

Приложение № 1
к решению Государственной
комиссии по радиочастотам
от 29.11.2021
№ 21-60-01

Нормы 17-21

«РАДИОПЕРЕДАТЧИКИ ВСЕХ КАТЕГОРИЙ ГРАЖДАНСКОГО
ПРИМЕНЕНИЯ. ТРЕБОВАНИЯ НА ДОПУСТИМЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ
ЧАСТОТЫ»

Москва, 2021

Содержание

	стр.
1 Область применения.....	3
2 Нормативные ссылки.....	4
3 Термины и определения.....	4
4 Обозначения и сокращения.....	5
5 Нормы на допустимые отклонения частоты радиопередатчиков всех категорий гражданского применения	7
Таблица 1 – нормы на допустимые отклонения частоты радиопередатчиков всех категорий гражданского применения	8
Примечания к таблице 1.....	19
6 Общие требования и рекомендации по методам измерений частоты радиопередатчиков всех категорий гражданского применения и контроля ее отклонения.....	22
Библиография.....	37

1 Область применения

1.1 Настоящие нормы устанавливают требования на допустимые отклонения частоты радиопередатчиков всех категорий гражданского применения.

1.2 Нормы распространяются на все действующие закупаемые за рубежом, разрабатываемые (модернизируемые) и производимые радиопередатчики гражданского назначения.

1.3 Настоящие Нормы являются обязательными для всех граждан Российской Федерации и российских юридических лиц, занимающихся разработкой, производством, эксплуатацией (применением), а также ввозом на территорию Российской Федерации радиопередающих устройств гражданского назначения.

1.4 По техническим или эксплуатационным соображениям к радиопередатчикам некоторых радиослужб могут быть применены более жёсткие требования на допустимые отклонения частоты. Применение более жёстких требований решается по согласованию между заказчиком и разработчиком РЭС.

1.5 Контроль нормируемых допустимых отклонений частоты радиопередатчиков осуществляется:

а) при испытаниях на этапах разработки, производства и подтверждения соответствия установленным требованиям. При этом порядок контроля в ходе других видов испытаний устанавливается в соответствии с техническими условиями на радиопередающие устройства;

б) органами радиочастотной службы и государственного надзора за деятельностью в области связи, информационных технологий и массовых коммуникаций в случаях возникновения радиопомех на этапах эксплуатации РЭС.

1.6 Выполнение измерений частоты радиопередатчика выполняется в соответствии с методиками (методами) измерений, аттестованными в установленном порядке. Погрешность измерения частоты должна быть не более 0,1 нормы допустимого отклонения частоты.

2 Нормативные ссылки

В настоящих нормах использованы положения документов [1] – [10] и ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 23611-79 Совместимость радиоэлектронных средств электромагнитная. Термины и определения.

ГОСТ 24375-80 Радиосвязь. Термины и определения.

3 Термины и определения

В настоящих нормах применены термины и определения, установленные в ГОСТ 23611-79 и ГОСТ 24375-80, а также следующие:

3.1 Радиослужба: служба, которая осуществляет передачу, излучение и/или приём радиоизлучения для определённых целей электросвязи.

3.2 Радиовещательная станция: станция радиовещательной службы.

3.3 Стационарная станция воздушной подвижной службы: сухопутная станция воздушной подвижной службы.

В некоторых случаях стационарная станция воздушной подвижной службы может устанавливаться, например, на борту морского судна или на морской платформе.

3.4 Станция воздушного судна: подвижная станция воздушной подвижной службы, отличная от станции спасательного средства, установленная на борту воздушного судна.

3.5 Станция спасательного средства: подвижная станция морской подвижной службы или воздушной подвижной службы, предназначенная исключительно для спасательных целей и установленная на спасательной лодке, спасательном плоту или другом спасательном средстве.

3.6 Судовой аварийный передатчик: судовой передатчик, используемый исключительно на частоте сигнала бедствия для нужд, связанных с бедствием, срочностью или безопасностью.

3.7 Станция радиомаяка – указателя места бедствия: станция подвижной службы, излучения которой предназначены для обеспечения операций по поиску и спасанию.

3.8 Станция радиоопределения: станция службы радиоопределения.

3.9 Фиксированная станция: станция фиксированной службы.

3.10 Допустимое отклонение частоты: максимальное допускаемое отклонение средней частоты полосы частот излучения от присвоенной частоты или характерной частоты излучения от относительной частоты.

3.11 Относительная частота: частота, занимающая по отношению к присвоенной частоте фиксированное и определенное положение. Отклонение этой частоты по отношению к присвоенной частоте имеет ту же абсолютную величину и знак, что и отклонение характерной частоты по отношению к середине полосы частот, занимаемой излучением.

3.12 Характерная частота: частота, которую можно легко опознать и измерить в данном излучении.

3.13 Присвоенная частота: средняя частота полосы частот, присвоенной станции.

3.14 Присвоенная полоса частот: полоса частот, в пределах которой разрешено излучение станции; ширина этой полосы частот равна необходимой ширине полосы частот плюс удвоенная абсолютная величина допустимого отклонения частоты. Для космических станций присвоенная полоса частот включает удвоенную максимальную величину доплеровского сдвига частоты, который может наблюдаться по отношению к любой точке земной поверхности.

3.15 Устройство малого радиуса действия: это техническое средство, предназначенное для передачи и (или) приема радиоволн на короткие расстояния, которое не относится ни к одной из радиослужб и используется при условии, что не создаются помехи другим станциям и не требуется защита от помех других станций.

4 Обозначения и сокращения

4.1 Обозначения

N – норма допустимого относительного отклонения частоты радиопередатчика, выраженная в миллионных долях относительно присвоенной частоты;

$N_{абс}$ – норма допустимого абсолютного отклонения частоты радиопередатчика от присвоенной частоты, выраженная в герцах;

B_n – необходимая ширина полосы частот;

B_k – контрольная ширина полосы частот (на уровне минус 30 дБ относительно максимального уровня сигнала);

$B_{п}$ – ширина присвоенной полосы частот;

f_n – присвоенная частота радиопередатчика;

$f_{и}$ – измеренная рабочая частота;

$f_{иi}$ – значение рабочей частоты, полученное при i -м измерении;

$f_{оп}$ – опорная частота (от стандарта частоты);

Δf_i – отклонение частоты радиопередатчика в герцах от присвоенной частоты при i -м измерении;

Δf_{cp} – среднее арифметическое значение абсолютных величин отклонений частоты радиопередатчика от присвоенной частоты, рассчитанное по результатам n измерений.

4.2 Сокращения

РР – Регламент радиосвязи

РЭС – Радиоэлектронное средство

РЛС – Радиолокационная станция (станции)

БС – Базовая станция (станции)

КСВН – Коэффициент стоячей волны по напряжению

НШПЧ – Необходимая ширина полосы частот

DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunication) – технология абонентского радиодоступа в диапазоне радиочастот 1880-1900 МГц

DMR (Digital mobile radio) - цифровая мобильная радиосвязь

GSM (Global System for Mobile Communications) - глобальный цифровой стандарт для мобильной сотовой связи

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) - институт инженеров по электротехнике и электронике

IMT-MC-450 (International Mobile Telecommunications - Multi-Carrier) - международная мобильная телекоммуникационная система на нескольких несущих в диапазоне радиочастот 450 МГц

LTE (Long Term Evolution) - технология мобильной передачи данных четвертого поколения

MMDS (Microwave Multipoint Distribution Service) - система эфирно кабельного телевидения

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) - мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов

OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) - множественный доступ с ортогональным частотным разделением каналов

SCa (Single Carrier) - одна несущая

TETRA (Terrestrial Trunked Radio) - наземная транкинговая радиосвязь

5 Нормы на допустимые отклонения частоты радиопередатчиков всех категорий гражданского применения

5.1 Допустимые отклонения частоты радиопередатчиков всех категорий гражданского применения не должны превышать значений, приведённых в таблице 1.

5.2 Допустимые отклонения частоты радиопередатчиков выражаются в миллионных долях относительно присвоенной частоты, $\frac{|f_{и} - f_{п}|}{f_{п}} \leq N \times 10^{-6}$, или в значениях абсолютного отклонения частоты в герцах от присвоенной частоты, $|f_{и} - f_{п}| \leq N_{абс}$, где N и $N_{абс}$ указаны в таблице 1.

5.3 Если нет другого указания, то мощность для различных категорий станций представляет собой пиковую мощность (огибающей) для однополосных передатчиков и среднюю мощность для всех других передатчиков.

