



(51) МПК

H04J 11/00 (2006.01)*H04J 13/00* (2006.01)*H04Q 7/38* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **СКОРРЕКТИРОВАННОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

Примечание: библиография отражает состояние при переиздании

(21), (22) Заявка: **2006109660/09, 27.03.2006**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.03.2006(45) Опубликовано: **10.11.2007**Опубликовано на CD-ROM:
MIMOSA RBI 2007/31D RBI200731D(15) Информация о коррекции:
Версия коррекции № 1 (W1 C1)(48) Коррекция опубликована:
10.01.2008 Бюл. № 1/2008(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **COLERI SINEM, ERGEN MUSTAFA, PURI ANUJ and BANAI AHMAD. Channel estimation technigues based on pilot arragement in OFDM systems. - IEEE transactions on broadcasting, vol. No.3, September, 2002. RU 2264041, C2, 10.11.2005. RU 2268547, C2, 20.01.2006. US 6304611, B1, 16.10.2001. US 5828650, A, 27.10.1998. US 5444697, A, 22.08.1995. EP 0566550, A2, 20.10.1993.**Адрес для переписки:
394077, г.Воронеж, Московский пр-кт, 97, ЗАО "КОДОФОН", В.А. Фурсовой

(72) Автор(ы):

**Гармонов Александр Васильевич (RU),
Табацкий Виталий Дмитриевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

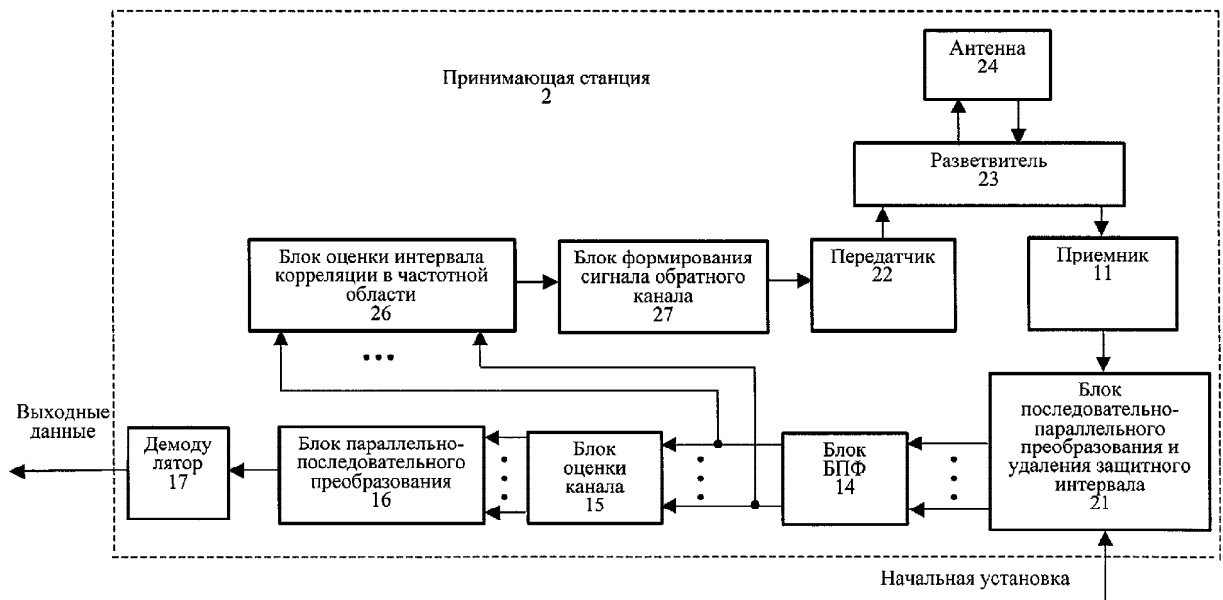
Закрытое акционерное общество "КОДОФОН" (RU)

(54) СПОСОБ ПЕРЕДАЧИ-ПРИЕМА ДАННЫХ В СИСТЕМЕ РАДИОСВЯЗИ (ВАРИАНТЫ), СПОСОБ ОЦЕНКИ ИНТЕРВАЛА КОРРЕЛЯЦИИ ПРИНЯТЫХ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ЧАСТОТНО-МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАННЫХ СИМВОЛОВ (ВАРИАНТЫ) И УСТРОЙСТВО ИХ РЕАЛИЗУЮЩЕЕ (ВАРИАНТЫ)

(57) Реферат:

Изобретение относится к радиотехнике и может быть использовано в локальных беспроводных сетях по стандарту 802.11, телекоммуникационных системах по стандарту 802.16, а также в других OFDM системах (OFDM Orthogonal Frequency Division Multiplexing - ортогональное частотное мультиплексирование). Технический результат - повышение скорости передачи данных в OFDM системах связи. В известных OFDM системах связи расстояния между пилот-символами во временной и частотной областях являются заранее заданными фиксированными величинами. Однако максимальная задержка сигнала в многолучевом

канале и доплеровское смещение сигнала может меняться. Расстояние между пилот-символами во временной и частотной областях выбирают, как правило, для наибольших максимальной задержки сигнала в многолучевом канале и доплеровского смещения сигнала. Это приводит к уменьшению скорости передачи полезной информации в системе связи. Поэтому в предлагаемом изобретении расстояния между пилот-символами во временной и частотной областях являются переменными величинами, которые меняются в зависимости от максимальной задержки сигнала в многолучевом канале и доплеровского смещения сигнала. 6 н.п. ф-лы, 22 ил.



Фиг. 4

RU 2310280 C9

RU 2310280 C9



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.
H04J 11/00 (2006.01)
H04J 13/00 (2006.01)
H04Q 7/38 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

Note: Bibliography reflects the latest situation

(21), (22) Application: **2006109660/09, 27.03.2006**

(24) Effective date for property rights: **27.03.2006**

(45) Date of publication: **10.11.2007**

Published on CD-ROM:
MIMOSA RBI 2007/31D RBI200731D

(15) Correction information:
Corrected version no 1 (W1 C1)

(48) Corrigendum issued on:
10.01.2008 Bull. 1/2008

Mail address:
**394077, g.Voronezh, Moskovskij pr-kt, 97, ZAO
"KODOFON", V.A. Fursovoj**

(72) Inventor(s):
**Garmonov Aleksandr Vasil'evich (RU),
Tabatskij Vitalij Dmitrievich (RU)**

