

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ
РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ.**

**ГЛАВНЫЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ
ВРЕМЕНИ И ЧАСТОТЫ РФ
ФГУП «ВНИИФТРИ»**

141570, п/о Менделеево, Солнечногорского р-на,
Московской обл., Россия

Тел.: (495) 660-57-21

E-mail: nio7@vniiftri.ru

www.vniiftri.ru

БЮЛЛЕТЕНЬ В 17 / 2020

ЭТАЛОННЫЕ СИГНАЛЫ ЧАСТОТЫ И ВРЕМЕНИ

**ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПРОГРАММЫ
ПЕРЕДАЧ ЧЕРЕЗ РАДИОСТАНЦИИ,
НАЗЕМНЫЕ И КОСМИЧЕСКИЕ
СРЕДСТВА НАВИГАЦИИ И
ГЛОБАЛЬНУЮ СЕТЬ ИНТЕРНЕТ**

Москва 2020 г

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ:

ГСВЧ	- Государственная служба времени, частоты и определения параметров вращения Земли РФ;
ГЭВЧ	- Государственный первичный эталон времени, частоты и национальной шкалы времени РФ;
ЭСЧВ	- эталонные сигналы частоты и времени;
ШВ	- шкала времени
РЕ	- размер единиц;
UTC(SU)	- национальная шкала координированного времени России;
ГЛОНАСС	- Глобальная навигационная спутниковая система России;
ТЗВ	- текущие значения времени

Эталонные сигналы частоты и времени являются средством передачи размеров единиц и шкал времени и представляют собой несущие колебания, модулированные по амплитуде, фазе или частоте сигналами, содержащими временные метки ШВ, а также информацию о текущих значениях времени, дате и другую дополнительную информацию (см. пп. 1.3, 1.4, приложения 2, 3).

ЭСЧВ предназначены для передачи размеров единиц времени, частоты и шкалы координированного времени UTC (SU) от государственного первичного эталона к эталонным и рабочим средствам измерений с целью обеспечения единства измерений времени и частоты в стране. Для передачи эталонных сигналов Государственная служба времени, частоты и определения параметров вращения Земли использует разветвленную сеть средств передачи, которая включает в себя:

- ДВ специализированные радиостанции РБУ и РТЗ;
- КВ специализированную радиостанцию РВМ;
- средства передачи ЭСЧВ через радиостанции связи СДВ диапазона и радионавигационные станции ДВ диапазона;
- космическую навигационную систему ГЛОНАСС;
- средства передачи точного времени через глобальную сеть Интернет.

ЭСЧВ, излучаемые радиостанциями, а также спутниками ГЛОНАСС, контролируются пунктами метрологического контроля ГСВЧ. Результаты метрологического контроля публикуются в бюллетенях ГСВЧ (серии Д, Ж и З), доступных на FTP-сервере ftp://ftp.vniiftri.ru/Atomic_Time/SU/BULLETINS/, а также на сайте ФГУП «ВНИИФТРИ» <http://vniiftri.ru>.

Настоящий бюллетень содержит сведения о передачах ЭСЧВ через радиостанции: РБУ (RBU), РТЗ (RTZ), РВМ (RWM), РАБ-99 (RAB-99), РЙХ-63 (RJH-63), РЙХ-69 (RJH-69), РЙХ-77 (RJH-77), РЙХ-86 (RJH-86), РЙХ-90 (RJH-90), РНС-Е (А), РНС-Е (Д) и РНС-В (А), а также систему ГЛОНАСС. Кроме этого, бюллетень содержит сведения о передачах сигналов частоты и времени через некоторые зарубежные радиостанции.

1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭТАЛОННЫХ СИГНАЛОВ ЧАСТОТЫ И ВРЕМЕНИ

1.1 Погрешность излучаемых сигналов по времени

Все эталонные сигналы времени, передаваемые через радиостанции ГСВЧ, систему ГЛОНАСС и Интернет, формируются на базе национальной шкалы координированного времени UTC (SU), воспроизводимой государственным первичным эталоном времени, частоты и национальной шкалы времени [1].

1.1.1 Временные метки ШВ соответствуют временному положению характерных точек излучаемых ЭСЧВ (см. п. 1.3).

1.1.2 Допустимое расхождение среднесуточного значения временного положения меток ШВ ЭСЧВ, излучаемых антеннами радиостанций РВМ, РБУ, РТЗ, относительно UTC(SU) не должно превышать ± 10 мкс, радиостанций РАБ-99, РЙХ-63, РЙХ-69, РЙХ-77, РЙХ-86, РЙХ-90, РНС-Е (А), РНС-Е (Д), РНС-В(А) - ± 5 мкс.

1.1.3 Расхождение между шкалой системного времени ГЛОНАСС и UTC(SU) не должно превышать ± 1 мс. Погрешность привязки шкалы системного времени ГЛОНАСС к шкале UTC(SU) не должна превышать ± 1 мкс [2].

1.2 Погрешность излучаемых сигналов по частоте

1.2.1 Относительная погрешность по частоте ЭСЧВ, излучаемых радиостанциями, при интервале времени измерения 1 сутки не должна превышать:

- $2 \cdot 10^{-12}$ - для радиостанций РБУ и РТЗ;
- $5 \cdot 10^{-12}$ - для радиостанций РВМ, РАБ-99, РЙХ-63, РЙХ-69, РЙХ-77, РЙХ-86, РЙХ-90, РНС-Е (А), РНС-Е (Д), РНС-В (А).

1.2.2 Вариации временного положения характерных точек несущих гармонических колебаний эталонных сигналов, излучаемых радиостанциями РБУ и РТЗ относительно UTC(SU), не должны превышать 0,5 мкс. Характерными точками являются точки перехода несущих колебаний через "ноль".

1.3 Форма эталонных сигналов частоты и времени

1.3.1 Радиостанции РБУ и РТЗ для передачи размеров единиц времени и частоты используют сигналы типа DXXXW (см. приложение 1).

