

**СССР, 117049, Москва, М-49
Ленинский проспект, 9**

**Эталонные
Сигналы
Частоты и
Времени**

**ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПРОГРАММЫ
ПЕРЕДАЧ ЧЕРЕЗ РАДИОСТАНЦИИ,
ТЕЛЕВИДЕНИЕ
И СЕТЬ ЗВУКОВОГО ВЕЩАНИЯ**

Эталонные сигналы частоты и времени предназначены для передачи размеров единиц времени и частоты и шкалы координированного времени СССР UTC (SU) от Государственного эталона СССР к образцовым и рабочим средствам измерений с целью обеспечения единства измерений в стране. Для передачи эталонных сигналов Государственная служба времени и частоты (ГСВЧ) СССР использует разветвленную сеть средств передачи, которая включает в себя радиостанции ОНЧ, НЧ, СЧ и ВЧ диапазонов как специальные, так и другого назначения (вещательные, навигационные и т. п., передающие эти сигналы на вторичной основе), а также телевидение и сеть звукового вещания.

Эталонные сигналы частоты и времени, излучаемые радиостанциями, контролируются пунктами метрологического контроля ГСВЧ СССР. Результаты метрологического контроля публикуются в бюллетенях ГСВЧ СССР (серии Д, Ж и З).

Настоящий бюллетень содержит сведения о передачах эталонных сигналов частоты и времени через радиостанции: РБУ, РТЗ, РВ-166, РВМ, РИД, РТА, РЦХ, УТР 3, УЩЦ 3, РНС-Е(А), РНС-Е(Д) и РНС-В(А), а также телевидение (по первой общесоюзной программе) и сеть звукового вещания. Кроме этого бюллетень содержит сведения о передачах сигналов частоты и времени через зарубежные радиостанции.

1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭТАЛОННЫХ СИГНАЛОВ ЧАСТОТЫ И ВРЕМЕНИ

1.1. Погрешность излучаемых сигналов по времени

Все эталонные сигналы времени, передаваемые через радиостанции ГСВЧ СССР, телевидение и сеть звукового вещания, формируются на базе шкалы координированного времени Советского Союза UTC(SU), воспроизводимой Государственным эталоном времени и частоты СССР (ГОСТ 8.129—77. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений времени и частоты).

1.1.1. Характерные точки эталонных сигналов времени (см. 1.4), излучаемых радиостанциями, согласуются со шкалой UTC(SU) с погрешностью, не превышающей 30 мкс.

1.1.2. Характерные точки эталонных сигналов времени, передаваемых в составе телевизионных сигналов с антенны Общесоюзной радиотелевизионной передающей станции в г. Москве, согласуются со шкалой UTC(SU) с погрешностью не более 1 мкс.

1.1.3. Временное положение сигналов проверки времени (СПВ), передаваемых через сеть звукового вещания, согласуется со шкалой UTC(SU) с погрешностью, не превышающей 0,1 с*.

1.2. Погрешность излучаемых сигналов по частоте

Среднесуточные значения несущих частот эталонных сигналов, излучаемых радиостанциями, согласуются с размерами единиц времени и частоты, воспроизводимыми ГЭВЧ СССР с относительной погрешностью не более:

$5 \cdot 10^{-12}$ — для радиостанций РБУ, РТЗ, РВ-166;

$5 \cdot 10^{-11}$ — для радиостанций РВМ, РИД, РТА, РЦХ, УТР 3, УЩЦ 3, РНС-Е(А), РНС-Е(Д), РНС-В(А).

Вариации временного положения характерных точек несущих гармонических колебаний эталонных сигналов, излучаемых радиостанцией РБУ при передаче как основной, так и экспериментальной программ, относительно UTC(SU) не превышают 0,5 мкс.

1.3. Информация, передаваемая в составе эталонных сигналов частоты и времени

Ряд радиостанций ГСВЧ СССР (см. 3.2) передает в составе эталонных сигналов времени информацию о разности шкал всемирного и координированного времени $UT1 - UTC = DUT1 + dUT1$. При этом значения $DUT1$ передаются по данным Международного бюро времени (МБВ), а значения $dUT1$ — по данным ГСВЧ СССР.

Информация $DUT1 + dUT1$ передается при помощи позиционного кода (см. приложение 1).

1.4. Форма эталонных сигналов частоты и времени

1.4.1. Радиостанции РБУ, РТЗ, РВМ, РИД, РТА, РЦХ для передачи размеров единиц времени и частоты используют сигналы типа А0**, а для передачи шкал времени — сигналы типа А1.

* На европейской территории СССР. Для других районов страны погрешность может достигать 0,4 с.

** В соответствии с «Регламентом радиосвязи» [1] излучаемым сигналам даны следующие обозначения: А0 — немодулированные синусоидальные колебания; А1 — несущая, манипулируемая по амплитуде прямоугольными импульсами; А2 — несущая, модулированная по амплитуде радиоимпульсами с тональной поднесущей; А3 — несущая, модулированная по амплитуде звуковыми сигналами телефонии или радиовещания; F1 — несущая, манипулируемая по частоте (или фазе) прямоугольными импульсами.

Форма переднего фронта огибающей радиосигналов времени определяется монотонно возрастающей функцией. Характерная точка огибающей совмещена с временными метками передаваемой шкалы времени. В используемых сигналах характерной точкой является начало переднего фронта радиосигнала.

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

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

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

1.4.2. Сигналы частоты и времени ОНЧ радиостанций УТР 3 и УЩЦ 3 представляют собой комбинацию двух программ («низкочастотной» и «высокочастотной»), передаваемых последовательно в течение сеанса. «Низкочастотная» программа включает в себя передачу сигналов А1 с несущей частотой 25 кГц, длительностью τ и частотой манипуляции F , значения которых составляют:

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

Характерной точкой является начало переднего фронта радиоимпульса.

«Высокочастотная» программа включает передачу сигналов типа А0 с несущими частотами 25,0; 25,1; 25,5; 23,0; 20,5 кГц, фазы которых согласованы с временными метками передаваемой шкалы.

1.4.3. Сигналы частоты и времени, передаваемые через НЧ радионавигационные станции (РНС), представляют собой группы радиоимпульсов с несущей частотой 100 кГц, следующие с периодом 0,08 с [РНС-Е(А) и РНС-Е(Д)] и с периодом 0,05 с [РНС-В(А)]. Каждая группа состоит из 8 импульсов, следующих с периодом 1 мс. Сигналы РНС-Е(А) и РНС-В(А) маркируют передачей в каждой группе дополнительного (девятого) импульса. Каждую группу импульсов РНС, совпадающую с секундной меткой UTC(SU), маркируют передачей дополнительного (десятого) импульса. При совпадении с минутной меткой дополнительно маркируют следующие десять групп, а через 12 с после совпадения с пятиминутной меткой маркируют следующие 11 групп. С секундными метками передаваемой шкалы времени совмещены характерные точки передних фронтов восьмых импульсов маркированных групп. Характерная точка сигналов времени РНС расположена на переднем фронте восьмого импульса маркированной группы на уровне 0,6 максимального значения сигнала.