Таблица 1 - Нормы на допустимые отклонения частоты радиопередатчиков всех категорий гражданского применения

Полоса частот (исключая нижний и включая верхний пределы) и категория станции	Допустимые отклонения частоты: $N \times 10^{-6}$; N_{abc} , Гц	
	N	$\pm N_{abc}$
<u>Полоса радиочастот 9-535 кГц</u>		
1. Фиксированные станции		10
2. Сухопутные станции		
2.1 Стационарные станции воздушной подвижной службы	50	
2.2 Береговые станции	100 ¹⁾	
3. Подвижные станции:		
3.1 Судовые станции	200 ²⁾	
3.2 Судовые аварийные передатчики (станции)	500 ³⁾	
3.3 Станции спасательных средств	500	
3.4 Станции воздушных судов	100	
4. Станции радиоопределения	100	
5. Радиовещательные станции		10 ²³⁾
Радиовещательные станции, работающие в режиме синхронизации частоты		0,01
6. Устройства малого радиуса действия	21)	
<u>Полоса радиочастот 535-1606,5 кГц</u>		
1. Радиовещательные станции		10 ²³⁾
1.1. Радиовещательные станции, работающие в режиме синхронизации частоты		0,01
1.2. Станции цифровые звукового радиовещания	1	
2. Станции радиоопределения	100	

<u>Полоса радиочастот 1606,5-4000 кГц</u>		
1. Фиксированные станции:		
– мощностью 200 Вт и менее	100	
– мощностью более 200 Вт	50	
1.1 Излучения на одной боковой полосе (радиотелефония)		20
1.2 Излучения частотной модуляции любой мощности		10
2. Сухопутные станции		
2.1 Базовые станции (кроме 2.2)		
– мощностью 200 Вт и менее	100 ^{1),4),5)}	
– мощностью более 200 Вт	50 ^{1),4),5)}	
2.2 Излучения на одной боковой полосе (радиотелефония)		20
3. Подвижные станции:		
3.1 Судовые станции		40
– с излучением класса А1А	50	
3.2 Станции спасательных средств	100	
3.3 Радиомаяки – указатели места бедствия	100	
3.4 Станции воздушных судов		20
3.5 Сухопутные подвижные станции	50 ⁶⁾	
4. Станции радиоопределения:		
- мощностью 200 Вт и менее	20	
- мощностью более 200 Вт	10	
Радиомаяки в полосе радиочастот 1606,5-1800 кГц	50	
5. Радиовещательные станции (кроме 5.1, 5.2)		10 ²³⁾
5.1 Радиовещательные станции излучения АЗЕ с мощностью несущей 10 кВт и менее	20	
5.2 Радиовещательные станции, работающие в режиме синхронизации частоты		0,1

5.3. Станции цифровые звукового радиовещания	1	
6. Устройства малого радиуса действия	21)	
<u>Полоса радиочастот 4-29,7 МГц</u>		
1. Фиксированные станции:		
1.1 Излучения на одной боковой полосе и на независимой боковой полосе.		20
1.2 Излучения класса F1B		10
1.3 Излучения других классов:		
- мощностью 500 Вт и менее	20	
- мощность более 500 Вт	10	
2. Станции широкополосные, многоканальные, передача с системой внешней синхронизации	2 % НШПЧ, но не более 2000 Гц	
3. Сухопутные станции		
3.1 Береговые станции		20 ¹⁾
– с излучением класса A1A	10	
3.2 Стационарные станции воздушной подвижной службы		10
3.3 Базовые станции	20 ⁶⁾	
4. Подвижные станции:		
4.1 Судовые станции:		
– с излучением класса A1A	10	
– с излучением других классов, кроме A1A		50 ^{2),8)}
4.2 Станции спасательных средств	50	
4.3 Станции воздушных судов, однополосная телефония		20
4.4 Сухопутные подвижные станции	40 ⁹⁾	
5. Радиовещательные станции		
5.1 Радиовещательные станции, работающие в режиме синхронизации частоты		10 ²³⁾
5.2. Станции цифрового звукового вещания	1	0,1

6. Космические станции	20	
7. Земные станции	20	
8. Устройства малого радиуса действия	21)	
<u>Полоса радиочастот 29,7-100 МГц</u>		
1. Фиксированные станции	20	
2. Сухопутные станции:		
- мощностью 2 Вт и менее	30	
- мощностью более 2 Вт и до 15 Вт включительно	20	
- мощностью более 15 Вт	10	
3. Подвижные станции:		
- мощностью 2 Вт и более	20	
- носимые мощностью не более 2 Вт	40	
4. Портативное оборудование мощностью не более 5 Вт, не устанавливаемое на передвижных средствах	40	
5. Станции радиоопределения	50	
6. Радиовещательные станции (кроме телевизионных)		
6.1 Станции аналоговые звукового радиовещания	0,5 ¹⁰⁾	
6.2 Станции цифровые звукового радиовещания	1	
7. Радиовещательные станции телевизионные ¹¹⁾¹²⁾		
- работающие в режиме простого смещения частоты (изображение и звуковое сопровождение):		
- мощностью менее 1000 Вт		350
- мощностью 1000 Вт и более		100
- работающие в режиме точного смещения частоты		1
8. Космические станции	20	
9. Земные станции	0,5	

10. Устройства малого радиуса действия	21)	
<u>Полоса радиочастот 100-470 МГц</u>		
1. Фиксированные станции:		
– мощностью 50 Вт и менее	20	
– мощностью более 50 Вт	10	
- радиорелейные станции	15 ¹³⁾	
Станции радиодоступа для технологий закрытых систем	20	
2. Сухопутные станции		
2.1 Береговые станции	5	
2.2 Стационарные станции воздушной подвижной службы	20 ⁷⁾	
- при разносе каналов 50 кГц	50	
2.3 Базовые станции при разносе частот между соседними каналами не менее 20 кГц:		
- в полосе радиочастот 100-235 МГц	10	
- в полосе радиочастот 235-401 МГц	7	
- в полосе радиочастот 401-470 МГц	5	
2.4 Базовые станции сетей подвижной радиосвязи стандарта DMR		
- в полосе радиочастот 146-174 МГц	10	
- в полосе радиочастот 336-344 МГц	7	
- в полосе радиочастот 401-470 МГц	5	
2.5 Базовые станции сетей подвижной радиосвязи стандарта TETRA в полосе 380-470 МГц	0,2	
2.6 Базовые станции сетей подвижной радиосвязи, использующие угловую модуляцию:		
- разнос частот между соседними каналами 12,5 кГц	1	
- разнос частот между соседними каналами 25 кГц	2	
2.7 Базовые станции и ретрансляторы в сетях подвижной радиотелефонной связи стандарта IMT-MS-450	0,05	

3. Подвижные станции:		
3.1 Судовые станции и станции спасательных средств:		
- в полосе радиочастот 156-174 МГц	10	
- вне полосы радиочастот 156-174 МГц	50	
станции внутрисудовой связи	5	
3.2 Станции воздушных судов	30 ¹⁴⁾	
- при разносе каналов 50 кГц	50	
3.3 Сухопутные подвижные станции при разносе частот между соседними каналами не менее 20 кГц:		
- в полосе радиочастот 146-235 МГц	10	
- в полосе радиочастот 235-401 МГц	7	
- в полосе радиочастот 401-470 МГц	5	
3.4 Портативное оборудование с мощностью не более 5 Вт, не устанавливаемое на подвижных средствах	15	
3.5 Абонентские станции сетей подвижной радиосвязи стандарта DMR		
- в полосе радиочастот 146-174 МГц	10	
- в полосе радиочастот 300-308 МГц	7	
- в полосе радиочастот 401-470 МГц	5	
3.6 Абонентские станции сетей подвижной радиосвязи стандарта TETRA в полосе радиочастот 380-470 МГц		1000
3.7 Абонентские станции сетей подвижной радиосвязи, использующие угловую модуляцию:		
- разнос частот между соседними каналами 12,5 кГц	1,5	
- разнос частот между соседними каналами 25 кГц	2	
3.8 Абонентские станции в сетях подвижной радиотелефонной связи стандарта IMT-MS-450		300
4. Станции радиоопределения	50 ¹⁵⁾	
в полосе радиочастот 108-117,975 МГц, кроме РЭС воздушной навигации	20 ¹⁵⁾	
5. Радиомаяки – указатели места бедствия на радиочастоте 406,025 МГц		2000
6. Радиовещательные станции (кроме телевизионных)		

