

## РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R F.1099-4

**Планы размещения частот радиостволов для цифровых систем фиксированной беспроводной связи высокой и средней пропускной способности в верхнем участке диапазона 4 ГГц (4400–5000 МГц)**

(Вопрос МСЭ-R 136/9)

(1994-1995-1997-1999-2007)

**Сфера применения**

В настоящей Рекомендации представлены планы размещения частот радиостволов для систем фиксированной беспроводной связи (СФБС), работающих в верхнем участке диапазона 4 ГГц (4400–5000 МГц), который может использоваться для систем фиксированной связи высокой и средней пропускной способности, на основе общего раstra 10 МГц. В Приложениях 1 и 2 представлены планы размещения радиостволов, в соответствии с положениями основного текста, с разносами 20, 40, 60, 80 МГц. В Приложении 3 содержится вариант плана размещения с разносом между стволами 28 МГц. Приведены планы размещения с чередующимися и совпадающими частотами, а также информация о передаче на нескольких несущих, основанная на этих планах размещения.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*учитывая,*

- а) что для работы в полосах радиочастот (РЧ) диапазона 5 ГГц требуются цифровые системы фиксированной беспроводной связи (СФБС) большой пропускной способности, в которых скорости передачи сигналов плездохронной или синхронной цифровой иерархии (ПЦИ или СЦИ) составляют 90 Мбит/с или выше;
- б) что центральные промежутки в отдельных планах размещения частот радиостволов и защитный интервал на границах полосы могут быть установлены путем незаполнения соответствующего числа частотных позиций радиостволов в однородном базовом растре;
- с) что единое разнесение частот в базовом растре не должно быть неоправданно малым или настолько большим, чтобы мешать эффективному использованию имеющегося спектра;
- д) что абсолютные значения частот базового раstra должны определяться единой опорной частотой;
- е) что концепции цифровых СФБС как с одной, так и с несколькими несущими являются полезными в поиске наилучшего решения системы, как компромисса в достижении наилучших технических и экономических параметров,

*рекомендует,*

**1** что предпочтительный план размещения частот радиостволов цифровых СФБС большой пропускной способности, работающих в диапазоне 5 ГГц, в которых скорость передачи сигналов плездохронной или синхронной цифровой иерархии (см. Примечание 1) равна 90 Мбит/с или выше, должен выбираться из однородного раstra со следующими характеристиками.

Средние частоты  $f_p$  РЧ стволов в пределах базового раstra:

$$f_p = 5000 - 10p \quad \text{МГц}$$

 $p$ : целые числа 1, 2, 3 ... (см. Примечание 2);

2 что все радиостволы прямого направления должны находиться в одной половине полосы частот, а все радиостволы обратного направления должны находиться в другой половине полосы частот;

3 что разнесение частот радиостволов  $X_S$ , центральный промежуток  $Y_S$ , защитные интервалы  $Z_1S$  и  $Z_2S$  на границах полосы частот, а также поляризация антенны должны согласовываться между заинтересованными администрациями;

4 что должен использоваться план размещения с чередующимися или совпадающими частотами, примеры которого приведены на рисунке 1;

5 что планы размещения частот радиостволов, полученные на основе пункта 1 раздела *рекомендует* для диапазоне 5 ГГц, и приведенные в Приложениях 1 и 2, следует рассматривать как часть данной Рекомендации;

6 что в тех случаях, когда используется передача с несколькими несущими (см. Примечание 3 и Приложение 1, пункт 3), общее число несущих  $n$ , будет рассматриваться как один канал, центральная частота и разнесение частот радиостволов которого будут соответствовать тем, что показаны на рисунке 1, вне зависимости от действительных центральных частот отдельных несущих, которые могут изменяться по техническим причинам, в соответствии с практической реализацией.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Реальная общая скорость передачи данных, включая передачу вспомогательных данных, может на 5% и более отличаться от исходной скорости передачи.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Должное внимание следует уделять тому обстоятельству, что в некоторых странах, где имеется необходимость чередовать дополнительные радиостволы с радиостволами основных растров, значения средних частот таких радиостволов следует определять из следующего уравнения (см. Приложения 1 и 2):