Сигналы DXXXW (рис. 1) представляют собой несущие колебания синусоидальной формы с частотой f_n , прерываемые в течение каждых 100 мс на время 5 мс; через 10 мс после прерывания несущие колебания в течение 80 мс подвергаются узкополосной фазовой модуляции синусоидальными сигналами с поднесущими частотами 100 или 312,5 Гц и индексом модуляции 0,698. Сигналы с поднесущей частотой 312,5 Гц используются для маркирования единиц в двоичном коде при передаче информации о шкалах времени, а также для маркирования секундных и минутных меток. Сигналы с частотой 100 Гц используются для маркирования нулей в двоичном коде при передаче информации о шкалах времени, а также для заполнения всех остальных 80 мс интервалов, свободных от передачи какой-либо информации. Секундные метки идентифицируются маркированием предшествующих им 0,1 с интервалов сигналами 312,5 Гц. Минутные метки идентифицируются дополнительным маркированием сигналами 312,5 Гц двух 0,1 с интервалов, предшествующих секундному маркеру.

В излучаемых сигналах характерной точкой является середина возрастающего фронта радиосигнала (0,5 амплитуды).

Формат временного кода, предназначенного для передачи информации о шкалах времени, приведен в приложении 2.

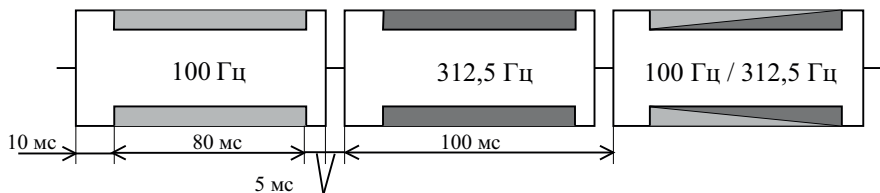


Рис. 1. Фрагмент сигналов типа DXXXW.

1.3.2 Радиостанция РВМ для передачи размеров единиц времени и частоты использует сигналы типа NON, а для передачи шкал времени - сигналы А1Х и А1N.

Для передачи временных меток используют сигналы с частотами повторения 1 и 10 Гц.

Длительность сигналов А1Х с частотой повторения 1 Гц (секундных сигналов) составляет 100 мс. Сигналы, приходящиеся на начало каждой минуты, удлиняются до 500 мс.

Длительность сигналов А1N с частотой повторения 10 Гц составляет 20 мс. Сигналы, приходящиеся на начало каждой секунды, удлиняются до 40 мс, а на начало каждой минуты до 500 мс.

Характерной точкой сигналов А1Х и А1N является начало фронта радиосигнала.

1.3.3 Сигналы частоты и времени СДВ радиостанций РАБ-99, РЙХ-63, РЙХ-69, РЙХ-77, РЙХ-86, РЙХ-90, формируются в виде двух программ ("низкочастотной" и "высокочастотной"), передаваемых последовательно в течение сеанса. "Низкочастотная" программа включает в себя передачу сигналов А1N с несущей частотой 25 кГц, длительностью τ и частотой манипуляции F, значения которых составляют:

F	Гц.....	40	10	1	1/10	1/60
τ	с	0,0125	0,025	0,1	1	10

Характерной точкой является начало фронта радиоимпульса.

"Высокочастотная" программа включает передачу сигналов типа NON с несущими частотами 25,0; 25,1; 25,5; 23,0; 20,5 кГц, у которых несущие колебания по фазе согласованы с временными метками передаваемой шкалы.

Радиостанция РЙХ-63 в сеансе дополнительно передаёт сигналы типа F1 ($20,50 \pm 0,05$) кГц в течение 4 минут.

1.3.4 Сигналы частоты и времени, передаваемые через ДВ радионавигационные станции (РНС), представляют собой группы радиоимпульсов с несущей частотой 100 кГц. Каждая группа состоит из 8 импульсов следующих с периодом 1 мс. Период повторения групп импульсов радионавигационного пакета РНС-Е составляет 80 мс. С секундными метками передаваемой шкалы времени совмещена характерная точка фронтов восьмых импульсов, которая расположена на уровне 0,6 максимального значения сигнала. Сигналы РНС-Е (А) маркируют передачей в каждой группе дополнительного (девятого) импульса. Каждую группу импульсов РНС-Е, совпадающую с секундной меткой UTC (SU), маркируют передачей дополнительного импульса. При совпадении с минутной меткой дополнительно маркируют следующие десять групп импульсов. Кроме того, через 12 с после совпадения с пятиминутной меткой, маркируют следующие одиннадцать групп импульсов.

Навигационные сигналы радиостанций РНС-В (А) передаются на рекуррентных частотах следования. При этом эталонные сигналы времени передаются независимо от радионавигационных сигналов в виде одиночных импульсов с периодом повторения 80 мс в моменты, не совпадающие с навигационными группами импульсов. Маркирование секундных, минутных и пятиминутных меток производится так же, как и в предыдущих случаях, с той лишь разницей, что маркирующие импульсы передаются не после навигационных групп импульсов, а после одиночных импульсов.

1.3.5 Спутники системы ГЛОНАСС излучают навигационные сигналы, обеспечивающие совместную с навигационной информацией передачу размеров единиц времени, частоты и шкалы времени [2].

1.3.6 Передача точного времени через глобальную сеть Интернет ведётся NTP серверами первого уровня (Stratum 1) ФГУП «ВНИИФТРИ», Восточно-Сибирского филиала ФГУП «ВНИИФТРИ» (г. Иркутск), Дальневосточного филиала ФГУП «ВНИИФТРИ» (г. Хабаровск) и филиала ФГУП «ВНИИФТРИ» СНИИМ (г. Новосибирск).

Все NTP сервера работают от сигналов рабочих шкал Государственного первичного эталона времени, частоты и национальной шкалы времени РФ и вторичных эталонов в Иркутске, Хабаровске и Новосибирске. Их адреса в Интернете:

Москва:

ntp1.vniiftri.ru

ntp2.vniiftri.ru

ntp3.vniiftri.ru

ntp4.vniiftri.ru

Иркутск:

ntp1.niiftri.irkutsk.ru

ntp2.niiftri.irkutsk.ru

Хабаровск:

vniiftri.khv.ru

vniiftri2.khv.ru

Новосибирск:

ntp.sstf.nsk.ru

Передача точного времени осуществляется с помощью стандартного сетевого протокола NTP 4.0.

Погрешность синхронизации системных часов компьютеров абонентов определяется, в основном, асимметрией задержки в канале связи при прохождении сигнала между компьютером абонента и NTP сервером в прямом и обратном направлениях. Для повышения надёжности и точности синхронизации необходимо использование группы NTP серверов уровня Stratum 1 и программы **ntpd**, реализующей все алгоритмы протокола NTP и сглаживающей влияние асимметрии задержки в каналах связи.

