

УТВЕРЖДАЮ

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

\_\_\_\_\_ А. Н. Шишунов  
« 29 » \_\_\_\_\_ 2018 г.



## ИНСТРУКЦИЯ

Устройства приема-преобразующие бортовые БППУ-ГН

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

641-18-044

р.п. Менделеево,  
2018 г.

## Содержание

1 Общие сведения .....	3
2 Операции поверки .....	3
3 Средства поверки.....	3
4 Требования к квалификации поверителей .....	4
5 Требования безопасности .....	5
6 Условия поверки .....	5
7 Подготовка к поверке.....	5
8 Проведение поверки .....	5
9 Оформление результатов поверки .....	13
Ссылочные нормативные документы.....	14
Перечень сокращений .....	15

## 1 Общие сведения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на устройства приемо-преобразующие бортовые БППУ-ГН (далее — бортовое устройство ГН), изготавливаемые ОАО «ЛИИП имени Гризодубовой В.С.», Московская область, г. Жуковский, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Интервал между поверками — 1 год.

## 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 абсолютного смещения (при доверительной вероятности 0,95) формируемой ШВ относительно ШВ UTC(SU) в режиме синхронизации по сигналам НКА	8.3	да	да
3.2. Определение инструментальной абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения координат в абсолютном режиме	8.4	да	да
3.3. Определение инструментальной абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения координат в дифференциальном режиме	8.5	да	да

## 3 Средства поверки

3.1 Рекомендуемые средства поверки бортовых устройств ГН 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	Стандарт частоты и времени водородный Ч1-1007, пределы допускаемой относительной погрешности по частоте в режиме синхронизации по сигналам ГНСС ГЛОНАСС/GPS $\pm 1,0 \cdot 10^{-13}$ , пределы допускаемой абсолютной погрешности привязки шкалы времени относительно шкалы времени UTC(SU) в режиме синхронизации по сигналам ГНСС ГЛОНАСС/GPS $\pm 50$ нс
8.3	Частотомер универсальный CNT-90, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения интервалов времени $\pm 0,62$ нс для интервалов времени не более 100 мкс; $\pm 200$ нс для интервалов времени не более 1 с
8.4, 8.5	Рабочий эталон единиц координат местоположения 1 разряда по ГОСТ Р 8.750-2011, доверительная граница погрешности (по уровню вероятности 0,67): воспроизведения координат потребителя ГНСС в системах координат ПЗ-90.2, ПЗ-90.11, WGS-84, локальных системах 0,1 м; воспроизведения скорости изменения беззапросной дальности 0,005 м/с; воспроизведения беззапросной дальности по фазе дальномерного кода 0,05 м и по фазе несущей частоты 0,001 м

3.2 Все средства поверки, применяемые при поверке бортовых устройств ГН, должны быть исправны, поверены и иметь свидетельства о поверке или оттиск поверительного клейма на приборе или в технической документации.

3.3 Вместо указанных в таблице 2 средств поверки допускается применять другие аналогичные, обеспечивающие определение метрологических характеристик бортовых устройств ГН с требуемой точностью.

#### 4 Требования к квалификации поверителей

4.1 Поверка должна осуществляться лицами, квалифицированными в качестве поверителей в области радиотехнических 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 бортового устройства ГН должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от минус 30 до плюс 70 °С;
- напряжение питания в сети постоянного тока блока спутникового навигационного датчика (бортовой блок) от 19 до 35 В;
- напряжение питания в сети постоянного тока блока спутникового навигационного датчика (контрольно-корректирующая станция) от 4,75 до 5,25 В.

## **7 Подготовка к поверке**

7.1 Поверитель должен изучить техническую документацию изготовителя, руководство по эксплуатации «Устройство приемо-преобразующее бортовое БППУ-ГН ТВИГ.464425.003 РЭ» (далее — РЭ ГН) 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, чёткость обозначений, чистоту и исправность разъёмов и гнезд.

8.1.2 Результаты поверки считать положительными, если отсутствуют механические повреждения и ослабления элементов, фиксация их положения чёткая, разъёмы и гнезда чистые и исправные. В противном случае бортовые устройства ГН бракуются и направляются в ремонт.

### **8.2 Опробование, идентификация ПО**

#### **8.2.1 Опробование бортового устройства ГН**

8.2.1.1 Для проведения опробования подключить БСНД-К (контрольно-корректирующая станция) и БСНД-К (бортовой блок) из комплекта бортового устройства ГН к антеннам с МШУ и ПЭВМ согласно рисунку 1.

