1.11 Перейти в директорию сбора измерений Javad (C:\Javad\) и убедиться в наличии файла с расширением «*.dat».

8.2.2 Идентификация ПО

8.2.2.1 Определить идентификационные данные ПО КБТИ-М в соответствии с руководством по эксплуатации «Комплекс бортовых траекторных измерений маневренных самолетов КБТИ-М. Руководство по эксплуатации ИКПВ.794129.007 РЭ». Идентификационные данные ПО представлены в таблице 3.

Таблица 3 — Идентификационные данные ПО КБТИ-М

Идентификационные данные (признаки)	Значение				
Идентификационное наименование	VERT32T	VFileTcp	JavStock	JavTrT	SetupNav
Номер версии (идентификационный номер)	1.10	1.10	1.00	1.00	8.50.4320
Цифровой идентификатор (алгоритм вычисления CRC32)	2F29B279	B7F4D34E	498F576E	0A5BCDDC	48F18A23

8.2.3 Результаты поверки КБТИ-М считать положительными, если БКУ отображает значение состояния МКИУС «РА», БКС ведет прием и регистрацию измерений навигационных параметров, а идентификационные данные ПО соответствуют данным, указанным в таблице 3. В противном случае КБТИ-М бракуется и направляется в ремонт.

8.3 Определение доверительных границ абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения координат местоположения в постобработке по каждой координатной оси при геометрическом факторе PDOP не более 3

8.3.1 Для проведения измерений собрать схему, приведенную на рисунке 2.

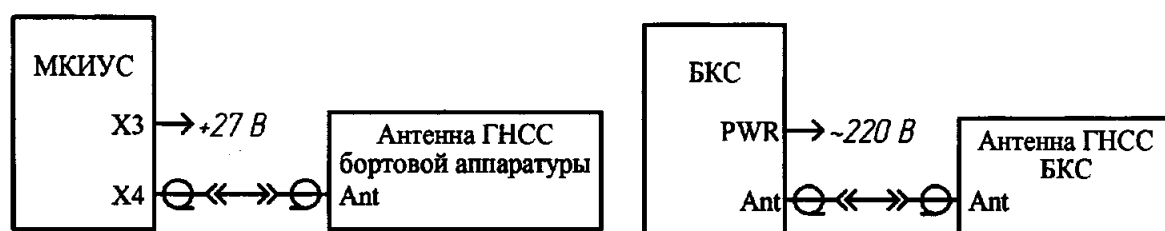


Рисунок 2 — Схема подключения КБТИ-М для проведения испытаний определения координат местоположения и определения составляющих вектора скорости

8.3.2 Установить антенну БКС на одном из геодезических пунктов из состава рабочего эталона единиц координат местоположения 1 разряда и включить автономный режим работы согласно руководству по эксплуатации «Комплекс бортовых траекторных измерений маневренных самолетов КБТИ-М. Руководство по эксплуатации ИКПВ.794129.007 РЭ».

8.3.3 Разместить МКИУС на передвижную платформу вместе с навигационной аппаратурой потребителя из состава рабочего эталона 1 разряда и включить в автономном режиме работы согласно руководству по эксплуатации «Комплекс бортовых траекторных измерений маневренных самолетов КБТИ-М. Руководство по эксплуатации ИКПВ.794129.007 РЭ».

8.3.4 Провести заезд по маршруту с характеристиками, представленными в таблице 4.

8.3.5 Скачать измерения с МКИУС для дальнейшей обработки.

8.3.5.1 Запустить штатное ПО КБТИ-М «VERT32T». Нажать Enter.

8.3.5.2 В основном меню выбрать "Обмен файлами [F4]" и проверить состояние блока, нажав кнопку "Состояние <?>".