(73) Proprietor(s):
**Zakrytoe aktsionernoe obshchestvo "KODOFON"
(RU)**

(54) **METHOD FOR TRANSMITTING-RECEIVING DATA IN RADIO COMMUNICATION SYSTEM (VARIANTS), METHOD FOR EVALUATING CORRELATION INTERVAL OF RECEIVED ORTHOGONAL FREQUENCY-MULTIPLEXED SYMBOLS (VARIANTS) AND DEVICE FOR REALIZATION OF METHODS (VARIANTS)**

(57) Abstract:

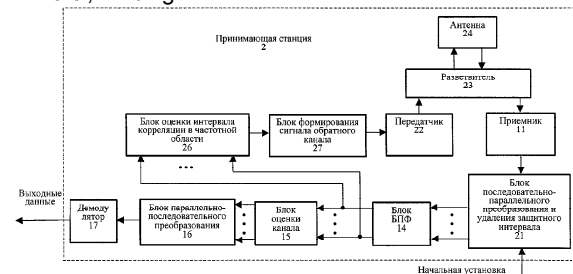
FIELD: radio engineering, possible use in local wireless networks in 802.11 standard, telecommunication systems in 802.16 standard, and also in other OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) systems.

SUBSTANCE: in known OFDM systems, distance connections between pilot symbols in time and frequency areas are predetermined fixed values. However, maximal signal delay in multi-beam channel and Doppler shift of the signal may vary. Distance between pilot symbols in time and frequency areas is selected, as a rule, for largest maximal signal delay in multi-beam channel and largest Doppler signal shift. This results in reduction of transmission speed of useful information in communication system.

Therefore in the claimed invention distances between pilot symbols in time and frequency areas are variable values, which change depending on maximal signal delay in multi-beam channel and Doppler signal shift.

EFFECT: increased speed of data transmission in communication systems.

6 cl, 24 dwg



Фиг. 4

RU 2 310 280 C9

RU 2 310 280 C9

Группа изобретений относится к радиотехнике, в частности к способу передачи-приема данных в системе радиосвязи (варианты), способу оценки интервала корреляции принятых ортогональных мультиплексированных символов (варианты) и устройству, их реализующему (варианты), и может быть использована в локальных беспроводных сетях по стандарту 802.11, телекоммуникационных системах по стандарту 802.16, а также в других OFDM системах (OFDM Orthogonal Frequency Division Multiplexing - ортогональное частотное мультиплексирование).

В OFDM системах для когерентного приема сигналов используют пилот-символы. Как правило, расстояние между пилот-символами в частотной области, равное $N_F \Delta f$, где N_F - число модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами в частотной области, и Δf - частотный сдвиг между поднесущими ортогонального частотно-мультиплексированного символа, выбирают так, чтобы на частотном интервале $N_F \Delta f$ пилот-символы были заметно коррелированы между собой, для этого указанный частотный интервал должен удовлетворять неравенству

$$N_F \Delta f < \frac{1}{\tau_{\max}},$$

где τ_{\max} максимальная задержка сигнала в многолучевом канале.

А расстояние между пилот-символами во временной области, равное $N_T \Delta t$, где N_T - число модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами в частотной области, и Δt - длительность ортогонального частотно-мультиплексированного символа, выбирают так, чтобы на временном интервале $N_T \Delta t$ пилот-символы были заметно коррелированы между собой, для этого указанный временной интервал должен удовлетворять неравенству

$$N_T \Delta t < \frac{1}{B_d},$$

где B_d максимальное доплеровское смещение сигнала (Richard van Nee, Ramjee Prasad, OFDM Wireless Multimedia Communications, Artech House, Boston-London, 2000).

Пример расстановки пилот-символов показан на фиг.1а. Временная структура ортогональных частотно-мультиплексированных символов показана на фиг 1b, где T_g - длительность защитного интервала, T_N - длительность сигнала, полученного после обратного быстрого преобразования Фурье. Например, для стандарта 802.16 защитный интервал равен $T_g=11,2$ мксек (128 отсчетов), а длительность передаваемого символа равна $T_N=89.6$ мксек (1024 отсчета) (Richard van Nee, Ramjee Prasad, OFDM Wireless Multimedia Communications, Artech House, Boston-London, 2000).

Другой пример расстановки пилот-символов приведен в книге (Richard van Nee, Ramjee Prasad, OFDM Wireless Multimedia Communications, Artech House, Boston-London, 2000).

Известны различные способы и устройства передачи-приема данных в системе радиосвязи и устройства для их реализации, например способ и устройство, приведенные в статье [Michele Morelli and Umberto Mengali. A comparison of pilot-aided channel estimation methods for OFDM systems. IEEE transactions on signal processing, vol.49, no.12, December 2001].

В этом способе на передающую станцию поступает последовательность модулированных символов данных и пилот-символов. При этом пилот-символ повторяется через каждые N_f модулированных символов данных.

Последовательность модулированных символов данных и пилот-символов преобразуют в параллельные группы модулированных и пилот-символов, каждая из которых состоит из Q модулированных символов и K пилот-символов.

Дополняют группы модулированных и пилот-символов последовательностями, состоящими из Z нулевых символов, располагая их в начале и конце группы. Причем $N=Q+K+2Z$.

С каждой группой выполняют обратное быстрое преобразование Фурье, далее ОБПФ, формируя параллельные выходные группы значений ОБПФ.

Преобразуют параллельные выходные группы значений ОБПФ в последовательную форму, формируя таким образом последовательность передаваемых символов, каждый из которых содержит N полученных значений ОБПФ.

5 Дополняют каждый передаваемый символ защитным интервалом, формируя таким образом последовательность ортогональных частотных мультиплексированных символов.

Передают последовательность ортогональных частотных мультиплексированных символов на принимающую станцию.

На принимающей станции принимают их и удаляют защитный интервал, формируя таким образом последовательность принятых символов.

10 Преобразуют принятые символы в параллельные группы входных значений.

С каждой группой входных значений выполняют БПФ, формируя таким образом N модулированных символов в каждой группе.

В каждой группе по пилот-символам выполняют оценку канала связи.

15 Используя полученные результаты оценки канала связи, выполняют демодуляцию полученных оценок модулированных символов данных, формируя таким образом последовательность двоичных данных.

Устройство, реализующее предложенный способ, содержит передающую станцию и принимающую станцию. Передающая станция содержит блок последовательно-параллельного преобразования последовательности модулированных символов данных и пилот-символов в параллельные группы, блок дополнения этих параллельных блоков последовательностями нулевых символов, блок ОБПФ, блок параллельно-последовательного преобразования (преобразования параллельных выходных групп значений ОБПФ в последовательную форму) и блок присоединения защитного интервала (дополнения каждого передаваемого символа защитным интервалом). Принимающая станция содержит последовательно соединенные блок последовательно-параллельного преобразования (преобразования принятых символов в параллельные группы входных значений), блок удаления защитного интервала, блок БПФ, блок оценки канала и блок демодуляции.