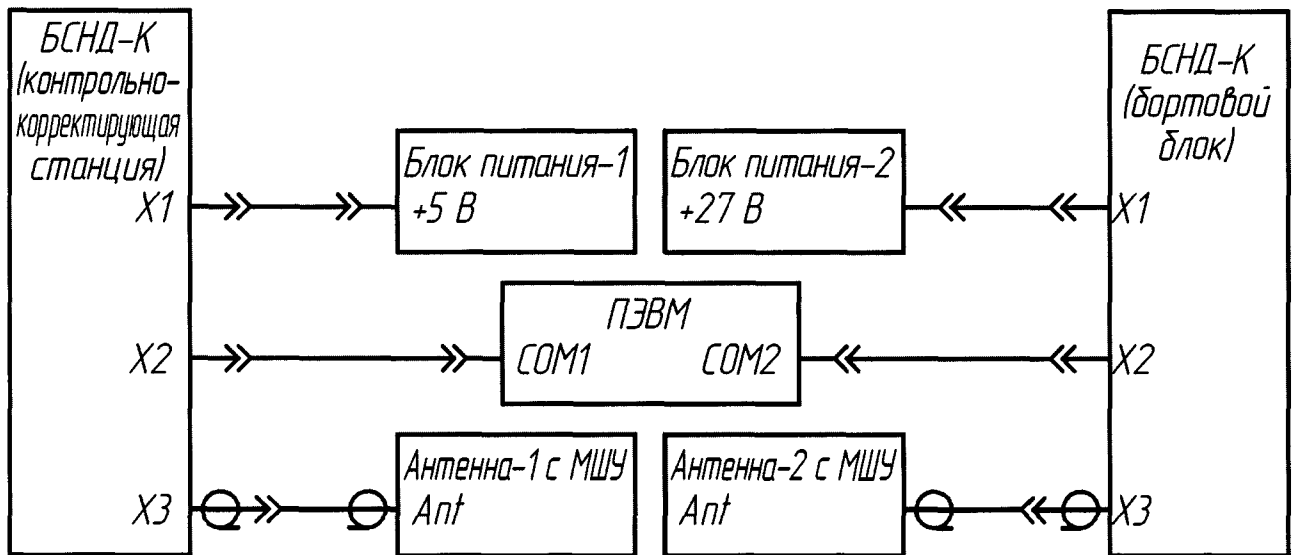


Рисунок 1 — Схема подключения бортового устройства ГН для проверки работоспособности

8.2.1.2 Установить антенны бортового устройства ГН под открытым небом без объектов, препятствующих приёму навигационного сигнала, и включить бортовое устройство ГН согласно РЭ ГН.

8.2.1.3 Запустить на ПЭВМ специализированное ПО согласно РЭ ГН и убедиться в обмене информацией ПЭВМ с БСНД-К (контрольно-корректирующая станция) и БСНД-К (бортовой блок).

### 8.2.2 Идентификация ПО

8.2.2.1 Определить идентификационные данные ПО бортового устройства ГН в соответствии с РЭ ГН. Идентификационные данные ПО представлены в таблице 3.

Таблица 3 — Идентификационные данные ПО бортового приемопреобразующего устройства БППУ-ГН

Идентификационные данные (признаки)	Значение	
Идентификационное наименование	ТВИГ.00043 TeAn	ТВИГ.00043 v13b
Номер версии (идентификационный номер)	1.0	1.0
Цифровой идентификатор	0c63e482bdee156d 7c69a228f1d69e7d	aeff8d1785760bc4 7601ec250c6137d2
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора	MD5	MD5

8.2.3 Результаты поверки бортового устройства ГН считать положительными, если ПЭВМ получает пакеты информации с БСНД-К (контрольно-корректирующая станция) и БСНД-К (бортовой блок), а идентификационные данные ПО соответствуют данным, указанным в таблице 3. В противном случае бортовое устройство ГН бракуются и направляются в ремонт.

8.3 Определение абсолютного смещения (при доверительной вероятности 0,95) формируемой ШВ бортовых устройств ГН относительно ШВ UTC(SU) в режиме синхронизации по сигналам НКА

8.3.1 Собрать схему, приведенную на рисунке 2.

