

**УТВЕРЖДАЮ**

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



А.Н. Щипунов

07

2018 г.

**Имитаторы параметров движения транспортных средств  
«САПСАН 3М»**

Методика поверки

БКЮФ.468222.004МП

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика распространяется на имитаторы параметров движения транспортных средств «САПСАН 3М» (далее имитатор «САПСАН 3М») и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

1.2 Интервал между поверками - два года.

## 2 ОПЕРАЦИЯ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки имитаторов «САПСАН 3М», должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

| Наименование операции                                                                                                                | Номера пунктов методики | Обязательность проведения операции |               |                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|---------------|-------------------------------|
|                                                                                                                                      |                         | При выпуске из производства        | После ремонта | После эксплуатации и хранения |
| 1. Внешний осмотр                                                                                                                    | 7.1                     | да                                 | да            | да                            |
| 2. Опробование                                                                                                                       | 7.2                     | да                                 | да            | да                            |
| 3 Определение метрологических характеристик                                                                                          | 7.3                     |                                    |               |                               |
| 3.1 Определение диапазона и абсолютной погрешности имитации скорости                                                                 | 7.3.1                   | да                                 | да            | да                            |
| 3.2 Определение диапазона и абсолютной погрешности имитации расстояния до движущегося ТС (только для имитатора «САПСАН 3М» литера 1) | 7.3.2                   | да                                 | да            | да                            |
| 3.3 Определение диапазона и абсолютной погрешности имитации угла на движущееся ТС (только для имитатора «САПСАН 3М» литера 1)        | 7.3.3                   | да                                 | да            | да                            |
| 3.4 Определение диапазона и погрешности эмуляции разности фаз управляющих сигналов (только литера 1)                                 | 7.3.4                   | да                                 | да            | да                            |
| 3.5 Определение диапазона и погрешности измерения частоты излучения, поверяемого имитатора (только литера 1)                         | 7.3.5                   | да                                 | да            | да                            |

2.2 . При получении отрицательных результатов поверки по любому пункту таблицы 1 имитатор «САПСАН 3М» и направляется в ремонт.

## 3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 Поверка имитаторов проводится на измерительной установке, структурная схема которой приведена в Приложении А.

3.2 Перечень контрольно-измерительной аппаратуры и оборудования, используемый для поверки, приведен в таблице 2.

Таблица 2

| Номера пунктов методики | Наименование, тип основного и вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, метрологические и основные технические характеристики средства поверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7.2, 7.3                | <p>Частотомер электронно-счетный ЧЗ-66, диапазон измерений от 2 Гц до 37,5 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности измерений <math>\pm 2 \cdot 10^{-7}</math>.</p> <p>Частотомер электронно-счетный вычислительный ЧЗ-64, диапазон измерений от 0,005 Гц до 1 ГГц, пределы допускаемой погрешности <math>\pm 5 \cdot 10^{-7}</math>.</p> <p>Измеритель разности фаз Ф2-34, диапазон измерений от 0 до 360°, пределы допускаемой погрешности измерений <math>\pm 0,1^\circ</math>.</p> <p>Генератор сигналов измерительный МГ3694В, диапазон частот от 10 МГц до 40 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты <math>\pm 1 \cdot 10^{-7}</math>.</p> <p>Источник питания НУ 3005D, диапазон устанавливаемых напряжений постоянного тока <math>12 \pm 1</math>В, пределы допускаемой погрешности установки напряжения постоянного тока <math>\pm 0,1</math>В</p> |

3.3 Применяемые при поверке средства измерений должны быть поверены, исправны и иметь свидетельства о поверке.

3.4 Допускается применение других средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик с требуемой точностью.

#### 4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 К проведению поверки могут быть допущены лица, имеющие высшее или среднее техническое образование, аттестованные в качестве поверителей в области радиотехнических измерений установленным порядком.

#### 5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ.

3.1 Во время подготовки к поверке и при ее проведении необходимо соблюдать правила техники безопасности и производственной санитарии в электронной промышленности, правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителя и требования, установленные технической документацией на используемые при проверке образцовые и вспомогательные средства проверки.

3.2 При проведении поверки работа связана с открытыми трактами СВЧ мощности генераторов, и требует соблюдения всех мер предосторожности во избежание облучения оператора СВЧ излучением.

3.3 Все присоединения электрической схемы в процессе поверки производить только в обесточенном состоянии.

3.4 Контрольно-измерительная аппаратура, используемая при поверке, должна быть надежно заземлена.