Недостатком этого технического решения является то, что расстояния между пилот-символами во временной и в частотной областях являются заранее заданными фиксированными величинами. Расстояние между пилот-символами в частотной области выбраны для наибольшей максимальной задержки сигнала в многолучевом канале. Однако максимальная задержка сигнала в многолучевом канале может уменьшаться. При этом число пилот-символов становится избыточным. Во временной области пилот-символы следуют непрерывно друг за другом, что также увеличивает избыточность числа пилот-символов. Передача избыточной служебной информации уменьшает скорость передачи полезной информации в системе связи.

40 Наиболее близким техническим решением к заявляемому изобретению являются способ и устройство, описанные в статье [Sinem Coleri, Mustafa Ergen, Anuj Puri and Ahmad Bahai. Channel estimation techniques based on pilot arrangement in OFDM systems. IEEE transactions on broadcasting, vol.48, no.3, September 2002.]

Известный способ заключается в следующем

На передающую станцию поступает последовательность двоичных символов.

Последовательность разбивают на слова, состоящие из d символов ($d=1, 2, \dots, D$).

45 Каждому слову присваивают модулированный символ данных в виде комплексного числа.

Преобразуют последовательность модулированных символов данных в параллельные группы модулированных символов.

50 В параллельных группах модулированных символов между модулированными символами данных располагают пилот-символы, формируя таким образом последовательность групп, каждая из которых состоит из N модулированных символов, $N=Q+K$, где Q - число модулированных символов данных в параллельной группе, K - число пилот-символов в параллельной группе.

С каждой группой выполняют ОБПФ, формируя параллельные выходные блоки значений ОБПФ.

Дополняют каждый блок значений ОБПФ защитным интервалом.

Преобразуют параллельные блоки значений ОБПФ с защитным интервалом в последовательную форму, формируя таким образом последовательность передаваемых символов, каждый из которых содержит N полученных значений ОБПФ.

Передают последовательность ортогональных частотно-мультиплексированных символов на принимающую станцию.

На принимающей станции принимают их, преобразуют в параллельные блоки входных значений и удаляют защитный интервал.

С каждой группы входных значений выполняют быстрое преобразование Фурье, формируя таким образом N модулированных символов в каждой группе.

В каждой группе по пилот-символам выполняют оценку канала связи.

Используя полученные результаты оценки канала связи, выполняют оценку модулированных символов данных, формируя блоки оценок модулированных символов данных.

Преобразуют группу оценок модулированных символов данных в последовательную форму, формируя таким образом последовательность оценок модулированных символов данных.

Выполняют демодуляцию полученных оценок модулированных символов данных, формируя таким образом последовательность двоичных данных.

Структурная схема устройства, которое реализует описанный способ-прототип, выполнена на фиг.2

Устройство, реализующее способ-прототип (фиг.2), содержит передающую станцию 1 и принимающую станцию 2, которые соединены посредством канала связи 3, при этом вход передающей станции 1 является входом устройства, выход принимающей станции является выходом устройства, выход передающей станции 1 соединен со входом принимающей станции 2 через канал связи 3,

передающая станция 1 содержит модулятор 4, блок последовательно-параллельного преобразования 5, блок установки пилот-сигналов 6, блок обратного быстрого преобразования Фурье 7, блок присоединения защитного интервала 8, блок параллельно-последовательного преобразования 9, передатчик 10, при этом вход модулятора 1 является входом передающей станции 1, выход модулятора 1 соединен со входом блока последовательно-параллельного преобразования 5, выходы которого соединены со входами блока установки пилот-сигналов 6, выходы которого соединены со входами блока обратного быстрого преобразования Фурье 7, выходы которого соединены со входами блока присоединения защитного интервала 8, выходы которого соединены со входами блока параллельно-последовательного преобразования 9, выход которого соединен со входом передатчика 10, выход которого является выходом передающей станции и соединен со входом канала связи 3,

приемная станция 2 содержит приемник 11, блок последовательно-параллельного преобразования 12, блок удаления защитного интервала 13, блок быстрого преобразования Фурье 14, блок оценки канала 15, блок параллельно-последовательного преобразования 16 и демодулятор 17, при этом вход приемника 11 является входом принимающей станции 2, который соединен с выходом канала связи 3, выход приемника 11 соединен со входом блока последовательно-параллельного преобразования 12, выходы которого соединены со входами блока удаления защитного интервала 13, выходы которого соединены со входами блока быстрого преобразования Фурье 14, выходы которого соединены со входами блока оценки канала 15, выходы которого соединены со входами блока параллельно-последовательного преобразования 16, выход которого соединен со входом демодулятора 17, выход которого является выходом принимающей станции.

Устройство-прототип (фиг.2) работает следующим образом.

На передающую станцию 1 поступает последовательность двоичных символов. В

модуляторе 4 последовательность двоичных символов разбивают на слова, состоящие из d символов ($d=1, 2, \dots, D$). Каждому слову присваивают модулированный символ данных в виде комплексного числа.

5 В блоке последовательно-параллельного преобразования 5 преобразуют последовательность модулированных символов данных в параллельные группы модулированных символов.

В блоке установки пилот-сигналов 6 в параллельных группах модулированных символов между модулированными символами данных располагают пилот-символы, формируя таким образом последовательность групп, каждая из которых состоит из N модулированных символов, $N=Q+K$, где Q - число модулированных символов данных в параллельной группе, K - число пилот-символов в параллельной группе.

10 В блоке ОБПФ 7 с каждой группой выполняют ОБПФ, формируя параллельные выходные группы значений ОБПФ.

В блоке присоединения защитного интервала 8 дополняют параллельные выходные группы значений ОБПФ защитным интервалом.

15 В блоке параллельно-последовательного преобразования 9 преобразуют параллельные выходные группы значений ОБПФ с защитным интервалом в последовательную форму, формируя таким образом последовательность ортогональных частотных мультиплексированных символов.

20 Передают последовательность ортогональных частотно-мультиплексированных символов с выхода передатчика 10 по каналу связи 3 на принимающую станцию 2.

На принимающей станции 2 через канал связи 3 в приемнике 11 принимают их и в блоке последовательно-параллельного преобразования 12 преобразуют принятые частотно-мультиплексированные символы в параллельные группы входных значений.

25 В блоке удаления защитного интервала 13 удаляют защитный интервал.