Таблица 4 — Условия проведения выездных испытаний на мобильной лаборатории

Наименование характеристики	Значение
Удаление от базовой станции	до 30 км
Скоростной режим	до 30 м/с
Передвижение по маршруту	в движение не менее 30 мин, стоянка не менее 30 мин
Наличие объектов, препятствующих приёму навигационного сигнала, затенение	нет
Перепад высот на маршруте	не менее 50 м
Отклонения плоскости спутниковой антенны от плоскости местного горизонта на углы крена и тангажа	не более 20°

8.3.5.3 Если блок находится в состоянии отличном от "FMecho", то необходимо нажать кнопку "Стоп R <Down>", затем "Отмена <ESC>". Состояние МКИУС должно быть "FMecho".

8.3.5.4 В основном меню выбрать состояние удаленного блока "FM-Файловый менеджер" и нажать кнопку "Выход".

8.3.5.5 В открывшемся файловом менеджере, в левом окне выбрать диск МКИУС, куда были записаны измерения, "[имя диска]:\CEV_JTDB\".

8.3.5.6 В правом окне выбрать каталог "C:\Copy_Blк\Cev_Jt\db", куда скопировать измерения с МКИУС.

8.3.6 Обработать полученные результаты измерений с помощью штатного ПО КБТИ-М в абсолютном режиме, получив координаты местоположения в формате BLN.

8.3.6.1 Запустить штатное ПО КБТИ-М «VERT32T». Нажать Enter.

8.3.6.2 Нажать кнопку "Таблицы БД [4]". Далее Пуск.

8.3.6.3 Нажать кнопку "Выбор БД" и выбрать базу данных с измерениями.

8.3.6.4 Установить выходной файл — "Текстовый", номер формата — 099, шаг обработки — 1.0, начало и конец интервала измерений согласно проведенным измерениям.

8.3.6.5 Нажать кнопку "Построить".

8.3.6.6 В каталоге "C:\Copy_Blк\Cev_Jt\TABLE" появится файл с рассчитанными координатами в абсолютном режиме и векторами скорости.

8.3.7 Скачать и обработать полученные результаты измерений рабочего эталона координат 1 разряда в дифференциальном режиме относительно базовой станции с помощью специализированного ПО из состава рабочего эталона, получив координаты местоположения в формате BLH с пересчетом на фазовый центр антенны ГНСС бортовой аппаратуры МКИУС.

8.3.8 Выбрать измерения на общем интервале времени длительностью не менее 1800 с и PDOP не более 3.

8.3.9 Рассчитать абсолютную погрешность определения широты по формуле (1):

$$\Delta B_i = B_i - B_{ref}, \quad (1)$$

где B_i — измеренная широта МКИУС, угл. град.;

B_{ref} — измеренная широта рабочим эталоном 1 разряда, угл. град.

8.3.10 Рассчитать абсолютную погрешность определения долготы по формуле (2):

$$\Delta L_i = L_i - L_{ref}, \quad (2)$$

где L_i — измеренная долгота МКИУС, угл. град.;

L_{ref} — измеренная долгота рабочим эталоном 1 разряда, угл. град.

8.3.11 Перевести полученные значения абсолютной погрешности определения широты и долготы в метры по формулам (3) и (4) соответственно:

$$\Delta B'_i = \frac{\Delta B_i \cdot \pi}{180} \cdot \frac{a \cdot (1 - e^2)}{\sqrt{(1 - e^2 \cdot \sin^2 B_{ref})^3}}; \quad (3)$$

$$\Delta L'_i = \frac{\Delta L_i \cdot \pi}{180} \cdot \frac{a \cdot (1 - e^2) \cdot \cos B_{ref}}{\sqrt{(1 - e^2 \cdot \sin^2 B_{ref})^3}}, \quad (4)$$

где $\Delta B_i, \Delta L_i$ — абсолютная погрешность определения широты и долготы на i эпоху, угл. с;

a — большая полуось общеземного эллипсоида, м;

e — эксцентриситет общеземного эллипсоида.