1.4.4. Радиовещательная станция РВ-166 излучает сигналы типа А3, у которых частота несущих колебаний стабилизирована.

1.4.5. Эталонные сигналы времени в составе телевизионных сигналов, излучаемых с антенны Общесоюзной радиотелевизионной передающей станции в Москве, передаются в интервале шестой строки каждого кадра во время передачи изображения циферблата часов и представляют собой прямоугольные импульсы длительностью 2 мкс с частотой повторения 25 Гц, изменяющиеся от уровня черного в сторону белого с размахом, равным 20% размаха полного телевизионного сигнала. Импульсы, приходящиеся на начало секунды, удлиняются до 15 мкс.

При студийных передачах задний фронт первых кадровых синхронизирующих импульсов совмещен с временными метками шкалы UTC(SU), а передний фронт эталонных сигналов времени отстает от меток шкалы UTC(SU) на 326 мкс.

Через Общесоюзную радиотелевизионную передающую станцию в Москве проводятся экспериментальные передачи эталонных сигналов, обеспечивающих одновременную передачу размеров единиц частоты и времени, меток шкалы и информации о текущих значениях времени.

1.4.6. СПВ, передаваемые через сеть звукового вещания и предназначенные для проверки показаний и синхронизации часов технического и бытового назначения, представляют собой прямоугольные радиоимпульсы с частотой заполнения 1000 Гц*. Сигналы передают один раз в час в виде группы из шести радиоимпульсов длительностью 0,1 с каждый с периодом следования 1 с. Начало шестого импульса соответствует началу часа—00^m00^s.

2. ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОСТАНЦИЙ, ИЗЛУЧАЮЩИХ ЭТАЛОННЫЕ СИГНАЛЫ ЧАСТОТЫ И ВРЕМЕНИ

Название станции	Местоположение	Координаты	Излучаемая мощность, кВт	Число одновременных передач	Несущая частота, кГц	Продолжительность работы**	
						дней в неделю	часов в сутки
✓ РБУ	Москва	55°48' с. ш. 38°18' в. д.	10	1	66, (6)	7	24
РТЗ	Иркутск	52°26' с. ш. 104°02' в. д.	10	1	50	7	23
РВ-166	Иркутск	—	40	1	200	7	23
✓ РВМ	Москва	55°48' с. ш. 38°18' в. д.	5 5 8	3	4996* 9996* 14996	7	24

* В третьем, четвертом и пятом радиоимпульсах СПВ передаются дополнительные сигналы в виде синусоидальных колебаний с уровнем на 20 дБ ниже максимального уровня СПВ и частотами 350 Гц±10 Гц и 3300 Гц±160 Гц (в третьем импульсе), 140 Гц±5 Гц и 6200±180 Гц (в четвертом импульсе) и 75 Гц±2 Гц и 9500±300 Гц (в пятом импульсе). Эти сигналы предназначены для автоматического контроля каналов и трактов звукового вещания.

Название станции	Местоположение	Координаты	Излучаемая мощность, кВт	Число одновременных передач	Несущая частота, кГц	Продолжительность работы**	
						дней в неделю	часов в сутки
РИД	Иркутск	52°26' с. ш. 104°02' в. д.	1 1 1	3	5004 10004 15004	7	24
✓ РТА	Новосибирск	55°04' с. ш. 82°58' в. д.	5	1	10000 15000	7	20,5
РЦХ	Ташкент	41°19' с. ш. 69°15' в. д.	1	2	2500 5000 10000	7	21
✓ УТР 3	Горький	56°11' с. ш. 43°58' в. д.	300	1	25,0 25,1 25,5 23,0 20,5	7	2
✓ УЩЗ 3	Хабаровск	48°30' с. ш. 134°51' в. д.	300	1	25,0 25,1 25,5 23,0 20,5	7	2,7
✓ РНС-Е (А)	Брянск	53°13' с. ш. 34°24' в. д.	800	1	100	6	7
✓ РНС-Е (Д)	Сызрань	53°11' с. ш. 49°46' в. д.	800	1	100	6	7
РНС-В (А)	Александровск-Сахалинский	50°56' с. ш. 142°38' в. д.	400	1	100	6	12

**Дни профилактики и другие остановки указаны в 3.3.

3. ПРОГРАММЫ РАБОТЫ СРЕДСТВ ПЕРЕДАЧИ ЭТАЛОННЫХ СИГНАЛОВ ЧАСТОТЫ И ВРЕМЕНИ

3.1. Суточные программы передачи эталонных сигналов частоты и времени

Средство передачи	Время передачи (московское)		Несущая частота, кГц	Примечание
	Начало	Конец		
Радиостанция РБУ	00 ^h 00 ^m 12 00 20 00	11 ^h 06 ^m 16 06 24 00	66, (6) 66, (6) 66, (6)	С 11 ^h 06 ^m до 12 ^h 00 ^m и с 16 ^h 06 ^m до 20 ^h 00 ^m работает по экспериментальной программе или передает сигналы А0, при этом с 11 ^h 07 ^m до 11 ^h 09 ^m и с 12 ^h 54 ^m до 12 ^h 56 ^m возможно выключение передатчика
Радиостанция РТЗ	00 00 04 00	03 00 24 00	50	

Средство передачи	Время передачи (московское)		Несущая частота, кГц	Примечание
	Начало	Конец		
Радиостанция РВМ	00 ^h 00 ^m	24 ^h 00 ^m	4996 9996 14996	Работает одновременно на трех частотах
Радиостанция РИД	00 00	24 00	5004 10004 15004	То же
Радиостанция РТА	00 00 05 00 09 30 13 00 17 00 21 00	04 30 08 00 12 30 16 30 20 30 24 00	10000 10000 15000 15000 10000 10000	В перерывах работает по дополнительной программе
Радиостанция РЦХ	00 00 08 30 00 00 05 00 08 30 13 00 17 00 21 00	07 00 24 00 04 30 07 00 12 30 16 30 20 30 24 00	2500 2500 5000 5000 10000 10000 5000 5000	То же
Радиостанция РВ-166	01 00	24 00	200	Значения несущих частот приведены в часовой программе
Радиостанция УТР 3	08 36 17 36 21 36	09 17 18 17 22 17	— — —	
Радиостанция УЩЦ 3	03 36 06 36 09 36 20 36	04 17 07 17 10 17 21 17	— — — —	
Радиостанция РНС-Е (А)	10 00 17 00	13 00 21 00	100 100	
Радиостанция РНС-Е (Д)	10 00 17 00	13 00 21 00	100 100	Обычно работает без секундной метки. В отдельных случаях работает с секундной меткой, смещенной относительно UTC(SU)
Радиостанция РНС-В (А)	02 00	14 00	100	
Сеть звукового вещания (Программа «Маяк»)*	—	—	—	Сигналы времени передаются в конце каждого часа**
Телевизионный технический центр им. 50-летия Октября, Москва	—	—	—	Сигналы времени передаются в период показа циферблата часов

* По другим вещательным программам в зависимости от характера передач СПВ могут не передаваться или передаваться на фоне вещательной программы.