$$f_p = 4995 - 10p \quad \text{МГц.}$$

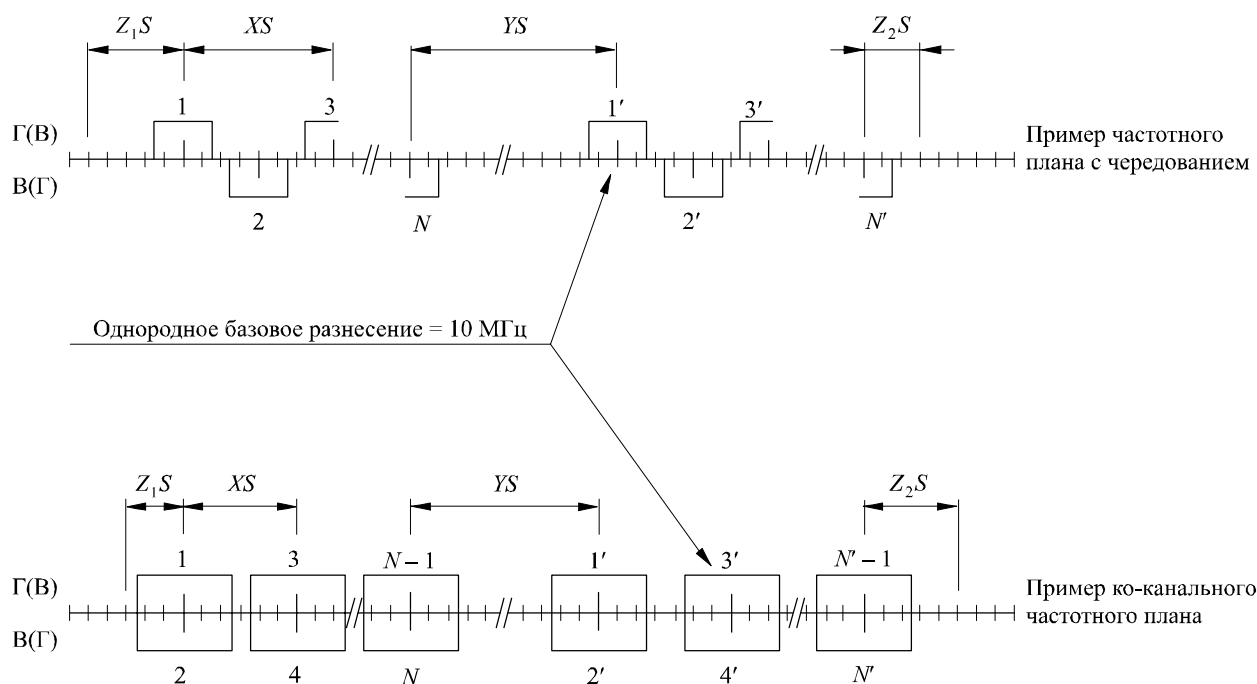
ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Система с несколькими несущими – это система с  $n$  (где  $n > 1$ ) одновременно передаваемыми (или принимаемыми) при помощи одного и того же РЧ оборудования несущими, модулированными цифровыми сигналами. Центральную частоту следует рассматривать как среднее арифметическое от  $n$  отдельных несущих частот системы с несколькими несущими.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Должное внимание следует уделять тому обстоятельству, что в некоторых странах используется различный план размещения частот радиостволов на основе разноса между стволами 28 МГц (см. Приложение 3).

РИСУНОК 1

Примеры частотных планов размещения радиостволов,  
основанных на пунктах 1 и 2 раздела *рекомендует*

(Определения  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  и  $S$  даны в Рекомендации МСЭ-R F.746)



1099-01

## Приложение 1

### План размещения частот радиостволов для полосы 4400–5000 МГц с разномом между стволками 40, 60 или 80 МГц

#### 1 План размещения частот радиостволов с разномом между стволками 40 МГц

1.1 Следующий план размещения частот радиостволов обеспечивает работу семи радиостволов прямого направления и семи радиостволов обратного направления с пропускной способностью до  $2 \times 155$  Мбит/с для радиорелейных систем с соответствующей модуляцией более высокого уровня и эффективностью использования спектра до 7,75 бит/с/Гц. Такой план размещения частот радиостволов представлен на рисунке 2 и определяется следующим образом:

пусть  $f_0$  – частота (МГц) центра занимаемой полосы частот,  $f_0 = 4700$ ;

