



СОГЛАСОВАНО

Главный метролог

АО «ПриСТ»

 А. Н. Новиков

«22» июля 2024 г.

«ГСИ. Частотомеры универсальные серии CNT-100.
Методика поверки»

МП-ПР-18-2024

Москва
2024

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика распространяется на частотомеры универсальные серии CNT-100 (далее по тексту – частотомеры) и устанавливает методы и средства их поверки.

При проведении поверки должна быть обеспечена прослеживаемость поверяемых источников к государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени – ГЭТ 1-2022 в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 сентября 2022 г. № 2360.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в Приложении А.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1 Внешний осмотр	Да	Да	Раздел 6
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	Раздел 7
3 Проверка идентификационных данных программного обеспечения	Да	Да	Раздел 8
4 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			Раздел 9
5 Определение относительного дрейфа частоты и нестабильности кварцевого опорного генератора частотомера	Да	Да	9.1
6 Определение диапазона измеряемых частот, чувствительности и относительной погрешности измерения частоты сигнала	Да	Да	9.2
7 Определение абсолютной погрешности измерения периодов сигнала	Да	Да	9.3
8 Определение абсолютной погрешности измерений временных интервалов и длительности импульсов	Да	Да	9.4
9 Определение абсолютной погрешности измерения фазового сдвига	Да	Да	9.5
10 Определение абсолютной погрешности измерений коэффициента заполнения импульсов	Да	Да	9.6
11 Подстройка (калибровка) встроенного опорного генератора	Да	Да	9.7

3. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от +20 °С до +25 °С;
- относительная влажность не более 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа;
- напряжение питающей сети от 198 до 242 В;
- частота питающей сети от 47 до 63 Гц.

4. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
9.1 – 9.7	Эталоны единицы измерений времени и частоты, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта № 2360 от 26.09.2022, на частотах 5 и 10 МГц.	Стандарт частоты рубидиевый GPS-12RG (рег. № 70172-18).
9.1		Компаратор частотный Ч7-1014 (рег. № 40727-09).
9.3 – 9.6	Эталоны единицы измерений времени и частоты, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 5 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта № 2360 от 26.09.2022, на частотах от $1 \cdot 10^{-6}$ до $3,125 \cdot 10^8$ Гц.	Генератор сигналов сложной/произвольной формы АКПП-3428/3 (рег. № 90489-23).
	Средства измерения длительности фронта и среза, не более 0,75 нс при уровне сигнала, до 3 Впп; диапазон установки скважности от 0,0001 до 99,9999 %; диапазон установки скважности от 0,001 до 99,999 %; диапазон установки длительности импульса от $1 \cdot 10^{-9}$ с; диапазон установки длительности фронта и среза от $0,5 \cdot 10^{-9}$.	Генератор сигналов сложной/произвольной формы АКПП-3428/3 (рег. № 90489-23).
9.2, 9.3	Эталоны единицы измерений времени и частоты, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 4 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта № 2360 от 26.09.2022, в диапазоне частот от 250 кГц до 24 ГГц.	Генератор сигналов E8257D с опцией 540 (рег. № 74333-19).

Продолжение таблицы 2

1	2	3
9.2	Средства измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 10 МГц до 26,5 ГГц, диапазон измерений мощности от -35 до +20 дБм, относительная погрешность измерения мощности не более $\pm 3,75\%$.	Преобразователь измерительный термоэлектрический ваттметров поглощаемой мощности N8485A с блоком измерительным N1914A (пер. № 58375-14)

Примечания:

1. Допускается использовать другие средства измерений утвержденного типа, поверенные и обеспечивающие соотношение погрешностей измерений не более 1/3 допускаемой погрешности определяемой метрологической характеристики СИ.
2. Абсолютные погрешности измерения, приведенные в таблицах 6 - 23, где предусмотрено использование генератора АКПП-3428, рассчитаны исходя из применения этого типа генератора. При использовании других генераторов погрешности следует рассчитать под конкретный тип генератора с учетом длительности фронта и среза при формировании прямоугольного и импульсного сигнала.

Таблица 3 – Вспомогательные средства поверки

Измеряемая величина	Метрологические и технические требования к вспомогательным средствам поверки	Перечень рекомендуемых вспомогательных средств поверки
Температура	Средства измерений температуры окружающей среды от +10 до +30 °C с абсолютной погрешностью не более ± 1 °C;	Термогигрометр Fluke 1620A (пер. № 36331-07).
Влажность воздуха	Средства измерений относительной влажности окружающего воздуха от 30 до 80 % с абсолютной погрешностью не более ± 3 %.	
Атмосферное давление	Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 86 до 106,7 кПа с абсолютной погрешностью не более ± 5 гПа.	Манометр абсолютного давления Testo 511 (пер. № 53431-13)
	Средства измерений с максимальной входной мощностью 0,5 Вт и диапазоном частот от 0 до 26.5 ГГц.	Делитель мощности Keysight 11667B

Примечание: допускается использовать другие средства измерений утвержденного типа, поверенные и имеющие метрологические характеристики, аналогичные указанным в данной таблице.

5. ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.27.0-75, ГОСТ 12.3.019-80, ГОСТ 12.27.7-75, требованиями правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденных приказом Минтруда России от 15 декабря 2020 года № 903н.

5.2 Средства поверки, вспомогательные средства поверки и оборудование должны соответствовать требованиям безопасности, изложенным в руководствах по эксплуатации.

5.3 Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности и иметь действующее удостоверение на право работы в электроустановках с напряжением до 1000 В с квалификационной группой по электробезопасности не ниже III.

6. ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

6.1 Перед поверкой должен быть проведен внешний осмотр, при котором должно быть установлено соответствие поверяемого источника следующим требованиям:

- не должно быть механических повреждений корпуса. Все надписи должны быть четкими и ясными;

- все разъемы, клеммы и измерительные провода не должны иметь повреждений и должны быть чистыми.

6.2 При наличии дефектов поверяемый источник бракуется и подлежит ремонту.

7. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- средства поверки и поверяемый источник должны быть подготовлены к работе согласно руководств по эксплуатации;

- контроль условий по обеспечению безопасности проведения поверки (раздел 5) должен быть выполнен перед началом поверки.

- контроль условий проведения поверки (раздел 3) должен быть выполнен перед началом поверки.

7.2 Опробование источников проводят путем проверки функционирования в соответствии с руководством по эксплуатации.

При отрицательном результате опробования источник бракуется и направляется в ремонт.

8. ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Проверка программного обеспечения частотомеров осуществляется путем вывода на дисплей прибора информации о версии программного обеспечения. Вывод системной информации осуществляется по процедуре, описанной в руководстве по эксплуатации.

Результат считается положительным, если версия программного обеспечения не ниже, приведенного в таблице 4.

Таблица 4 - Идентификационные данные

Идентификационные данные (признаки)	Значение	
	CNT-102	CNT-104S
Номер версии (идентификационный номер ПО)	v1.2.01	v1.2.01

9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Периодическая поверка частотомеров, в случае их использования для измерений на меньшем числе каналов измерений по отношению к указанным в разделе «Метрологические и технические характеристики» описания типа, допускается на основании письменного заявления владельца, оформленного в произвольной форме. Соответствующая запись должна быть сделана в свидетельстве о поверке прибора.

9.1 Определение относительного дрейфа частоты и нестабильности кварцевого опорного генератора частотомера

Определение относительной погрешности по частоте опорного генератора (далее – ОГ) частотомеров проводить по истечении времени прогрева, равного 30 минутам, методом сличения при помощи компаратора частотного Ч7-1014 (далее компаратор Ч7-1014).

9.1.1 Собрать схему, представленную на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема определения нестабильности и относительной погрешности по частоте ОГ частотомера

9.1.2 Подать сигнал с выхода частоты 10 МГц опорного генератора поверяемого частотомера на разъем ВХОД f_x компаратора Ч7-1014. От стандарта частоты рубидиевого GPS-12RG (далее – стандарт частоты GPS-12RG) подать сигнал на разъем ВХОД f_o компаратора Ч7-1014. Установить время измерения равным 10 с. Задать число измерений n равным 10, записать среднее значение относительного отклонения частоты.