1.4 Информация, передаваемая в составе эталонных сигналов частоты и времени

1.4.1 Радиостанции РБУ, РТЗ и РВМ передают в составе эталонных сигналов частоты и времени информацию о разности шкал всемирного и координированного времени $UT1-UTC = DUT1+dUT1$. При этом значения $DUT1$ передаются по данным Международного бюро мер и весов (МБМВ), а значения $dUT1$ - по данным ГСВЧ.

Информация $DUT1+dUT1$ передается при помощи позиционно-единичного кода.

Формат кодирования информации $DUT1+dUT1$ для радиостанций РБУ и РТЗ представлен в приложении 2, а для радиостанции РВМ - в приложении 3.

1.4.2 Радиостанции РБУ и РТЗ передают в составе ЭСЧВ сигналы типа DXXXW и информацию о разности шкал всемирного и координированного времени, информацию о текущих значениях времени, поправке на всемирное время, значении года столетия, дня недели, месяца, дня месяца, укороченной юлианской даты при помощи двоично-десятичного кода с проверкой на четность [3] (см. приложение 2).

1.4.3 Космическая навигационная система ГЛОНАСС в составе навигационного сообщения с каждого спутника передает прогнозы временных поправок относительно национальной шкалы координированного времени UTC(SU), а так же информацию о состоянии всех спутников системы.

1.4.4 Вероятность обеспечения системой передачи ЭСЧВ точностных характеристик, указанных в разделах 1.1, 1.2 для радиостанций РБУ, РТЗ и РВМ - не менее 0,97.

2 ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПРОГРАММЫ ПЕРЕДАЧ ЭТАЛОННЫХ СИГНАЛОВ ЧАСТОТЫ И ВРЕМЕНИ

Таблица 1

Название станции	Местоположение, координаты	Несущая частота кГц	Излучаемая мощность кВт	Число одновременных передач	Обозначение часовой программы	Время передачи (московское)		Продолжительность работы		Примечание
						Начало	Конец	Дней в неделю	Часов в сутки	
РБУ (RBU)	Москва 56° 44' с.ш. 37° 40' в.д.	66,(6)	50	1	1.0	00h00m	24h00m	7	24	Кроме третьего вторника каждого месяца, 08h00m – 16h00m
РТЗ (RTZ)	Иркутск 52° 25' с.ш. 103° 42' в.д.	50	10	1	1.0	00h00m 23h00m	22h00m 24h00m	7	23	Кроме первого вторника каждого месяца 03h00m – 11h00m
РВМ (RWM)	Москва 56° 44' с.ш. 37° 38' в.д.	4 996 9 996 14 996	10 10 10	3	2.0	00h00m	24h00m	7	24	Работает одновременно на трех частотах, кроме первой среды первого месяца квартала для 4 996 кГц, второй среды первого месяца квартала для 9 996 кГц, третьей среды первого месяца квартала для 14 996 кГц 08h00m – 16h00m
РАБ-99 (RAB-99)	Хабаровск 48° 30' с.ш. 134° 50' в.д.	25,0 25,1 25,5 23,0 20,5	300	1	4.1	05h06m 09h06m	05h36m 09h36m	7	2	Кроме 10,20 и 30-го дня каждого месяца
РЙХ-63 (RJH-63)	Краснодар 44° 46' с.ш. 39° 34' в.д.	25,0 25,1 25,5 23,0 20,5	300	1	4.2	14h06m	14h40m	7	1	Кроме 3, 13 и 23-го дня каждого месяца.

Продолжение таблицы 1.

Название станции	Местоположение, координаты	Несущая частота кГц	Излучаемая мощность кВт	Число одновременных передач	Обозначение часовой программы	Время передачи (московское)		Продолжительность работы		Примечание
						Начало	Конец	Дней в неделю	Часов в сутки	
РЙХ-69 (RЈH-69)	Молодечно 54° 28' с.ш. 26° 47' в.д.	25,0 25,1 25,5 23,0 20,5	300	1	4.0	10h06m	10h47m	7	1	Кроме 2, 12 и 22-го дня каждого месяца.
РЙХ-77 (RЈH-77)	Архангельск 64° 22' с.ш. 41° 35' в.д.	25,0 25,1 25,5 23,0 20,5	300	1	4.0	12h06m	12h47m	7	1	Кроме 4, 14 и 24-го числа каждого месяца.
РЙХ-86 (RЈH-86)	Бишкек 43° 03' с.ш. 73° 37' в.д.	25,0 25,1 25,5 23,0 20,5	300	1	4.0	07h06m 13h06m	07h47m 13h47m	7	2	Кроме 6, 16 и 26-го числа каждого месяца.
РЙХ-90 (RЈH-90)	Нижний Новгород 56° 11' с.ш. 43° 57' в.д.	25,0 25,1 25,5 23,0 20,5	300	1	4.0	11h06m	11h47m	7	1	Кроме 8, 18 и 28-го дня каждого месяца.
РНС-Е(А)	Брянск 53° 08' с.ш. 34° 55' в.д.	100	800	1	5.0	07h00m 17h00m	13h00m 21h00m	7	10	Кроме 24,25 и 26-го дня каждого месяца.
РНС-Е(Д)	Сызрань 53° 18' с.ш. 48° 07' в.д.	100	800	1	5.0	07h00m 17h00m	13h00m 21h00m	7	10	Кроме 10 и 11-го дня каждого месяца.
РНС-В(А)	Александровск-Сахалинский 51° 05' с.ш. 142° 43' в.д.	100	400	1	6.0	02h00m 14h00m	08h00m 20h00m	7	12	Кроме 24,25 и 26-го дня каждого месяца.

Продолжение таблицы 1.