$f_n$  – центральная частота (МГц) РЧ канала в нижней половине полосы;

$f'_n$  – центральная частота (МГц) РЧ канала в верхней половине полосы,

тогда частоты (МГц) отдельных радиостволов выражаются следующим образом:

$$\text{нижняя половина полосы частот: } f_n = f_0 - 310 + 40n \quad \text{МГц}$$

$$\text{верхняя половина полосы частот: } f'_n = f_0 - 10 + 40n \quad \text{МГц,}$$

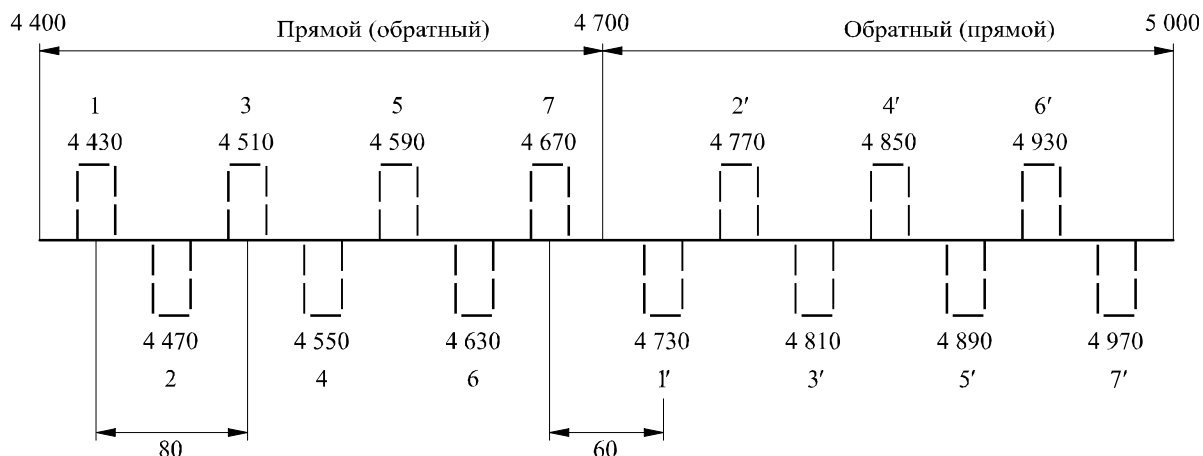
где:

$n = 1, 2, 3, 4, 5, 6$  или  $7$ .

РИСУНОК 2

**План размещения частот радиостволов для радиорелейных систем, работающих в полосе 5 ГГц (см. Примечание 1)**

(Все частоты в МГц)



*Примечание 1.* – Там, где первоначально планируется (или требуется) меньшее число каналов (4 и менее), парные назначения прямого и обратного направления могут работать с одинаковой поляризацией. В этом случае используются только четные или только нечетные каналы.

1099-02

**1.2** Все радиостволы прямого направления должны находиться в одной половине полосы частот, а все радиостволы обратного направления должны быть в другой половине полосы частот.

**1.3** Рекомендуется использовать различные поляризации для чередующихся частот радиостволов в одной и той же половине полосы частот либо, где это возможно, применять повторное использование полосы частот в режиме с совпадающими частотами.

## 2 Планы размещения частот радиостволов с разномом между стволами 60 МГц

В данном разделе описаны примеры планов размещения частот радиостволов, составленные в соответствии с пунктом 1 раздела *рекомендует* и Примечанием 2 основного текста данной Рекомендации. Радиорелейные системы, имеющие параметры, приведенные в таблице 1, обеспечивают высокую эффективность использования спектра порядка 5 бит/с/Гц или 10 бит/с/Гц при применении, соответственно, модуляции 16-QAM или 256-QAM.

Системы, представленные как примеры 2a, 2b и 3, разрабатываются для передачи сигналов СЦИ с использованием метода передачи с несколькими несущими. Для случая систем с несколькими несущими "число каналов" означает количество передатчиков (или приемников), каждый из которых объединяет три или шесть несущих в пределах 60 МГц. Точно также  $XS$ ,  $YS$  и  $ZS$  устанавливаются для центральной частоты передатчика (или приемника) (см. рисунки 4 и 5).