6.1 Станции аналоговые звукового радиовещания	0,5 ¹⁰⁾	
6.2 Станции цифровые звукового радиовещания	1	
7. Радиовещательные станции телевизионные ^{11),12)}		
– работающие в режиме простого смещения частоты (изображение и звуковое сопровождение):		
- мощностью менее 1000 Вт		350
- мощностью 1000 Вт и более		100
– работающие в режиме точного смещения частоты		1
8. Космические станции	20	
9. Земные станции	0,5	
Земные станции низкоорбитальных систем:	10 ²⁰⁾	
– центральные	0,1	
– узловые	0,5	
– абонентские	10	
10. Устройства малого радиуса действия	21)	
<u>Полоса радиочастот 470-2400 МГц</u>		
1. Фиксированные станции:		
- мощностью 100 Вт и менее	100	
- мощностью более 100 Вт	50	
радиорелейные станции	15 ¹³⁾	
1.1. Станции радиодоступа для технологий закрытых систем в полосе радиочастот 470-1690 МГц	50	
1.2. Станции радиодоступа для технологий закрытых систем в полосе радиочастот 1690-2100 МГц	25	
1.3. Станции аналоговых систем распределения сигналов телевизионных программ MMDS		100
1.4. Станции цифровых систем распределения сигналов телевизионных программ MMDS	0,1	
1.5. Радиоудлиннители	3	

2. Сухопутные станции	20 ¹⁶⁾	
2.1 Базовые станции сетей подвижной радиосвязи стандарта DMR		
- в полосе радиочастот 470-486 МГц	5	
- в полосе радиочастот 860-865 МГц	2	
2.2 Базовые станции и ретрансляторы систем абонентского радиодоступа технологии DECT		50000
2.3 Базовые станции и ретрансляторы стандарта GSM 900/1800		
- стандартные и микро станции	20	
- пико станции	20	
2.4 Базовые станции и ретрансляторы стандарта UMTS		
- большого радиуса действия	0,05	
- среднего и локального радиуса действия	0,1	
2.5 Базовые станции и ретрансляторы в сетях подвижной радиотелефонной связи стандарта IMT-МС-2000	0,05	
2.6 Базовые станции радиодоступа стандарта LTE:		
- большого радиуса действия	0,05	
- среднего радиуса действия	0,1	
- локального радиуса действия	0,25	
3. Подвижные станции	20 ¹⁶⁾	
3.1 Станции абонентские сетей подвижной радиосвязи стандарта DMR		
- в полосе радиочастот 470-486 МГц	5	
- в полосе радиочастот 815-820 МГц	2	
3.2 Станции абонентские стандарта GSM 900	20	
3.3 Станции абонентские стандарта GSM 1800	20	
3.4 Станции абонентские стандарта UMTS	0,1	
3.5 Станции абонентские в сетях подвижной радиотелефонной связи стандарта IMT-МС-2000		300
3.6 Станции абонентские стандарта LTE	0,1	
4. Станции радиоопределения:	500 ^{15), 27)}	
- с кварцевой стабилизацией	100	
- станции воздушной радионавигации в полосе радиочастот 726-1427 МГц	50 ¹⁸⁾	

5. Радиовещательные станции (кроме телевизионных)	10	
6. Радиовещательные станции телевизионные (в полосе радиочастот 470-960 МГц)^{11),12)}		
- работающие в режиме простого смещения частоты (изображение и звуковое сопровождение):		
- мощностью менее 1000 Вт		350
- мощностью 1000 Вт и более		100
- работающие в режиме точного смещения частоты		1
7. Космические станции	20	
8. Земные станции	0,3	
Земные станции низкоорбитальных систем:	10	
- центральные	0,1	
- узловые до 1 ГГц	0,5	
выше 1 ГГц	0,3	
- абонентские до 1 ГГц	10	
выше 1 ГГц	1	
9. Устройства малого радиуса действия	12 ²¹⁾	
<u>Полоса радиочастот 2400-10500 МГц</u>		
1. Фиксированные станции		
- мощностью 100 Вт и менее	200	
- мощностью более 100 Вт	50	
1.1 Радиорелейные станции	15 ¹³⁾	
1.2 Станции радиодоступа для технологий закрытых систем в полосе радиочастот 2400 - 3600 МГц	25	
1.3 Станции радиодоступа для технологий закрытых систем в полосе радиочастот 5150 - 6425 МГц	20	
1.4 Станции аналоговых систем распределения сигналов телевизионных программ MMDS		100
1.5 Станции цифровых систем распределения сигналов телевизионных программ MMDS	0,1	

2. Сухопутные станции	100	
2.1 Станции радиодоступа стандарта IEEE 802.11a	20	
2.2 Станции радиодоступа стандарта IEEE 802.11b,g	25	
станции радиодоступа стандарта IEEE 802.11n (2400-2483,5 МГц)	25	
2.3 Станции радиодоступа стандарта IEEE 802.11n (5150 - 6425 МГц)	20	
2.4 Станции стандарта IEEE 802.15	75	
2.5 Базовые станции радиодоступа стандарта IEEE 802.16:		
- в режиме SCa и OFDM	8	
- в режиме OFDMA	2	
2.6 Базовые станции радиодоступа стандарта LTE:		
- большого радиуса действия	0,05	
- среднего радиуса действия	0,1	
- локального радиуса действия	0,25	
3. Подвижные станции:		
3.1 Абонентские станции радиодоступа стандарта IEEE 802.16:		
- абонентские станции в режиме SCa	15	
- абонентские станции в режиме OFDM	8	
- абонентские станции в режиме OFDMA	2	
3.2 Абонентские станции радиодоступа стандарта LTE	0,1	
4. Станции радиоопределения:	1250 ¹⁵⁾	
- с кварцевой стабилизацией	100	
радиомаяки микроволновой системы посадки (в диапазоне радиочастот 5 ГГц)		10 000
5. Космические станции	1 ¹⁹⁾	
6. Земные станции	1 ¹⁹⁾	
Земные станции низкоорбитальных систем	10	
- центральные	0,1	
- узловые	0,3	
- абонентские до 3 ГГц	1	
выше 3 ГГц	0,3	
7. Радиовещательные станции телевизионные	0,1 ¹¹⁾¹²⁾	

8. Устройства малого радиуса действия	50	
<u>Полоса радиочастот 10,5-40 ГГц</u>		
1. Фиксированные станции	100	
1.1 Радиорелейные станции	15 ¹³⁾	
1.2 Станции радиодоступа для технологий закрытых систем	20	
1.3 Станции радиодоступа стандарта IEEE 802.16	8	
2. Подвижные станции	300	
3. Станции радиоопределения	3000 ¹⁵⁾	
– с кварцевой стабилизацией	500	
4. Радиовещательные станции	100	
5. Космические станции	1 ¹⁹⁾	
6. Земные станции	1 ¹⁹⁾	
7. Устройства малого радиуса действия	50	
<u>Полоса радиочастот 40-275 ГГц</u>		
1. Фиксированные станции	150	Допустимое отклонение частоты не должно быть больше чем 2% от значения НШПЧ
1.1 Радиорелейные станции	150 ¹³⁾	
1.2 Станции радиодоступа для технологий закрытых систем	15 ²²⁾	
1.3 Станции радиодоступа стандарта IEEE 802.16	8	
2. Подвижные станции	50	
3. Станции радиоопределения	5000 ¹⁵⁾	
4. Радиовещательные станции	100	
5. Космические станции	100 ¹⁹⁾	
6. Земные станции	100 ¹⁹⁾	
7. Устройства малого радиуса действия	50	

Примечания к таблице 1

1) Для передатчиков береговых станций, используемых для буквопечатающей телеграфии или передачи данных, допустимое отклонение частоты составляет:

± 5 Гц – при узкополосной фазовой модуляции;

± 10 Гц – при частотной модуляции и для передатчиков, используемых для цифрового избирательного вызова.

2) Для передатчиков судовых станций, используемых для буквопечатающей телеграфии или передачи данных, допустимое отклонение частоты, составляет:

± 5 Гц – при узкополосной фазовой модуляции;

± 10 Гц – при частотной модуляции и для передатчиков, используемых для цифрового избирательного вызова.

3) Если аварийный передатчик одновременно является резервным для основного, то его допустимое отклонение частоты должно быть таким же, как и для основного.