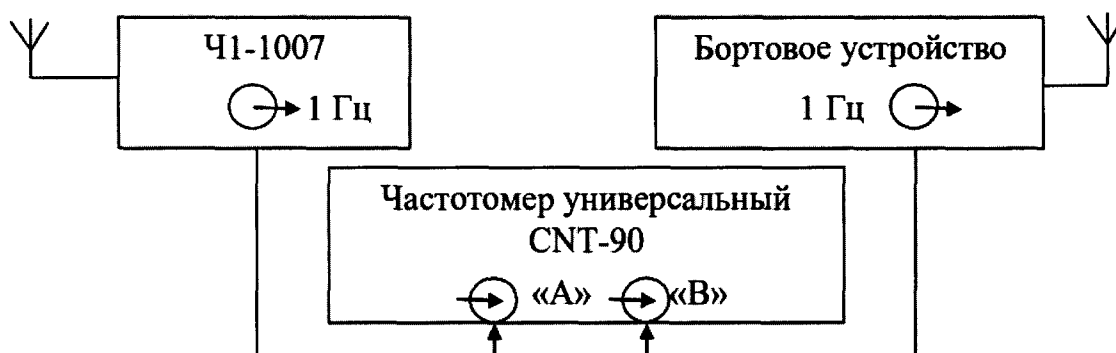


Рисунок 2 — Схема для определения смещений формируемой ШВ относительно ШВ UTC(SU) в режиме синхронизации по сигналам НКА

8.3.2 На вход «В» частотомера подать импульсный сигнал 1 Гц от бортового устройства, на вход «А» частотомера подать импульсный сигнал 1 Гц от стандарта частоты и времени водородного Ч1-1007. Частотомер универсальный CNT-90 установить в режиме измерений интервалов времени.

8.3.3 Настроить входы «А» и «В» частотомера в соответствии с параметрами импульсных сигналов 1 Гц:

- импульсный сигнал;
- измерения по переднему фронту;
- входная нагрузка 50 Ом;
- уровень напряжения точки привязки по переднему фронту 1,0 В.

Произвести не менее 100 измерений интервала времени между выходными импульсными сигналами 1 Гц бортового устройства и стандарта частоты и времени водородного Ч1-1007 (смещений формируемой ШВ относительно ШВ UTC(SU)).

8.3.4 Оценить среднее арифметическое значение  $\bar{T}$  измеряемого интервала времени по формуле (1):

$$\bar{T} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i, \quad (1)$$

где  $T_i$  —  $i$ -й результат измерений;

$n$  — количество результатов измерений.

8.3.5 Вычислить СКО результатов измерений по формуле (2):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2}{n-1}}. \quad (2)$$

8.3.6 Вычислить СКО среднего арифметического по формуле (3):

$$S_{\bar{T}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}. \quad (3)$$

8.3.7 Рассчитать доверительные границы случайной составляющей погрешности по формуле (4):

$$\varepsilon = t \cdot S_{\bar{T}}, \quad (4)$$

где  $t$  — коэффициент Стьюдента, равный 1,96 при  $(n-1) = 100$  и доверительной вероятности 95 %.

8.3.8 Оценить доверительные границы НСП по формуле (5):

$$\Theta_{\Sigma} = \pm \sqrt{\sum_i^4 \Theta_i^2}, \quad (5)$$

где  $\Theta_1$  — пределы допускаемой абсолютной погрешности привязки шкалы времени Ч1-1007 относительно шкалы времени UTC(SU) в режиме синхронизации по сигналам НКА  $\pm 50$  нс;

$\Theta_2$  — пределы допускаемой погрешности измерения интервалов времени при использовании частотомера универсального CNT-90,  $\pm 200$  нс.

$\Theta_3$  и  $\Theta_4$  — пределы допускаемой погрешности при измерении задержки сигнала в кабелях, подключаемых к частотомеру универсальному CNT-90,  $\pm 200$  нс.

8.3.9 Оценить доверительные границы погрешности по формуле (6):

$$\Delta = K \cdot S_{\Sigma}, \quad (6)$$

где  $K$  — коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и НСП (см. ниже формулу (10));

$S_{\Sigma}$  — суммарное СКО вычислить по формуле (7):



$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S_{\overline{T}}^2}, \quad (7)$$

где  $S_{\Theta}$  — СКО НСП, вычислить по формулам (8) и (9):

$$S_{\Theta} = \frac{\Theta_{\Sigma}}{\sqrt{3}}; \quad (8)$$

$$K = \frac{\varepsilon + \Theta_{\Sigma}}{S_{\overline{T}} + S_{\Theta}}. \quad (9)$$

8.3.10 Максимальное смещение формируемой ШВ бортового устройства ГН относительно ШВ UTC(SU) в режиме синхронизации по сигналам НКА определить по формуле (10):

$$\Delta T_{\max} = \pm (\overline{T} + \Delta). \quad (10)$$

8.3.11 Результаты поверки считать положительными, если значение абсолютного смещения формируемой ШВ (при доверительной вероятности 0,95) бортового устройства ГН относительно ШВ UTC(SU) в режиме синхронизации по сигналам НКА находится в пределах  $\pm 6 \cdot 10^{-6}$  с. В противном случае бортовые устройства ГН бракуются и направляются в ремонт.