ТАБЛИЦА 1

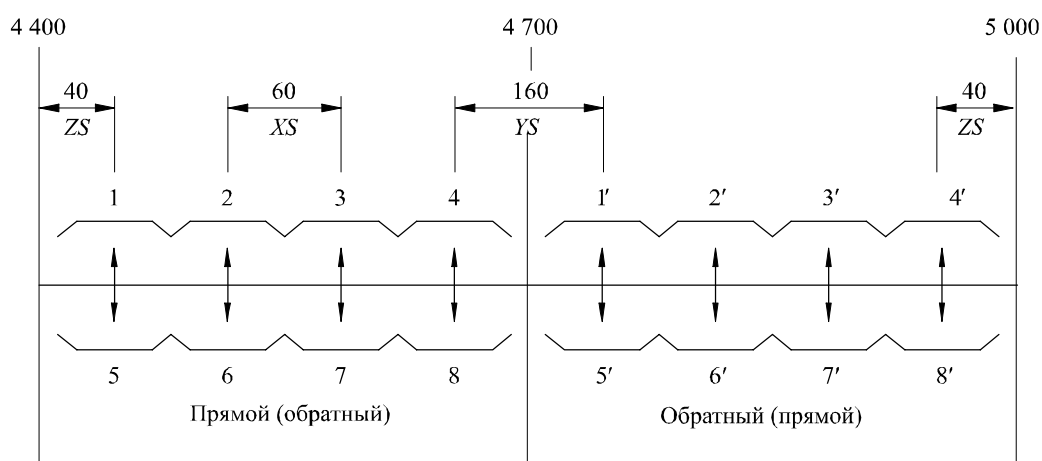
	Пример 1	Пример 2а	Пример 2б	Пример 3 <sup>(1)</sup>
Пропускная способность системы	(Синхронный режим) STM-1	(Синхронный режим)		(Синхронный режим) $2 \times \text{STM-1}^{(2)}$
		STM-1 <sup>(2)</sup>	$2 \times \text{STM-1}^{(2)}$	
Модуляция	16-QAM	16-QAM	256-QAM	256-QAM
Перебегающие или совпадающие	Совпадающие	Совпадающие		Совпадающие
Метод передачи	Одна несущая частота на радиоствол	3 несущих частоты на радиоствол		3 несущих частоты на радиоствол
Центральная частота несущих $f_n$ (МГц)	$f_n = 5\,000 - 10m$ $m = 4, 10, 16, 22$ (верхняя половина) $m = 38, 44, 50, 56$ (нижняя половина)	$f_n = 5\,000 - 10m$ $m = 2, 4, 6 \dots 28$ (верхняя половина) $m = 32, 34, 36 \dots 58$ (нижняя половина)		$f_n = 4\,995 - 10m$ $m = 1, 2, 3 \dots 27, 28$ (верхняя половина) $m = 31, 32 \dots 57, 58$ (нижняя половина)
Число радиостволов	8	10 <sup>(2)</sup>		10 <sup>(2)</sup>

- (1) Пример 3 применим к пролетам линии с очень неблагоприятными условиями распространения радиоволн.  
(2) Пропускная способность центральных радиостволов ограничена до двух третей их полной пропускной способности.

РИСУНОК 3

**План размещения частот радиостволов в полосе 5 ГГц  
для передачи на одной несущей**

(Все частоты в МГц)



1099-03

РИСУНОК 4

**План размещения частот радиостволов в полосе 5 ГГц  
для передачи по методу с тремя несущими**

(Все частоты в МГц)