4) Для однополосных передатчиков стационарных станций, работающих в полосах частот, распределённых на исключительной основе воздушной подвижной службе, допустимое отклонение частоты составляет ± 10 Гц.

5) Для однополосных радиотелефонных передатчиков с пиковой мощностью 2 Вт и менее допустимое отклонение частоты составляет ± 40 Гц, а с мощностью более 2 Вт составляет ± 20 Гц.

6) Для передатчиков, используемых для однополосной радиосвязи с мощностью более 2 Вт, допустимое отклонение частоты составляет ± 20 Гц, а для передатчиков, используемых для радиотелеграфии с частотной модуляцией, а также для передатчиков мощностью 2 Вт и менее, используемых для однополосной радиосвязи составляет ± 40 Гц.

7) Для стационарных станций, обслуживающих международные авиалинии, а также для станций с разносом каналов 8,33 кГц, допустимое отклонение частоты составляет ± 10 Гц.

8) Для передатчиков небольших судов, работающих в прибрежных водах или вблизи них с мощностью несущей не более 5 Вт в полосе радиочастот 26175-27500 кГц с излучениями классов АЗЕ, F3Е или G3Е, допустимое отклонение частоты составляет 40×10^{-6} .

9) Для однополосных радиотелефонных передатчиков допустимое отклонение частоты составляет ± 50 Гц. Для однополосных радиотелефонных передатчиков в полосе радиочастот 26175-27500 кГц с пиковой мощностью огибающей не более 15 Вт основное допустимое отклонение равно 40×10^{-6} .

10) Для передатчиков со средней мощностью 50 Вт или меньше, которые работают на частотах ниже 108 МГц (в полосах радиочастот 29,7-100 МГц и 100-470 МГц), допустимое отклонение составляет ± 3000 Гц.

11) Для станций аналогового телевизионного вещания мощностью:

50 Вт (пиковая мощность огибающей изображения) или меньше, работающих в полосе радиочастот 48,5-100 МГц;

100 Вт (пиковая мощность огибающей изображения) или меньше, работающих в полосе радиочастот 100-960 МГц,

и которые принимают входной сигнал от других телевизионных станций, допустимое отклонение по эксплуатационным причинам может не соблюдаться. Для таких станций допустимое отклонение частоты составляет ± 2000 Гц.

Для станций мощностью 1 Вт (пиковая мощность огибающей изображения) или меньше допустимое отклонение составляет:

- ± 5 кГц в полосе радиочастот 48,5-470 МГц;
- ± 10 кГц в полосе радиочастот 470-960 МГц.

¹²⁾ Для передатчиков цифрового телевизионного вещания стандарта DVB, работающих в полосах радиочастот 174-230 МГц и 470-862 МГц, допустимое отклонение частоты составляет ± 100 Гц, при этом допустимое отклонение частоты для передатчиков, входящих в состав одночастотной сети (SFN), в пределах указанной величины допустимого отклонения частоты составляет:

- ± 1 Гц – для передатчиков DVB-T;
- $\pm 0,5$ Гц – для передатчиков DVB-T2.

¹³⁾ Для радиорелейного оборудования, введённого в эксплуатацию до 01.01.1995, сохраняется норма 100×10^{-6} .

¹⁴⁾ Для станций воздушных судов с разносом каналов 25 кГц, обслуживающих международные авиалинии, а также для станций с разносом каналов 8,33 кГц допустимое отклонение частоты составляет ± 10 Гц. В режиме цифровой передачи данных допустимое отклонение частоты составляет 2×10^{-6} .

¹⁵⁾ Это допустимое отклонение частоты относится к станциям, использующим фиксированные рабочие частоты. Для остальных станций нестабильность радиопередатчиков не должна приводить к излучениям вне выделенной полосы частот.

¹⁶⁾ Для базовых и подвижных станций сухопутной подвижной службы с разносом между каналами 12,5 кГц, работающих в полосе радиочастот 470-960 МГц, рекомендуется применять норму $1,5 \times 10^{-6}$.

¹⁷⁾ Для радионавигационных подвижных станций допускается нестабильность 1500×10^{-6} при условии, что излучения находятся в пределах выделенной полосы.

¹⁸⁾ Для сухопутных станций воздушной радионавигации допустимое отклонение частоты составляет 20×10^{-6} .

¹⁹⁾ Допустимое отклонение частоты составляет:

а) для радиопередатчиков широкополосных систем:

космических станций $0,5 \times 10^{-6}$,

земных станций $0,3 \times 10^{-6}$,

б) для радиопередатчиков, использующих один канал на несущей, космических и земных станций $0,2 \times 10^{-6}$.

²⁰⁾ Для спутниковых аварийных радиомаяков – указателей места бедствия, работающих в полосе радиочастот 406-406,1 МГц, допустимое отклонение частоты составляет 20×10^{-6} .

²¹⁾ Допустимое отклонение частоты для устройств малого радиуса действия, излучающих сигналы с НШПЧ до 25 кГц, не должна превышать пределов, установленных в таблице 2.

Таблица 2

Диапазон радиочастот, МГц	< 29.7	29.7 – 100	100 – 300	300 – 500	500 – 1000
Допустимое отклонение частоты, \pm кГц	10	10	10	12	12,5

Допустимое отклонение частоты для передатчиков станций малого радиуса действия, излучающих сигналы с НШПЧ более 25 кГц, не должно превышать 100×10^{-6} в диапазоне частот от 25 МГц до 1000 МГц.

В диапазонах частот свыше 1000 МГц допустимое отклонение частоты для передатчиков устройств малого радиуса действия, не должно превышать 50×10^{-6} .

²²⁾ Для станций радиодоступа для беспроводной передачи данных в диапазонах радиочастот 71-76 ГГц, 81-86 ГГц, 92-95 ГГц при амплитудной модуляции величина допустимого отклонения частоты сигнала на выходе передающего тракта не должна превышать 200×10^{-6} .

²³⁾ Для стационарных радиовещательных передатчиков, работающих с амплитудной модуляцией в диапазонах радиочастот от 0,1485 МГц до 0,2835 МГц, от 0,5265 до 1,6065 МГц и от 3,95 МГц до 26,1 МГц, допустимое отклонение частоты составляет 1×10^{-6} .

6. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МЕТОДАМ ИЗМЕРЕНИЙ ЧАСТОТЫ РАДИОПЕРЕДАТЧИКОВ ВСЕХ КАТЕГОРИЙ ГРАЖДАНСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ЕЕ ОТКЛОНЕНИЯ

6.1 Общие положения

6.1.1 Контроль допустимого отклонения частоты проводят в соответствии с методиками измерений, методиками испытаний, установленными техническими условиями на конкретные типы радиопередатчиков, которые должны соответствовать требованиям настоящих Норм и методам измерений, изложенным ниже.

Отклонение частоты излучения радиопередатчика должно удовлетворять требованиям настоящих Норм, с учетом погрешности, приписанной используемой методике измерений.

6.1.2 Контроль допустимого отклонения частот разрешается проводить по характерной частоте спектра сигнала, с нормированным значением отклонения этой составляющей спектра от центральной частоты излучения. В этом случае должна быть точно определена поправка, которая должна быть введена в результат измерения. Эта поправка должна учитываться при расчете отклонения центральной частоты сигнала от номинального значения.

6.1.3 Основными методами измерения, применяемыми при контроле допустимого отклонения частоты радиопередатчиков, являются:

- метод, основанный на использовании электронно-счетных частотомеров;
- методы с использованием анализаторов спектра;
- метод сравнения измеряемой частоты с частотой эталонного генератора.