Результаты поверки считать положительными, если относительная погрешность по частоте опорного генератора не превышает значений, указанных в таблице 5.

Таблица 5

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой относительной погрешности по частоте ОГ	
- стандартное исполнение	$\pm 1 \cdot 10^{-6}$
- опция 30	$\pm 5 \cdot 10^{-8}$
- опция 40	$\pm 1,5 \cdot 10^{-8}$

9.2 Определение диапазона измеряемых частот, чувствительности и абсолютной погрешности измерения частоты сигнала

Определение диапазона частот, чувствительности и относительной погрешности измерений частоты сигнала проводить с помощью генератора сигналов Agilent E8257D (далее – генератор E8257D) с внешним источником опорной частоты от стандарта частоты GPS-12RG. Уровень сигнала на выходе генератора E8257D устанавливать по показаниям преобразователя измерительного термоэлектрического ваттметров поглощаемой мощности N8485A, подключенного к концу измерительного кабеля. В качестве индикатора для N8485A использовать блок измерительный N1914A.

9.2.1 Соединить приборы согласно схемы, представленной на рисунке 2. Подключения генератора осуществлять к соответствующему входу частотомера.

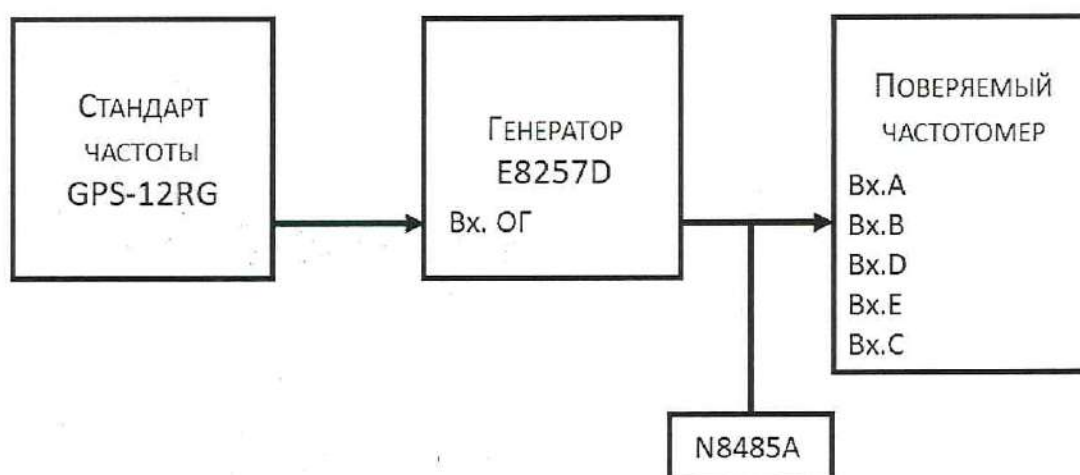


Рисунок 2 – Схема соединения приборов при использовании генератора E8257D

9.2.2 На частотомере установить режим измерения частоты и выбрать вход А согласно инструкции по эксплуатации. В параметрах входа установить: входное сопротивление 50 Ом; уровень запуска 0 В; связь входа АС, время счета для всех каналов установить 1 секунда.

9.2.3 Провести измерения для всех входов, устанавливая параметры входного сигнала в соответствии с таблицами 6 – 12. Результат измерений считать с дисплея частотомера после проведения двух циклов измерений.

9.2.4 Основную абсолютную погрешность измерений частоты сигнала определить по формуле (1):

$$\Delta = A_{\text{изм}} - A_{\text{действ}} \quad (1),$$

где:

$A_{\text{изм}}$ – показание поверяемого частотомера при измерении соответствующего параметра;

$A_{\text{действ}}$ – действительное значение соответствующего параметра, задаваемое эталоном.

Результаты поверки считать положительными, если значения погрешностей, определенных по формуле (1) не превышают допускаемых значений, указанных в таблицах 6 – 12.

Таблица 6 – Определение абсолютной погрешности измерений частоты сигнала по входам А, В, (D, E)¹⁾ для стандартного типа опорного генератора

Задаваемые значения частоты сигнала на генераторе $F_{\text{действ}}$, МГц	Уровень входного сигнала, мВ _{свз}	Пределы допускаемой абсолютной погрешности для частотомеров серий, Гц	
		CNT-102	CNT-104S
10	16,80	±5,7744	±5,7744
100		±57,738	±57,737
200		±115,475	±115,473
300	37,50	±173,213	±173,209
400	53,00	±230,950	±230,945

Примечания:
¹⁾ Для частотомеров серии CNT-104S

Таблица 7 – Определение абсолютной погрешности измерений частоты сигнала по входам А, В, (D, E)¹⁾ с опцией 30

Задаваемые значения частоты сигнала на генераторе $F_{\text{действ.}}$, МГц	Уровень входного сигнала, мВ _{скз}	Пределы допускаемой абсолютной погрешности для частотомеров серий, Гц	
		CNT-102	CNT-104S
10	16,80	±0,2896	±0,2895
100		±2,889	±2,888
200		±5,779	±5,776
300	37,50	±8,668	±8,664
400	53,00	±11,557	±11,552
Примечания: ¹⁾ Для частотомеров серии CNT-104S			

Таблица 8 – Определение абсолютной погрешности измерений частоты сигнала по входам А, В, (В, Е)¹⁾ с опцией 40

Задаваемые значения частоты сигнала на генераторе $F_{\text{действ.}}$, МГц	Уровень входного сигнала, мВ _{скз}	Пределы допускаемой абсолютной погрешности для частотомеров серий, Гц	
		CNT-102	CNT-104S
10	16,80	±0,0875	±0,0875
100		±0,869	±0,868
200		±1,737	±1,735
300	37,50	±2,606	±2,602
400	53,00	±3,474	±3,469
Примечания: ¹⁾ Для частотомеров серии CNT-104S			

Таблица 9 – Определение абсолютной погрешности измерений частоты сигнала по входу С для частотомеров серии CNT-102 с опцией 10

Задаваемые значения частоты сигнала на генераторе $F_{\text{действ}}$, МГц	Уровень входного сигнала, дБм ¹⁾	Пределы допускаемой абсолютной погрешности в зависимости от типа ОГ, Гц		
		стандартный ОГ	Опция 30	Опция 40
Опция 10				
100	-21	±57,738	±2,889	±0,869
300		±173,213	±8,668	±2,606
1590	-27	±918,03	±45,94	±13,81
2450		±1414,57	±70,79	±21,28
2700		±1558,91	±78,01	±23,45
3000		±1732,13	±86,68	±26,06

¹⁾Здесь и далее для обозначения единицы абсолютного уровня сигнала по мощности определяемого как $10 \cdot \lg(P)$, где P - значение мощности, выраженной в милливаттах, используется дБм

Таблица 10 – Определение абсолютной погрешности измерений частоты сигнала по входу С для частотомеров серии CNT-102 с опциями: опция 110, опция 110/15, опция 110/20, опция 110/24