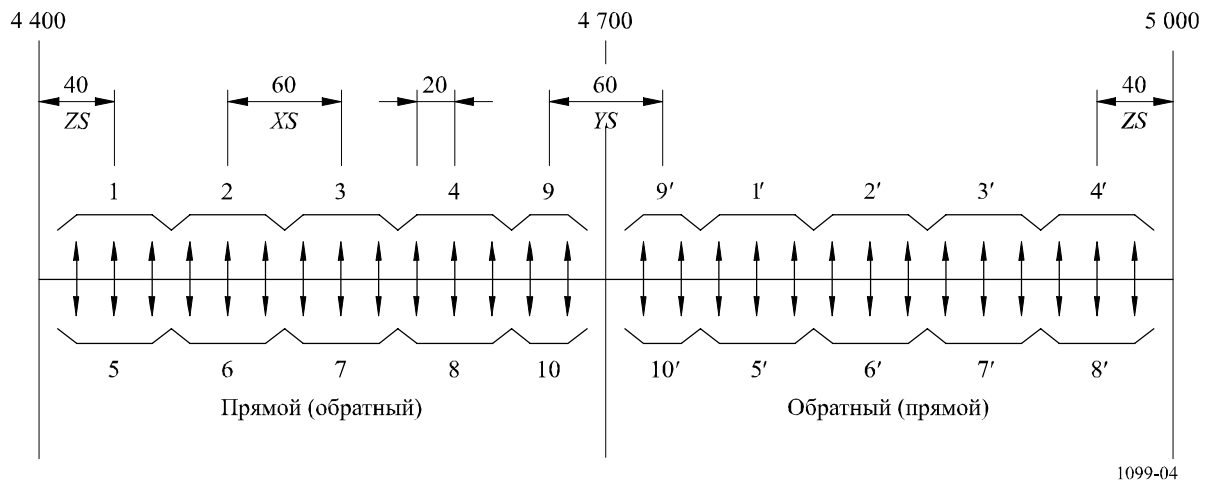
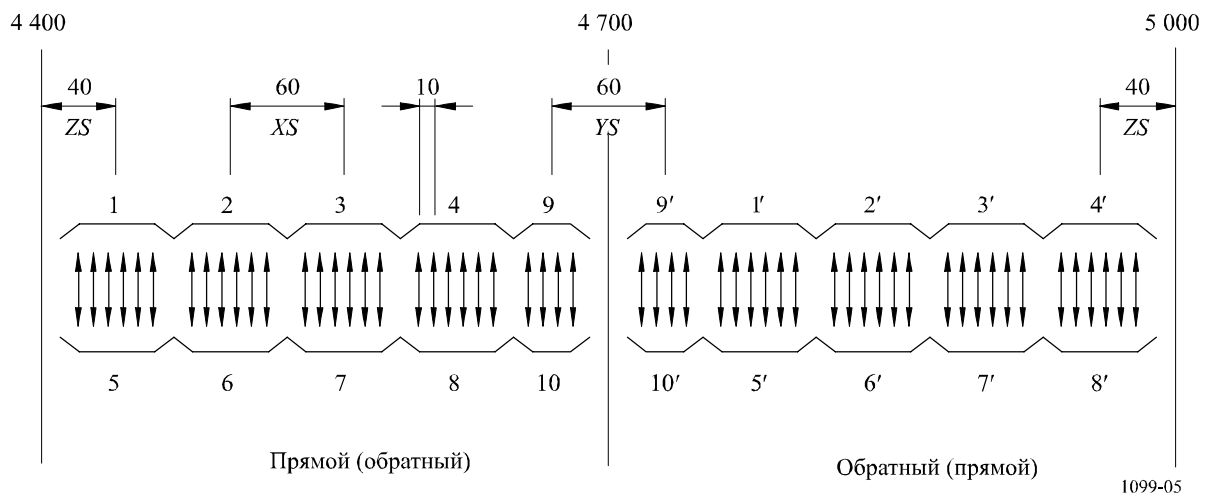


РИСУНОК 5

**План размещения частот радиостволов в полосе 5 ГГц  
для передачи по методу с шестью несущими**

(Все частоты в МГц)



### 3 План размещения частот радиостволов для режима с совпадающими частотами с различной поляризацией и разнесом между стволами 80 МГц