#### 6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

6.1 Поверка должна проводиться не менее, чем через 5 минут после включения имитатора и прогрева аппаратуры в следующих климатических условиях:

- температура окружающего воздуха от 10 до 30 °С;
- относительная влажность от 20 до 90 %;
- атмосферное давление от 60 до 106,7 кПа.

6.2 Средства испытаний имитатора должны быть подготовлены к работе в соответствии с их инструкциями по эксплуатации.

6.3 Параметры имитатора перед началом, в процессе и после испытаний рекомендуется измерять одними и теми же средствами измерения.

## **7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ**

### **7.1 Внешний осмотр**

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие имитатора следующим требованиям:

- заводской номер имитатора должен соответствовать заводскому номеру, указанному в паспорте на имитатор;
- комплектность имитатора должен соответствовать п.6 паспорта на имитатор;
- на имитаторе должна быть установлена шильда, содержащая следующую информацию: наименование и литера имитатора; наименование или товарный знак завода-изготовителя; заводской номер имитатора и год выпуска; знак утверждения типа.

На поверхности оболочек соединительных кабелей не должно быть повреждений. Имитатор не должен иметь механических повреждений, влияющих на его работу.

Результаты поверки считать положительными, если обеспечивается выполнение перечисленных в пункте требований.

### **7.2 Опробование**

7.2.1 Подключить питание имитатора и персонального компьютера (далее по тексту – ПК). Подключить кабель связи между имитатором и ПК. Запустить программу "Сапсан 3". После загрузки программы на экране ПК высветится рабочее окно программы. Воспользуйтесь пунктом меню «Имитатор /свойства». В появившемся окне программы, в строке «Заводской номер имитатора» должен быть записан номер, совпадающий с заводским номером, указанным в паспорте на имитатор. Нажать кнопку «Считать» в строке «Контрольная сумма встроенного ПО». Считайте контрольную сумму метрологически значимой части программного обеспечения, которая должна совпадать с контрольной суммой, указанной в паспорте на имитатор.

7.2.2 Результаты проверки считать положительными, если обеспечивается выполнение перечисленных в пункте требований.

### **7.3 Определение метрологических характеристик**

#### **7.3.1 Определение диапазона и абсолютной погрешности имитации скорости.**

7.3.1.1 Определение диапазона имитируемых скоростей проводят одновременно с определением погрешности имитации скорости.

7.3.1.2 Установить следующие параметры имитации цели 1: скорость ТС - 1 км/ч, амплитуда управляющего сигнала ( $1 \pm 0,5$ ) В.

7.3.1.3 Произвести измерение частоты управляющего сигнала частотомером. Должна быть измерена частота 44,75 Гц.

7.3.1.4 Доплеровское смещение частоты от скорости движения ТС рассчитывается по формуле:

$$F_d = \frac{2f}{c} V$$

где V - имитируемая скорость, км/ч;

F<sub>d</sub> – значение частоты модулирующего сигнала, Гц;

f – значение несущей частоты сигнала, Гц;

c – значение скорости света, км/ч.

7.3.1.5 При значении несущей частоты равном 24150000000 Гц и значении скорости света равном 1079252849 км/ч (299792458 м/с), измеренная частотомером частота должна соответствовать имитируемой скорости по формуле:

$V = Fд/k$ , где:

$V$  - имитируемая скорость, км/ч;

$Fд$  – измеренное частотомером значение частоты модулирующего сигнала, Гц.

$k$  – коэффициент пересчета, равный  $44,753 \frac{\text{Гц}}{\text{км/ч}}$ ;

7.3.1.6 Погрешность установки имитируемой скорости определить по формуле:

$\Delta = V_{уст} - V$ , где:  $V_{уст}$  – значение скорости, установленное на имитаторе.

7.3.1.7 Повторить действия по п. 7.3.1.2 – 7.3.1.6, устанавливая значения скоростей по таблице 3 и измеряя значения частоты управляющего сигнала.

Таблица 3 – Значение частот управляющего сигнала на имитаторе при имитации скоростей движения ТС.

| Скорость, км/ч | Частота, Гц |
|----------------|-------------|
| 1              | 44,7±1      |
| 20             | 895,1±1     |
| 60             | 2685,2±1    |
| 100            | 4475,3±1    |
| 200            | 8950,6±1    |
| 300            | 13425,9±1   |
| 400            | 17901,2±1   |

7.3.1.8 Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения частоты управляющего сигнала соответствуют значениям, приведенным в таблице 2, и расчетная погрешность установки имитируемой скорости, не превышает  $\pm 0,03$  км/ч.