** В отдельных случаях возможно исключение СПВ.

В графическом виде суточные программы работы радиостанций показаны на рис. 1.

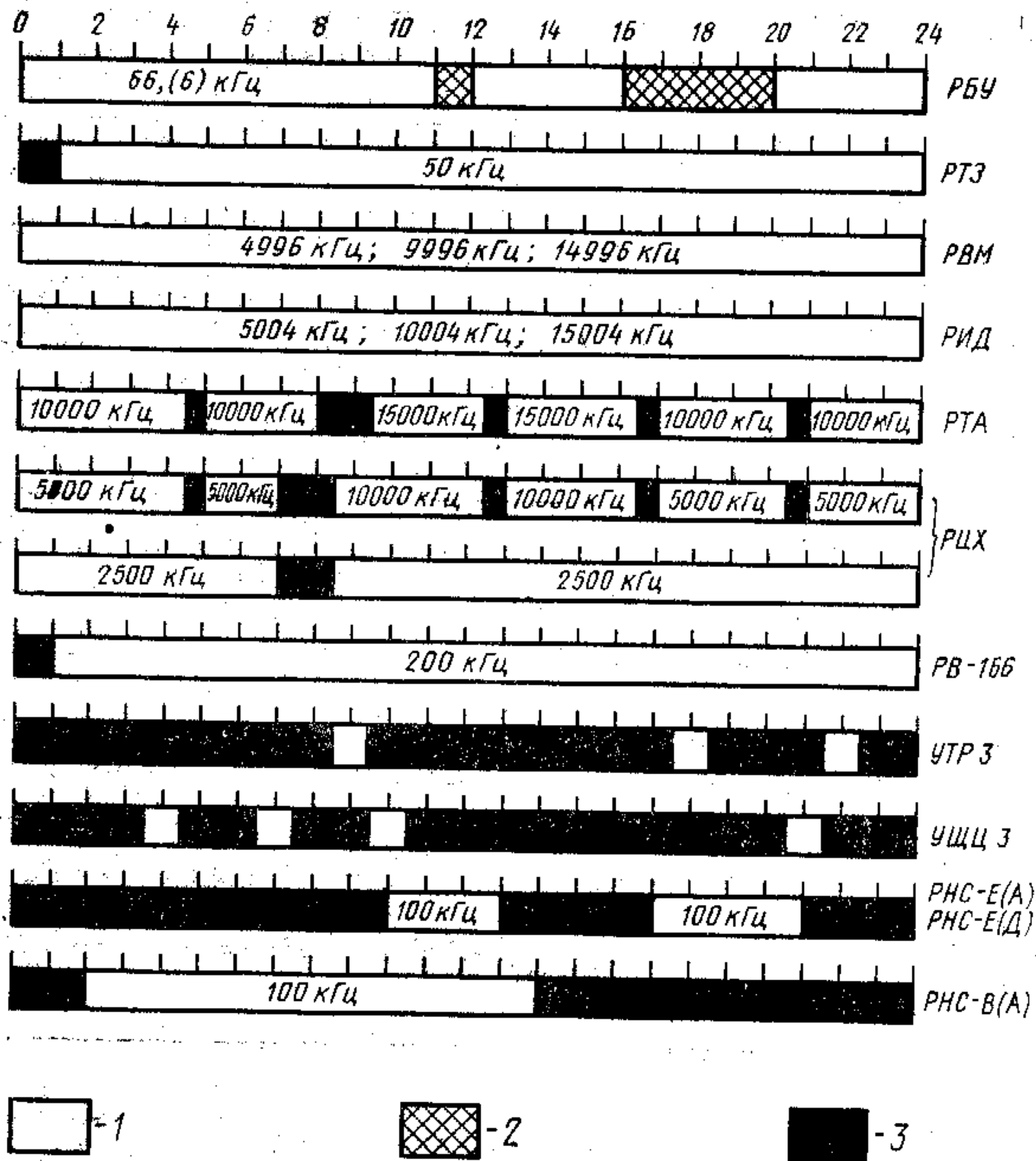


Рис. 1. Суточные программы работы радиостанций:

1—по часовой программе; 2—по экспериментальной программе; 3—передатчик выключен или работает по дополнительной программе

3.2. Часовые программы работы радиостанций

Время передачи сигналов		Вид сигналов
Начало	Конец	

Программа РБУ, РТЗ

00 ^m 00 ^s	04 ^m 55 ^s	Секундные сигналы А1 и информация DUT1+dUT1
05 00	06 00	Сигналы опознавания радиостанции
06 00	58 55	Сигналы А0
59 00	59 55	Сигналы А1 с частотой повторения 10 Гц

Программа РВМ

00 ^m 00 ^s	07 ^m 55 ^s	Сигналы А0
30 00	37 55	Передатчик выключен
08 00	09 00	Сигналы опознавания радиостанции
38 00	39 00	Секундные сигналы А1 и информация DUT1+dUT1
09 00	10 00	Сигналы А1 с частотой повторения 10 Гц
39 00	40 00	
10 00	19 55	
40 00	49 55	
20 00	29 55	
50 00	59 55	

Программа РИД

00 ^m 00 ^s	09 ^m 55 ^s	Сигналы А1 с частотой повторения 10 Гц
30 00	39 55	Сигналы А0
10 00	17 55	Передатчик выключен
40 00	47 55	Сигналы опознавания радиостанции
18 00	19 00	Секундные сигналы А1 и информация DUT1+dUT1
48 00	49 00	
19 00	20 00	
49 00	50 00	
20 00	29 55	
50 00	59 55	

Время передачи сигналов		Вид сигналов
Начало	Конец	

Программа РТА, РЦХ

00 ^m 00 ^s	09 ^m 55 ^s	Секундные сигналы А1 и информация DUT1+dUT1
30 00	39 55	
10 00	19 55	Сигналы А1 с частотой повторения 10 Гц
40 00	49 55	
20 00	27 55	Сигналы А0
50 00	57 55	
28 00	29 00	Передатчик выключен
58 00	59 00	
29 00	30 00	Сигналы опознавания радиостанции
59 00	60 00	

Программа РВ-166

00 ^m 00 ^s	60 ^m 00 ^s	Сигналы А3
---------------------------------	---------------------------------	------------

Программа УТР 3, УЩЦ 3

36 ^m 00 ^s	37 ^m 00 ^s	Сигналы опознавания радиостанции	Несущая частота 25 кГц
37 00	40 00	Сигналы А0	
40 00	43 00	Сигналы А1, Манипуляция 40 Гц	
43 00	52 00	Сигналы А1. Импульсы с частотами следования 10; 1; 1/10 и 1/60 Гц	
52 00	55 00	Сигналы А1. Манипуляция 40 Гц	Несущая частота 25 кГц
55 00	57 00	Передатчик выключен	
57 00	60 00	Сигналы А0 с несущей частотой 25,1 кГц	
00 00	02 00	Передатчик выключен	
02 00	05 00	Сигналы А0 с несущей частотой 25,5 кГц	
05 00	08 00	Передатчик выключен	
08 00	11 00	Сигналы А0 с несущей частотой 23,0 кГц	
11 00	14 00	Передатчик выключен	
14 00	17 00	Сигналы А0 с несущей частотой 20,5 кГц	

Программа РНС-Е(А), РНС-Е(Д), РНС-В(А)

00 ^m 00 ^s	60 ^m 00 ^s	Группы радиоимпульсов А1
---------------------------------	---------------------------------	--------------------------

В графическом виде часовые программы работы радиостанций приведены на рис. 2.