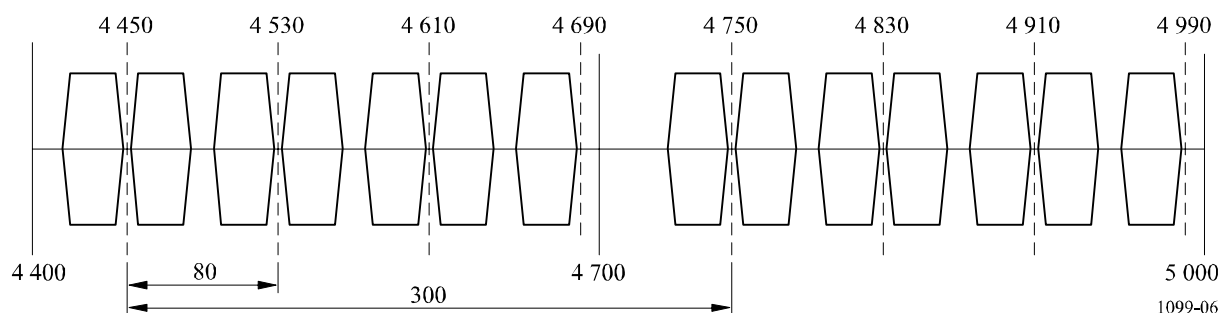
План размещения частот, показанный на рисунке 6, основывается на использовании системы с двумя несущими, передающей  $2 \times 2 \times 155,52$  Мбит/с ( $4 \times \text{STM-1}$ ) при помощи двух пар несущих, используя обе поляризации при совпадении частот радиостволов.

Кроме четырех несущих в половинах полосы прямой и обратной передачи, при необходимости для защиты канала может быть добавлено две отдельных несущих иной поляризации. Из-за того что каждая несущая, т. е. поток битов, может переключаться по отдельности, такая конфигурация ( $n + 2$ ) действует, по крайней мере, также эффективно, как и конфигурация ( $n/2 + 1$ ) для случая частотно-разнесенного приема.

РИСУНОК 6

План размещения частот радиостволов для радиорелейной системы  
 $2 \times 2 \times 155,52$  Мбит/с ( $4 \times$  STM-1), работающей в полосе 5 ГГц (4400–5000 МГц)

(Все частоты в МГц)



## Приложение 2

### План размещения частот радиостволов в полосе 4540–4900 МГц с разносом между стволами в 20 или 40 МГц

В данном Приложении описывается план размещения частот радиостволов цифровых радиорелейных систем, работающих в полосе частот 4540–4900 МГц. В плане предусматривается использование до четырех радиостволов прямого направления и четырех радиостволов обратного направления, каждый из которых имеет скорость передачи либо  $4 \times 45$  Мбит/с,  $6 \times 45$  Мбит/с, либо скорость синхронной цифровой иерархии  $2 \times 155$  Мбит/с. Применение схемы модуляции 512-QAM позволяет системе работать в режиме STM-1 или  $2 \times$  STM-1. План размещения чередующихся частот радиостволов предусматривает до восьми радиостволов прямого направления и до восьми радиостволов обратного направления, причем каждый из них работает со скоростью передачи данных либо  $2 \times 45$  Мбит/с,  $3 \times 45$  Мбит/с, либо со скоростью 155 Мбит/с синхронной цифровой иерархии.

**1** План размещения частот радиостволов представлен на рисунке 7 и составлен следующим образом:

Пусть  $f_0$  – средняя частота полосы частот:

$$f_0 = 4720 \text{ МГц};$$

$f_n$  – средняя частота одного радиоканала в нижней половине полосы частот (МГц);

$f'_n$  – средняя частота одного радиоканала в верхней половине полосы частот (МГц).

Тогда средние частоты отдельных радиостволов выражаются следующим образом:

$$\text{в нижней половине полосы частот: } f_n = f_0 - 195 + 40n \quad \text{МГц}$$

$$\text{в верхней половине полосы частот: } f'_n = f_0 - 5 + 40n \quad \text{МГц},$$