8.3.12 Рассчитать математическое ожидание абсолютной погрешности определения широты по формуле (5) и долготы по формуле (6):

$$M_B = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \Delta B'_i; \quad (5)$$

$$M_L = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \Delta L'_i. \quad (6)$$

где N — количество измерений

8.3.13 Рассчитать СКО абсолютной погрешности определения широты по формуле (7) и долготы по формуле (8):

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Delta B_i - M_B)^2}{N-1}}; \quad (7)$$

$$\sigma_L = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Delta L_i - M_L)^2}{N-1}}. \quad (8)$$

8.3.14 Рассчитать абсолютную погрешность определения высоты по формуле (9):

$$\Delta h_i = h_i - h_{ref}, \quad (9)$$

где h_i — измеренная высота МКИУС, м;

h_{ref} — измеренная высота рабочим эталоном 1 разряда, м.

8.3.15 Рассчитать математическое ожидание абсолютной погрешности определения высоты по формуле (10):

$$M_h = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \Delta h_i. \quad (10)$$

8.3.16 Рассчитать СКО абсолютной погрешности определения высоты по формуле (11):

$$\sigma_h = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Delta h_i - M_h)^2}{N-1}}. \quad (11)$$

8.3.17 Рассчитать доверительные границы абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения координат по формулам (12)-(14):

$$\Pi_B = |M_B| + 2 \cdot \sigma_B \quad (12)$$

$$\Pi_L = |M_L| + 2 \cdot \sigma_L \quad (13)$$

$$\Pi_h = |M_h| + 2 \cdot \sigma_h \quad (14)$$

8.3.18 Обработать результаты измерений, полученные в п. 8.3.5, с помощью штатного ПО КБТИ-М в дифференциальном кодовом режиме, получив координаты местоположения в формате BLH.

8.3.19 Повторить расчеты аналогично п.п. 8.3.8-8.3.17 для дифференциального кодового режима.

8.3.20 Обработать результаты измерений, полученные в п. 8.3.5, с помощью штатного ПО КБТИ-М в дифференциальном фазовом режиме, получив координаты местоположения в формате BLH.

8.3.21 Повторить расчеты аналогично п.п. 8.3.8-8.3.17 для дифференциального фазового режима.

8.3.22 Результаты поверки считать положительными, если доверительные границы абсолютной погрешности КБТИ-М (при доверительной вероятности 0,95) определения относительных координат местоположения в постобработке по каждой координатной оси при геометрическом факторе PDOP не более 3:

- в абсолютном режиме..... ± 30 м
- в дифференциальном кодовом режиме..... ± 5 м
- в дифференциальном фазовом режиме..... $\pm 0,7$ м

В противном случае КБТИ-М бракуется и направляется в ремонт.

8.4 Определение доверительных границ абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения составляющих вектора скорости в постобработке при геометрическом факторе PDOP не более 3.

8.4.1 Обработать результаты измерений, полученные в п. 8.3.5, с помощью штатного ПО КБТИ-М в абсолютном режиме, получив составляющие вектора скорости в топоцентрической горизонтальной системе координат, связанной с объектом.

8.4.2 Обработать результаты измерений рабочего эталона координат 1 разряда, полученные в п. 8.3.4, в дифференциальном режиме относительно базовой станции с помощью специализированного ПО из состава рабочего эталона, получив составляющие вектора скорости в топоцентрической горизонтальной системе координат, связанной с объектом.

8.4.3 Выбрать измерения на общем интервале времени длительностью не менее 1800 с и PDOP не более 3.

8.4.4 Рассчитать абсолютную погрешность определения составляющей вектора скорости вдоль оси *OE* по формуле (15):

$$\Delta V_{Ei} = V_{Ei} - V_{Eref}, \quad (15)$$

где V_{Ei} — измеренная МКИУС составляющая вектора скорости вдоль оси OE , м/с;

V_{Eref} — измеренная рабочим эталоном 1 разряда составляющая вектора скорости вдоль оси OE м/с;

8.4.5 Рассчитать абсолютную погрешность определения составляющих вектора скорости вдоль осей ON и OU аналогично п. 8.4.4

8.4.6 Рассчитать математическое ожидание абсолютной погрешности определения составляющей вектора скорости вдоль оси OE по формуле (16):

$$M_{V_E} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \Delta V_{Ei}. \quad (16)$$

8.4.7 Рассчитать математические ожидания абсолютных погрешностей определения составляющих вектора скорости вдоль осей ON и OU аналогично п. 8.4.6.