Задаваемые значения частоты сигнала на генераторе $F_{\text{действ}}$, МГц	Уровень входного сигнала, дБм	Пределы допускаемой абсолютной погрешности в зависимости от типа ОГ, Гц		
		стандартный ОГ	Опция 30	Опция 40
Опция 110, опция 110/15, опция 110/20, опция 110/24				
400	-21	$\pm 230,950$	$\pm 11,554$	$\pm 3,466$
600		$\pm 346,425$	$\pm 17,329$	$\pm 5,199$
1590		$\pm 918,03$	$\pm 45,92$	$\pm 13,78$
2590	-27	$\pm 1495,40$	$\pm 74,80$	$\pm 22,44$
3000		$\pm 1732,13$	$\pm 86,63$	$\pm 26,00$
3590		$\pm 2072,78$	$\pm 103,67$	$\pm 31,11$
4590		$\pm 2650,15$	$\pm 132,54$	$\pm 39,77$
5590		$\pm 3227,53$	$\pm 161,42$	$\pm 48,44$
6590		$\pm 3804,90$	$\pm 190,29$	$\pm 57,10$
7590		$\pm 4382,3$	$\pm 219,2$	$\pm 65,8$
8590		$\pm 4959,7$	$\pm 248,0$	$\pm 74,4$
10000		$\pm 5773,8$	$\pm 288,7$	$\pm 86,6$
Опция 110/15, опция 110/20, опция 110/24				
11590	-27	$\pm 6691,9$	$\pm 334,7$	$\pm 100,4$
13590		$\pm 7846,5$	$\pm 392,4$	$\pm 117,8$
15000		$\pm 8660,6$	$\pm 433,1$	$\pm 129,9$
Опция 110/20, опция 110/24				
17590	-27	$\pm 10156,0$	$\pm 507,9$	$\pm 152,4$
19590		$\pm 11310,9$	$\pm 565,6$	$\pm 169,7$
20000		$\pm 11547,5$	$\pm 577,5$	$\pm 173,3$
Опция 110/24				
21590	-27	$\pm 12465,5$	$\pm 623,4$	$\pm 187,1$
23590		$\pm 13620,3$	$\pm 681,1$	$\pm 204,4$
24000		$\pm 13857,0$	$\pm 692,9$	$\pm 207,9$

Таблица 11 – Определение абсолютной погрешности измерений частоты сигнала по входу С для частотомеров серии CNT-104S с опцией 10

Задаваемые значения частоты сигнала на генераторе $F_{\text{действ}}$, МГц	Уровень входного сигнала, дБм	Пределы допускаемой абсолютной погрешности в зависимости от типа ОГ, Гц		
		стандартный ОГ	Опция 30	Опция 40
Опция 10				
100	-21	$\pm 57,736$	$\pm 2,887$	$\pm 0,866$
300		$\pm 173,207$	$\pm 8,662$	$\pm 2,599$
1590	-27	± 918	$\pm 45,91$	$\pm 13,77$
2450		$\pm 1414,52$	$\pm 70,73$	$\pm 21,22$
2700		$\pm 1558,86$	$\pm 77,95$	$\pm 23,39$
3000		$\pm 1732,06$	$\pm 86,61$	$\pm 25,99$

Таблица 12 – Определение абсолютной погрешности измерений частоты сигнала по входу С для частотомеров серии CNT-104S с опциями: опция 110, опция 110/15, опция 110/20, опция 110/24

Задаваемые значения частоты сигнала на генераторе $F_{\text{действ}}$, МГц	Уровень входного сигнала, дБм	Пределы допускаемой абсолютной погрешности в зависимости от типа ОГ, Гц		
		стандартный ОГ	Опция 30	Опция 40
Опция 110, опция 110/15, опция 110/20, опция 110/24				
400	-21	$\pm 230,945$	$\pm 11,551$	$\pm 3,465$
600		$\pm 346,418$	$\pm 17,325$	$\pm 5,198$
1590		$\pm 918,01$	$\pm 45,91$	$\pm 13,77$
2590	-27	$\pm 1495,37$	$\pm 74,78$	$\pm 22,44$
3000		$\pm 1732,09$	$\pm 86,62$	$\pm 25,99$
3590		$\pm 2072,73$	$\pm 103,65$	$\pm 31,10$
4590		$\pm 2650,09$	$\pm 132,52$	$\pm 39,76$
5590		$\pm 3227,46$	$\pm 161,39$	$\pm 48,42$
6590		$\pm 3804,82$	$\pm 190,26$	$\pm 57,09$
7590		$\pm 4382,2$	$\pm 219,1$	$\pm 65,8$
8590		$\pm 4959,6$	$\pm 248,0$	$\pm 74,4$
10000		$\pm 5773,6$	$\pm 288,7$	$\pm 86,6$
Опция 110/15, опция 110/20, опция 110/24				
11590	-27	$\pm 6691,6$	$\pm 334,6$	$\pm 100,4$
13590		$\pm 7846,4$	$\pm 392,4$	$\pm 117,7$
15000		$\pm 8660,4$	$\pm 433,1$	$\pm 129,9$
Опция 110/20, опция 110/24				
17590	-27	$\pm 10155,8$	$\pm 507,8$	$\pm 152,4$
19590		$\pm 11310,5$	$\pm 565,6$	$\pm 169,7$
20000		$\pm 11547,3$	$\pm 577,4$	$\pm 173,2$
Опция 110/24				
21590	-27	$\pm 12465,3$	$\pm 623,3$	$\pm 187,0$
23590		$\pm 13619,9$	$\pm 681,1$	$\pm 204,3$
24000		$\pm 13856,7$	$\pm 692,9$	$\pm 207,9$

9.3 Определение абсолютной погрешности измерения периодов сигнала

Определение абсолютной погрешности измерения периодов до 10 нс проводить с помощью генератора сигналов произвольной формы АКИП-3428/3 с внешним источником опорной частоты – стандартом частоты GPS-12RG. При измерениях генератор 3428/3 должен находиться в режиме формирования импульсного сигнала и установки периода повторения импульсов. Значение длительности фронта установить минимальное. При измерении периода менее 10 нс генератор АКИП-3428/3 необходимо заменить генератором E8257D.

9.3.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 2, заменяя в схеме генератор в зависимости от значений периода. Измеритель мощности из схемы исключить. Генератор подключить ко входу А частотомера. Установку уровня сигнала производить по индикатору генератора. На частотомере установить режим измерения периода в соответствии с руководством по эксплуатации.

9.3.2 В параметрах входов частотомера установить: входное сопротивление 50 Ом; уровень запуска 0 В; связь входа DC; измерение по фронту импульса; фильтр 100 кГц – выключен, время счета 1 секунда.

9.3.3 Уровень сигнала с генератора АКИП-3428/3 установить 1 В_{пик-пик}, уровень сигнала с генератора E8257D (для периода менее 10 нс) установить 13 дБм.

9.3.4 Провести измерения периода сигнала в точках, указанных в таблицах 13 - 17. Результат измерений считать с дисплея частотомера после проведения двух циклов измерений.

9.3.5 Абсолютную погрешность измерений периода сигнала определить по формуле (1).

9.3.6 Повторить измерения по п.п. 9.3.1 – 9.3.5 для входов В, D, E, С в зависимости от модификации частотомера.

Результаты поверки считать положительными, если значения погрешностей, определенных по формуле (1) не превышают допускаемых значений, указанных в таблицах 13 – 17.

Таблица 13 – Определение абсолютной погрешности измерений периода сигнала по входам А, В, (D, E)¹⁾ для стандартного типа ОГ

Задаваемые значения периода сигнала на генераторе $T_{\text{действ}}$	Пределы допускаемой абсолютной погрешности для частотомеров серий	
	CNT-102	CNT-104S
100 мс	$\pm 0,000057738$ мс	$\pm 0,000057736$ мс
10 нс	$\pm 0,0000057738$ нс	$\pm 0,0000057736$ нс
2,5 нс	$\pm 0,00000144344$ нс	$\pm 0,00000144341$ нс
Примечания: ¹⁾ Для частотомеров серии CNT-104S		

Таблица 14 – Определение абсолютной погрешности измерений периода сигнала по входам А, В, (D, E)¹⁾ с опцией 30

Задаваемые значения периода сигнала на генераторе $T_{\text{действ}}$	Пределы допускаемой абсолютной погрешности для частотомеров серий	
	CNT-102	CNT-104S
100 мс	$\pm 0,000002889$ мс	$\pm 0,000002888$ мс
10 нс	$\pm 0,0000002889$ нс	$\pm 0,0000002888$ нс
2,5 нс	$\pm 0,00000007223$ нс	$\pm 0,0000000722$ нс
Примечания: ¹⁾ Для частотомеров серии CNT-104S		