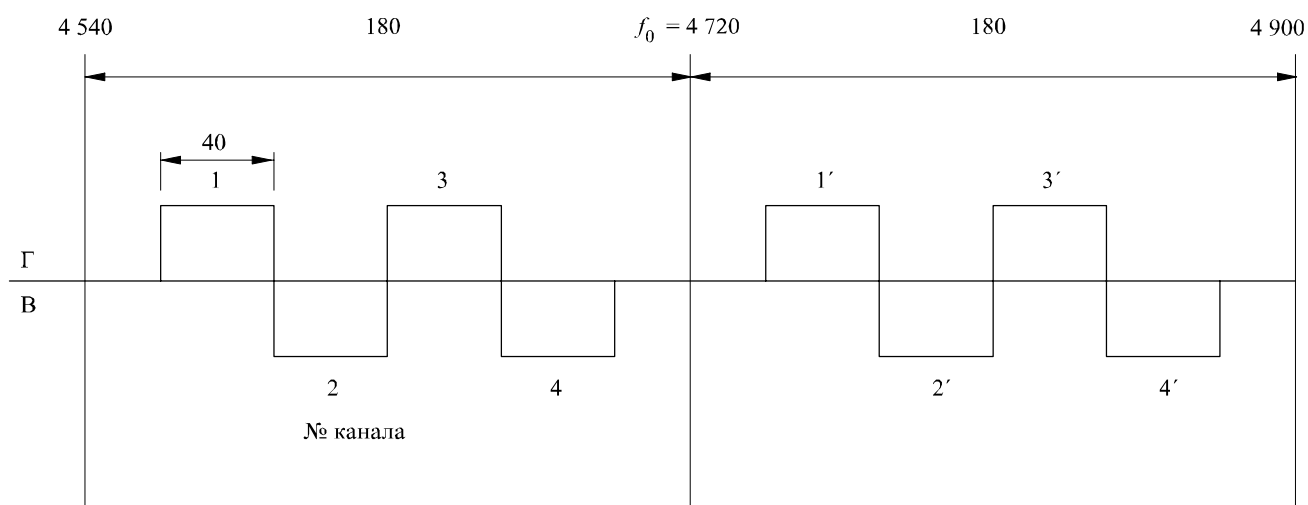
где:

$$n = 1, 2, 3 \text{ или } 4.$$

РИСУНОК 7

## Назначение частот радиостволов для полосы 5 ГГц

(Все частоты в МГц)



1099-07

**2** Поперемное назначение частот показано на рисунке 8 и может быть выражено следующим образом:

Центральные частоты отдельных радиостволов выражаются следующим образом:

$$\text{в нижней половине полосы: } f_n = f_0 - 185 + 20n \quad \text{МГц}$$

$$\text{в верхней половине полосы: } f'_n = f_0 + 5 + 20n \quad \text{МГц,}$$

где:

$$f_0 = 4720 \text{ МГц}$$

$$n = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 \text{ или } 8.$$

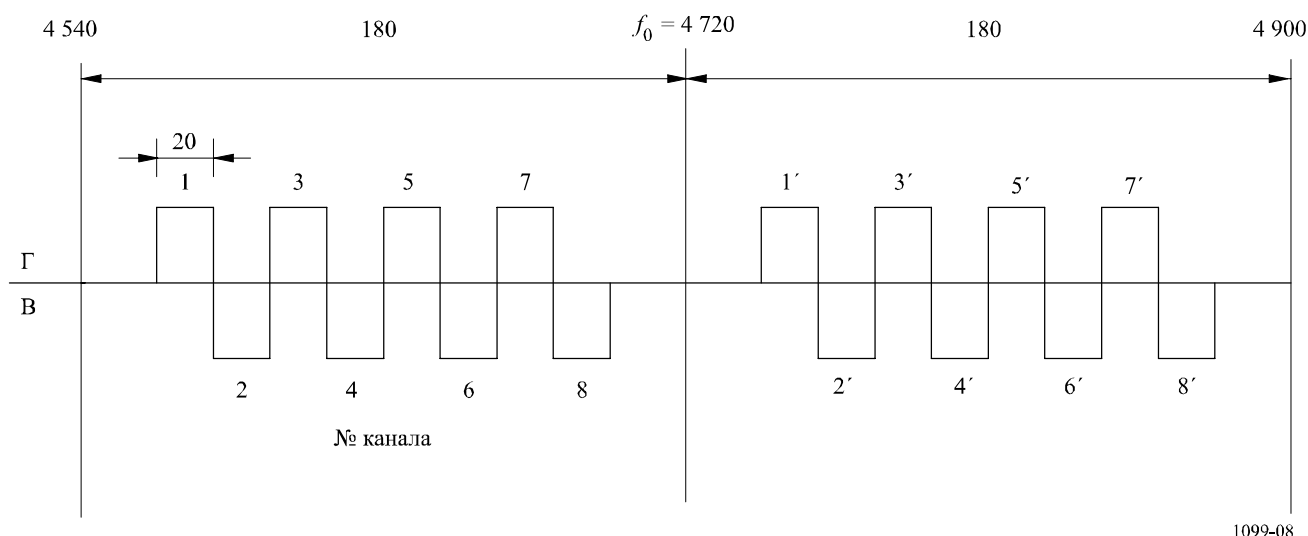
**3** Все радиостволы прямого направления должны находиться в одной половине полосы частот, а все радиостволы обратного направления должны быть в другой половине полосы частот.