С каждой группой входных значений в блоке БПФ 14 выполняют БПФ, формируя таким образом N модулированных символов в каждом блоке.

В блоке оценки канала 15 в каждой группе по пилот-символам выполняют оценку канала связи. Используя полученные результаты оценки канала связи, выполняют оценку модулированных символов данных, формируя группы оценок модулированных символов данных.

В блоке параллельно-последовательно преобразования 16 преобразуют группы оценок модулированных символов данных в последовательную форму, формируя таким образом последовательность оценок модулированных символов данных.

35 В демодуляторе 17 выполняют демодуляцию полученных оценок модулированных символов данных, формируя таким образом последовательность двоичных данных, которые с выхода демодулятора 17 поступают на выход принимающего устройства 2.

Недостатками способа и устройства-прототипа является то, что расстояния между пилот-символами во временной и частотной областях являются заранее заданными фиксированными величинами. Расстояние между пилот-символами в частотной области выбраны для наибольшей максимальной задержки сигнала в многолучевом канале. Однако максимальная задержка сигнала в многолучевом канале может уменьшаться. При этом число пилот-символов становится избыточным. Во временной области пилот-символы следуют непрерывно друг за другом, что также увеличивает избыточность числа пилот-символов. Передача избыточной служебной информации уменьшает скорость передачи полезной информации в системе связи.

В известных OFDM системах связи расстояния между пилот-символами во временной и частотной областях являются заранее заданными фиксированными величинами. Расстояние между пилот-символами во временной и частотной областях выбирают, как правило, для наибольших максимальной задержки сигнала в многолучевом канале и доплеровского смещения сигнала. Однако задержка сигнала в многолучевом канале и доплеровское смещение сигнала может меняться. При этом число пилот-символов становится избыточным. Передача избыточной служебной информации уменьшает

скорость передачи полезной информации в системе связи.

Поэтому в предлагаемой группе изобретений, созданных в едином изобретательском замысле, расстояния между пилот-символами во временной и частотной областях являются переменными величинами, которые меняются в зависимости от максимальной задержки сигнала в многолучевом канале и доплеровского смещения сигнала.

Для реализации заявляемого способа передачи-приема данных в системе радиосвязи необходимо выполнить оценку величины интервала корреляции, которая может быть выполнена различными способами.

Из уровня техники известны способы оценки величины интервала корреляции, например два способа, которые описаны в книге [Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. М.: Радио и связь, 1982].

В первом способе интервал корреляции геометрически равен основанию прямоугольника с единичной высотой и площадью, равной площади, заключенной между кривой нормированной корреляционной функции при значении аргумента этой функции, большем нуля, и осью абсцисс.

Во втором способе интервал корреляции равен значению аргумента, при котором значение нормированной корреляционной функции равно 0,1.

Наиболее близким к заявляемому способу оценки интервала корреляции принятых ортогональных мультиплексированных символов (варианты) является второй вариант способа, описанного [Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. М.: Радио и связь, 1982].

Однако эти способы оценки величины интервала корреляции не применимы при оценке интервала корреляции в частотной области принятых в условиях многолучевости и при наличии шума ортогональных частотно-мультиплексированных символов.

Задача изобретения - повышение скорости передачи данных в OFDM системах связи.

Для решения задачи заявляются два варианта способа передачи-приема данных в системе радиосвязи (для частотной и временной областей), два варианта способа оценки интервала корреляции принятых ортогональных частотно-мультиплексированных символов (для частотной и временной областей) и соответственно для первого и второго вариантов осуществления способа заявляется устройство (варианты).

Изобретения объединены в группу изобретений, т.к. созданы они в едином изобретательском замысле, направлены на решение одной технической задачи - повышение скорости и качества передачи данных в OFDM системах связи. Для получения лучшего технического эффекта целесообразно их совместное использование. Однако не исключено (возможно) и их раздельное применение по вариантам (соответственно для частотной и временной областей).

Задача решается заявляемым способом передачи-приема данных в системе радиосвязи по первому варианту реализации, который заключается в том, что

на передающую станцию поступает последовательность двоичных символов, последовательность разбивают на слова, состоящие из d символов, где $d=1, 2, \dots, G$,

каждому слову присваивают модулированный символ данных в виде комплексного числа,

преобразуют последовательность модулированных символов данных в параллельные группы двух видов, первая из которых состоит из Q_1 модулированных символов данных, где Q_1 - заданное число, вторая - из Q_2 модулированных символов данных, где Q_2 - заданное число,

дополняют группы первого вида последовательностями, состоящими из Z нулевых символов (нулей), располагая их в начале и конце группы, причем $Q_1+2Z=N$,

дополняют группы второго вида последовательностями, состоящими из Z нулевых символов, располагая их в начале и конце группы, и через каждые N_f модулированных символов данных располагают пилот-символ, где $N_f=Q_2/K$, причем Q_2 кратно K и $Q_2+2Z+K=N$, а K число пилот-символов в группе второго вида,

формируют последовательность из групп первого и второго видов таким образом, что группы второго вида следуют через каждые N_f групп первого вида, где N_f - заданное

число, при этом в группах второго типа, отстоящих друг от друга на заданное число V групп этого типа, числу модулированных символов данных N_f , расположенных между пилот-символами, присваивают минимальное заданное значение $N_f = N_{f \min}$,