Таблица 15 – Определение абсолютной погрешности измерений периода сигнала по входу А, В, (D, E)¹⁾ с опцией 40

Задаваемые значения периода сигнала на генераторе $T_{\text{действ}}$	Пределы допускаемой абсолютной погрешности для частотомеров серий	
	CNT-102	CNT-104S
100 мс	$\pm 0,000000869$ мс	$\pm 0,000000867$ мс
10 нс	$\pm 0,0000000869$ нс	$\pm 0,0000000867$ нс
2,5 нс	$\pm 0,00000002171$ нс	$\pm 0,00000002168$ нс
Примечания: ¹⁾ Для частотомеров серии CNT-104S		

Таблица 16 – Определение абсолютной погрешности измерений периода сигнала по входу С для частотомеров серии CNT-102

Задаваемые значения периода сигнала на генераторе $T_{\text{действ}}$	Пределы допускаемой абсолютной погрешности в зависимости от типа ОГ		
	стандартный ОГ	Опция 30	Опция 40
Опция 10, опция 110, опция 110/15, опция 110/20, опция 110/24			
10 нс	$\pm 0,0000057738$ нс	$\pm 0,0000002889$ нс	$\pm 0,0000000869$ нс
Опция 110, опция 110/15, опция 110/20, опция 110/24			
100 пс	$\pm 0,000057738$ пс	$\pm 0,000002889$ пс	$\pm 0,000000869$ пс
Опция 110/15, опция 110/20, опция 110/24			
66,666666 пс	$\pm 0,0000384917$ пс	$\pm 0,0000019262$ пс	$\pm 0,0000005791$ пс
Опция 110/20, опция 110/24			
50 пс	$\pm 0,0000288688$ пс	$\pm 0,0000014446$ пс	$\pm 0,0000004343$ пс
Опция 110/24			
41,666666 пс	$\pm 0,0000240573$ пс	$\pm 0,0000012039$ пс	$\pm 0,0000003619$ пс

Таблица 17 – Определение абсолютной погрешности измерений периода сигнала по входу С для частотомеров серии CNT-104S

Задаваемые значения периода сигнала на генераторе $T_{\text{действ}}$	Пределы допускаемой абсолютной погрешности в зависимости от типа ОГ		
	стандартный ОГ	Опция 30	Опция 40
Опция 10, опция 110, опция 110/15, опция 110/20, опция 110/24			
10 нс	$\pm 0,0000057736$ нс	$\pm 0,0000002888$ нс	$\pm 0,0000000867$ нс
Опция 110, опция 110/15, опция 110/20, опция 110/24			
100 пс	$\pm 0,000057736$ пс	$\pm 0,000002888$ пс	$\pm 0,000000867$ пс
Опция 110/15, опция 110/20, опция 110/24			
66,666666 пс	$\pm 0,0000384908$ пс	$\pm 0,0000019253$ пс	$\pm 0,0000005782$ пс
Опция 110/20, опция 110/24			
50 пс	$\pm 0,0000288681$ пс	$\pm 0,0000014440$ пс	$\pm 0,0000004337$ пс
Опция 110/24			
41,666666 пс	$\pm 0,0000240568$ пс	$\pm 0,0000012033$ пс	$\pm 0,0000003614$ пс

9.4 Определение абсолютной погрешности измерений временных интервалов и длительности импульсов

Определение абсолютной погрешности измерений временных интервалов и длительности импульсов проводить с помощью генератора АКИП-3428/3 с внешним источником опорной частоты - стандартом частоты GPS-12RG. При измерениях, генератор АКИП-3428/3 должен находиться в режиме формирования импульсного сигнала, значение длительности фронта установить минимальным.

9.4.1 Для определения погрешности измерений длительности импульсов собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 2 заменив в схеме генератор на АКИП-3428/3 и исключив измеритель мощности. Установку уровня сигнала производить по индикатору генератора. На частотомере установить режим измерений длительности импульсов в соответствии с руководством по эксплуатации. Измерения проводить для входа А.

9.4.2 В параметрах входа установить: входное сопротивление 50 Ом; уровень запуска 0 В; связь входа DC; измерение по фронту импульса; фильтр 100 кГц – выключен; время счета 1 секунда.

9.4.3 Уровень сигнала с генератора АКИП-3428/3 установить: 1 В_{пик-пик}, постоянное смещение 0 В; период повторения 500 мкс; импульс положительной полярности (Normal).

9.4.4 Произвести измерения длительности импульсов, устанавливая на генераторе значения длительности импульсов из ряда: 100 мкс, 100 нс, 5 нс.

9.4.5 Записать не менее 5 последовательных показаний частотомера для каждого измеряемого значения. За результат измерений принимать среднее арифметическое значение показаний.

9.4.6 Абсолютную погрешность измерений длительности импульсов определить по формуле (1).

9.4.7 Повторить измерения п.п. 9.4.1 – 9.4.6 для порта В, (D, E для частотомеров серии CNT-104S).

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения погрешностей, определенных по формуле (1) не превышают допускаемых значений, указанных в таблицах 18 - 19 в зависимости от типа ОГ.

Таблица 18 – Определение абсолютной погрешности измерений длительности импульсов частотомеров серии CNT-102

Задаваемые значения длительности на генераторе $\tau_{\text{действ}}$	Пределы допускаемой абсолютной погрешности в зависимости от типа ОГ		
	стандартный ОГ	Опция 30	Опция 40
100 мкс	$\pm 0,00032$ мкс	$\pm 0,00032$ мкс	$\pm 0,00032$ мкс
100 нс	$\pm 0,32$ нс	$\pm 0,32$ нс	$\pm 0,32$ нс
5 нс	$\pm 0,32$ нс	$\pm 0,32$ нс	$\pm 0,32$ нс

Таблица 19 – Определение абсолютной погрешности измерений длительности импульсов частотомеров серии CNT-104S

Задаваемые значения длительности на генераторе $\tau_{\text{действ}}$	Пределы допускаемой абсолютной погрешности в зависимости от типа ОГ		
	стандартный ОГ	Опция 30	Опция 40
100 мкс	$\pm 0,00031$ мкс	$\pm 0,00030$ мкс	$\pm 0,00030$ мкс
100 нс	$\pm 0,30$ нс	$\pm 0,30$ нс	$\pm 0,30$ нс
5 нс	$\pm 0,30$ нс	$\pm 0,30$ нс	$\pm 0,30$ нс

9.4.8 Для определения погрешности измерений временных интервалов собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 3. Подать с выхода Out 1 генератора АКИП-3428/3 опорные импульсы на вход А частотомера, а задержанные импульсы с выхода Out 2 на вход В. Установку уровня сигнала производить по индикатору генератора. На частотомере установить режим измерений временных интервалов в соответствии с руководством по эксплуатации. Параметры входов частотомера установить в соответствии с п. 9.4.2.

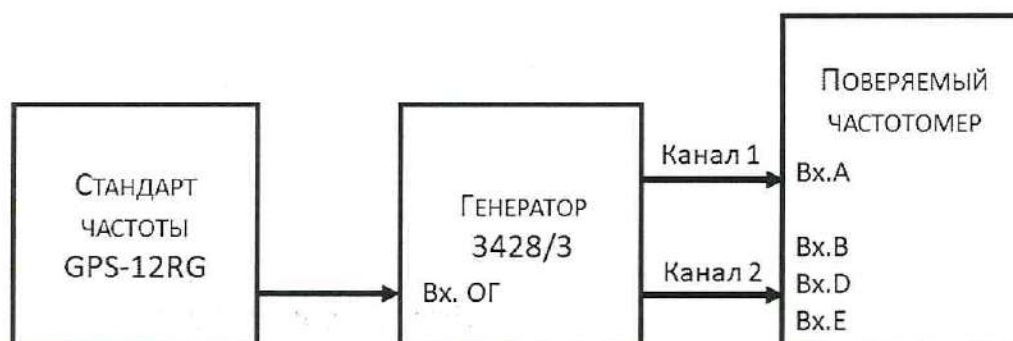


Рисунок 3 – Схема определения погрешности измерений временных интервалов

9.4.9 В генераторе АКИП-3428/3 установить:

- режим формирования импульсов положительной полярности (Normal);
- период повторения 1 мс;
- амплитуду выходных импульсов равную 1 В_{пик-пик} для обоих входов частотомера;

- значение временной задержки Delay в Канале 1 генератора установить равным 0 пс;

- значение временной задержки Delay в Канале 2, устанавливать из ряда: 5 нс, 100 мкс, 1 с.