РИСУНОК 8

## Попеременное назначение частот радиостволов для полосы частот 5 ГГц

(Все частоты в МГц)



## Приложение 3

**План размещения частот радиостволов в полосе 4400–5000 МГц  
с разносом между стволами 28 МГц**

В данном Приложении описывается план размещения частот радиостволов цифровых систем в полосе 4400–5000 МГц. В этом плане предусматривается использование до 10 радиостволов прямого направления и до 10 стволів обратного направления, каждый из которых имеет скорость передачи  $4 \times 34$  Мбит/с или  $1 \times 139,368$  Мбит/с или скорости передачи данных СЦИ.

Применение схемы модуляции 64-QAM или более сложной схемы позволяет системе работать на этих скоростях передачи данных.

**1** План размещения частот радиостволов показан на рисунке 9 и составлен следующим образом:

Пусть  $f_0$  – средняя частота полосы частот:

$$f_0 = 4700 \text{ МГц}$$

$f_n$  – средняя частота полосы частот (МГц)

$f'_n$  – центральная частота одного радиостола в верхней половине полосы частот (МГц),

центральные частоты отдельных радиостволов выражаются с помощью следующих соотношений:

$$\text{нижняя половина полосы: } f_n = f_0 - 310 + 28n$$

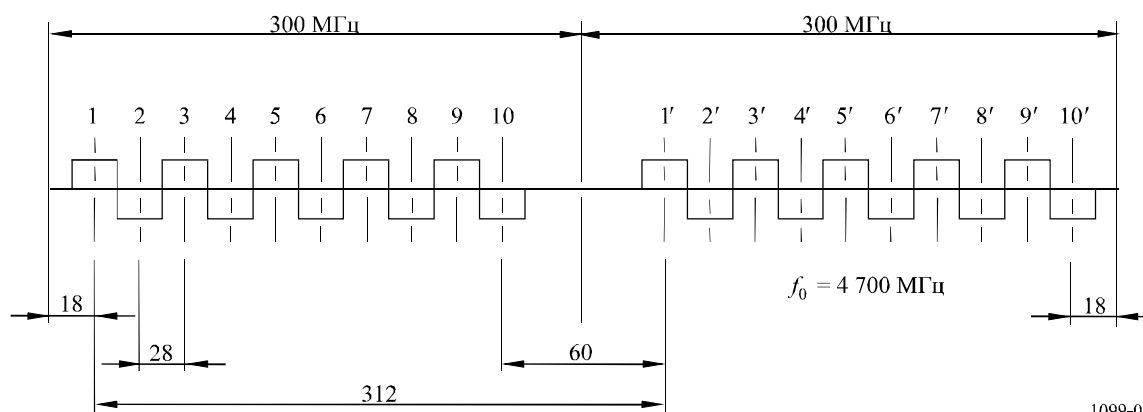
$$\text{верхняя половина полосы: } f'_n = f_0 + 2 + 28n,$$

где:

$$n = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.$$

РИСУНОК 9

План размещения частот радиостволов в полосе 4400–5000 МГц  
при радиусе между стволами 28 МГц



1099-09

- 2 Все радиостволы прямого направления должны находиться в одной половине полосы, а все радиостволы обратного направления должны быть в другой половине полосы.
- 3 Этот план размещения частот радиостволов позволяет также передавать сигналы СЦИ, STM-1 со скоростью 155 520 кбит/с с использованием соответствующего метода модуляции.
- 4 В тех случаях, когда позволяют характеристики оборудования и сети, при согласии заинтересованной администрации, в целях повышения эффективности использования спектра может применяться план размещения с повторным использованием на совпадающих частотах.
- 5 В тех случаях, когда требуются линии высокой пропускной способности (например, с двойным режимом синхронной передачи-1 (STM-1)) и когда это позволяет координация сети, при согласии заинтересованной администрации, возможно использование двух соседних стволов с разнесом 28 МГц, указанных в пункте 1 раздела *рекомендует*, для систем с более широкой полосой и центральной частотой, находящейся в средней точке между двумя соседними стволами с разнесом 28 МГц.