- с каждой группой сформированной последовательности выполняют обратное быстрое преобразование Фурье, формируя параллельные выходные группы значений обратного быстрого преобразования Фурье,
- преобразуют параллельные выходные группы значений обратного быстрого преобразования Фурье в последовательную форму, формируя таким образом последовательность передаваемых символов, каждый из которых содержит N полученных последовательных значений обратного быстрого преобразования Фурье,
- дополняют каждый передаваемый символ защитным интервалом, формируя таким образом последовательность ортогональных частотно-мультиплексированных символов, передают последовательность ортогональных частотно-мультиплексированных символов на принимающую станцию,
- на принимающей станции принимают их и удаляют защитный интервал, формируя таким образом последовательность принятых символов,
- преобразуют принятые символы в параллельные группы входных значений, с каждой группой входных значений выполняют быстрое преобразование Фурье, формируя таким образом N модулированных символов в каждой группе,
- по пилот-символам групп второго вида, в которых числу модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами N_f , присвоено минимальное значение $N_f = N_{f \min}$, выполняют оценку интервала корреляции принятых модулированных символов в частотной области $N_{f \text{ cor}}$ нормированного к частотному сдвигу между поднесущими ортогонального частотно-мультиплексированного символа,
- передают полученную оценку длительности интервала корреляции в частотной области на передающую станцию,
- в каждой группе второго вида по пилот-символам выполняют оценку канала связи, используя полученные результаты оценки канала связи, выполняют оценку $Q1$ модулированных символов данных групп первого вида и $Q2$ модулированных символов данных групп второго вида,
- преобразуют группы оценок модулированных символов данных в последовательную форму, формируя таким образом последовательность оценок модулированных символов данных,
- выполняют демодуляцию полученных оценок модулированных символов данных, формируя таким образом последовательность двоичных данных;
- на передающей станции корректируют величину N_f таким образом, чтобы выполнялось условие $N_f < N_{f \text{ cor}}$, где N_f - число модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами, а $N_{f \text{ cor}}$ - оценка длительности интервала корреляции в частотной области.
- Задача решается также заявляемым способом передачи-приема данных в системе радиосвязи по второму варианту реализации, который заключается в том, что на передающую станцию поступает последовательность двоичных символов, последовательность разбивают на слова, состоящие из d символов, $d=1, 2, \dots, G$, каждому слову присваивают модулированный символ данных в виде комплексного числа,
- преобразуют последовательность модулированных символов данных в параллельные группы двух видов, первая из которых состоит из $Q1$ модулированных символов данных, где $Q1$ - заданное число, вторая - из $Q2$ модулированных символов данных, где $Q2$ - заданное число,
- дополняют группы первого вида последовательностями, состоящими из Z нулевых символов, располагая их в начале и конце группы, причем $Q1+2Z=N$,
- дополняют группы второго вида последовательностями, состоящими из Z нулевых символов, располагая их в начале и конце группы, и через каждые N_f модулированных

символов данных располагают пилот-символ, где N_f - заданное число, причем $Q2$ кратно K и $Q2+2Z+K=N$, а K число пилот-символов в группе второго вида,

формируют последовательность из групп первого и второго видов таким образом, что группы второго вида следуют через каждые N_t групп первого вида, где N_t - число

5 модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами во временной области, при этом с заданным периодом T_1 в течение заданного времени T_2 присваивают числу модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами во временной области, минимальное заданное значение $N_t=N_{tmin}$,

с каждой группой сформированной последовательности выполняют обратное быстрое преобразование Фурье, формируя параллельные выходные группы значений обратного быстрого преобразования Фурье,

10 преобразуют параллельные выходные группы значений обратного быстрого преобразования Фурье в последовательную форму, формируя таким образом последовательность передаваемых символов, каждый из которых содержит N полученных последовательных значений обратного быстрого преобразования Фурье,

15 дополняют каждый передаваемый символ защитным интервалом, формируя таким образом последовательность ортогональных частотно-мультиплексированных символов, передают последовательность ортогональных частотно-мультиплексированных символов на принимающую станцию,

20 на принимающей станции принимают их и удаляют защитный интервал, формируя таким образом последовательность принятых символов,

преобразуют принятые символы в параллельные группы входных значений, с каждой группой входных значений выполняют быстрое преобразование Фурье, формируя таким образом N модулированных символов в каждой группе,

25 по пилот-символам групп второго вида, которые передаются с заданным периодом T_1 в течение заданного времени T_2 , когда число модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами во временной области, принимает минимальное заданное значение $N_t=N_{tmin}$, оценивают длительность интервала корреляции во временной области N_{tcor} , нормированной к длительности ортогональных частотно-

30 мультиплексированных символов, принятых модулированных символов, передают полученную оценку длительности интервала корреляции во временной области на передающую станцию,

в каждом блоке по пилот-символам выполняют оценку канала связи, используя полученные результаты оценки канала связи, выполняют оценку $Q1$

35 модулированных символов данных групп первого вида и $Q2$ модулированных символов данных групп второго вида,

преобразуют группы оценок модулированных символов данных в последовательную форму, формируя таким образом последовательность оценок модулированных символов данных,

40 выполняют демодуляцию полученных оценок модулированных символов данных, формируя таким образом последовательность двоичных данных,

на передающей станции корректируют величину N_t таким образом, чтобы выполнялось условие $N_t \leq N_{tcor}$, где N_t - число модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами во временной области, N_{tcor} - длительность интервала корреляции во

45 временной области.

Задача решается также заявляемым способом оценки интервала корреляции в частотной области принятых ортогональных частотно-мультиплексированных символов по первому варианту, заключающемуся в том, что:

50 в группах модулированных символов данных второго вида, полученных после БПФ, в которых число модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами N_f , присвоено минимальное значение $N_f=N_{fmin}$, в начале и конце удаляют последовательности, состоящие из Z нулевых символов,

выполняют интерполяцию пилот-символов в точках модулированных символов данных,

формируя таким образом последовательность пилот-символов, состоящую из принятых и интерполированных пилот-символов,

вычисляют циклическую корреляционную функцию сформированной последовательности пилот-символов,

5 вычисляют модуль полученной циклической корреляционной функции последовательности пилот-символов,

определяют экстремумы модуля полученной корреляционной функции последовательности пилот-символов и сравнивают их с порогом,

10 выделяют экстремумы, превысившие заданный порог, и определяют расстояния между ними, а затем усредняют эти расстояния, получая таким образом величину оценки интервала корреляции в частотной области принятых ортогональных частотных мультиплексированных символов.

Задача также решается заявляемым способом оценки величины интервала корреляции во временной области принятых ортогональных частотно-мультиплексированных 15 символов по второму варианту, заключающемуся в том, что:

запоминают W групп модулированных символов, полученных после БПФ, которые содержат пилот-символы и которые передаются с заданным периодом T_1 в течение заданного времени T_2 , когда число модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами во временной области, принимает минимальное заданное

20 значение $N_t = N_{t \min}$,

в запомненных группах модулированных символов в начале и конце удаляют последовательности, состоящие из Z нулевых символов,

формируют K последовательностей пилот-символов, выделяя для каждой из K последовательностей по одному пилот-символу с одинаковым номером из каждой из W 25 групп модулированных символов,

выполняют интерполяцию с каждой из K последовательностей пилот-символов в точках модулированных символов данных, расположенных между ними, формируя таким образом K последовательностей пилот-символов, состоящих из принятых и интерполированных пилот-символов,

30 вычисляют K циклических корреляционных функций сформированных последовательностей пилот-символов,

вычисляют K модулей полученных циклических корреляционных функций последовательностей пилот-символов,

35 определяют экстремумы каждого из K модулей полученных корреляционных функций последовательностей пилот-символов и сравнивают их с порогом,

для каждого из K модулей корреляционных функций выделяют экстремумы, превысившие порог, и усредняют расстояния между ними,

40 усредняют K полученных средних расстояний между экстремумами, получая таким образом среднее значение среднего расстояния между экстремумами, которое используют как оценку величины интервала корреляции принятых ортогональных частотно-мультиплексированных символов во временной области.