8.4.8 Рассчитать СКО абсолютной погрешности определения составляющей вектора скорости вдоль оси OE по формуле (17):

$$\sigma_{V_E} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Delta V_{Ei} - M_{V_E})^2}{N-1}}; \quad (17)$$

8.4.9 Рассчитать СКО абсолютных погрешностей определения составляющих вектора скорости вдоль осей ON и OU аналогично п. 8.4.8.

8.4.10 Рассчитать доверительные границы абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения составляющих вектора скорости в абсолютном режиме по формулам (19)-(20):

$$\Pi_{V_E} = |M_{V_E}| + 2 \cdot \sigma_{V_E} \quad (18)$$

$$\Pi_{V_N} = |M_{V_N}| + 2 \cdot \sigma_{V_N} \quad (19)$$

$$\Pi_{V_U} = |M_{V_U}| + 2 \cdot \sigma_{V_U} \quad (20)$$

8.4.11 Обработать результаты измерений, полученные в п. 8.3.5, с помощью штатного ПО КБТИ-М в дифференциальном кодовом режиме, получив составляющие вектора скорости в топоцентрической горизонтальной системе координат, связанной с объектом.

8.4.12 Повторить расчеты аналогично п.п. 8.4.3-8.4.10 для дифференциального кодового режима.

8.4.13 Обработать результаты измерений, полученные в п. 8.3.5, с помощью штатного ПО КБТИ-М в дифференциальном фазовом режиме, получив составляющие вектора скорости в топоцентрической горизонтальной системе координат, связанной с объектом.

8.4.14 Повторить расчеты аналогично п.п. 8.4.3-8.4.10 для дифференциального фазового режима.

8.4.15 Результаты поверки считать положительными, если доверительные границы абсолютной погрешности КБТИ-М (при доверительной вероятности 0,95) определения составляющих вектора скорости в постобработке при геометрическом факторе PDOP не более 3:

- в абсолютном режиме $\pm 0,3$ м/с
- в дифференциальном кодовом режиме $\pm 0,2$ м/с
- в дифференциальном фазовом режиме $\pm 0,2$ м/с

В противном случае КБТИ-М бракуется и направляется в ремонт.

9 Оформление результатов поверки

9.1 При положительных результатах поверки на КБТИ-М выдается свидетельство установленной формы.

9.2 На оборотной стороне свидетельства о поверке записываются результаты поверки.

9.3 В случае отрицательных результатов поверки поверяемые КБТИ-М к дальнейшему применению не допускаются, на них выдается извещение о непригодности к дальнейшей эксплуатации с указанием причин забракования.

Заместитель начальника НИО-8
по научной работе ФГУП «ВНИИФТРИ»

Начальник
841 лаборатории ФГУП «ВНИИФТРИ»

Старший научный сотрудник
841 лаборатории ФГУП «ВНИИФТРИ»

Федотов В.Н.

Печерица Д.С.

Бурцев С.Ю.

Ссылочные нормативные документы

Обозначение документа, на который дана ссылка	Номер раздела, подраздела, пункта, подпункта, перечисления, приложения, разрабатываемого документа, в котором дана ссылка
ГОСТ Р 8.750-2011	3.1
ГОСТ 12.3.019-80	5.1

Перечень сокращений

БКУ	— блок контроля и управления;
БКС	— базовая контрольно-корректирующая станция;
ГНСС	— глобальная навигационная спутниковая система;
ЗИП	— запасные части, инструменты и принадлежности;
КБТИ	— комплекс бортовых траекторных измерений маневренных самолетов;
МКИУС	— малогабаритная комплексная информационно-управляющая система;
ПО	— программное обеспечение;
ПЭВМ	— персональная электронно-вычислительная машина;
СИ	— средства измерений;
СКО	— среднее квадратическое отклонение.