8.4 Определение доверительных границ инструментальной абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) бортового устройства ГН определения координат в абсолютном режиме.

8.4.1 Для проведения измерений собрать схему, приведенную на рисунке 3.

8.4.2 Установить БСНД-К (контрольно-корректирующая станция) на одном из геодезических пунктов из состава рабочего эталона единиц координат местоположения 1 разряда под открытым небом без объектов, препятствующих приёму навигационного сигнала, и включить автономный режим работы согласно РЭ ГН.

8.4.3 Разместить БСНД-К (бортовой блок) на мобильной платформе и включить в автономном режиме работы согласно РЭ ГН.

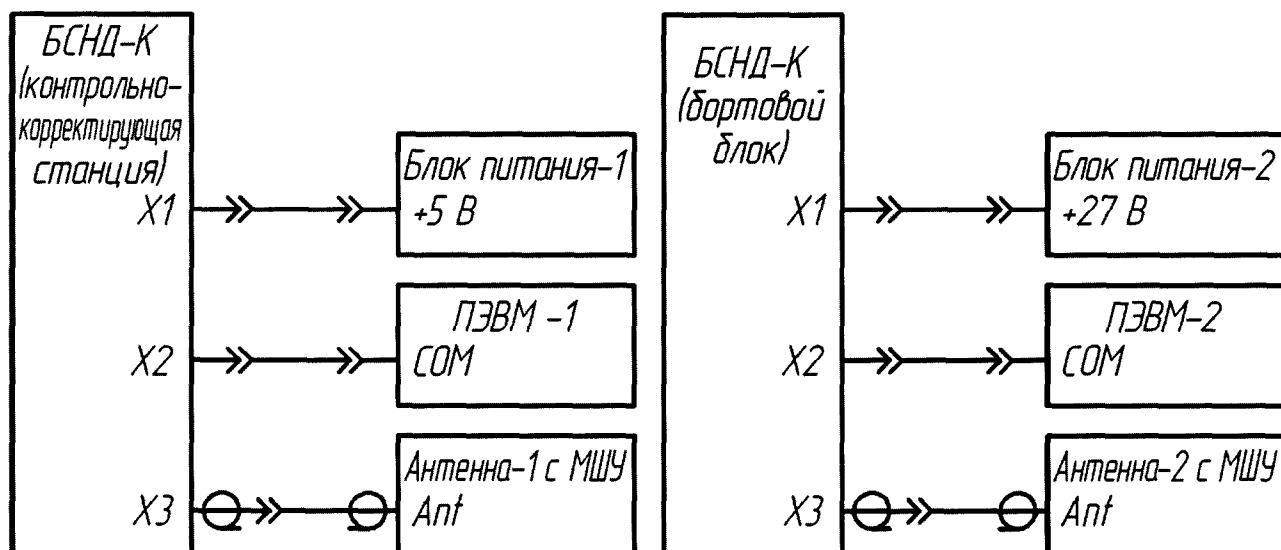


Рисунок 3 — Схема подключения бортового устройства ГН для определения координат

8.4.4 Настроить смещение вывода позиции приемо-измерительного устройства из состава рабочего эталона единиц координат местоположения 1 разряда на фазовый центр антенны БСНД-К (бортовой блок).

8.4.5 Провести заезд на мобильной платформе по маршруту с характеристиками, представленными в таблице 4.

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 60 мин, стоянка не менее 30 мин
Наличие объектов, препятствующих приёму навигационного сигнала, затенение	нет
Перепад высот на маршруте	50 м
Отклонения плоскости спутниковой антенны от плоскости местного горизонта на углы крена и тангажа	не более 20°

8.4.6 Обработать полученные результаты измерений, полученные с рабочего эталона координат 1 разряда, получив координаты местоположения относительно базовой станции.

8.4.7 Обработать полученные результаты измерений бортового устройства ГН в абсолютном режиме с помощью штатного ПО, получив координаты местоположения.

8.4.8 Выбрать измерения на общем интервале времени длительностью не менее 3600 с.

8.4.9 Рассчитать абсолютную погрешность определения широты по формуле (11):

$$\Delta B_i = B_i - B_{ref}, \quad (11)$$

где  $B_i$  — измеренная широта БСНД-К (бортовой блок), угл. град.;

$B_{ref}$  — измеренная широта эталоном, угл. град.