Название станции	Местоположение, координаты	Несущая частота	Излучаемая мощность кВт	Число одновременных передач	Обозначение часовой программы	Время передачи (московское)		Продолжительность работы		Примечание
						Начало	Конец	Дней в неделю	Часов в сутки	
ГЛОНАСС	24 спутника на 3-х круговых орбитах h=19100км при полной группировке	L1 ~ 1,6 ГГц L2 ~ 1,2 ГГц	—	—	—	00h00m	24h00m	7	24	Подробно см. [2].
NTP сервера: ntp1.vniiftri.ru; ntp2.vniiftri.ru; ntp3.vniiftri.ru; ntp4.vniiftri.ru; ntp1.niiftri.irkutsk.ru; ntp2.niiftri.irkutsk.ru; vniiftri.khv.ru; vniiftri2.khv.ru ntp.sstf.nsk.ru	ФГУП «ВНИИФТРИ» г. Москва г. Иркутск г. Хабаровск г. Новосибирск	—	—	—	—	00h00m	24h00m	7	24	—

3 ЧАСОВЫЕ ПРОГРАММЫ РАБОТЫ РАДИОСТАНЦИЙ

Таблица 2

Время передачи сигналов		Вид сигналов
Начало	Конец	
Программа 1.0 (РБУ, РТЗ)		
00 ^m 00 ^s	60 ^m 00 ^s	Сигналы DXXXW
Программа 2.0 (РВМ)		
00 ^m 00 ^s	07 ^m 55 ^s	Сигналы NON
30 00	37 55	- " -
08 00	09 00	Передатчик выключен
38 00	39 00	- " -
09 00	10 00	Сигналы опознавания радиостанции*
39 00	40 00	- " -
10 00	19 55	Сигналы А1Х содержащие секундные, минутные метки и информацию DUT1+dUT
40 00	49 55	
20 00	29 55	Сигналы А1N с частотой повторения 10 Гц*
50 00	59 55	- " -
* Сигналы времени 56, 57, 58, 59-й секунд, следующие после 9, 14, 19, 24, 29, 39, 44, 49, 54 и 59-й минуты, пропускаются (пятиминутные метки).		
Программа 4.0 (РЙХ-69, РЙХ-77, РЙХ-86, РЙХ-90)		
06 ^m 00 ^s	07 ^m 00 ^s	Сигналы опознавания радиостанции
07 00	10 00	Сигналы NON
10 00	13 00	Сигналы А1N. Манипуляция 40 Гц.
13 00	22 00	Сигналы А1N. Импульсы с частотами следования 10; 1; 1/10 и 1/60 Гц
22 00	25 00	Сигналы А1N. Манипуляция 40 Гц.
25 00	27 00	Передатчик выключен
27 00	30 00	Сигналы NON с несущей частотой 25,1 кГц
30 00	32 00	Передатчик выключен
32 00	35 00	Сигналы NON с несущей частотой 25,5 кГц
35 00	38 00	Передатчик выключен
38 00	41 00	Сигналы NON с несущей частотой 23,0 кГц
41 00	44 00	Передатчик выключен
44 00	47 00	Сигналы NON с несущей частотой 20,5 кГц

Программа 4.1 (РАБ-99)		
06 ^{м00с} 07 00 09 00 11 00	07 ^{м00с} 09 00 11 00 20 00	Сигналы опознавания радиостанции Сигналы NON с несущей частотой 25,0 кГц Сигналы A1N. Манипуляция 40 Гц. Сигналы A1N. Импульсы с частотами следования 10; 1; 1/10; 1/60 Гц на несущей 25 кГц.
20 00 21 00 23 00 24 00 26 00 29 00 31 00 34 00	21 00 23 00 24 00 26 00 29 00 31 00 34 00 36 00	Передатчик выключен Сигналы NON с несущей частотой 25,1 кГц Передатчик выключен. Сигналы NON с несущей частотой 25,5 кГц Передатчик выключен. Сигналы NON с несущей частотой 23,0 кГц Передатчик выключен. Сигналы NON с несущей частотой 20,5 кГц
Программа 4.2 (РЙХ-63)		
06 ^{м00с} 07 00 09 00 11 00	07 ^{м00с} 09 00 11 00 20 00	Сигналы опознавания радиостанции Сигналы NON с несущей частотой 25,0 кГц Сигналы A1N. Манипуляция 40 Гц. Сигналы A1N. Импульсы с частотами следования 10; 1; 1/10; 1/60 Гц на несущей 25 кГц.
20 00 21 00 23 00 24 00 26 00 29 00 31 00 34 00 36 00	21 00 23 00 24 00 26 00 29 00 31 00 34 00 36 00 40 00	Передатчик выключен Сигналы NON с несущей частотой 25,1 кГц Передатчик выключен. Сигналы NON с несущей частотой 25,5 кГц Передатчик выключен. Сигналы NON с несущей частотой 23,0 кГц Передатчик выключен. Сигналы NON с несущей частотой 20,5 кГц Сигналы типа F1. Частотная манипуляция (20,50± 0,05) кГц
Программа 5.0 (PHC-E(A), PHC-E(D))		
00 ^{м00с}	60 ^{м00с}	Группа радиоимпульсов A1N
Программа 6.0 (PHC-B(A))		
00 ^{м00с}	60 ^{м00с}	Радиоимпульсы A1N с периодом повторения 80 мс

4 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИЁМУ СИГНАЛОВ ЧАСТОТЫ И ВРЕМЕНИ

4.1 Ниже приведены географические зоны РФ и радиостанции, прием сигналов которых в указанных зонах оптимален:

20° - 60° в. д. РБУ, РВМ, РАБ-99, РЙХ-63, РЙХ-69, РЙХ-77,
40° - 70° с. ш. РЙХ-86, РЙХ-90¹, РНС-Е (А), РНС-Е (Д)²

60° - 80° в. д. РВМ, РАБ-99, РЙХ-63, РЙХ-69, РЙХ-77,
35° - 70° с. ш. РЙХ-86, РЙХ-90

80° - 120° в. д. РТЗ, РВМ, РАБ-99, РЙХ-63, РЙХ-69, РЙХ-77,
45° - 75° с. ш. РЙХ-86, РЙХ-90

120° - 150° в. д. РВМ, РАБ-99, РЙХ-63, РЙХ-69, РЙХ-77,
40° - 70° с. ш. РЙХ-86, РЙХ-90, РНС-В(А)

150° - 180° в. д. РВМ, РАБ-99, РЙХ-63, РЙХ-69, РЙХ-77,
50° - 70° с. ш. РЙХ-86, РЙХ-90, РНС-В(А)

Примечание:

1. Устойчивый приём сигналов радиостанций связи СДВ диапазона (РАБ-99, РЙХ-63, РЙХ-69, РЙХ-77, РЙХ-86 и РЙХ-90) обеспечивается при расстоянии между передатчиком и потребителем не менее 1000 км.

2. Устойчивый приём сигналов радионавигационных станций ДВ диапазона (РНС-Е(А), РНС-Е(Д) и РНС-В(А)) обеспечивается при расстоянии между передатчиком и потребителем не более 2000 км.