9.4.10 Провести измерения временных интервалов в точках, указанных в п. 9.4.9. Записать не менее 5 последовательных показаний частотомера для каждого измеряемого значения. За результат измерений принимать среднее арифметическое значение показаний.

9.4.11 Абсолютную погрешность измерений временных интервалов определить по формуле (1).

9.4.12 Для частотомеров серии CNT-104S повторить измерения п.п. 9.4.8 – 9.4.11 между каналами AD, AE.

Результаты поверки считать положительными, если значения погрешностей, определенных по формуле (1) не превышают допускаемых значений, указанных в таблицах 20 - 21 в зависимости от типа ОГ.

Таблица 20 – Определение абсолютной погрешности измерений временных интервалов для частотомеров серии CNT-102

Задаваемые значения временного интервала на генераторе D _{действ}	Пределы допускаемой абсолютной погрешности в зависимости от типа ОГ		
	стандартный ОГ	Опция 30	Опция 40
5 нс	±0,32 нс	±0,32 нс	±0,32 нс
100 мкс	±0,00032 мкс	±0,00032 мкс	±0,00032 мкс
1 с	±0,00000057738 с	±0,0000000289 с	±0,00000000869 с

Таблица 21 – Определение абсолютной погрешности измерений временных интервалов для частотомеров серии CNT-104S

Задаваемые значения временного интервала на генераторе D _{действ}	Пределы допускаемой абсолютной погрешности в зависимости от типа ОГ, с		
	стандартный ОГ	Опция 30	Опция 40
5 нс	±0,30 нс	±0,3 нс	±0,3 нс
100 мкс	±0,00031 мкс	±0,00030 мкс	±0,00030 мкс
1 с	±0,00000057736 с	±0,00000002888 с	±0,00000000868 с

9.5 Определение абсолютной погрешности измерения фазового сдвига

Определение абсолютной погрешности измерений фазового сдвига проводить с помощью генератора АКИП-3428/3 с внешним источником опорной частоты - стандартом частоты GPS-12RG. При измерениях, генератор АКИП-3428/3 должен находиться в режиме формирования импульсного сигнала, значение длительности фронта установить минимальным.

9.5.1 Для определения погрешности измерений фазового сдвига собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 3. Подать с выхода Out 1 генератора АКИП-3428/3 опорные импульсы на вход А частотомера, а задержанные импульсы с выхода Out 2 на вход В. Установку уровня сигнала производить по индикатору генератора. На частотомере установить режим измерений фазового сдвига в соответствии с руководством по эксплуатации. Параметры входов частотомера установить в соответствии с п. 9.4.2.

9.5.2 В генераторе АКИП-3428/3 установить параметры согласно п. 9.4.9. В канале 2 генератора нажать кнопку Delay.

9.5.3. Произвести измерения фазового сдвига, устанавливая на генераторе значения задержки импульсов: 0,25 мс, 0,5 мс, 0,75 мс, при значениях частоты сигнала 1 кГц.

9.5.4 Записать не менее 5 последовательных показаний частотомера для каждого измеряемого значения. За результат измерений принимать среднее арифметическое значение показаний.

9.5.5 Абсолютную погрешность измерений фазового сдвига определить по формуле (1).

9.4.12 Для частотомеров серии CNT-104S повторить измерения п.п. 9.5.1 – 9.5.5 между каналами AD, AE.

Результаты поверки считать положительными, если значения погрешностей, определенных по формуле (1) не превышают допускаемых пределов, приведенных в таблице 22.

Таблица 22 – Определение абсолютной погрешности измерений фазового сдвига

Частота входного сигнала	Задаваемые значения задержки импульсов на генераторе, мс	Значения фазового сдвига, °	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, °	
			CNT-102	CNT-104S
1 кГц	0,25	90	±0,000114	±0,000109
	0,5	180		
	0,75	270		

9.6 Определение абсолютной погрешности измерений коэффициента заполнения импульсов

Определение абсолютной погрешности измерений коэффициента заполнения импульсов проводить с помощью генератора АКИП-3428/3 с внешним источником опорной частоты - стандартом частоты GPS-12RG. При измерениях, генератор АКИП-3428/3 должен находиться в режиме формирования импульсного сигнала, значение длительности фронта установить минимальным.

9.6.1 Для определения погрешности измерений длительности импульсов собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 2, заменив в схеме генератор на АКИП-3428/3 и исключив измеритель мощности. Установку уровня сигнала производить по индикатору генератора. На частотомере установить режим измерений коэффициента заполнения импульсов в соответствии с руководством по эксплуатации. Измерения проводить на входе А частотомера. Параметры входа частотомера установить в соответствии с п. 9.4.2.

9.6.2 Уровень сигнала с генератора АКИП-3428/3 установить: 1 В_{пик-пик}, постоянное смещение 0 В.

9.6.3 Произвести измерения коэффициента заполнения импульсов, устанавливая последовательно на генераторе значения коэффициента заполнения из рядов:

- 0,5; 0,000001; 0,999999, при значении частоты сигнала 100 Гц;
- 0,5; 0,01; 0,99, при значении частоты сигнала: 1 МГц.

9.6.4 Записать не менее 5 последовательных показаний частотомера для каждого измеряемого значения. За результат измерений принимать среднее арифметическое значение показаний.

9.6.5 Абсолютную погрешность измерений коэффициента заполнения импульсов определить по формуле (1).

9.6.6 Повторить измерения п.п. 9.6.1 – 9.6.5 для порта В, (D, E для частотомеров серии CNT-104S).

Результаты поверки считать положительными, если значения погрешностей, определенных по формуле (1) не превышают допускаемых пределов, приведенных в таблице 23.

Таблица 23 – Определение абсолютной погрешности измерений коэффициента заполнения импульсов

Частота входного сигнала	Задаваемые значения коэффициента заполнения	Пределы допускаемой абсолютной погрешности	
		CNT-102	CNT-104S
100 Гц	0,5	±0,000002	±0,000002
	0,000001		
	0,999999		
1 МГц	0,5	±0,0004	±0,0004
	0,01		
	0,99		

Примечание:

При использовании средств поверки, отличных от указанных в таблице 2 настоящей методики, расчет погрешности измерений частоты производить по формулам:

Пределы допускаемой суммарной абсолютной погрешности измерения частоты:

$$\pm (\Delta_{\text{сист}} + 2 \cdot \Delta_{\text{случ}}),$$

где $\Delta_{\text{сист}}$ – предел допускаемой систематической абсолютной погрешности измерения;
 $\Delta_{\text{случ}}$ – предел допускаемой случайной абсолютной погрешности.

$$\pm \Delta_{\text{сист}} = \sqrt{\frac{(\delta f_{\text{ог}} \cdot F_{\text{изм}})^2 + \left(\frac{2 \cdot 10^{-10} \text{с}}{t_{\text{изм}}} \cdot F_{\text{изм}}\right)^2}{3}}, \text{ где}$$

$\delta f_{\text{ог}}$ – предел допускаемого относительного дрейфа частоты ОГ;

$F_{\text{изм}}$ – измеренное значение частоты, Гц;