**7.3.2 Определение диапазона и абсолютной погрешности имитации расстояния до движущегося ТС (только для имитатора «САПСАН 3М» литера 1).**

7.3.2.1 Определение диапазона имитируемого расстояния (только для имитатора «Сапсан 3» литера 1) проводят одновременно с определением погрешности имитации расстояния по разности фаз управляющих сигналов.

7.3.2.2 Установить следующие параметры имитации цели: направление движения – встречное, скорость 60 км/ч, амплитуда управляющего сигнала  $(1 \pm 0,5)$  В и включить имитацию.

7.3.2.3 Подключить кабелем вход 1 измерителя разности фаз и вход S1 на корпусе имитатора. Произвести калибровку измерителя разности фаз согласно его инструкции по эксплуатации.

7.3.2.4 Перейти в режим «Фазовая имитация расстояния», установить нулевое значение имитируемого расстояния.

7.3.2.5 Подключить кабелем выход 2 измерителя разности фаз и вход S2 на корпусе имитатора. Провести измерение разности фаз управляющих сигналов. Измеритель должен измерить нулевое значение разности фаз.

7.3.2.6 Повторить п.п. 7.3.2.4, 7.3.2.5 устанавливая значение расстояния в соответствии с таблицей 4.

Расстояние до ТС от разности фаз модулирующего сигнала рассчитывается по формуле:

$$D = \frac{c}{2F_m} \cdot \frac{|\Delta\varphi - 360^\circ|}{2\pi} \cdot \frac{\pi}{180^\circ} = \frac{\lambda_m}{4} \cdot \frac{|\Delta\varphi - 360^\circ|}{180^\circ}$$

где  $D$  - имитируемое значение расстояния, м;

$\lambda_m = \frac{c}{F_m}$  – значение длины волны сигнала, м;

$\Delta\varphi$  – значение разности фаз, °.

При значении длины волны сигнала равном 600 м (что соответствует частоте девиации  $F_m = 0,5$  МГц), значение разности фаз  $\Delta\phi$ , измеренное измерителем Ф2-34, соответствует имитируемому расстоянию в соответствии с формулой:

$$D = |h (\Delta\phi - 360^\circ)|,$$

где:  $\Delta\phi$  – измеренное измерителем значение разности фаз;

$h$  – коэффициент пересчета, равный  $0,833$  м/°;

$D$  – имитируемое значение расстояния, м.

Погрешность установки имитируемого расстояния

$\Delta = D_{уст} - D$ , где:  $D_{уст}$  – значение расстояния, установленное на имитаторе.

Таблица 4

| Расстояние, м | Измеренная разность фаз, ° |
|---------------|----------------------------|
| 0             | 360,0 (0,0)±0,3            |
| 20            | 336,0±0,3                  |
| 40            | 312,0±0,3                  |
| 60            | 288,0±0,3                  |
| 80            | 264,0±0,3                  |
| 100           | 240,0±0,3                  |
| 120           | 216,0±0,3                  |
| 145           | 186,0±0,3                  |

7.3.2.7 Результаты поверки считать положительными, если измеренные разности фаз управляющих сигналов соответствуют приведенным в таблице 4, и расчетная погрешность установки расстояния, не превышает  $\pm 0,25$  м.

**7.3.3 Определение диапазона и абсолютной погрешности имитации угла на движущееся ТС (только для имитатора «САПСАН 3М» литера 1).**

7.3.3.1 Определение диапазона имитируемого угла на ТС (только для имитатора «Сапсан 3» литера 1) проводят одновременно с определением погрешности имитации угла на ТС по разности фаз управляющих сигналов.

7.3.3.2 Установить следующие параметры имитации цели: направление движения – встречное, скорость 60 км/ч, амплитуда управляющего сигнала  $(1 \pm 0,5)$  В и включить имитацию.

7.3.3.3 Подключить кабелем вход 1 измерителя разности фаз и вход S1 на корпусе имитатора. Произвести калибровку измерителя разности фаз согласно его инструкции по эксплуатации.

7.3.3.4 Перейти в режим «Фазовая имитация угла», установить нулевое значение имитируемого угла на ТС.

7.3.3.5 Подключить кабелем выход 2 измерителя разности фаз и вход S2 на корпусе имитатора. Провести измерение разности фаз модулирующих сигналов. Измеритель должен измерить нулевое значение разности фаз.