8.4.10 Рассчитать абсолютную погрешность определения долготы по формуле (12):

$$\Delta L_i = L_i - L_{ref}, \quad (12)$$

где  $L_i$  — измеренная долгота БСНД-К (бортовой блок), угл. град.;

$L_{ref}$  — измеренная долгота эталоном, угл. град.

8.4.11 Перевести полученные значения абсолютной погрешности определения широты и долготы в метры по формулам (13) и (14) соответственно:

$$\Delta B'_i = \frac{\Delta B_i \cdot \pi}{180} \cdot \frac{a \cdot (1 - e^2)}{\sqrt{(1 - e^2 \cdot \sin^2 B_{ref})^3}}; \quad (13)$$

$$\Delta L'_i = \frac{\Delta L_i \cdot \pi}{180} \cdot \frac{a \cdot (1 - e^2) \cdot \cos B_{ref}}{\sqrt{(1 - e^2 \cdot \sin^2 B_{ref})^3}}, \quad (14)$$

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.

8.4.12 Рассчитать математическое ожидание абсолютной погрешности определения широты по формуле (15) и долготы по формуле (16):

$$M_B = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \Delta B_i; \quad (15)$$

$$M_L = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \Delta L_i, \quad (16)$$

где  $N$  — количество измерений

8.4.13 Рассчитать СКО абсолютной погрешности определения широты по формуле (17) и долготы по формуле (18):

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Delta B_i - M_B)^2}{N-1}}; \quad (17)$$

$$\sigma_L = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Delta L_i - M_L)^2}{N-1}}. \quad (18)$$

8.4.14 Рассчитать абсолютную погрешность определения высоты по формуле (19):

$$\Delta h_i = h_i - h_{ref}, \quad (19)$$

где  $h_i$  — измеренная высота БСНД-К (бортовой блок), м;

$h_{ref}$  — измеренная высота эталоном, м.

8.4.15 Рассчитать математическое ожидание абсолютной погрешности определения высоты по формуле (20):

$$M_h = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \Delta h_i. \quad (20)$$

8.4.16 Рассчитать СКО абсолютной погрешности определения высоты по формуле (21):

$$\sigma_h = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Delta h_i - M_h)^2}{N-1}}. \quad (21)$$

8.4.17 Рассчитать доверительные границы инструментальной абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения координат по формуле (22):

$$\Pi_l = \sqrt{(|M_B| + 2 \cdot \sigma_B)^2 + (|M_L| + 2 \cdot \sigma_L)^2 + (|M_h| + 2 \cdot \sigma_h)^2}. \quad (22)$$

8.4.18 Результаты поверки считать положительными, если доверительные границы инструментальной абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) бортового устройства ГН определения координат в абсолютном режиме не превышают 20 м. В противном случае бортовые устройства ГН бракуются и направляются в ремонт.

8.5 Определение доверительных границ инструментальной абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) бортового устройства ГН определения координат в дифференциальном режиме

8.5.1 Обработать полученные измерения бортового устройства ГН в ходе заезда п. 8.4.5 в дифференциальном режиме с помощью штатного ПО, получив координаты местоположения.

8.5.2 Повторить операции согласно пунктам с 8.4.8 по 8.4.17.

8.5.3 Результаты поверки считать положительными, если доверительные границы инструментальной абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) бортового устройства ГН определения координат в дифференциальном режиме не превышают 7 м. В противном случае бортовые устройства ГН бракуются и направляются в ремонт.

## 9 Оформление результатов поверки

9.1 При положительных результатах поверки на бортовые устройства ГН выдается свидетельство установленной формы.

9.2 На оборотной стороне свидетельства о поверке записываются результаты поверки.

9.3 В случае отрицательных результатов поверки поверяемые бортовые устройства ГН к дальнейшему применению не допускается, 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»

Инженер  
714 лаборатории ФГУП «ВНИИФТРИ»



Федотов В.Н.



Печерица Д.С.



Бурцев С.Ю.



Семёнов С.А.

### 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
ТВИГ.464425.003 РЭ	7.1, 8.2.1.2, 8.2.1.3, 8.4.2, 8.4.3

### Перечень сокращений

- БСНД — блок спутникового навигационного датчика;  
ГНСС — глобальная навигационная спутниковая система;  
МШУ — малошумящий усилитель;  
НКА — навигационный космический аппарат;  
НСП — неисключенная систематическая погрешность;  
ПО — программное обеспечение;  
ПЭВМ — персональная электронно-вычислительная машина;  
СИ — средства измерений;  
СКО — среднее квадратическое отклонение;  
ШВ — шкала времени;  
ШВ UTC(SU) — национальная шкала координированного времени РФ UTC (SU).