4.2 Зона действия сигналов, излучаемых навигационной космической системой ГЛОНАСС - глобальная. Методики приема ЭСЧВ приведены в соответствующих разделах описаний аппаратуры пользователей системы.

ОБОЗНАЧЕНИЕ ИЗЛУЧЕНИЙ

В соответствии с Регламентом радиосвязи РФ [4], излучаемым сигналам даны следующие обозначения:

- NON - немодулированные несущие колебания;
- A1 - излучение с амплитудной модуляцией несущих колебаний квантованными сигналами без применения модулирующих поднесущих колебаний;
- A2 - излучение с амплитудной модуляцией несущих колебаний квантованными сигналами с применением поднесущих колебаний.
- A1N (A2N) - излучение типа A1 (A2), не содержащее информации изменяющегося характера;
- A1X (A2X) - излучение типа A1 (A2), содержащее информацию нестандартного вида;
- A3E - излучение с амплитудной модуляцией несущих колебаний аналоговыми сигналами радиовещательной программы;
- D1X - излучение, при котором несущие колебания модулируются в определенной последовательности по амплитуде и по фазе квантованными сигналами без применения поднесущих колебаний и содержащее информацию нестандартного вида;
- DXXXW - излучение при котором несущие колебания модулируются в определенной последовательности по амплитуде и по фазе сложным сигналом путем комбинации частотного и временного уплотнения и содержащее информацию нестандартного вида.
- F1 - излучение с частотной модуляцией несущих колебаний квантованными сигналами без применения модулирующих поднесущих колебаний.

КОДИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ, ПЕРЕДАВАЕМОЙ В СОСТАВЕ СИГНАЛОВ DXXXW

Временной код, передаваемый в составе ЭСЧВ, построен на базе двух типов кодов:

- позиционно-единичного для передачи значений разности шкал времени UT1 - UTC;
- двоично-десятичного с проверкой на четность для передачи остальной информации (см. п. 1.4.)

Элементы кода передаются с циклом в 1 с при помощи модуляции несущих колебаний в первом и втором 0,1 с интервалах, отсчитываемых от секундной метки (см. рис. 2).

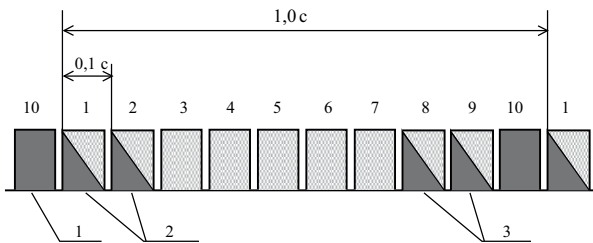


Рис.2. Информационная структура сигнала:
1 - секундный маркер; 2 - информационные сигналы;
3 - минутный маркер

Полный формат кода содержит 120 элементов (60 элементов в первых 0,1-секундных интервалах и 60 элементов во вторых 0,1-секундных интервалах) и передается с циклом в 1 мин. Начало минутного цикла (минутная метка) идентифицируется дополнительным маркированием восьмого и девятого 0,1-секундных интервалов.

Формат временного кода и содержание передаваемой информации представлены графически на рис. 3.

Информация о текущих значениях времени суток представлена в часах (h) и минутах (m), передаваемых в шкале московского времени с поправкой ΔUT относительно всемирного времени.

Информация о календарных датах включает: значение года столетия (Y), значение месяца текущего года (M), значение дня месяца (d_m) и значение дня недели (d_w).

Информация о юлианской дате включает укороченную юлианскую дату (TJD), представляющую собой четыре младших разряда числового значения модифицированной юлианской даты (MJD).

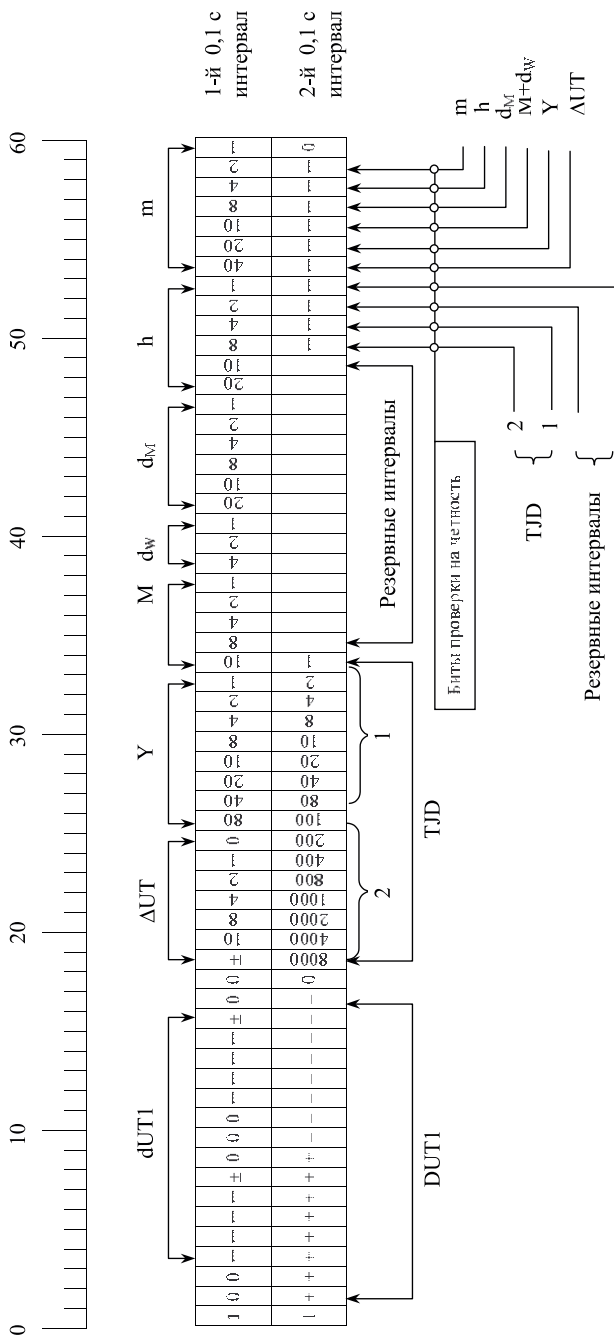


Рис.3. Формат временного кода.

КОДИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ О РАЗНОСТИ ШКАЛ UT1-UTC

В соответствии с рекомендациями ITU-R TF.460-6 числовое значение разности UT1-UTC обозначается DUT1 и округленное до 0,1 с при помощи стандартного позиционно-единичного кода МККР передается через радиостанции. Радиостанции ГСВЧ кроме информации DUT1, передают дополнительную информацию dUT1, уточняющую значения разности UT1-UTC до 0,02 с.

Информация DUT1+dUT1 передается после каждого минутного сигнала времени путем маркирования дополнительными импульсами соответствующих секундных сигналов.

Положительное значение DUT1 передается маркированием n секундных сигналов в интервале от 1 до 8-й секунды, так что $DUT1 = +0,1 n$ секунд. Отрицательное значение DUT1 передается маркированием m секундных сигналов в интервале от 9 до 16-й секунды, так что $DUT1 = -0,1 m$ секунд. Отсутствие маркированных сигналов в интервале между минутным сигналом и 16-й секундой означает, что $DUT1 = 0,0$ с.

Положительное значение dUT1 передается маркированием p секундных сигналов в интервале от 21 до 24-й секунды, так что $dUT1 = +0,02 p$ секунд. Отрицательное значение - маркированием q секундных сигналов в интервале от 31 до 34-й секунды, так что $dUT1 = -0,02 q$ секунд.

Пример кодирования информации DUT1+dUT1 приведен на рисунке 4.

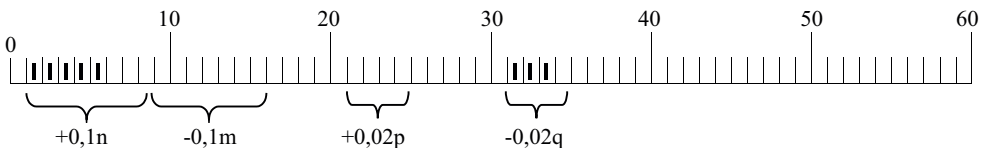


Рис. 4. Пример кодирования DUT1+dUT1:
 $n=5$; $q=3$; $DUT1+dUT1 = 5 \cdot 0,1 \text{ с} - 3 \cdot 0,02 \text{ с} = +0,44 \text{ с}$.

**ПОГРЕШНОСТИ ПРИВЯЗКИ ШКАЛ ВРЕМЕНИ И СРАВНЕНИЯ
ЧАСТОТ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ОСОБЕННОСТЯМИ
РАСПРОСТРАНЕНИЯ
РАДИОВОЛН КВ, ДВ И СДВ ДИАПАЗОНОВ**

Конечная скорость распространения радиоволн обуславливает задержку сигналов, которую необходимо учитывать при синхронизации часов. Флуктуации скорости и изменения траектории распространения сигналов приводят к погрешности передачи размеров единиц времени и частоты.

Методы определения задержки сигналов в тракте распространения радиоволн и оценка погрешности сличения частот определяются особенностями распространения радиоволн в различных диапазонах.

1. Радиоволны КВ диапазона (3-30 МГц) распространяются в основном при помощи отражения от ионизированных слоев F_1 и F_2 , которые расположены на высотах 160-400 км. Сезонные, суточные и случайные изменения концентрации электронов приводят к значительным флуктуациям высоты отражения радиосигналов. Такой механизм распространения радиоволн ограничивает точность синхронизации мер времени погрешностью до 0,3-2 мс и сравнения частот - погрешностью $(1-10) \cdot 10^{-8}$.

Задержка радиосигналов КВ диапазона может быть определена (в мс) с помощью эмпирической формулы:

$$t_p = 0,9 + 3,25 L / 1000,$$

где: L - расстояние между передатчиком и приемником, вычисленное по дуге большого круга Земли (км);

$L = Z \cdot 1,852$, здесь Z - центральный угол в угловых минутах, соответствующий дуге большого круга между пунктами;

$$\cos Z = \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos \Delta \lambda;$$

φ_1, φ_2 - широты пунктов передачи и приема (с точностью до угловой минуты); $\Delta \lambda$ - разность долгот (с точностью до угловой минуты).

Для расстояний 500-5000 км погрешность определения не превышает 1 - 2 мс. При использовании месячных прогнозов распространения радиоволн эта погрешность может быть уменьшена до 0,3-0,5 мс [5].

2. Радиоволны ДВ-диапазона (30 - 300 кГц) могут распространяться как вдоль поверхности Земли (земная волна), так и отражаясь от слоев D и E ионосферы (пространственная волна). Нижние слои ионосферы D и E (70 - 100 км) характеризуются большой стабильностью, что определяет постоянство времени распространения волны и высокую точность сличения мер времени (с погрешностью до единиц микросекунд) и сравнения частот (с погрешностью до $5 \cdot 10^{-12}$ за сутки).

Задержка радиосигналов при распространении поверхностной волной может быть определена из соотношения:

$$\tau_p = L'/v,$$

где: $v = 299\,693$ км/с - скорость распространения сигналов с учетом атмосферной рефракции;

L - расстояние между передающим и приемным пунктами, определенное по геодезическим координатам на референц-эллипсоиде Красовского.

Погрешность определения времени распространения τ_p в этом случае не превышает единиц микросекунд. При определении L по дуге большого круга погрешность увеличивается на 4-5 мкс. Задержка радиосигналов при распространении пространственной волной может быть определена методами геометрической оптики при выборе высоты отражения 70 км днем и 90 км ночью. Скорость распространения принимают равной скорости света в свободном пространстве $c = 299\,792,5$ км/с. Погрешность определения τ_p в этом случае составляет 10-30 мкс.

Погрешность синхронизируемых по радиоканалам мер частоты определяется погрешностью сравнения по эталонным сигналам, которая зависит от условий распространения радиоволн, и нестабильностью мер частоты.

3. Радиоволны СДВ диапазона (3-30 кГц) распространяются в волноводе, образованном поверхностью Земли и нижней границей ионосферы. Они характеризуются высокой стабильностью скорости распространения, особенно в период равноосвещенности трассы и могут быть использованы для сравнения частоты с погрешностью $(2-3) \cdot 10^{-11}$ за сутки.

Сигналы времени в СДВ диапазоне имеют большую длительность фронта, что ограничивает точность привязки шкал времени погрешностью 100-200 мкс. При использовании метода разнесенных частот возможно осуществлять последовательный переход от импульсных сигналов к фазе несущих колебаний без потери однозначности. При этом погрешность привязки шкал времени уменьшается до нескольких микросекунд [5].

ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПРОГРАММЫ ПЕРЕДАЧ ЭТАЛОННЫХ СИГНАЛОВ ЧАСТОТЫ И ВРЕМЕНИ НЕКОТОРЫМИ ЗАРУБЕЖНЫМИ РАДИОСТАНЦИЯМИ

(по состоянию на 2018 г.) [6]

Таблица 3

Название станции	Местоположение широта, долгота	Мощность излучения кВт	Несущая частота кГц	Время передачи UTC	Форма сигнала и способ передачи информации о шкалах времени	Погрешность сигнала по частоте в единицах одиннадцатого знака
BPC	Shangqui China 34°27' N 115°50' E		68,5	00h00m-21h00m	Секундные импульсы маркируются сдвигом фазы несущей. Дополнительная широтно-импульсная модуляция содержит информацию о дате и местном времени.	0,1
BPL	Pucheng China 34°56' N 109°32' E		100	Непрерывно	BPL так же, как и система Logan-C использует много-импульсную схему фазового кодирования. Передаваемая информация содержит минуты, секунды, день, месяц, год. Используется импульсная модуляция.	0,1
BPM	Pucheng China 35°00' N 109°31' E		2500 5000 10000 15000	07h30m-01h00m Непрерывно Непрерывно 01h00m-09h00m	Излучаемые сигналы времени на 20 мс опережают UTC Секундные сигналы длительностью 10 мс и минутные сигналы длительностью 300 мс передаются с помощью модуляции частотой 1 кГц.	0,1
CHU	Ottawa Canada 45°18' N 75°45' W		3330 7850 14670	Непрерывно	Секундные сигналы: 300 периодов модуляции 1 кГц. Сигналы 29 и с 51 по 59 секунд пропускаются. Минутные импульсы длительностью 0,5с. Часовые импульсы длительностью 1с, следующие за ними секундные импульсы с 1 по 9 пропускаются. Двухязычное (фр., англ.) объявление времени (UTC) каждую минуту после 50-й секунды. Кодированная передача значений года, DUT1, дополнительной секунды, разности TAI-UTC, вводе летнего времени и кода времени с помощью частотной манипуляции и модуляции Bell 103. DUT1: ITU-R путём сдвигания сигналов.	0,5

Название станции	Местоположение, широта, долгота	Мощность излучения кВт	Несущая частота кГц	Время передачи УТ	Форма сигнала и способ передачи информации о шкалах времени	Погрешность сигнала по частоте в единицах одиннадцатого знака
DCF-77	Mainflingen Germany 50°01' N 09°00' E	20	77,5	Непрерывно	В начале каждой секунды (за исключением последней секунды каждой минуты) передаются секундные метки длительностью 0,1с или 0,2с путём уменьшения амплитуды несущих колебаний на 25%. Кодированная передача значений года, месяца, дня, часа, минуты и дня недели передаётся двоично-десятичным кодом на интервале с 20-й по 58-ю с. С 1-й по 14-ю с передаётся дополнительная информация. Для достижения более высокой точности передачи времени и лучшего использования частотного спектра дополнительно осуществляется маркировка секундных меток, совпадающая с АМ метками, с помощью псевдослучайного кодирования сдвига фазы несущей. DUT1 не передаётся.	0,2
EBC	San Fernando Spain 36°28' N 06°12' W	1	15 006 4 998	10h00m to 10h25m 10h30m to 10h55m за исключением субботы, воскресенья и национальных праздников	Секундные сигналы - длительностью 0,1с модуляции 1 кГц. Минутные сигналы - длительностью 0,5с модуляции 1 250 Гц. DUT1:ITU-R кодом путём сдвигания сигналов	1,0
HLA	Daejeon Rep. of Korea 36°23' N 127°22' E	2	5 000	Непрерывно	Секундные сигналы - 9 периодов модуляции 1 800 Гц. Сигналы 29-й и 59-й секунд - пропусаются DUT1: ITU-R кодом путем сдвигания сигналов	0,2
JJY	Tamura-shi Fukushima Japan 37°22' N 140°51' E	-	40	Непрерывно	Сигналы типа А1В, секундные сигналы длительностью 0,2 с, 0,5 с и 0,8 с, передаются путем уменьшения амплитуды несущей. Передача информации о времени UTC(CRL) + 9 h.	0,1
JJY	Saga-shi Saga Japan 33°28' N 130°11' E	-	60	Непрерывно	Сигналы типа А1В, секундные сигналы длительностью 0,2 с, 0,5 с и 0,8 с, передаются путем уменьшения амплитуды несущей. Передача информации о времени UTC(CRL) + 9 h.	0,1

Название станции	Местоположение широта, долгота	Мощность излучения кВт	Несущая частота кГц	Время передачи УТ	Форма сигнала и способ передачи информации о шкалах времени	Погрешность сигнала по частоте в единицах одиннадцатого знака
LOL	Buenos Aires Argentina 34°37' S 58°21' W	2	10 000	14h00m to 15h00m за исключением субботы, воскресенья и национальных праздников.	Секундные сигналы - 5 периодов модуляции 1000 Гц, сигнал 59-й секунды пропускается. Объявления о часах и минутах каждые 5 минут, за которыми следуют 3 минуты модуляции 1000 Гц или 440 Гц. DUT1: ITU-R кодом путем удлинения сигналов.	0,1
MIKES	Espoo Finland 60°11' N 24°25' E	-	25000	Непрерывно	Модуляция такая же, как у DCF77, но без псевдослучайного кодирования сдвига фаз несущей. Код времени UTC.	0,1
MSF	Rugby United Kingdom 52°22' N 01°11' W	25	60	Непрерывно, за исключением времени профилактики с 10h00m до 14h00m в первый вторник января, апреля, июля и октября. Ежегодное извещение о продлении профилактики "летнее время".	Прерывание несущей на 100 мс для секундных меток, на 500 мс для минутных меток. Характерная точка в начале прерывания. Двоично-десятичный временной код 100 бит/с (месяц, день, час, минута) в течение минутных прерываний. Двоично-десятичный код 1 бит/с (год, месяц, день месяца, день недели, час, минута) от 17-й до 59-й секунды каждую минуту. DUT1: кодом ITU-R путем сдвигания сигналов.	0,2
TDF	Allouis France 47°10' N 2°12' E	-	162	Непрерывно, за исключением каждого вторника с 08h00m по 12h00mm (французское время).	Фазовая модуляция несущей на +1 и -1 рад за 0,1с каждую секунду, исключая 59-ю секунду каждой минуты. Модуляция удваивается для указания двоичной «1». Минуты, часы, день месяца, день недели, месяц и год передаются каждую минуту с 21-й по 58-ю секунды в соответствии с французской шкалой времени. Дополнительно двоичная «1» на 17-й секунде является признаком летнего времени, на 18-й секунде - зимнего. Двоичная «1» на 14-й секунде показывает, что текущий день является праздником, на 13-й секунде - предпраздничным днём.	0,2