7.3.3.6 Повторить п.п. 7.3.3.4, 7.3.3.5 устанавливая значение угла в соответствии с таблицей 5.

Измеренное измерителем разности фаз значение должно соответствовать имитируемому углу на ТС по формулам:

- положительное значение угла на ТС  $\beta = 1/6(\Delta\phi)$ , для  $\Delta\phi$  от 0 до  $180^\circ$ ;

- отрицательное значение угла на ТС  $\beta = 1/6(\Delta\phi - 360^\circ)$ , для  $\Delta\phi$  от  $180^\circ$  до  $360^\circ$ .

$\Delta\phi$  – измеренное измерителем значение разности фаз;

$\beta$  – имитируемое значение угла на ТС.

Погрешность установки имитируемого угла на ТС

$\Delta = \beta_{уст} - \beta$ , где:  $\beta_{уст}$  – значение расстояния, установленное на имитаторе.



Таблица 5

| Угол на ТС, ° | Измеренная разность фаз, ° |
|---------------|----------------------------|
| 29            | 174,0±0,3                  |
| 10            | 60,0±0,3                   |
| 0             | 0,0±0,3                    |
| -10           | 300,0±0,3                  |
| -29           | 186,0±0,3                  |

7.3.3.7 Результаты поверки считать положительными, если измеренные разности фаз управляющих сигналов соответствуют приведенным в таблице 5, и расчетная погрешность установки имитируемого угла на ТС, не превышает  $\pm 0,1^\circ$ .

**7.3.4 Определение диапазона и погрешности эмуляции разности фаз управляющих сигналов (только для имитатора «САПСАН 3М» литера 1).**

7.3.4.1 Проверку проводят, измеряя разность фаз эмулирующих сигналов на имитаторе при имитации скорости 60 км/час, амплитуда  $1\pm 0,5$  В и установке следующих пяти значениях разности фаз:  $0^\circ$ ,  $+90^\circ$ ,  $+180^\circ$ ,  $270^\circ$ ,  $359^\circ$ .

7.3.4.2 Результаты поверки считать положительными, если измеренная частота сигнала соответствует значению  $2685\pm 1$  Гц, и при установке пяти значений разности фаз, указанная в п. 7.3.4.1, измеренная разность соответствует установленным значениям с абсолютной погрешностью не более  $0,3^\circ$ .

**7.3.5 Определение диапазона и погрешности измерения частоты излучения (только для имитатора «САПСАН 3М» литера 1).**

7.3.5.1 Подключить рупорную антенну к выходу генератора MG3694B. Установить рупорную антенну напротив имитатора на расстоянии 0,3-0,5 м.

7.3.4.2 Установить зонд частотомера ЧЗ-66 в пределах поля излучения антенны.

7.3.5.3 Установить амплитуду сигнала на выходе генератора MG3694B, равную 10 дБм, частоту, равную 24,050 ГГц, и включить режим непрерывной генерации.

7.3.5.4 Записать показания частотомера ЧЗ-66 ( $f_1$ ).

7.3.5.5 Нажать кнопку «Измерить» в рабочем окне программы «Сапсан 3» и записать измеренное имитатором значение рабочей частоты ( $f_2$ ).

7.3.5.6 Погрешность измерений имитатором рабочей частоты излучения измерителя скорости определить по формуле:

$$\Delta = f_1 - f_2$$

7.3.5.7 Повторить п. 7.3.5.3 - 7.3.5.6 для частот 24,150 и 24,250 ГГц.

7.3.5.8 Результаты поверки считать положительными, если погрешность измерений имитатором рабочей частоты излучения находится в пределах  $\pm 2$  МГц.

Примечание – В случае отсутствия перестраиваемого СВЧ генератора допускается проводить определение погрешности измерения рабочей частоты излучения на одной частоте из рабочего диапазона с использованием антенны калибровочной или измерителя скорости с несущей частотой в диапазоне 24,05 – 24,25 ГГц.

## 8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 На имитатор, прошедший поверку с положительными результатами, выдается свидетельство о поверке установленной формы.

8.2 При отрицательных результатах поверки имитатор к применению не допускается, свидетельство о поверке аннулируется и выдается извещение о непригодности с указанием причины непригодности.