$t_{\text{изм}}$ – установленное значение времени измерения, с

$$\pm \Delta_{\text{случ}} = \frac{\sqrt{Eq^2 + 2 \cdot (\Delta T_z)^2}}{t_{\text{изм}}} \cdot F_{\text{изм}}, \text{ где}$$

Eq – разрешающая способность измерения (ошибка квантования), с;

$Eq = 7 \cdot 10^{-12}$ для модификаций CNT-102 и CNT-104S;

$t_{\text{изм}}$ – установленное значение времени измерения, с;

ΔT_z – предел допускаемой абсолютной погрешности, обусловленной системой запуска;

$F_{\text{изм}}$ – измеренное значение частоты, Гц.

$$\pm \Delta_{\text{случ}} = \frac{25 \cdot \sqrt{Eq^2 + 2 \cdot (\Delta T_z)^2}}{t_{\text{изм}} \cdot \sqrt{N}} \cdot F_{\text{изм}}, \text{ где}$$

Eq – разрешающая способность измерения, с;

$t_{\text{изм}}$ – установленное время измерения, с;

ΔT_z – пределы допускаемой абсолютной погрешности, обусловленной системой запуска, с;

$F_{\text{изм}}$ – измеренное значение частоты (Гц) или периода (с);

$$N = \frac{800}{t_{\text{изм}}},$$

при этом значение N находится в пределах:

$$\text{от } 6 \text{ до } 1000 \text{ включ. и до } \frac{F_{\text{изм}}}{2} \cdot t_{\text{изм}} - 2$$

Предел абсолютной погрешности, обусловленной временем срабатывания системы запуска (далее – системой запуска) ΔT_3 , с

$$\Delta T_3 = \sqrt{T_{\text{шум}}^2 + T_{\text{джиттер}}^2}, \text{ где}$$

$$T_{\text{шум}} = \frac{\sqrt{2,5 \cdot 10^{-7} + V_{\text{шумсигн}}^2}}{S_{xy}}, \text{ где}$$

$T_{\text{джиттер}}$ – среднее квадратическое значение джиттера на одном периоде, с;

$V_{\text{шумсигн}}$ – значение шума на измеряемом сигнале, В_{скз};

S_{xy} – крутизна сигнала на входе А или В частотомера в точке запуска – Х или остановки измерения – Y, В/с;

$S_{xy} = V_{pp} \cdot 2\pi \cdot f$ для сигналов синусоидальной формы с уровнем запуска равным нулю, где

V_{pp} – значение размаха сигнала на входе, В;

f – частота сигнала, Гц

9.7 Подстройка (калибровка) встроенного опорного генератора

Калибровку проводить при температуре $(23 \pm 3)^\circ\text{C}$.

9.7.1 Прогреть поверяемый частотомер до рабочей температуры. Время прогрева перед началом процедуры калибровки должно составлять не менее 2 часов.

9.7.2 Подать сигнал 10 МГц со стандарта частоты GPS-12RG на вход А частотомера.

9.7.3 Выполнить подстройку (калибровку) встроенного опорного кварцевого генератора частотомера, нажав следующую комбинацию команд: Setting → Timebase Calibration → 10 Mhz → Start.

10. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

10.1 Результаты поверки подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

10.2 При положительных результатах поверки, по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке и (или) наносится знак поверки на средство измерений.

10.3 При отрицательных результатах поверки (когда не подтверждается соответствие метрологическим требованиям), по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности.

10.4 Протоколы поверки оформляются в соответствии с требованиями, установленными в организации, проводившей поверку.

Начальник отдела испытаний

О.В. Котельник

Ведущий инженер по метрологии
отдела испытаний АО «ПриСТ»

Ю.А. Буренков

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Метрологические требования подтверждаемые в результате поверки

Таблица 1 – Метрологические и технические характеристики частотомеров

Наименование характеристики	Значение	
	CNT-102	CNT-104S
1	2	3
Измерительные входы	А, В (С опция)	А, В, D, Е (С опция)
Число разрядов при времени измерения 1 с	12	
Диапазон измерений частоты (вход А, В, D, Е) , Гц, в режиме связи по: - постоянному току - переменному току	от 0 до $400 \cdot 10^6$ от 10 до $400 \cdot 10^6$	
Диапазон измерений частоты для входа С, ГГц (Опция 10)	от 0,1 до 3,0	
Диапазон измерений частоты для входа С, ГГц (Опция 110)	от 0,1 до 10,0	
Диапазон измерений частоты для входа С, ГГц (Опция 110/15)	от 10 до 15	
Диапазон измерений частоты для входа С, ГГц (Опция 110/20)	от 15 до 20	
Диапазон измерений частоты для входа С, ГГц (Опция 110/24)	от 20 до 24	
Диапазон измерения отношения частот	от $4,0 \cdot 10^{-14}$ до $2,4 \cdot 10^{13}$	от 10^{-9} до 10^{11}
Диапазон измерений периода (однократное измерение)	от 2,5 нс до 1000,0 с	
Диапазон измерения периода (усреднённое значение) вход А, В, D, Е вход С (опция 10) вход С (опция 110) вход С (опция 110/15) вход С (опция 110/20) вход С (опция 110/24)	от 2,50 нс до 1000,00 с от 0,33 нс до 1000,00 с от 0,10 нс до 1000,00 с от 66,66 пс до 1000,00 с от 50,00 пс до 1000,00 с от 41,66 пс до 1000,00 с	
Измерение длительности временного интервала (вход А, В, D, Е), нс, не менее	1,5	
Измерение длительности импульсов (вход А, В, D, Е)	от 1,5 нс до 1000,0 с	
Измерение коэффициента заполнения (вход А, В, D, Е)	от 0,000001 до 0,999999	
Измерение фазового сдвига «А относительно В», «В относительно А» в диапазоне частот до 300 МГц, °	от -180 до +180	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	
Чувствительность для входов А, В, D, Е, мВ _{свз} ¹⁾ , (предусилитель включен): - до 100 МГц - св. 100 до 200 МГц - св. 200 до 400 МГц		15 25 35	
Диапазоны уровней входного сигнала для входа С (опция 10), дБм ²⁾ , в диапазонах частот: - от 0,1 до 0,3 ГГц - св. 0,3 до 2,5 ГГц - св. 2,5 до 2,7 ГГц - св. 2,7 до 3 ГГц		от -21 до +35 от -27 до +35 от -21 до +35 от -15 до +35	
Диапазоны уровней входного сигнала для входа С (опция 110), дБм, в диапазонах частот: - от 0,15 до 0,30 ГГц - св. 0,3 до 0,5 ГГц - св. 0,5 до 7,5 ГГц - св. 7,5 до 20 ГГц - св 20 до 22 ГГц - св 22 до 24 ГГц		от -15 до +20 от -21 до +20 от -27 до +20 от -24 до +20 от -21 до +20 от -15 до +20	
Тип внутреннего опорного генератора (ОГ ³⁾)	стандартно ТСХО ⁴⁾	ОСХО ⁵⁾ Опц. 30	ОСХО Опц. 40
Номинальное значение частоты ОГ, МГц	10		
Пределы допускаемого относительного дрейфа частоты за 1 год	$\pm 1 \cdot 10^{-6}$	$\pm 5 \cdot 10^{-8}$	$\pm 1,5 \cdot 10^{-8}$
Сопротивление входа, Ом, для - входа А, В, D, Е - входа С	50, $1 \cdot 10^6$ 50		
КСВН входа С, не более Опция 10 Опция 110	2,5 2,0		
Рабочие условия эксплуатации - температура окружающего воздуха, °С для настольного исполнения при монтаже в приборную стойку -относительная влажность, %	от 0 до +50 от 0 до +40 от 5 до 75		