Задача изобретения решается также заявляемыми устройствами передачи-приема данных в системе радиосвязи (варианты).

45 Устройство передачи-приема данных в системе радиосвязи по первому варианту, содержащее передающую и принимающую станции, при этом передающая станция содержит модулятор, блок обратного быстрого преобразования Фурье, блок параллельно-последовательного преобразования, блок присоединения защитного интервала, передатчик, приемник, разветвитель и антенну, при этом вход модулятора является первым входом передающей станции, является входом последовательности двоичных 50 символов, выход передатчика соединен с первым входом разветвителя, первый выход которого соединен с первым входом антенны, первый выход и второй вход которой являются соответственно вторым входом и выходом передающей станции, формирующей на выходе частотно-мультиплексированные символы, второй выход антенны соединен со

вторым входом разветвителя, второй выход которого соединен со входом приемника;

принимающая станция содержит антенну, разветвитель, приемник, передатчик, блок последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала, блок быстрого преобразования Фурье, блок оценки канала, блок параллельно-

5 последовательного преобразования и демодулятор, при этом первый вход антенны является первым входом принимающей станции, входом частотно-мультиплексированных символов, первый выход антенны соединен с первым входом разветвителя, первый выход которого соединен со входом приемника, выход которого соединен с первым входом блока последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала,
10 выходы которого соединены соответственно со входами блока быстрого преобразования Фурье, выходы которого соединены со входами блока оценки канала, выходы которого соединены со входами блока параллельно-последовательного преобразования, выход которого соединен со входом демодулятора, выход которого является первым выходом принимающей станции, формирующей на этом выходе последовательность двоичных
15 данных, выход передатчика соединен со вторым входом разветвителя, второй выход которого соединен со вторым входом антенны, второй выход которой является вторым выходом принимающей станции,

согласно изобретению дополнительно введены:

на передающей станции введен блок расстановки пилот-сигналов в частотной области,
20 первый вход которого соединен с выходом модулятора, второй вход блока расстановки пилот-сигналов в частотной области объединен с первым входом блока присоединения защитного интервала, образуя третий вход передающей станции, который является входом сигнала начальной установки, третий вход блока расстановки пилот-сигналов в частотной области соединен с выходом приемника, выходы блока расстановки пилот-сигналов в
25 частотной области соединены со входами блока обратного преобразования Фурье, выходы которого соединены со входами блока параллельно-последовательного преобразования, выход которого соединен со вторым входом блока присоединения защитного интервала, выход которого соединен со входом передатчика;

на принимающей станции введены блок оценки интервала корреляции в частотной
30 области и блок формирования сигнала обратного канала, при этом входы блока оценки интервала корреляции в частотной области соединены с выходами блока быстрого преобразования Фурье, выход блока оценки интервала корреляции в частотной области соединен со входом блока формирования сигнала обратного канала, выход которого соединен со входом передатчика, второй вход блока последовательно-параллельного
35 преобразования и удаления защитного интервала является вторым входом принимающей станции, входом сигнала начальной установки.

Устройство передачи-приема данных в системе радиосвязи по второму варианту, содержащее передающую и принимающую станции, при этом передающая станция
40 содержит модулятор, блок обратного быстрого преобразования Фурье, блок параллельно-последовательного преобразования, блок присоединения защитного интервала, передатчик, приемник, разветвитель и антенну, при этом вход модулятора является первым входом передающей станции, является входом последовательности двоичных символов, выход передатчика соединен с первым входом разветвителя, первый выход которого соединен с первым входом антенны, первый выход и второй вход которой
45 являются соответственно вторым входом и выходом передающей станции, формирующей на выходе частотно-мультиплексированные символы, второй выход антенны соединен со вторым входом разветвителя, второй выход которого соединен со входом приемника;

принимающая станция содержит антенну, разветвитель, приемник, передатчик, блок последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала, блок
50 быстрого преобразования Фурье, блок оценки канала, блок параллельно-последовательного преобразования и демодулятор, при этом первый вход антенны является первым входом принимающей станции, входом частотно-мультиплексированных символов, первый выход антенны соединен с первым входом разветвителя, первый выход

которого соединен со входом приемника, выход которого соединен с первым входом блока последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала, выходы которого соединены соответственно со входами блока быстрого преобразования Фурье, выходы которого соединены со входами блока оценки канала, выходы которого
 5 соединены со входами блока параллельно-последовательного преобразования, выход которого соединен со входом демодулятора, выход которого является первым выходом принимающей станции, формирующей на этом выходе последовательность двоичных данных, выход передатчика соединен со вторым входом разветвителя, второй выход которого соединен со вторым входом антенны, второй выход которой является вторым
 10 выходом принимающей станции,

согласно изобретению дополнительно введены:

на передающей станции введен блок расстановки пилот-сигналов во временной области, первый вход которого соединен с выходом модулятора, второй вход блока расстановки пилот-сигналов во временной области объединен с первым входом блока
 15 присоединения защитного интервала, образуя третий вход передающей станции, который является входом сигнала начальной установки, третий вход блока расстановки пилот-сигналов во временной области соединен с выходом приемника, выходы блока расстановки пилот-сигналов во временной области соединены со входами блока обратного преобразования Фурье, выходы которого соединены со входами блока параллельно-
 20 последовательного преобразования, выход которого соединен со вторым входом блока присоединения защитного интервала, выход которого соединен со входом передатчика;

на принимающей станции введены блок оценки интервала корреляции во временной области и блок формирования сигнала обратного канала, при этом входы блока оценки интервала корреляции во временной области соединены с выходами блока быстрого преобразования Фурье, выход блока оценки интервала корреляции во временной области
 25 соединен со входом блока формирования сигнала обратного канала, выход которого соединен со входом передатчика, второй вход блока последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала является вторым входом принимающей станции, входом сигнала начальной установки.

Таким образом, заявляются два варианта способа передачи-приема данных в системе радиосвязи. В способе по первому варианту осуществления меняется расстояние между пилот-символами в частотной области, а расстояние между пилот-символами во временной области остается фиксированным. В способе по второму варианту осуществления меняется расстояние между пилот-символами во временной области, а
 30 расстояние между пилот-символами в частотной области остается фиксированным. Каждый из вариантов осуществления способа можно применять независимо друг от друга, а также возможно их совместное использование в одной OFDM системе связи.