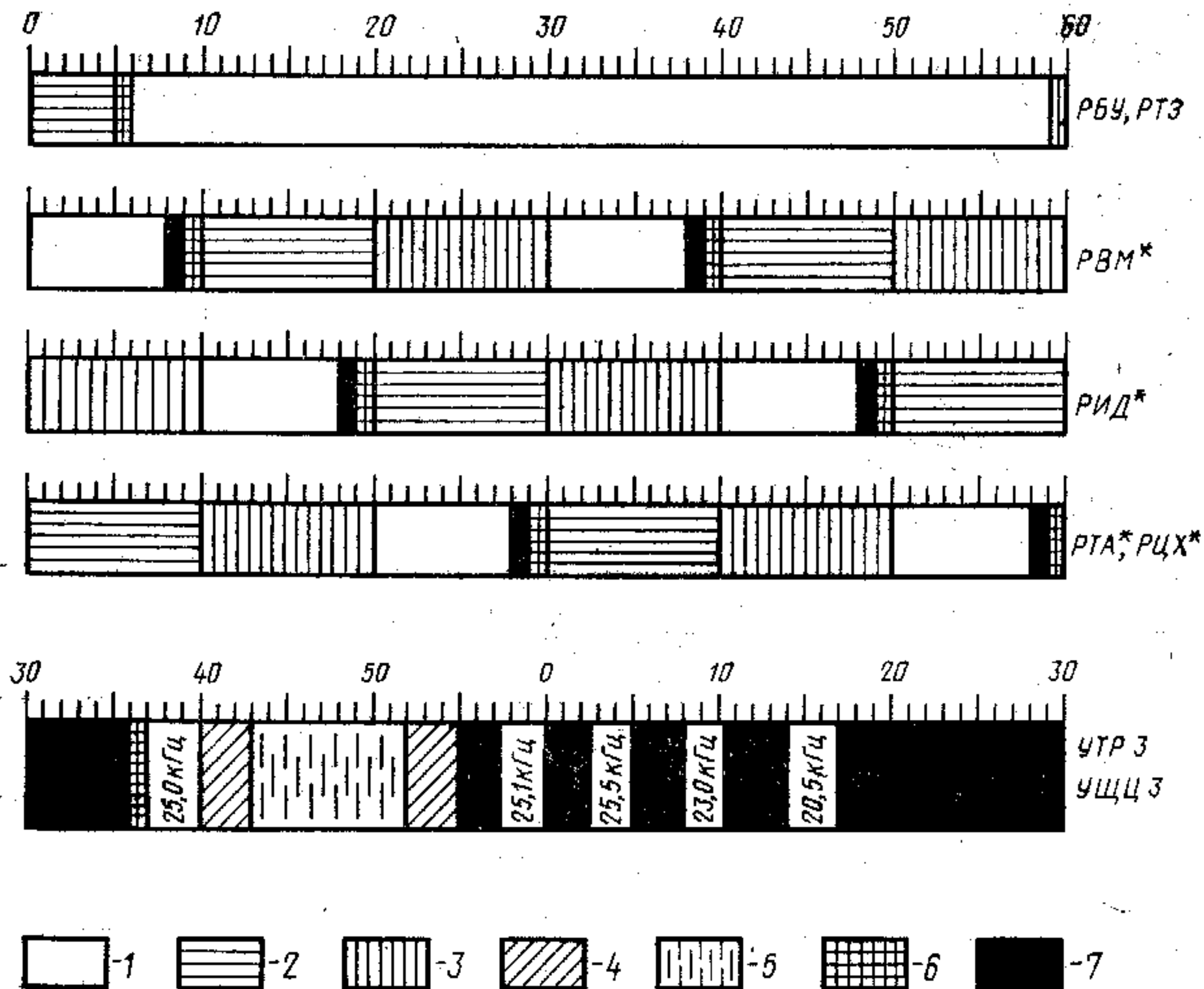


Рис. 2. Часовые программы работы радиостанций:

1—сигналы А0; 2—секундные сигналы и информация DUT1+dUT1; 3—сигналы А1 с частотой 10 Гц; 4—сигналы А1 с частотой 40 Гц; 5—сигналы А1 с частотами следования 10; 1; 1/10 и 1/60 Гц; 6—сигналы опознавания; 7—передатчики выключен

* Сигналы времени 56, 57, 58, 59-й секунд, следующие после $(5n-1)$ -й минуты (где $n=1, 2, 3, \dots, 12$), пропускаются.

3.3. Перерывы в работе радиостанций

Станция	Перерыв	
	День	Время (московское)
РБУ	Третий вторник каждого четного месяца	08 ^h 00 ^m —16 ^h 00 ^m
РВМ (4996 кГц)	Первая среда первого месяца квартала	08 00 —16 00
РВМ (9996 кГц)	Вторая среда первого месяца квартала	08 00 —16 00
РВМ (14996 кГц)	Третья среда каждого нечетного месяца	08 00 —16 00
РТЗ	Первый, третий и четвертый понедельник каждого месяца	03 00 —11 00
РИД (5004 кГц)	Второй и четвертый вторник каждого месяца	03 00 —11 00
РИД (10004 кГц)	Третий и четвертый вторник каждого месяца	03 00 —11 00
РИД (15004 кГц)	Второй и четвертый вторник каждого месяца	03 00 —11 00
РТА	Первый и третий четверг каждого месяца	03 00 —13 00
РЦХ	Третий понедельник каждого месяца	04 00 —14 00
РВ-166	Три последних понедельника каждого месяца	03 15 —12 00
УТР 3	7, 17, 27-й день каждого месяца	00 00 —24 00
УЩЦ 3	9, 19, 29-й день каждого месяца	00 00 —24 00
РНС-Е(А)	Воскресные, праздничные дни и два последних дня месяца	00 00 —24 00
РНС-Е(Д)		
РНС-В(А)		

4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИЕМУ СИГНАЛОВ ЧАСТОТЫ И ВРЕМЕНИ

4.1. Для приема сигналов частоты, передаваемых через радиостанции, рекомендуется использовать следующую аппаратуру, выпускаемую промышленностью:

приемники-компараторы ПК-50 и ПК-66; приборы предназначены для поверки средств измерений частоты и времени с относительной погрешностью от $1 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-10}$ по эталонным сигналам частоты 50 и 66, (6) кГц; могут быть использованы как источники сигналов высокостабильной частоты;

приемник-компаратор Ч7-10; предназначен для сличения мер частоты по эталонным сигналам 66, (6) и 200 кГц;

приемник-компаратор Ч7-9; предназначен для сличения мер частоты по сигналам, передаваемым в диапазоне от 10 до 29,9 кГц.