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Диапазон напряжения питающей сети с частотой от 47 до 63 Гц, В	от 90 до 265	
Потребляемая мощность, Вт, не более	70	
Габаритные размеры (ширина×высота×глубина), мм, не более	210×90×395	
Масса, кг, не более	3,0	
Примечания:		
1) Здесь и далее $mV_{\text{ср}}$ – среднее квадратическое значение входного напряжения, мВ		
2) Для обозначения единицы абсолютного уровня сигнала по мощности определяемого как $10 \cdot \lg(P)$, где P - значение мощности, выраженной в милливаттах, используется дБм		
3) ОГ – опорный генератор		
4) Где ТСХО – кварцевый опорный генератор с температурной компенсацией		
5) Где ОСХО – термостатированный кварцевый опорный генератор		

Таблица 2 – Расчет погрешностей измерения

Наименование характеристики	Значение
1	2
Пределы допускаемой суммарной абсолютной погрешности измерения частоты, Гц	$\pm (\Delta_{\text{сист}} + 2 \cdot \Delta_{\text{случ}})$, где $\Delta_{\text{сист}}$ – пределы допускаемой систематической абсолютной погрешности измерения частоты, Гц; $\Delta_{\text{случ}}$ – пределы допускаемой случайной абсолютной погрешности измерения частоты, Гц
Пределы допускаемой систематической абсолютной погрешности измерения частоты, Гц	$\pm \Delta_{\text{сист}} = \sqrt{\frac{(\delta f_{\text{ог}} \cdot F_{\text{изм}})^2 + \left(\frac{2 \cdot 10^{-10} \text{с}}{t_{\text{изм}}} \cdot F_{\text{изм}}\right)^2}{3}}$, где $\delta f_{\text{ог}}$ – пределы допускаемого относительного дрейфа частоты ОГ; $F_{\text{изм}}$ – измеренное значение частоты (Гц) или периода (с), $t_{\text{изм}}$ – установленное значение времени измерения, с
Пределы допускаемой случайной абсолютной погрешности измерения частоты, Гц (режим Smart Freq в положении Auto или OFF, время измерения до 200 мс)	$\pm \Delta_{\text{случ}} = \frac{\sqrt{Eq^2 + 2 \cdot (\Delta T_z)^2}}{t_{\text{изм}}} \cdot F_{\text{изм}}$, где Eq – разрешающая способность измерения (ошибка квантования), с; $Eq = 7 \cdot 10^{-12}$ с для модификаций CNT-102 и CNT-104S; $t_{\text{изм}}$ – установленное значение времени измерения, с; ΔT_z – пределы допускаемой абсолютной погрешности, обусловленной системой запуска; $F_{\text{изм}}$ – измеренное значение частоты (Гц).

Продолжение таблицы 2

1	2
Пределы допускаемой случайной абсолютной погрешности измерения частоты, Гц (режим Smart Freq в положении Auto или OFF, время измерения свыше 200 мс)	$\pm \Delta_{\text{случ}} = \frac{25 \cdot \sqrt{Eq^2 + 2 \cdot (\Delta T_z)^2}}{t_{\text{изм}} \cdot \sqrt{N}} \cdot F_{\text{изм}}, \text{ где}$ Eq – разрешающая способность измерения, с; $t_{\text{изм}}$ – установленное время измерения, с; ΔT_z – пределы допускаемой абсолютной погрешности, обусловленной системой запуска, с; $F_{\text{изм}}$ – измеренное значение частоты (Гц) или периода (с); $N = \frac{800}{t_{\text{изм}}},$ при этом значение N находится в пределах: от 6 до 1000 включ. и до $\frac{F_{\text{изм}}}{2} \cdot t_{\text{изм}} - 2$
Пределы абсолютной погрешности, обусловленной временем срабатывания системы запуска (далее – системой запуска) ΔT_z, с	$\pm \Delta T_z = \sqrt{T_{\text{шум}}^2 + T_{\text{джиттер}}^2}, \text{ где}$ $T_{\text{шум}} = \frac{\sqrt{2,5 \cdot 10^{-7} + V_{\text{шумсигн}}^2}}{S_{\text{ху}}}, \text{ где}$ $T_{\text{джиттер}}$ – среднее квадратическое значение джиттера на одном периоде, с; $V_{\text{шумсигн}}$ – значение шума на измеряемом сигнале, В_{скз}; $S_{\text{ху}}$ – крутизна сигнала на входе А или В частотомера в точке запуска – Х или остановки измерения – Y, В/с; $S_{\text{ху}} = V_{\text{pp}} \cdot 2\pi \cdot f$ для сигналов синусоидальной формы с уровнем запуска равным нулю, где V_{pp} – значение размаха сигнала на входе, В; f – частота сигнала, Гц.
Пределы допускаемой суммарной абсолютной погрешности измерения периода, с	$\pm (\Delta_{\text{сист}} + 2 \cdot \Delta_{\text{случ}}),$ где $\Delta_{\text{сист}}$ – пределы допускаемой систематической абсолютной погрешности измерения периода, с; $\Delta_{\text{случ}}$ – пределы допускаемой случайной абсолютной погрешности измерения периода, с
Пределы допускаемой систематической абсолютной погрешности измерения периода, с	$\pm \Delta_{\text{сист}} = \sqrt{\frac{(\delta f_{\text{ог}} \cdot T_{\text{изм}})^2 + \left(\frac{2 \cdot 10^{-10} \text{ с}}{t_{\text{изм}}} \cdot T_{\text{изм}}\right)^2}{3}}, \text{ где}$ $\delta f_{\text{ог}}$ – пределы допускаемого относительного дрейфа частоты ОГ; $T_{\text{изм}}$ – измеренное значение периода (с), $t_{\text{изм}}$ – установленное значение времени измерения, с
Пределы допускаемой случайной абсолютной погрешности измерения периода, с (режим Smart Freq в положении Auto или OFF, время измерения до 200 мс)	$\pm \Delta_{\text{случ}} = \frac{\sqrt{Eq^2 + 2 \cdot (\Delta T_z)^2}}{t_{\text{изм}}} \cdot T_{\text{изм}},$ где Eq – разрешающая способность измерения (ошибка квантования), с; $Eq = 7 \cdot 10^{-12}$ с для модификаций CNT-102 и CNT-104S; $t_{\text{изм}}$ – установленное значение времени измерения, с; ΔT_z – пределы допускаемой абсолютной погрешности, обусловленной системой запуска; $T_{\text{изм}}$ – измеренное значение периода (с)

Продолжение таблицы 2

1	2
Пределы допускаемой случайной абсолютной погрешности измерения периода, с (режим Smart Freq в положении Auto или OFF, время измерения свыше 200 мс)	$\pm \Delta_{\text{случ}} = \frac{25 \cdot \sqrt{E_q^2 + 2 \cdot (\Delta T_z)^2}}{t_{\text{изм}} \cdot \sqrt{N}} \cdot T_{\text{изм}},$ где E_q – разрешающая способность измерения, с; $t_{\text{изм}}$ – установленное время измерения, с; ΔT_z – пределы допускаемой абсолютной погрешности, обусловленной системой запуска, с; $T_{\text{изм}}$ – измеренное значение периода (с); $N = \frac{800}{t_{\text{изм}}},$ при этом значение N находится в пределах: от 6 до 1000 включ. и до $\frac{F_{\text{изм}}}{2} \cdot t_{\text{изм}} - 2$
Пределы абсолютной погрешности, обусловленной временем срабатывания системы запуска (далее – системой запуска) ΔT_z, с	$\pm \Delta T_z = \sqrt{T_{\text{шум}}^2 + T_{\text{джиттер}}^2}, \text{ где}$ $T_{\text{шум}} = \frac{\sqrt{2,5 \cdot 10^{-7} + V_{\text{шумсигн}}^2}}{S_{xy}}, \text{ где}$ $T_{\text{джиттер}}$ – среднее квадратическое значение джиттера на одном периоде, с; $V_{\text{шумсигн}}$ – значение шума на измеряемом сигнале, В_{скз}; S_{xy} – крутизна сигнала на входе А или В частотомера в точке запуска – X или остановки измерения – Y, В/с; $S_{xy} = V_{pp} \cdot 2\pi \cdot f$ для сигналов синусоидальной формы с уровнем запуска равным нулю, где V_{pp} – значение размаха сигнала на входе, В; f – частота сигнала, Гц.
Пределы допускаемой суммарной абсолютной погрешности измерения временных интервалов, длительности импульсов, фронта и среза импульсов, с	$\pm (\Delta_{\text{сист}} + 2 \cdot \Delta_{\text{случ}}),$ где $\Delta_{\text{сист}}$ – пределы допускаемой систематической абсолютной погрешности измерения временных интервалов, длительности импульсов, фронта и среза импульсов, с; $\Delta_{\text{случ}}$ – пределы допускаемой случайной абсолютной погрешности временных интервалов, длительности импульсов, фронта и среза импульсов, с;
Пределы допускаемой систематической абсолютной погрешности измерения временных интервалов, длительности импульсов, фронта и среза импульсов, с	$\pm \Delta_{\text{сист}} = \sqrt{\frac{\Delta T_y^2 + (5 \cdot 10^{-10} \text{ с})^2 + (\delta f_{\text{ог}} \cdot T_{\text{изм}})^2}{3}}, \text{ где}$ ΔT_y – пределы допускаемой абсолютной погрешности, обусловленной синхронизацией с уровнем запуска (далее – уровнем запуска), с; $\delta f_{\text{ог}}$ – пределы допускаемого относительного дрейфа частоты ОГ; $T_{\text{изм}}$ – измеренное значение временного интервала, длительности импульса, или фронта и среза импульса, округленное вверх до ближайшего целого значения, с