Таблица 1

Вид сигнала	Метод измерения			
	Измерение с использованием электронно-счетного частотомера (п. 6.4.1)	Измерение с использованием анализатора спектра, настраиваемого по частоте развертки (п. 6.5.1)	Измерение с использованием анализатора спектра в режиме быстрого преобразования Фурье (п. 6.5.2)	Измерение с помощью метода сравнения измеряемой частоты с частотой эталонного генератора (п. 6.6.1)
Непрерывная несущая (N0N)	+	+	+	+
Телеграфия Морзе (A1x)		+	+	+
Телеграфия Морзе (A2x; H2x)	+	+	+	+
Радиотелеграфия (F1B; F7B)		+	+	+
Факсимильная связь (F1C)		+	+	+
Радиовещание и радиотелефония (A3E)	+	+	+	+
Радиовещание и радиотелефония (H3E; R3E; B3E)		+	+	+
Радиовещание и радиотелефония (F3E)	+	+	+	
Радиотелефония (J3E)	+ <1>	+	+	
Цифровое радиовещание (COFDM)		+	+	
Аналоговое телевизионное вещание (C3F)	+	+	+	+
Радиорелейная связь с ЧПК (F8E)	+	+	+	
Импульсные радарные сигналы		+	+	
Беспроводные телефонные системы (F1D, F2x, F3E, G3E)		+	+	
Системы МДВР "пункт-множество пунктов"		+	+	

Подвижная радиотелефонная служба (G7W, G7D, G7E, D7W, D7D, D7E)		+	+	
Спутниковые службы и системы радиодоступа для беспроводной передачи данных (D1W, D7W, F1D, F7D, F7W, F7DD, F7WD, G1D, G1E, G1F, G1W, G1X, G2D, G7D, G7E, G7F, G7W, G9D, G9W)		+	+	

Примечание: для РЭС с излучением класса J3E предусмотрены специальные схемы измерения (п. п. 6.4.2, 6.4.3).

В таблице 1 отмечены возможности использования того или иного метода измерения частоты для контроля различных видов сигналов.

Измерение отклонения частоты может проводиться с подключением к высокочастотному тракту или дистанционно - без непосредственного подключения к нему (т.н. режим измерений при связи между контролируемым передатчиком и измерительным приемником по полю).

При измерении с подключением к высокочастотному тракту должна быть обеспечена возможность управления режимами работы передатчика для установления рекомендуемого режима работы. Если измерение производится дистанционно, то управление режимами работы передатчика не обязательно, но рекомендуется.

6.1.4 Относительная погрешность, при измерении отклонения частоты, должна быть не более 0,1 <1> нормы допустимого отклонения частоты.

6.1.5 Метрологические характеристики используемых средств измерений и вспомогательного оборудования должны обеспечивать необходимую точность измерений. Конкретные требования к ним должны определяться в соответствующих методиках измерений, уточняющих настоящие методы измерений.

<1> Для радиопередатчиков станций радиоопределения, работающих в режиме импульсной модуляции короткими импульсами в полосе частот 100 - 10500 МГц, допустимая точность измерения отклонения частоты одного порядка с контролируемой нормой. Для радиопередатчиков с прямым методом стабилизации допускается производить измерения частоты непрерывного сигнала в промежуточных каскадах, начиная с возбуждителя частоты.

6.2 Условия измерений

6.2.1 Условия окружающей внешней среды: температура и давление окружающей среды, относительная влажность воздуха, определяются рабочими условиями, в которых разрешено использование СИ и вспомогательных средств.

При отличии реальных условий измерения от нормальных в погрешности измерений должна учитываться дополнительная погрешность.

6.2.2 Испытуемый радиопередатчик должен работать в режиме излучения, указанном в приложении А.

Если установление передатчика в указанный режим невозможно, то измерения производятся в одном из штатных режимов, предусмотренных в ТУ на радиопередатчик.

6.2.3 В ходе измерений необходимо исключить влияние электромагнитных излучений и колебаний посторонних источников на результаты измерений и контроля. Требования к допустимым уровням помеховых излучений должны быть определены в соответствующих методиках измерений, уточняющих настоящие методы измерений.

6.2.4 При измерении отклонения частоты уровень сигнала должен превышать уровень шумов на величину, которая обеспечит требуемую погрешность измерений. Такие требования к минимальному значению отношения сигнал/шум должны задаваться конкретной методикой измерений.

6.2.5 Дополнительные условия при дистанционном измерении отклонения частоты.

Условия окружающей внешней среды:

отсутствие осадков;

воздействие на антенну различных факторов окружающей внешней среды, приводящих к увеличению погрешности измерения (самопроизвольное изменение положения измерительной антенны вследствие воздействия на нее ветровой нагрузки, изменение характеристик антенны при расположении в непосредственной близости от отражающих поверхностей, наличие импульсных и других видов помех), должно быть снижено до такого уровня, когда вызываемая этими факторами дополнительная погрешность не будет превышать допустимой величины, установленной конкретной методикой измерений.

Минимальное расстояние между антенной испытуемого передатчика D_a и антенной измерительной установки $D_{иа}$ должно соответствовать дальней зоне этих антенн и определяется одним из следующих уравнений:

$$r_{\min} = \frac{2D^2}{\lambda_0}, \text{ если } D_a < 0,4 \times D_{иа} \text{ или } D_{иа} < 0,4 \times D_a,$$

где D - максимальный размер раскрыва наибольшей из антенн, m^2 , или

$$r_{\min} = \frac{5D_a D_{\text{иа}}}{\lambda_0}, \text{ если } D_a \approx D_{\text{иа}}.$$

Для слабонаправленных антенн минимальное расстояние между ними должно удовлетворять условию $r_{\min} \geq \lambda$.

Измерительная антенна должна быть установлена в пространстве в соответствии с поляризацией измеряемого сигнала и ориентирована по максимуму принимаемого сигнала.

6.3 Подготовка к выполнению измерений

6.3.1 При подготовке к проведению измерений проводятся следующие работы:

- рекогносцировка района проведения измерений;
- выбор площадок измерений;
- подготовка необходимой измерительной аппаратуры.

Примечание:

При выборе площадок учитывается характер прилегающей местности (рельеф, растительный покров, застройка и пр.), сведения из предыдущих проверок и сведения от оператора связи.

6.3.2 Непосредственно перед измерениями на каждой измерительной площадке производятся следующие работы:

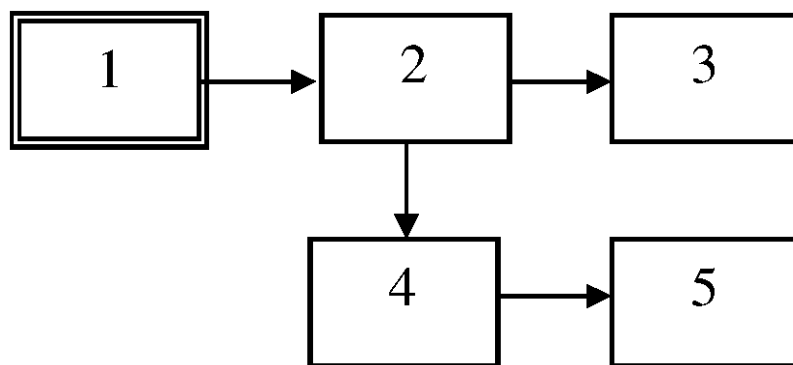
- сбор схемы измерения;
- подготовка СИ к измерениям.

6.3.3 При подготовке СИ их необходимо прогреть в течение времени, указанного в "Руководстве по эксплуатации", при необходимости выполнить настройку и калибровку СИ и измерительных трактов. Вспомогательные устройства необходимо подготавливать в соответствии с правилами, указанными в инструкциях по эксплуатации на эти устройства.

6.4 Контроль допустимого отклонения частоты радиопередатчиков с использованием электронно-счетных частотомеров

6.4.1 Контроль допустимого отклонения частоты радиопередатчиков, основанный на использовании электронно-счетных частотомеров, проводят по схеме подключения оборудования, представленной на рисунке 1.

Допускается подключать электронно-счетные частотомеры к промежуточным каскадам радиопередатчика (возбудителю, предварительному усилителю и др.).



1 - контролируемый радиопередатчик; 2 - устройство связи (направленный ответвитель);
 3 - эквивалентное нагрузочное сопротивление (эквивалент антенны); 4 - аттенюатор; 5 - электронно-счетный частотомер

Рисунок 1 - Схема подключения оборудования при измерении частоты радиопередатчика с применением электронно-счетного частотомера

Для обеспечения требуемой погрешности измерений возможно использовать частотомер с внешним источником опорной частоты на основе стандарта частоты.

Рабочую частоту радиопередатчика $f_{\text{и}}$ измеряют частотомером (5) с погрешностью не более определенной в п. 6.1.4.