Заявляемые устройства передачи-приема данных в системе радиосвязи (варианты) разработаны соответственно для осуществления способов (в частотной и временной
 40 областях) и позволяют реализовать все признаки заявляемых способов (по вариантам).

Технический эффект достигается по первому варианту за счет введения в устройство на передающей станции блока расстановки пилот-сигналов в частотной области и соответственно новых связей, обеспечивающих реализацию всех признаков способа на передающей стороне, а также за счет введения в устройство на принимающей станции
 45 блока оценки интервала корреляции в частотной области и блока формирования сигнала обратного канала и соответственно новых связей, обеспечивающих реализацию всех признаков способа на принимающей стороне.

Технический эффект достигается по второму варианту за счет введения в устройство на передающей станции блока расстановки пилот-сигналов во временной области и
 50 соответственно новых связей, обеспечивающих реализацию всех признаков способа на передающей стороне, а также за счет введения в устройство на принимающей станции блока оценки интервала корреляции во временной области и блока формирования сигнала обратного канала и соответственно новых связей, обеспечивающих реализацию всех

признаков способа на принимающей стороне.

Для получения лучшего (усиленного) эффекта предпочтительно совместное использование обоих вариантов изобретения в системе радиосвязи, однако раздельное использование каждого варианта (для частотной или временной областей) в зависимости от организации сети связи также эффективно и позволяет повысить скорость и качество передачи данных в OFDM системе радиосвязи. Решение о совместном или раздельном использовании принимает разработчик при планировании и организации сети радиосвязи.

Далее описание изобретения поясняется примерами выполнения и чертежами.

На фиг.1 показан:

a - пример расстановки пилот-символов;

b - пример временной структуры ортогональных частотно-мультиплексированных символов.

На фиг.2 выполнена структурная схема устройства-прототипа.

На фиг.3 - структурная схема заявляемого устройства (передающая станция) по первому варианту осуществления.

На фиг.4 - структурная схема заявляемого устройства (принимающая станция) по первому варианту осуществления.

На фиг.5 - структурная схема заявляемого устройства (передающая станция) по второму варианту осуществления.

На фиг.6 - структурная схема заявляемого устройства (принимающая станция) по второму варианту осуществления.

На фиг.7 - структурная схема блока расстановки пилот-сигналов в частотной области 25, приведена как пример выполнения.

На фиг.8 - структурная схема узла расстановки пилот-сигналов в частотной области 31, приведена как пример выполнения.

На фиг.9 - структурная схема узла формирования тактовых импульсов 32, приведена как пример выполнения.

На фиг.10 - структурная схема узла управления расстановкой пилот-сигналов в частотной области 33, приведена как пример выполнения.

На фиг.11 - структурная схема блока присоединения защитного интервала 8, приведена как пример выполнения

На фиг.12 - структурная схема блока последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала 21, приведена как пример выполнения.

На фиг.13 - структурная схема блока расстановки пилот-сигналов во временной области 28, приведена как пример выполнения.

На фиг.14 - структурная схема узла управления расстановкой пилот-символов во временной области 106.

На фиг.15 выполнена граф-схема, иллюстрирующая алгоритм способа оценки интервала корреляции в частотной области принятых ортогональных частотно-мультиплексированных символов.

На фиг.16 (а) и 16 (б) выполнена граф-схема, иллюстрирующая алгоритм способа оценки интервала корреляции во временной области принятых ортогональных частотно-мультиплексированных символов.

На фиг.17 показан спектр сигнала одного луча.

На фиг.18 - корреляционная функция в частотной области (один луч).

На фиг.19 - спектр сигнала.

На фиг.20 и 21 - корреляционная функция в частотной области.

На фиг.22 - корреляционная функция во временной области.

Устройство передачи-приема данных в системе радиосвязи по первому варианту (фиг.3 и 4) содержит передающую 1 и принимающую 2 станции, при этом передающая станция 1 содержит модулятор 4, блок обратного быстрого преобразования Фурье 7, блок присоединения защитного интервала 8, блок параллельно-последовательного преобразования 9, передатчик 10, приемник 18, разветвитель 19 и антенну 20, при этом

вход модулятора 4 является первым входом передающей станции 1 и является входом последовательности двоичных символов, выход передатчика 10 соединен с первым входом разветвителя 19, первый выход которого соединен с первым входом антенны 20, первый выход и второй вход которой являются соответственно вторым входом и выходом

5 передающей станции 1, формирующей на выходе частотно-мультиплексированные символы, второй выход антенны 20 соединен со вторым входом разветвителя 19, второй выход которого соединен со входом приемника 18;

принимающая станция 2 содержит антенну 24, разветвитель 23, приемник 11, передатчик 22, блок последовательно-параллельного преобразования и удаления

10 защитного интервала 21, блок быстрого преобразования Фурье 14, блок оценки канала 15, блок параллельно-последовательного преобразования 16 и демодулятор 17, при этом первый вход антенны 24 является первым входом принимающей станции 2 и входом частотно-мультиплексированных символов, первый выход антенны 24 соединен с первым входом разветвителя 23, первый выход которого соединен со входом приемника 11, выход

15 которого соединен с первым входом блока последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала 21, выходы которого соединены соответственно со входами блока быстрого преобразования Фурье 14, выходы которого соединены со входами блока оценки канала 15, выходы которого соединены со входами блока параллельно-последовательного преобразования 16, выход которого соединен со

20 входом демодулятора 17, выход которого является первым выходом принимающей станции 2, формирующей на этом выходе последовательность двоичных данных, выход передатчика 22 соединен со вторым входом разветвителя 23, второй выход которого соединен со вторым входом антенны 24, второй выход которой является вторым выходом принимающей станции 2,

25 согласно изобретению дополнительно введены:

на передающей станции - блок расстановки пилот-сигналов в частотной области 25, первый вход которого соединен с выходом модулятора 4, второй вход блока расстановки пилот-сигналов в частотной области 25 объединен с первым входом блока присоединения

30 защитного интервала 8, образуя третий вход передающей станции 1, который является входом сигнала начальной установки, третий вход блока расстановки пилот-сигналов в частотной области 25 соединен с выходом приемника 18, выходы блока расстановки пилот-сигналов в частотной области 25 соединены со входами блока обратного преобразования Фурье 7, выходы которого соединены со входами блока параллельно-последовательного преобразования 9, выход которого соединен со вторым входом блока присоединения

35 защитного интервала 8, выход которого соединен со входом передатчика 10;

на принимающей станции 2 введены блок оценки интервала корреляции в частотной области 26 и блок формирования сигнала обратного канала 27, при этом входы блока оценки интервала корреляции в частотной области 26 соединены с выходами блока быстрого преобразования Фурье 14, выход блока оценки интервала корреляции в

40 частотной области 26 соединен со входом блока формирования сигнала обратного канала 27, выход которого соединен со входом передатчика 22, второй вход блока последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала 21 является вторым входом принимающей станции 2, входом сигнала начальной установки.