4.2. Для приема сигналов времени, передаваемых через радиостанции, рекомендуется использовать приемник-компаратор Ч7-10 [66, (6) кГц] и приемники сигналов времени Ч7-8 и Ч7-13, позволяющие принимать сигналы радиостанций РВМ, РИД, РТА, РЦХ, а также связные приемники, рассчитанные на работу в ОНЧ, НЧ, СЧ и ВЧ диапазонах.

4.3. Для синхронизации мер времени при помощи телевизионных сигналов рекомендуется применять приборы ПШТ-Н или РТВЧ, выпускаемые волгоградским заводом «Эталон».

4.4. Сигналы указанных в бюллетене радиостанций можно принимать в следующих географических зонах страны:

РБУ, РВМ, РТА, УТР 3, УЩЦ 3, РНС-Е(А), РНС-Е(Д)	20° в. д.—60° в. д. 40° с. ш.—70° с. ш.
РВМ, РТА, РЦХ УТР 3, УЩЦ 3, РНС-Е(Д)	60° в. д.—80° в. д. 30° с. ш.—70° с. ш.
РТЗ, РВМ, РИД, РТА, РЦХ, УТР 3, УЩЦ 3	80° в. д.—120° в. д. 40° с. ш.—70° с. ш.
РТЗ, РИД, УТР 3, УЩЦ 3, РНС-В(А)	120° в. д.—140° в. д. 40° с. ш.—60° с. ш.
РТЗ, РИД, УТР 3, УЩЦ 3, РНС-В(А)	120° в. д.—170° в. д. 50° с. ш.—70° с. ш.

5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ ЧАСТОТЫ И ВРЕМЕНИ НОВОЙ ФОРМЫ

Через радиостанцию РБУ проводятся экспериментальные передачи сигналов новой формы, обеспечивающих одновременную передачу размеров единиц, меток шкалы времени, информации о текущих значениях времени и другой дополнительной информации.

Сигналы новой формы представляют собой синусоидальные колебания с несущей частотой 66, (6) кГц, 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 и 312,5 Гц и индексом модуляции 0,698. Сигналы с поднесущей частотой 312,5 Гц используют для маркирования секундных и минутных меток, а также для передачи информации о шкалах времени. Сигналы с частотой 100 Гц используют для передачи информации о текущих значениях времени.

В процессе экспериментальных передач возможно изменение отдельных характеристик передаваемых сигналов.

**6. ПРОГРАММЫ РАБОТЫ ЗАРУБЕЖНЫХ РАДИОСТАНЦИЙ ВРЕМЕНИ
И ЧАСТОТЫ [2, 3], СИГНАЛЫ КОТОРЫХ КОНТРОЛИРУЮТСЯ ПУНКТАМИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ГСВЧ СССР**

Название станции	Местоположение, широта, долгота	Мощность излучения, кВт	Несущая частота, кГц	Время передачи UT	Форма сигналов и способ передачи информации о шкалах времени	Погрешность сигнала по частоте в единицах десятого знака
DCF-77	Майнфлинген, ФРГ 50°1' с. ш. 9°0' в. д.	38	77,5	Непрерывно	Сигналы типа A1. Секундные метки длительностью 0,1 с передаются уменьшением несущих колебаний до $\frac{1}{4}$ амплитуды. Характерной точкой является начало импульсной модуляции, 59-я секундная метка пропускается. Двоично-десятичный временной код (год, месяц, день, час, минута, день недели) передается каждую минуту путем удлинения секундных меток (с 20 по 58). Когда используется резервная антенна, 15-я секундная метка удлиняется. DUT1 не передается	0,005
GBR	Рагби, Великобритания 52°22' с. ш. 1°11' з. д.	60	16	02 ^h 55 ^m —03 ^h 00 ^m 08 ^h 55 ^m —09 ^h 00 ^m 14 ^h 55 ^m —15 ^h 00 ^m 20 ^h 55 ^m —21 ^h 00 ^m	Сигналы типа A1. Секундные сигналы длительностью 100 мс, удлиняемые до 500 мс в начале каждой минуты. Характерной точкой является начало сигнала. Непрерываемая несущая передается в течение 24 с, начиная с 54^m30^s и с 00^m06^s. DUT1: кодом МККР путем сдвигания сигналов	0,02

Название станции	Местоположение, широта, долгота	Мощность излучения, кВт	Несущая частота, кГц	Время передачи UT	Форма сигналов и способ передачи информации о шкалах времени	Погрешность сигнала по частоте в единицах десятого знака
HBG	Прангинс, Швейцария 46°24' с. ш. 6°15' в. д.	20	75	Непрерывно	Сигналы типа A1. Прерывание несущей в начале каждой секунды на 100 мс. Минутные метки маркируются двойным сигналом, часовые метки — тройным сигналом. DUT1 не передается	0,02
MSF	Рагби, Великобритания 52°22' с. ш. 1°11' з. д.	0,5	60	Непрерывно, за исключением времени профилактики с 10 ^h 00 ^m до 14 ^h 00 ^m в первый вторник каждого месяца	Сигналы типа A1. 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 МККР путем сдвигания сигналов	0,02
OMA	Либлице, ЧССР 50°04' с. ш. 14°53' в. д.	5	50	Непрерывно, кроме времени с 06 ^h до 12 ^h в 1-ю среду каждого месяца	Сигналы типа A1, F1. Прерывание несущей на 100 мс в начале каждой секунды и на 500 мс в начале каждой минуты. Характерная точка соответствует началу прерывания. DUT1 не передается	0,5

Кодирование информации о разности шкал UT1—UTC

В соответствии с рекомендациями Международного консультативного комитета по радио (МККР) числовое значение разности UT1—UTC обозначается DUT1 и округленное до 0,1 с при помощи стандартного позиционного кода МККР передается через радиостанции. Радиостанции ГСВЧ СССР, 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.