Среднее арифметическое значение $\Delta f_{\text{ср}}$ абсолютных величин разностей между измеренными и присвоенным значениями частоты (Гц) на $n \geq 10$ множестве измерений вычисляют по формуле:

$$\Delta f_{\text{ср}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |f_{\text{и}i} - f_{\text{п}}|, \quad (3)$$

где $f_{\text{и}i}$ - значение рабочей частоты радиопередатчика, полученное при i -м измерении, Гц;

$f_{\text{п}}$ - значение присвоенной частоты радиопередатчика, Гц;

Контролируемый передатчик удовлетворяет требованиям Норм, если выполняются условия:

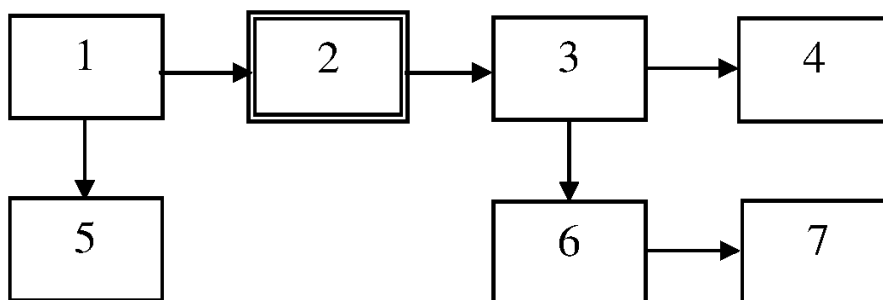
$$\frac{\Delta f_{\text{ср}}}{f_{\text{п}}} \leq N \times 10^{-6}, \quad (4)$$

$$\Delta f_{\text{ср}} \leq N_{\text{абс}}, \quad (5)$$

где N и $N_{абс}$ - максимально допустимое отклонение частоты, заданное относительным или абсолютным значением соответственно.

6.4.2 Контроль допустимого отклонения частоты радиопередатчиков с излучениями класса J3E <2>.

Измерения проводят по схеме подключения оборудования, представленной на рисунке 2.



1 - генератор модулирующих сигналов; 2 - контролируемый радиопередатчик (в режиме передачи); 3 - устройство связи (направленный ответвитель); 4 - эквивалентное нагрузочное сопротивление (эквивалент антенны); 5, 7 - электронно-счетные частотомеры; 6 - аттенюатор

Рисунок 2 - Схема подключения оборудования при измерении частоты радиопередатчика с излучением класса J3E

На вход радиопередатчика подают модулирующий сигнал частотой 1000 Гц с уровнем, при котором выходная мощность радиопередатчика получается равной номинальному значению. Необходимый уровень сигнала на входе измерителя частоты (7) устанавливается аттенюатором (6). Частоту модулирующего сигнала при измерениях поддерживают равной 1000 Гц.

На выходе радиопередатчика измеряют частоту сигнала $f_{и}$ и определяют отклонение измеренной частоты от присвоенного значения $f_{п}$ по формуле:

$$\Delta f_{и} = |f_{и} - (f_{п} \pm 1000)|, \text{ Гц. (6)}$$

В формуле (6) "+" соответствует передаче верхней боковой полосы, "-" - передаче нижней боковой полосы.

Повторяют (не менее 10 раз) измерения, и для каждого i -го измерения определяют по формуле (6) отклонение $\Delta f_{иi}$.

<2> Измерение отклонения частоты излучений, носящих импульсный характер, (например, излучения судовых РЭС) выполняют с использованием анализатора спектра в соответствии с п. 6.5.

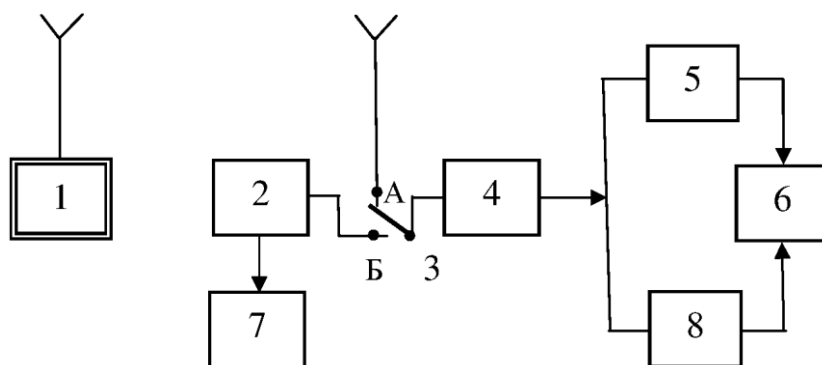
Рассчитывают среднее арифметическое значение разностей между измеренными частотами и присвоенной частотой на множестве измерений $n \geq 10$ по формуле:

$$\Delta f_{\text{cp}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta f_{\text{ии}}, \quad (7)$$

где $\Delta f_{\text{ии}}$ - определяется по формуле (6).

Контролируемый передатчик удовлетворяет норме, если выполняются условия (4) или (5).

6.4.3 Контроль допустимого отклонения частоты радиопередатчиков с излучениями класса J3E может проводиться дистанционно по схеме подключения оборудования, представленной на рисунке 3.



1 - контролируемый радиопередатчик; 2 - синтезатор частот;
3 - переключатель; 4 - радиоприемник; 5, 8 - полосовые
фильтры, настроенные на первую и вторую гармоники основной
частоты речевого спектра; 6 - осциллограф;
7 - электронно-счетный частотомер

Рисунок 3 - Схема подключения оборудования при дистанционном измерении частоты радиопередатчика с излучением класса J3E

Проводят настройку радиоприемника (4) (переключатель (3) в положении А), добиваясь максимального значения передаваемого сигнала и устойчивой фигуры Лиссажу на экране осциллографа.

Переключатель (3) переводят в положение Б, частоту синтезатора частот (2) устанавливают по нулевым биениям на выходе усилителя низкой частоты радиоприемника. Частоту синтезатора частот, которая в этом случае будет равна частоте $f_{\text{ии}}$ подавленной несущей, измеряют с помощью электронно-счетного частотомера (7).

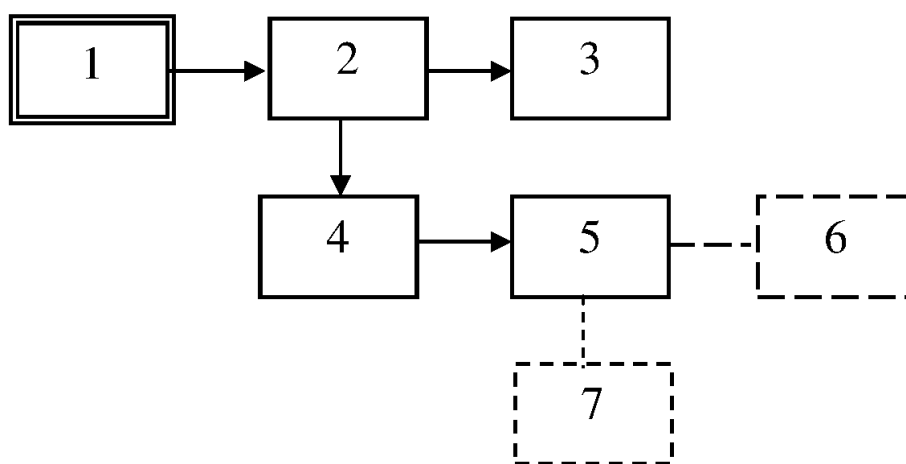
Измерение $f_{\text{ии}}$ повторяют не менее 10 раз ($n \geq 10$). Обработку результатов измерений проводят по методике п. 6.4.2. Контролируемый передатчик удовлетворяет норме, если выполняются условия (4) или (5).

6.5 Контроль допустимого отклонения частоты радиопередатчиков с использованием анализатора спектра

6.5.1 Контроль допустимого отклонения частоты радиопередатчика, основанный на использовании анализаторов спектра, проводят по схемам подключения оборудования, представленных на рисунках 4 и 6.

Измерения проводят как в режиме с отключенной модуляцией, так и в штатном режиме работы передатчика.

При применении анализатора спектра для измерения отклонения частоты возможно использование двух методов: метод с использованием анализатора спектра, настраиваемого по частоте развертки, и метод с использованием анализатора спектра в режиме быстрого преобразования Фурье.



1 - контролируемый радиопередатчик; 2 - устройство связи (направленный ответвитель); 3 - эквивалентное нагрузочное сопротивление (эквивалент антенны); 4 - аттенюатор;
5 - анализатор спектра; 6 - внешний частотомер;
7 - стандарт частоты

Рисунок 4 - Схема подключения оборудования при измерении частоты радиопередатчика с применением анализатора спектра

6.5.2 Подготовка к измерениям отклонения частоты с использованием анализатора спектра, настраиваемого по частоте развертки, в части, касающейся выбора испытательного сигнала и установки параметров анализатора спектра, проводится в соответствии с методами измерения ширины полосы радиочастот и внеполосных излучений радиопередатчиков, используемых для контроля требований Норм 19-21.