Начальник НИЦ ФГУП «ВНИИФТРИ»

Э.Ф. Хамадулин

Структурные схемы установки для проведения поверки имитаторов

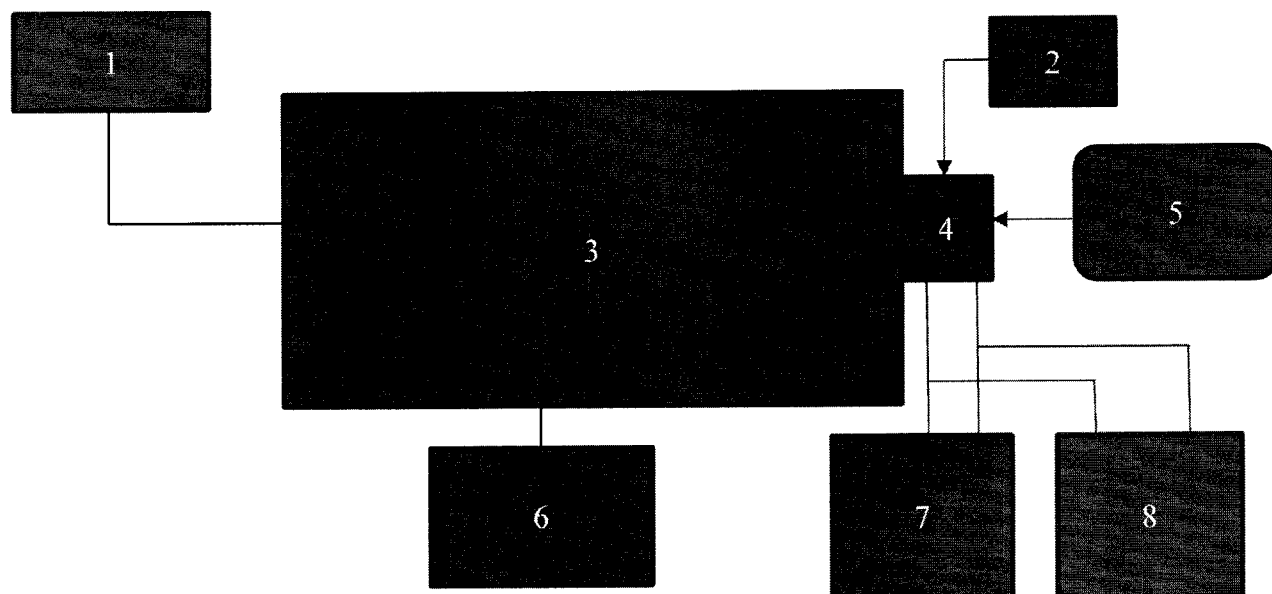


Рисунок 1- Структурная схема установки для проведения поверки имитаторов литера 1

| Позиция | Наименование, тип оборудования                                               |
|---------|------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | Генератор сигналов измерительный MG 3694D                                    |
| 2       | Источник питания НУ3005D                                                     |
| 3       | Камера безэховая БКЮФ.305178.001 из комплекта имитатора «САПСАН-3М» литера 1 |
| 4       | Имитатор «САПСАН-3М» литера 1                                                |
| 5       | Персональный компьютер                                                       |
| 6       | Частотомер электронно-счетный ЧЗ-66                                          |
| 7       | Частотомер электронно-счетный вычислительный ЧЗ-64                           |
| 8       | Измеритель разности фаз Ф2-34                                                |



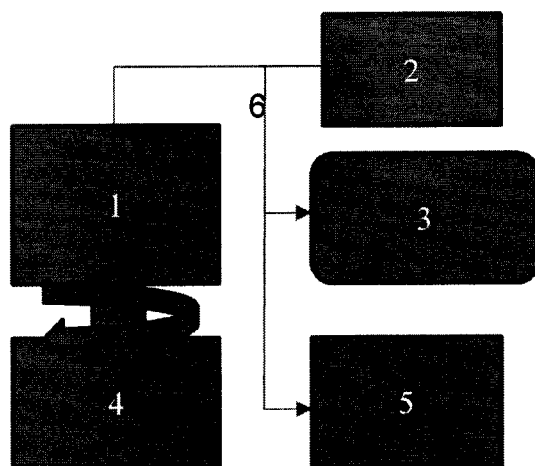


Рисунок 2- Структурная схема установки для проведения поверки имитаторов литеры 2

| Позиция | Наименование, тип оборудования                     |
|---------|----------------------------------------------------|
| 1       | Имитатор «САПСАН-3М» литера 2                      |
| 2       | Источник питания                                   |
| 3       | Персональный компьютер                             |
| 4       | Поворотное устройство                              |
| 5       | Частотомер электронно-счетный вычислительный ЧЗ-64 |
| 6       | Кабель поверочный                                  |