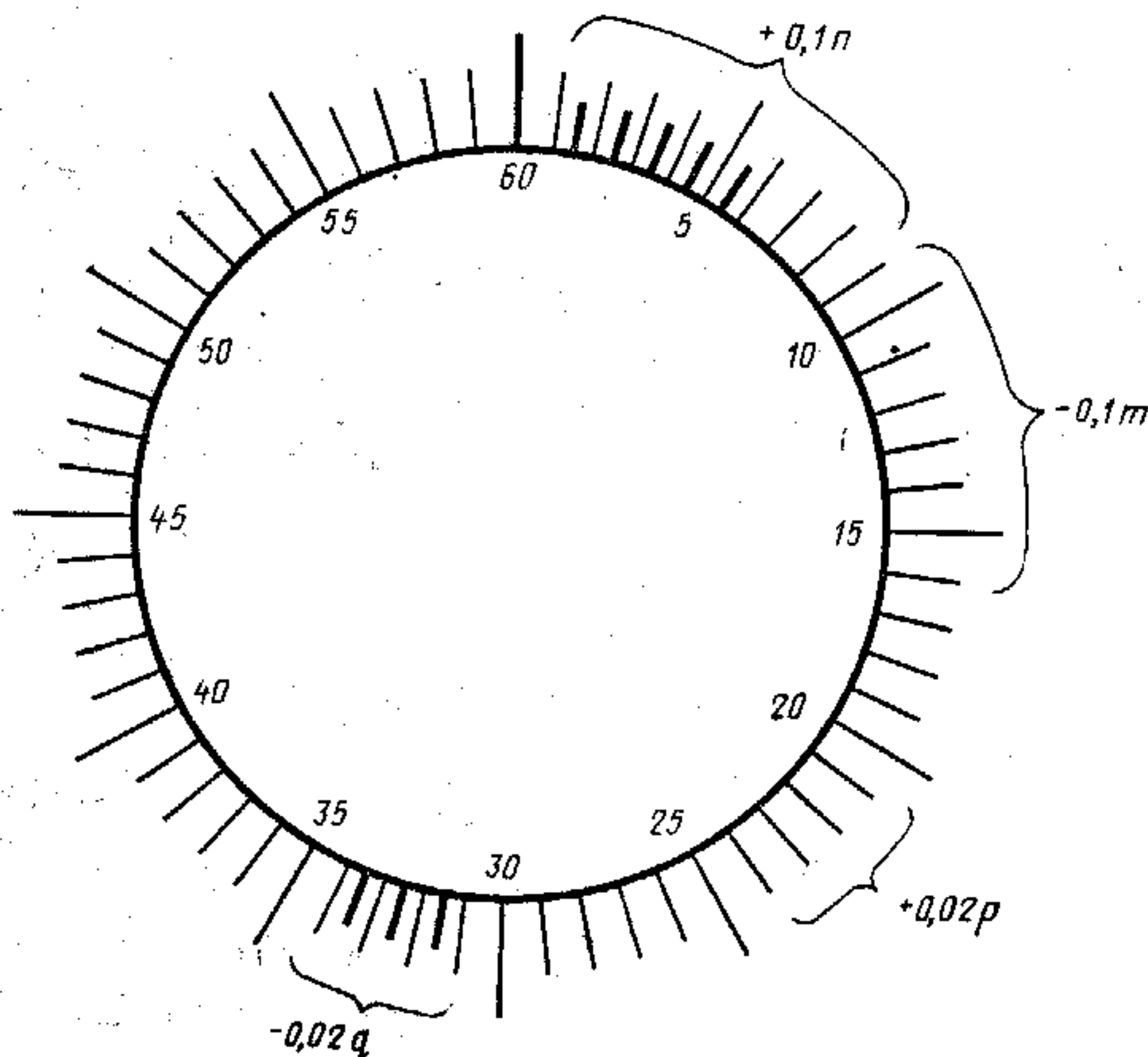


Рис. 3. Пример кодирования DUT1+dUT1

$$DUT1+dUT1 = 5 \cdot 0,1 \text{ с} - 3 \cdot 0,02 \text{ с} = +0,44 \text{ с}$$

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 рис. 3.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Погрешности привязки шкал времени и сравнения частот, обусловленные особенностями распространения радиоволн ВЧ, НЧ и ОНЧ 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 ВЧ 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 ВЧ диапазона может быть определена (в мс) с помощью эмпирической формулы

$$\tau_p = 0,9 + 3,25 \frac{L}{1000},$$

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 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 [4, 5].

2. Радиоволны НЧ 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 пространственной волны и высокую точность синхронизации мер времени (с погрешностью до единиц микросекунд) и сравнения частот (с погрешностью до $1 \cdot 10^{-11}$ за сутки).

Задержка радиосигналов при распространении поверхностной волной может быть определена из соотношения

$$\tau_p = \frac{L'}{v},$$

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 (координаты пунктов должны быть известны с точностью до угловой секунды).

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.

3. Радиоволны ОНЧ 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 ОНЧ 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].

**Программы передач эталонных сигналов частоты и времени зарубежными радиостанциями,
работающими в системе UTC, по состоянию на 1978 г. [2]**

Название станции	Местоположение, широта, долгота	Мощность излучения, кВт	Несущая частота, кГц	Время передачи UT	Форма сигналов и способ передачи информации о шкалах времени	Погрешность сигнала по частоте в единицах десятого знака
ATA	Грейте Кайлаш, Дели, Индия 28°34' с. ш. 77°19' в. д.	—	5000 10000 15000	03 ^h 30 ^m —14 ^h 30 ^m с понедельника до суб- боты; 04 ^h 30 ^m —08 ^h 30 ^m во 2-ю субботу месяца и воскресенье Непрерывно	Сигналы типа A2. Секундные сиг- налы: 5 периодов модуляции 1 кГц. Минутные сигналы длительностью 100 мс	1
CHU	Оттава, Канада 45°18' с. ш. 75°45' з. д.	3 10 3	3330 7335 14670		Сигналы типа A2. Секундные сиг- налы: 300 периодов модуляции 1 кГц. Минутные сигналы длительностью 0,5 с. Объявление о времени на двух языках (французском, английском) каждую минуту. Временной код от 31-й до 39-й секунды — при помощи частотной манипуляции. Передача ведется на одной верх- ней боковой полосе. DUT1: кодом МККР путем разде- ления сигналов	0,05
DAM	Элмехорн, ФРГ 53°46' с. ш. 9°40' в. д.	10 15 5 10 5 15	8638,5 16980,4 4265 8638,5 6475,5 12763,5	11 ^h 55 ^m —12 ^h 06 ^m 23 ^h 55 ^m —24 ^h 06 ^m с 21 октября по 20 апре- ля 23 ^h 55 ^m —24 ^h 06 ^m с 21 апреля по 20 октяб- ря	Сигналы типа A1 Секундные сигналы с 0,5 до 6-й ми- нуты (минутные сигналы удлиняют- ся). DUT1: кодом МККР путем сдвиги- вания сигналов после минутных сиг- налов от 1-го до 5-го	—