Название станции	Местоположение, широта, долгота	Мощность излучения кВт	Несущая частота кГц	Время передачи УТ	Форма сигнала и способ передачи информации о шкалах времени	Погрешность сигнала по частоте в единицах одиннадцатого знака
WWVB	Fort-Collins CO, USA 40°40' N 105°03' W	13	60	Непрерывно	Секундные сигналы передаются путем уменьшения амплитуды несущей. Кодированная информация о дате, времени суток, поправке DUT1, переводе на час вперед в летнее время и о високосном годе, дополнительной секунде.	0,1
WWVH	Kauai HI, USA 21°59' N 159°46' W	5 10 10 10	2500 5000 10000 15000	Непрерывно	Секундные сигналы: 6 периодов модуляции 1200 Гц. Сигналы 29 и 58 секунд пропускаются. Час маркируется сигналом 1500 Гц длительностью 0,8 с. DUT1: кодом ITU-R путем сдвигания сигналов. Двоично-десятичный временной код на поднесущей 100 Гц.	0,1
WWV	Fort-Collins CO, USA 40°41' N 105°02' W	2,5 10 10 10 2,5	2500 5000 10000 15000 20000 25000	Непрерывно	Секундные сигналы: 5 периодов модуляции 1 кГц. Метки 29-й и 59-й секунд пропускаются. Часовая метка маркируется сигналом 1500 Гц длительностью 0,8 с. Начало каждой минуты маркируется сигналом 1000 Гц длительностью 0,8 с. DUT1: кодом ITU-R путем сдвигания сигналов. Двоично-десятичный временной код на поднесущей 100 Гц.	0,1

ПЕРЕЧЕНЬ БЮЛЛЕТЕНЕЙ

Государственной службы времени, частоты и определения параметров вращения Земли РФ.

- Бюллетень А. **ВСЕМИРНОЕ ВРЕМЯ И КООРДИНАТЫ ПОЛЮСА.**
Публикуются предварительные значения разностей UT1 (SU) - UTC (SU) и координаты ОС1. Издается еженедельно.
- Бюллетень Б1. Разность национальной шкалы времени РФ UTC(SU) и шкал времени вторичных эталонов единиц времени и частоты UTC(k).
- Бюллетень Б2. Разность национальной шкалы времени РФ UTC(SU) и шкал времени национальных эталонов единиц времени и частоты UTC(k).
- Бюллетень В. **ЭТАЛОННЫЕ СИГНАЛЫ ЧАСТОТЫ И ВРЕМЕНИ.**
Характеристики и программы передач через радиостанции, наземные и космические средства навигации, глобальную сеть Интернет.
- Бюллетень Г. **ИЗВЕЩЕНИЯ.** Публикуются сведения об изменениях в работе средств передачи эталонных сигналов времени и частоты, отдельные извещения Международного Бюро Мер и Весов, Международной Службы Вращения Земли, некоторых зарубежных служб времени и другая необходимая потребителям информация. Издаётся по мере необходимости.
- Бюллетень Д. **РЕЗУЛЬТАТЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ЭТАЛОННЫХ СИГНАЛОВ ЧАСТОТЫ И ВРЕМЕНИ, ИЗЛУЧАЕМЫХ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫМИ РАДИОСТАНЦИЯМИ ГСВЧ РБУ, РТЗ и РВМ.**
Публикуются данные об отклонениях сигналов времени специализированных радиостанций от UTC(SU) и передаваемых ими частот от номинальных значений. Издается один раз в месяц.

- Бюллетень Е. ВСЕМИРНОЕ ВРЕМЯ И КООРДИНАТЫ ПОЛЮСА.
Содержит окончательные данные о ПВЗ, включая углы прецессии/нутаии. Издаётся раз в квартал.
- Бюллетень Ж. ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФАЗЫ.
Публикуются усредненные результаты фазовых измерений сигналов радиостанций, передающих высокостабильные частоты. Издается ежемесячно.
- Бюллетень З. Разность национальной шкалы времени РФ UTC(SU) и системных шкал времени ГНСС.
- Бюллетень Q. ВСЕМИРНОЕ ВРЕМЯ И КООРДИНАТЫ ПОЛЮСА (оперативный бюллетень). Содержит ежедневные данные о ПВЗ - вычисленные значения за предшествующие моменту определения сутки и прогноз на последующие 30 суток. Издаётся раз в сутки

Перечисленные бюллетени (с указанием количества экземпляров и адреса получателя) можно заказать по адресу: **141570, п/о Менделеево, Солнечногорского р-на, Московской обл., ФГУП «ВНИИФТРИ».**

Бюллетени также доступны на ftp сервере и официальном сайте ФГУП «ВНИИФТРИ».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Государственная поверочная схема для средств измерений времени и частоты. Утверждена приказом Росстандарта от 31 июля 2018 г. № 1621.
2. Интерфейсный контрольный документ ГЛОНАСС, редакция 5.1. РНИИ КП, Москва, 2008 г.
3. ГОСТ 8.515-2016 Государственная система обеспечения единства измерений. Эталонные сигналы частоты и времени, излучаемые специализированными радиостанциями Государственной службы времени, частоты и определения параметров вращения Земли. Временной код.
4. Регламент радиосвязи МСЭ 2016 г., Том 2. Приложение 1. Классификация излучений и необходимая ширина полосы.
5. Палий Г. Н., Артемьева Е. В. Синхронизация высокоточных мер времени и частоты. - М.: Изд-во стандартов, 1976, с. 47-83.
6. BIMP Annual Report on Time Activities, Volume 13, BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES, 2018.

ЭТАЛОННЫЕ СИГНАЛЫ ЧАСТОТЫ И ВРЕМЕНИ

17
Бюллетень В —
2020

Ответственный редактор: С.Н. Каган
Составители: С.Н. Каган, С.В. Пестерев