Продолжение таблицы 2

1	2
Пределы допускаемой абсолютной погрешности, обусловленной уровнем запуска ΔT_y, с	$\pm \Delta T_y = \sqrt{\left(1 \cdot 10^{-4} + 0,5 \cdot U_{гест}\right)^2 \cdot \left[(1/S_x)^2 + (1/S_y)^2\right]},$ где $U_{гест} = 3 \cdot 10^{-2} + 0,01 \cdot U_{зап}$ – гистерезис по напряжению, при частоте сигнала до 1 кГц, при измерении длительности импульса и коэффициента заполнения, В; $U_{гест} = 6 \cdot 10^{-3} + 0,01 \cdot U_{зап}$ – гистерезис по напряжению, при частоте сигнала до 1 кГц для других измерений, В; S_{xy} – крутизна сигнала на входе для входа А и (или) В частотомера в точке запуска (Х) и остановки (Y)
Пределы допускаемой случайной абсолютной погрешности измерения временных интервалов, длительности импульсов, фронта и среза импульсов, с	$\pm \Delta_{случ} = \sqrt{(\Delta T_{з_{старт}})^2 + (\Delta T_{з_{стоп}})^2 + E q^2},$ где $\Delta T_{з_{старт}}$ – пределы абсолютной погрешности, обусловленной системой запуска в точке начала измерения, с $\Delta T_{з_{стоп}}$ – пределы абсолютной погрешности, обусловленной системой запуска в точке окончания измерения, с; $E q$ – разрешающая способность измерения, с
Пределы допускаемой случайной составляющей погрешности измерения отношения частот (f_1/f_2)	$\pm \delta_{случ} = 2 \cdot f_1 \cdot \sqrt{(\Delta T_{з_{f1}})^2 + (\Delta T_{з_{f2}})^2 + E q^2},$ где f_1 – частота сигнала, которая делится на частоту f_2 сигнала, Гц $\Delta T_{з_{f1}}$ – пределы абсолютной погрешности, обусловленной системой запуска для сигнала с частотой f_1 , с $\Delta T_{з_{f2}}$ – пределы абсолютной погрешности, обусловленной системой запуска для сигнала с частотой f_2 , с $E q$ – разрешающая способность измерения (ошибка квантования), с
Пределы допускаемой суммарной абсолютной погрешности измерения фазового сдвига между двумя сигналами, °	$\pm (\Delta_{сист} + 2 \cdot \Delta_{случ}),$ где $\Delta_{сист}$ – пределы допускаемой систематической абсолютной погрешности измерения фазового сдвига между двумя сигналами, °; $\Delta_{случ}$ – пределы допускаемой случайной абсолютной погрешности фазового сдвига между двумя сигналами, °;

Продолжение таблицы 2

1	2
Пределы допускаемой систематической абсолютной погрешности измерения фазового сдвига между двумя сигналами, °	$\pm \Delta_{\text{сист}} = \sqrt{\frac{Eq^2 + (5 \cdot 10^{-10} \text{с})^2}{3}} \cdot F_{\text{изм}} \cdot 360^\circ, \text{ где}$ Eq – разрешающая способность измерения; с F_{изм} – значение частоты измеряемых сигналов, Гц.
Пределы допускаемой случайной абсолютной погрешности измерения фазового сдвига между двумя сигналами, °	$\pm \Delta_{\text{случ}} = \sqrt{Eq^2 + (\Delta T_{\text{з старт}})^2 + (\Delta T_{\text{з стоп}})^2} \cdot F_{\text{изм}} \cdot 360^\circ,$ где ΔT_{з старт} – пределы абсолютной погрешности, обусловленной системой запуска в точке начала измерения, с ΔT_{з стоп} – пределы абсолютной погрешности, обусловленной системой запуска в точке окончания измерения, с; Eq – разрешающая способность измерения (ошибка квантования), с F_{изм} – значение частоты измеряемых сигналов, Гц.
Пределы допускаемой суммарной относительной погрешности измерения коэффициентов заполнения импульсов	$\pm (\delta_{\text{сист}} + 2 \cdot \delta_{\text{случ}}),$ где δ_{сист} – пределы допускаемой систематической относительной погрешности измерения коэффициентов заполнения импульсов; δ_{случ} – пределы допускаемой случайной относительной погрешности коэффициентов заполнения импульсов.
Пределы допускаемой систематической относительной погрешности измерения коэффициентов заполнения импульсов	$\pm \delta_{\text{сист}} = \sqrt{\frac{\Delta T_{\text{у}}^2 + (2 \cdot 10^{-10} \text{с})^2}{3}} \cdot F_{\text{изм}},$ где ΔT_у – пределы допускаемой абсолютной погрешности, обусловленной синхронизацией с уровнем запуска (далее – уровнем запуска), с; F_{изм} – значение частоты измеряемых сигналов, Гц.
Пределы допускаемой абсолютной погрешности, обусловленной уровнем запуска ΔT _у , с	$\pm \Delta T_{\text{у}} = \sqrt{\left(1 \cdot 10^{-4} + 0,5 \cdot U_{\text{гест}}\right)^2 \cdot \left[(1/S_x)^2 + (1/S_y)^2\right]}, \text{ где}$ U_{гест} = 3 · 10⁻² + 0,01 · U_{зап} – гистерезис по напряжению, при частоте сигнала до 1 кГц, при измерении длительности импульса и коэффициента заполнения, В; U_{гест} = 6 · 10⁻³ + 0,01 · U_{зап} – гистерезис по напряжению, при частоте сигнала до 1 кГц для других измерений, В; S_{xy} – крутизна сигнала на входе для входа А и (или) В частотомера в точке запуска (X) и остановки (Y)

Продолжение таблицы 2

1	2
Пределы допускаемой случайной относительной погрешности измерения коэффициентов заполнения импульсов	$\pm \delta_{\text{случ}} = \sqrt{Eq^2 + (\Delta T_{\text{з старт}})^2 + (\Delta T_{\text{з стоп}})^2} \cdot F_{\text{изм}},$ где $\Delta T_{\text{з старт}}$ - пределы абсолютной погрешности, обусловленной системой запуска в точке начала измерения, с $\Delta T_{\text{з стоп}}$ - пределы абсолютной погрешности, обусловленной системой запуска в точке окончания измерения, с; Eq – разрешающая способность измерения, с $F_{\text{изм}}$ – значение частоты измеряемых сигналов, Гц.