Название станции	Местоположение, широта, долгота	Мощность излучения, кВт	Несущая частота, кГц	Время передачи UT	Форма сигналов и способ передачи информации о шкалах времени	Погрешность сигнала по частоте в единицах десятого знака
DAN	Остерлот, ФРГ 53°38' с. ш. 7°12' в. д.	2	2614	11 ^h 55 ^m —12 ^h 06 ^m 23 ^h 55 ^m —24 ^h 06 ^m	Сигналы типа A1 Секундные сигналы с 0,5 до 6-й минуты (минутные сигналы удлиняются). DUT1: кодом МККР путем сдвигания сигналов после минутных сигналов от 1-го до 5-го	—
DAO	Киль, ФРГ 54°26' с. ш. 10°8' в. д.	2	2775	11 ^h 55 ^m —12 ^h 06 ^m 23 ^h 55 ^m —24 ^h 06 ^m	То же	—
DBI	Ораниенбаум, ГДР 52°48' с. ш. 13°24' в. д.	750	182	05 ^h 59 ^m 30 ^s —06 ^h 00 ^m 11 ^h 59 ^m 30 ^s —12 ^h 00 ^m 17 ^h 59 ^m 30 ^s —18 ^h 00 ^m	Сигналы типа A2. Секундные сигналы длительностью 0,1 с передаются в течение 30—40; 45—50, 55—60-й секунд. Последний сигнал удлиняется	—
DIZ	Науэн, ГДР 52°39' с. ш. 12°55' в. д.	5	4525	Непрерывно, за исключением 08 ^h 15 ^m —09 ^h 45 ^m в период профилактики по необходимости	Сигналы типа A1. Секундные сигналы длительностью 0,1 с. Минутные сигналы удлиняются до 0,5 с. DUT1: кодом МККР путем сдвигания сигналов.	—
FFH	Стэ Ассис, Франция 48°33' с. ш. 2°34' в. д.	5	2500	Непрерывно с 08 ^h до 16 ^h 25 ^m , за исключением воскресенья	Сигналы типа A2. Секундные сигналы: 5 периодов модуляции 1 кГц. Минутные сигналы удлиняются до 0,5 с. DUT1: кодом МККР путем удлинения сигналов до 0,1 с	0,2
PTN42 PTK77 PTN87	Стэ Ассис, Франция 48°33' с. ш. 2°34' в. д.	—	7428 10775	08 ^h 55 ^m —09 ^h 00 ^m 20 ^h 55 ^m —21 ^h 00 ^m 07 ^h 55 ^m —08 ^h 00 ^m 19 ^h 55 ^m —20 ^h 00 ^m	Сигналы типа A1. Минутные сигналы удлиняются. DUT1: кодом Морзе	—

Название станции	Местоположение, широта, долгота	Мощность излучения, кВт	Несущая частота, кГц	Время передачи UT	Форма сигналов и способ передачи информации о шкалах времени	Погрешность сигнала по частоте в единицах десятого знака
IAM	Рим. Италия 41°47' с. ш. 12°27' в. д.	1	13873 5000	09 ^h 25 ^m —09 ^h 30 ^m 12 ^h 55 ^m —13 ^h 00 ^m 22 ^h 25 ^m —22 ^h 30 ^m 10 мин каждые 15 мин с 07 ^h 30 ^m до 08 ^h 30 ^m и с 10 ^h 30 ^m до 11 ^h 30 ^m , кроме второй половины дня в субботу, воскресенья и национальных праздников, с опережением на 1 ч летом	Сигналы типа A2. Секундные сигналы: 5 периодов модуляции 1 кГц. Минутные сигналы: 20 периодов. (Объявления за 5 мин до передачи сигналов времени)	0,5
IBF	Турин, Италия 45°02' с. ш. 7°42' в. д.	5	5000	В течение 15 мин, предшествующих 07 ^h , 09 ^h , 10 ^h , 11 ^h , 12 ^h , 13 ^h , 14 ^h , 15 ^h , 16 ^h , 17 ^h , 18 ^h с опережением на 1 ч летом	Сигналы типа A2. Секундные сигналы: 5 периодов модуляции 1 кГц. Оповещение голосом в начале и конце каждой передачи. Объявление о времени (центрально-европейском) кодом Морзе каждые 10 мин, начиная с 00 ^h 00 ^m DUT1: кодом МККР путем сдвигания сигналов	0,1
JG2AS	Санва Ибараки, Япония 36°11' с. ш. 139°51' в. д.	10	40	Непрерывно, за исключением прерывания в течение передач	Сигналы типа A1. Секундные сигналы длительностью 0,5 с. Сигнал 59-й секунды длится 0,1 с. DUT1: не передается	0,1
JJY	Санва Ибараки, Япония 36°11' с. ш. 139°51' в. д.	2	2500 5000 10000 15000	Непрерывно, за исключением прерывания между 35 и 39-й минутами	Сигналы типа A2. Секундные сигналы: 8 периодов модуляции 1600 Гц. Минутным сигналам предшествует модуляция 600 Гц. DUT1: кодом МККР путем удлинения сигналов	0,1

Название станции	Местоположение, широта, долгота	Мощность излучения, кВт	Несущая частота, кГц	Время передачи UT	Форма сигналов и способ передачи информации о шкалах времени	Погрешность сигнала по частоте в единицах десятого знака
LOL1	Буэнос-Айрес, Аргентина 34°37' ю. ш. 58°21' з. д.	2	5000 10000 15000	11 ^h —12 ^h 14 ^h —15 ^h 17 ^h —18 ^h 20 ^h —21 ^h 23 ^h —24 ^h	Сигналы типа A2. Секундные сигналы: 5 периодов модуляции 1000 Гц. Сигнал 59-й секунды пропускается. Объявление о часах и минутах каждые 5 мин, за которыми следуют 3 мин модуляции 1000 или 440 Гц. DUT1: код МККР путем удлинения сигналов	0,2
LOL2 LOL3	Буэнос-Айрес, Аргентина 34°37' ю. ш. 58°21' з. д.	—	4856 8030 17180	00 ^h 55 ^m —01 ^h 00 ^m 12 ^h 55 ^m —13 ^h 00 ^m 20 ^h 55 ^m —21 ^h 00 ^m	Сигналы типа A1. Минутные сигналы удлиняются. DUT1: кодом МККР путем сдвигания сигналов	—
LQB9 LQC20	Планта Грал, Пачецо, Аргентина 34°26' ю. ш. 58°37' з. д.	—	8167,5 17551,5	22 ^h 00 ^m —22 ^h 05 ^m 23 ^h 45 ^m —23 ^h 50 ^m 10 ^h 00 ^m —10 ^h 05 ^m 11 ^h 45 ^m —11 ^h 50 ^m	Сигналы типа A1. Сигнал 59-й секунды пропускается, сигнал 60-й секунды удлиняется. После передачи дается информация о правильности переданных сигналов (OK—если передача правильна, NV—если не правильна). DUT1: кодом МККР путем сдвигания сигналов	—
MSF	Рагби, Великобритания 52°22' с. ш. 1°11' з. д.	—	2500 5000 10000	В период между 0 и 5, 10 и 15, 20 и 25, 30 и 35, 40 и 45, 50 и 55-й минутами	Сигналы типа A2. Секундные сигналы: 5 периодов модуляции 1 кГц. Минутные сигналы удлиняются. DUT1: кодом МККР путем сдвигания сигналов	0,02
NMO	Луалуалей, Гавайи, США 21°26' с. ш. 158°10' з. д.	—	4525 9050 13655 16457,5 22472	00 ^h 55 ^m —01 ^h 00 ^m 02 ^h 55 ^m —03 ^h 00 ^m 06 ^h 55 ^m —07 ^h 00 ^m 21 ^h 55 ^m —22 ^h 00 ^m	Сигналы типа A1. Секундные метки	—