Вычисляют значение присвоенной полосы частот V_n радиопередатчика по формуле:

$$V_n = V_n + (2 \times N_{abc}), \quad (8)$$

где V_n - значение присвоенной полосы частот, Гц;

B_n - значение необходимой ширины полосы частот, Гц;

$N_{абс}$ - норма на допустимое отклонение частоты радиопередатчика.

На спектрограмме, отображенной на экране анализатора спектра, находят две точки, лежащие на пересечении выбранного уровня с составляющими спектра сигнала, превышающими этот уровень, и имеющие минимальную и максимальную частоту. Разность значений по оси частот этих двух точек равна B_n .

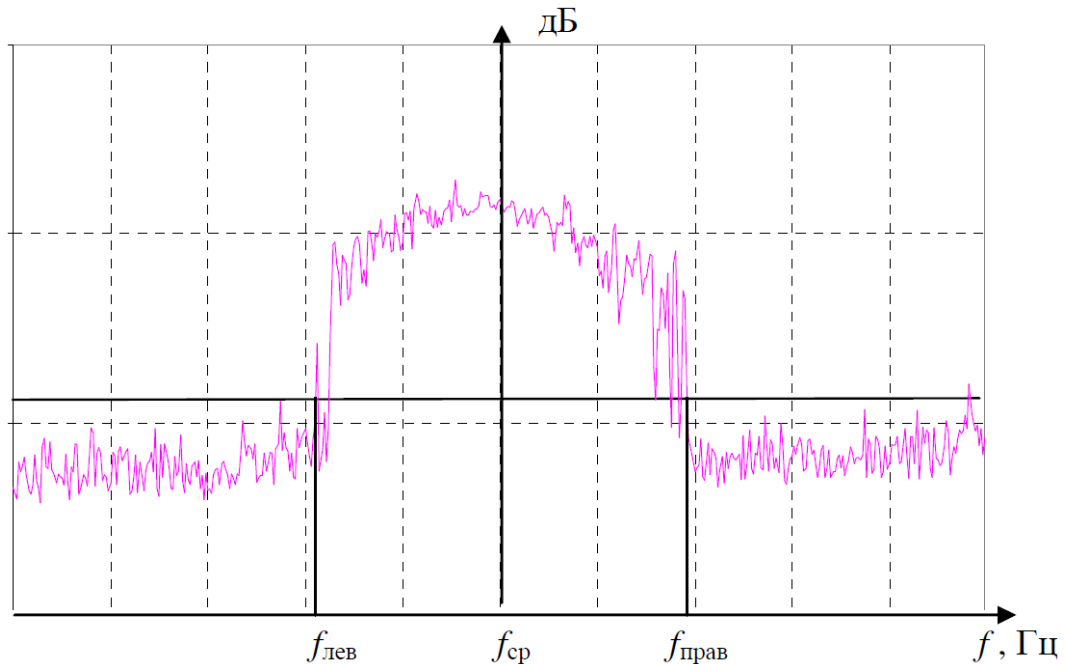


Рисунок 5 - Иллюстрация метода определения $f_{ср}$

Измеряют значения частот этих точек $f_{лев}$ и $f_{прав}$ (см. рисунок 5). Вычисляют среднюю частоту присвоенной полосы частот $f_{ср.i}$ и ее отклонение $\Delta f_{ср.i}$; от присвоенной частоты по формулам:

$$f_{ср.i} = 0,5 \times (f_{лев} + f_{прав}) \quad (9)$$

$$\Delta f_{иi} = |f_{ср.i} - f_{п}| \quad (10)$$

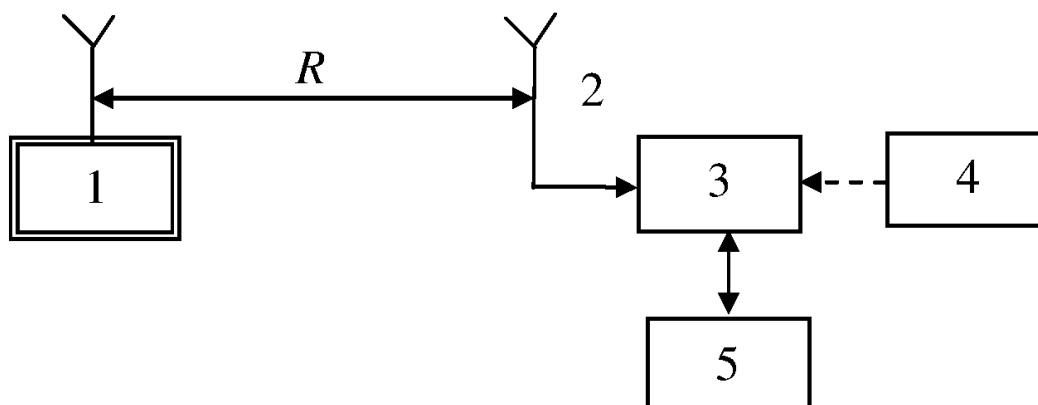
Аналогичную процедуру измерений повторяют n раз ($n \geq 10$).

Для каждого i -го измерения по формуле (10) рассчитывают величину отклонения $\Delta f_{иi}$.

Рассчитывают среднее арифметическое значение разностей $\Delta f_{иi}$ на множестве измерений $n \geq 10$ по формуле (7), в которой $\Delta f_{иi}$ определено по формуле (10).

Контролируемый передатчик удовлетворяет норме, если выполняются условия (4) или (5).

При дистанционном измерении частоты радиопередатчика оборудование подключают по схеме, представленной на рисунке 6.



1 - контролируемый радиопередатчик;
2 - измерительная антенна; 3 - анализатор спектра;
4 - стандарт частоты; 5 - компьютер

Рисунок 6 - Схема подключения оборудования при дистанционном измерении частоты радиопередатчика с применением анализатора спектра

При дистанционных измерениях должны соблюдаться условия измерений, приведенные в подразделе 6.1.5.

6.5.3 Метод измерения центральной частоты радиосигналов радиоэлектронных средств основан на обработке мгновенного спектра радиосигнала с целью определения его средней частоты излучения - "центра тяжести".

Примечание.

При использовании этого метода вводится предположение о том, что "центр тяжести" совпадает с частотой сигнала и спектр сигнала симметричен.

Собирают измерительную установку в соответствии со структурной схемой, приведенной на рисунке 4, если измерение производят с подключением к высокочастотному тракту, или в соответствии со схемой, изображенной на рисунке 6, если измерение выполняется дистанционно. Анализатор спектра должен работать в режиме быстрого преобразования Фурье для получения мгновенного спектра радиосигнала.

Обработку измерений проводят с помощью специального программного обеспечения, входящего в состав анализатора спектра. Алгоритм обработки заключается в следующем.

По спектрограмме сигнала определяется средний уровень шума и, для уменьшения погрешности измерения, отбрасываются отсчеты с уровнем менее чем на 6 дБ превышающие уровень шума.

Вычисляется приблизительный центр тяжести спектрограммы из условия:

$$\int_{F_{\text{нач}}}^{f_0} S(f)df = \int_{f_0}^{F_{\text{кон}}} S(f)df,$$

где $F_{\text{нач}}$ и $F_{\text{кон}}$ - граничные частоты полосы обзора;

S_i - значение спектральных составляющих, мкВт.

Интегрирование осуществляется численным методом. Выполнение условия определяется по изменению знака разности двух интегралов. Номер шага (частоты) k , на котором произошла смена знака, определяет положение центра тяжести.

Вычисление центральной частоты сигнала осуществляется с помощью линейной интерполяции по формуле

$$f_{\text{и}} = -\frac{a}{b}, \quad (12)$$

где $a = \frac{\Delta I_k - \Delta I_{k-1}}{f_k - f_{k-1}}$, $b = \Delta I_k - \frac{\Delta I_k - \Delta I_{k-1}}{f_k - f_{k-1}} f_k$ - коэффициенты линейной интерполяции;

ΔI - левый интеграл из выражения (11).

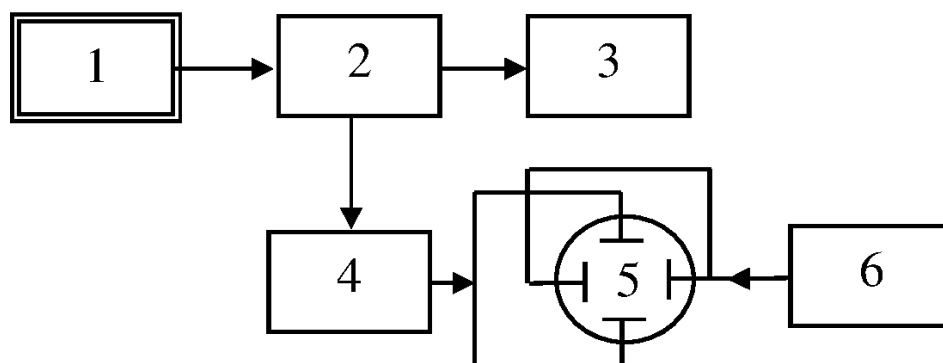
Выполняют не менее $n \geq 10$ наблюдений частоты. Обработку результатов ведут в соответствии с выражением (3).

Контролируемый передатчик удовлетворяет норме, если выполняются условия (4) или (5).

6.6 Контроль допустимого отклонения частоты радиопередатчиков, основанный на методе сравнения измеряемой частоты с частотой генератора эталонной частоты

6.6.1 Измеряемое значение рабочей частоты радиопередатчика $f_{\text{и}}$ определяют из условия равенства или известной кратности другой частоте, принимаемой в качестве опорной частоты $f_{\text{оп}}$. Для индикации равенства или кратности этих частот применяют осциллограф (осциллографический способ).

Схема подключения оборудования приведена на рисунке 7.



1 - контролируемый радиопередатчик; 2 - устройство связи (направленный ответвитель); 3 - эквивалентное нагрузочное сопротивление (эквивалент антенны); 4 - аттенюатор; 5 - осциллограф; 6 - генератор образцовой частоты

Рисунок 7 - Схема подключения оборудования при измерении частоты радиопередатчика осциллографическим способом

Для определения $f_{иi}$ осциллографическим способом (при i -м измерении) напряжение $f_{п}$ подают на вход усилителя горизонтального отклонения (синхронизация, вход "X"), а напряжение $f_{иi}$ - на вход усилителя вертикального отклонения осциллографа (вход "Y"). Внутренний генератор развертки осциллографа выключают.

Изменением $f_{оп}$ добиваются получения на экране электронно-лучевой трубки неподвижной или медленно вращающейся фигуры Лиссажу. Если последняя представляет собой наклонную прямую, эллипс или окружность, то сравниваемые частоты равны.

Точность измерений зависит от точности градуировки шкалы генератора опорной частоты и от стабильности сравниваемых частот.

Измерения $f_{иi}$ повторяют не менее 10 раз ($n \geq 10$). Обработку результатов измерений проводят по формуле (3).

Контролируемый передатчик удовлетворяет норме, если выполняется одно из условий (4) или (5).

Приложение А

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ РАДИОПЕРЕДАТЧИКОВ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ДОПУСТИМЫХ ОТКЛОНЕНИЙ ЧАСТОТЫ

А.1 Общие положения

А.1.1 Измерения допустимых отклонений частоты перечисленных в таблице А.1 типов передачи проводят с использованием основного эксплуатационного класса излучения передатчика.

А.1.2 Измерения проводят при максимальной скорости передачи для нормальных условий эксплуатации. Во всех случаях, где это возможно, измерения проводят без использования модуляции. Для классов излучения, приведенных в таблице А.1, включают

модулирующие частоты, стандартные (максимальные) для данного класса излучения и испытываемой системы. Для обеспечения однозначности результатов измерений в таблице А.1 даны рекомендуемые режимы модуляции.

Таблица А.1

Тип передачи и ее характеристика	Обозначение класса излучения	Режим работы радиопередатчика при контроле
Амплитудная модуляция (манипуляция)		
<p>Одна боковая полоса, - несущая подавлена - несущая ослаблена - две независимые боковые полосы.</p> <p>Примечание: Для этих классов излучения при измерениях учитывается "смещение" номинала присвоенной излучению частоты от номинала несущей частоты</p>	J3E R3E	<p>1. Излучение несущей без модуляции. 2. Излучение одной боковой полосы с модулирующей частотой 1000 Гц.</p>
<p>Факсимиле.</p> <p>Одна боковая полоса, несущая ослаблена</p>	R3C	Излучение одной боковой полосы в режиме передачи изображения (черного - при негативной модуляции, белого - при позитивной модуляции) при максимальной пиковой мощности огибающей
<p>Многоканальная тональная телеграфия.</p> <p>Одна боковая полоса с ослабленной несущей</p>	R7B	Излучение одной боковой полосы, модулированной в одном из каналов одновременно двумя тонами, при уровне каждого тона, равном 50% значения мощности огибающей. Рекомендуемые модулирующие частоты 400 Гц и 700 Гц.
Телевидение (только изображение), частично подавлена боковая полоса	C3F	Излучение несущей при уровне мощности, соответствующем уровню черного поля.
Случаи, не предусмотренные выше, например, комбинированная передача телефонии и телеграфии; две независимые боковые полосы	A9W, B9W,	Излучение двух боковых полос, каждая из которых модулирована одним тоном с уровнем, равным 50% значения, соответствующего максимальной пиковой мощности огибающей. Рекомендуемые модулирующие частоты 400 Гц и 700 Гц.

Частотная модуляция (манипуляция)		
Телеграфирование одноканальное (включая цифровую передачу)	F1B, F1D	Излучение с максимальной мощностью и максимально возможной скоростью манипуляции.
Двойное частотное телеграфирование	F7B	Излучение одной максимальной из четырех частот манипуляции
Телеграфирование многоканальное (включая цифровую передачу)	F7D, F7W и подобные	Излучение с максимальной мощностью и максимально возможной скоростью манипуляции.
Телефония, радиовещание, звуковое сопровождение телевидения	F3E	1. Излучение несущей без модуляции. 2. Излучение с максимальной мощностью и модулирующей частотой 3000 Гц
Широкополосный сигнал с частотной манипуляцией поднесущих	F9D, F9W	Излучение всех поднесущих с одинаковым уровнем
Фазовая модуляция (манипуляция)		
Непрерывная фазоманипулированная несущая	G1B G1D G7D G7W	1. Излучение несущей при максимальной мощности (без модуляции). (Примечание: учитывается применяемый характер уплотнения каналов для систем многоканальной передачи) 2. Излучение с максимальной мощностью и максимально возможной скоростью манипуляции.
Широкополосный сигнал с относительной фазовой манипуляцией поднесущих	G9W	Излучение всех поднесущих с одинаковым уровнем при максимальной суммарной мощности (без модуляции)
Импульсная модуляция (манипуляция)		
	Все классы излучения, кроме PON	Излучение серии импульсов при максимальной пиковой мощности огибающей (измеренной при отсутствии модуляции)

Библиография

- [1] Нормы 17-99. Радиопередатчики всех категорий и назначений. Требования на допустимые отклонения частоты. Методы измерений и контроля.
- [2] Нормы 19-02. Нормы на ширину полосы радиочастот и внеполосные излучения радиопередатчиков гражданского применения.
- [3] Радиорегламент, редакция 2008 г., Международный союз электросвязи Radio Regulations, Edition of 2008, ITU.
- [4] Рекомендация МСЭ-Р SM-1045-1. Отклонения частоты передатчиков. Recommendation ITU-R SM-1045-1. Frequency tolerance of transmitters, 1997.
- [5] База данных ГКРЧ по форме №1 «ТТД РЭС» за 1995-2004 гг.
- [6] ГОСТ 20532-83 Радиопередатчики телевизионные I-V диапазонов. Основные параметры, технические требования и методы измерений.
- [7] ГОСТ Р 50657-94. Совместимость радиоэлектронных средств электромагнитная. Устройства радиопередающие всех категорий и назначений народнохозяйственного применения. Требования к допустимым отклонениям частоты. Методы измерений и контроля.
- [8] ГОСТ Р 51741-2001 Передатчики радиовещательные стационарные диапазона ОВЧ. Основные параметры, технические требования и методы измерений.
- [9] ГОСТ Р 51742-2001 Передатчики радиовещательные стационарные с амплитудной модуляцией диапазонов низких, средних и высоких частот. Основные параметры, технические требования и методы измерений.
- [10] ГОСТ Р 55696-2013 Телевидение вещательное цифровое. Передающее оборудование для цифрового наземного телевизионного вещания DVB-T/T2. Технические требования. Основные параметры. Методы измерений.