Название станции	Местоположение, широта, долгота	Мощность излучения, кВт	Несущая частота, кГц	Время передачи UT	Форма сигналов и способ передачи информации о шкалах времени	Погрешность сигнала по частоте в единицах десятого знака
NPN	Барригада, Гуам, 13°29' с. ш. 144°50' в. д.	—	4955 8150 13380 21760	05 ^h 55 ^m —06 ^h 00 ^m 11 ^h 55 ^m —12 ^h 00 ^m 17 ^h 55 ^m —18 ^h 00 ^m 23 ^h 55 ^m —24 ^h 00 ^m	Секундные сигналы типа A ₁	—
OLB5	Подебради, ЧССР 50°9' с. ш. 15°9' в. д.	5	3170	Непрерывно, кроме времени с 6 ^h до 12 ^h в 1-ю среду каждого месяца	Сигналы типа A ₁ . Секундные метки. DUT1 не передается.	—
OMA	Либлице, ЧССР 50°4' с. ш. 14°53' в. д.	1	2500	В период между 5 и 15, 25 и 30, 35 и 40, 50 и 60-й минутами каждого часа, за исключением времени с 5 ^h до 11 ^h в 1-ю среду каждого месяца	Сигналы типа A ₂ . Секундные сигналы: 5 периодов модуляции 1 кГц (сигналы минутных меток удлиняются). Первый сигнал 5-й минуты удлиняется до 500 периодов. DUT1 не передается.	0,5
PPE	Рио-де-Жанейро, Бразилия 22°54' ю. ш. 43°13' з. д.	—	8721	00 ^h 25 ^m —00 ^h 30 ^m 11 ^h 25 ^m —11 ^h 30 ^m 13 ^h 25 ^m —13 ^h 30 ^m 19 ^h 25 ^m —19 ^h 30 ^m 20 ^h 25 ^m —20 ^h 30 ^m 23 ^h 25 ^m —23 ^h 30 ^m	Сигнал типа A ₁ . Минутные сигналы удлиняются. DUT1: кодом МККР путем сдвигания сигнала	—
PPR	Рио-де-Жанейро, Бразилия 22°59' ю. ш. 43°11' з. д.	—	435 4244 8634 13105 17194,4 22603	01 ^h 25 ^m —01 ^h 30 ^m 14 ^h 25 ^m —14 ^h 30 ^m 21 ^h 25 ^m —21 ^h 30 ^m	Сигналы типа A ₁ . Минутные сигналы удлиняются	—

Название станции	Местоположение, широта, долгота	Мощность излучения, кВт	Несущая, частота, кГц	Время передачи UT	Форма сигналов и способ передачи информации о шкалах времени	Погрешность сигнала по частоте в единицах десятого знака
VNG	Линдхерст, Австралия 38°3' ю. ш. 145°16' в. д.	—	4500 7500 12000	09 ^h 45 ^m —21 ^h 30 ^m Непрерывно, кроме времени с 22 ^h 30 ^m до 22 ^h 45 ^m 21 ^h 45 ^m —09 ^h 30 ^m	Сигналы типа A2. Секундные сигналы: 50 периодов модуляции 1 кГц, 5 периодов только для меток 55—58-й секунд; сигнал 59-й секунды пропускается; 500 периодов для минутных меток. В течение 5, 10, 15-й и т. д. минут 5 периодов для секундных меток с 50 до 58. Объявление голосом в течение 15, 30, 45 и 60-й минут. DUT1: кодом МККР путем передачи сигналов 45 периодов модуляции 900 Гц, передаваемых непосредственно за обычными секундными метками	1
WWV	Форт Коллинз, США 40°41' с. ш. 105°2' з. д.	2,5 10 10 10 2,5	2500 5000 10000 15000 20000	Непрерывно	Сигналы типа A2. Секундные сигналы: 5 периодов модуляции 1 кГц. Метки 29 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 МККР путем сдвигания сигналов. Двоично-десятичный временной код на поднесущей 100 Гц включает поправку DUT1	0,1
WWVB	Форт Коллинз, США 40°40' с. ш. 105°3' з. д.	13	60	Непрерывно	Сигналы типа A1. Секундные сигналы передаются путем уменьшения амплитуды несущей. Двоично-десятичный временной код содержит информацию о дате, времени суток и поправке DUT1 Код МККР не используется	0,1

Название станции	Местоположение, широта, долгота	Мощность излучения, кВт	Несущая частота, кГц	Время передачи UT	Форма сигналов и способ передачи информации о шкалах времени	Погрешность сигнала по частоте в единицах десятого знака
WWVH	о. Кауаи, Гавайи, США 21°59' с. ш. 159°46' з. д.	5 10 10 10	2500 5000 10000 15000	Непрерывно	Сигналы типа А2. Секундные сигналы: 6 периодов модуляции 1200 Гц. Сигналы 29 и 59-й секунд пропускаются. Час маркируется сигналом 1500 Гц длительностью 0,8 с. Начало каждой минуты маркируется сигналом 1200 Гц длительностью 0,8 с. DUT1: кодом МККР путем сдвигания сигналов. Двоично-десятичный временной код на поднесущей 100 Гц включает поправку DUT1	0,1
YVTO	Киракас, Венесуэла 10°30' с. ш. 66°56' з. д.	—	6100	Непрерывно	Сигналы типа А2. Секундные сигналы модуляции 1 кГц длительностью 0,1 с. Минута маркируется сигналом 800 Гц длительностью 0,5 с. Сигнал 30-й секунды пропускается. Объявление голосом о часе, минуте и секунде каждую минуту между 52 и 57-й секундами	—
ZUO	Олифантс-фонтейн, ЮАР 25°58' ю. ш. 28°14' в. д.	—	2500 5000	18 ^h 00 ^m —04 ^h 00 ^m Непрерывно	Сигналы типа А2. Секундные сигналы: 5 периодов модуляции 1 кГц. Сигналы минутных меток удлиняются. DUT1: кодом МККР путем удлинения сигналов	0,1
ZUO	Иоганнесбург, ЮАР 26°11' ю. ш. 28°04' в. д.	—	10000	Непрерывно	То же	0,1

ЭТАЛОННЫЕ СИГНАЛЫ ЧАСТОТЫ И ВРЕМЕНИ

Бюллетень В $\frac{04}{1980}$

Ответственный редактор
Г. Т. Черенков

Составитель *А. Н. Михайлова*

Редактор *С. Я. Рыско*
Технический редактор *В. Ю. Смирнова*
Корректор *А. В. Прокофьева*

Сдано в наб. 12.09.79	Подл. в печ. 23.10.79	Т—19712	Формат 60×90 ^{1/16}
Бумага типографская № 1.	Гарнитура литературная.		Печать высокая
1,75 п. л.	1,80 уч.-изд. л.	Тираж 12000	Зак. 1239
		Цена 10 коп.	Изд. № 6267/7

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов. 123557, Москва, Новопресненский пер., 3
Тип. «Московский печатник». Москва, Лялин пер., 6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Регламент радиосвязи. М., Связь, 1975.
2. Annual Report for 1978/Federation of Astronomical and Geophysical Services. Bureau International de l'heure. Paris, 1979.
3. Константинов А. И., Флеер А. Г. Время. М., Изд-во стандартов, 1971, с. 297—308.
4. Палий Г. Н., Артемьева Е. В. Синхронизация высокоточных мер времени и частоты. М., Изд-во стандартов, 1976, с. 47—83.