Устройство передачи-приема данных в системе радиосвязи по второму варианту (фиг.5

45 и 6) содержит передающую 1 и принимающую 2 станции, при этом передающая станция содержит модулятор 4, блок обратного быстрого преобразования Фурье 7, блок параллельно-последовательного преобразования 9, блок присоединения защитного интервала 8, передатчик 10, приемник 18, разветвитель 19 и антенну 20, при этом вход модулятора 4 является первым входом передающей станции 1 и является входом

50 последовательности двоичных символов, выход передатчика 10 соединен с первым входом разветвителя 19, первый выход которого соединен с первым входом антенны 20, первый выход и второй вход которой являются соответственно вторым входом и выходом передающей станции 1, формирующей на выходе частотно-мультиплексированные

символы, второй выход антенны 20 соединен со вторым входом разветвителя 19, второй выход которого соединен со входом приемника 18;

принимающая станция 2 содержит антенну 24, разветвитель 23, приемник 11, передатчик 22, блок последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала 21, блок быстрого преобразования Фурье 14, блок оценки канала 15, блок параллельно-последовательного преобразования 16 и демодулятор 17, при этом первый вход антенны 24 является первым входом принимающей станции 2, входом частотно-мультиплексированных символов, первый выход антенны 24 соединен с первым входом разветвителя 23, первый выход которого соединен со входом приемника 11, выход которого соединен с первым входом блока последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала 21, выходы которого соединены соответственно со входами блока быстрого преобразования Фурье 14, выходы которого соединены со входами блока оценки канала 15, выходы которого соединены со входами блока параллельно-последовательного преобразования 16, выход которого соединен со входом демодулятора 17, выход которого является первым выходом принимающей станции 2, формирующей на этом выходе последовательность двоичных данных, выход передатчика 22 соединен со вторым входом разветвителя 23, второй выход которого соединен со вторым входом антенны 20, второй выход которой является вторым выходом принимающей станции 2,

согласно изобретению дополнительно введены:

на передающей станции введен блок расстановки пилот-сигналов во временной области 28, первый вход которого соединен с выходом модулятора 4, второй вход блока расстановки пилот-сигналов во временной области 28 объединен с первым входом блока присоединения защитного интервала 8, образуя третий вход передающей станции 1, который является входом сигнала начальной установки, третий вход блока расстановки пилот-сигналов во временной области 28 соединен с выходом приемника 18, выходы блока расстановки пилот-сигналов во временной области 28 соединены со входами блока обратного преобразования Фурье 7, выходы которого соединены со входами блока параллельно-последовательного преобразования 9, выход которого соединен со вторым входом блока присоединения защитного интервала 8, выход которого соединен со входом передатчика 10;

на принимающей станции введены блок оценки интервала корреляции во временной области 29 и блок формирования сигнала обратного канала 30, при этом входы блока оценки интервала корреляции во временной области 29 соединены с выходами блока быстрого преобразования Фурье 14, выход блока оценки интервала корреляции во временной области 29 соединен со входом блока формирования сигнала обратного канала 30, выход которого соединен со входом передатчика 22, второй вход блока последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала 21 является вторым входом принимающей станции 2, входом сигнала начальной установки.

Блок расстановки пилот-сигналов в частотной области 25 (фиг.7) приведен как пример выполнения и содержит узел расстановки пилот-символов 31, узел формирования тактовых импульсов 32 и узел управления расстановкой пилот-символов в частотной области 33.

Узел расстановки пилот-символов 31 (фиг.8) приведен как пример выполнения и содержит первый 34, второй 35, третий 36, четвертый 37, пятый 38, шестой 39 логические элементы И, первый 40 и второй 41 логические элементы ИЛИ, первое 42, второе 43, третье 44 постоянные запоминающие устройства, первый 45, второй 46, третий 47, четвертый 48, пятый 49 регистры.

Узел формирования тактовых импульсов 32 и узел формирования тактовых импульсов 35 выполнены аналогично, пример выполнения приведен на фиг.9. Узел формирования тактовых импульсов содержит первый 50, второй 51, третий 52, четвертый 53, пятый 54 и шестой 55 логические элементы И, первый 56 и второй 57 логические элементы ИЛИ, генератор тактовых импульсов (ГТИ) 58, постоянное запоминающее устройство 59, элемент вычитания 60, первый 61 и второй 62 счетчики, первый 63 и второй 64 триггеры.

Узел управления расстановкой пилот-символов в частотной области 33 (фиг.10) приведен как пример выполнения и содержит первый 65, второй 66, третий 67, четвертый 68 логические элементы И, первый 69, второй 70, третий 71 и четвертый 72 счетчики, первый 73, второй 74, третий 75 и четвертый 76 триггеры, постоянное запоминающее устройство 77, логический элемент ИЛИ 78, первый 79, второй 80 и третий 81 регистры, вычислительный элемент 82.

Блок присоединения защитного интервала 8 (фиг.11) приведен как пример выполнения и содержит первый 83, второй 84, третий 85, четвертый 86, пятый 87, шестой 88, седьмой 89 и восьмой 90 логические элементы И, первый 91 и второй 92 регистры, первый 93, второй 94 и третий 95 логические элементы ИЛИ, генератор тактовых импульсов (ГТИ) 96, счетчик 97 и триггер 98.

Блок последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала 21 (фиг.12) приведен как пример выполнения и содержит регистр 99, генератор тактовых импульсов (ГТИ) 100, счетчик 101, триггер 102 и логический элемент И 103.

Блок расстановки пилот-сигналов во временной области 28 (фиг.13) приведен как пример выполнения и содержит узел расстановки пилот-символов 104, узел формирования тактовых импульсов 105 и узел управления расстановкой пилот-символов в частотной области 106.

Узел управления расстановкой пилот-символов во временной области 106 (фиг.14) приведен как пример выполнения и содержит первый 107, второй 108, третий 109, четвертый 110, пятый 111 и шестой 112 логические элементы И, первый 113, второй 114, третий 115, четвертый 116 и пятый 117 счетчики, первый 118, второй 119, третий 120 и четвертый 121 триггеры, первое 122, второе 123 и третье 124 постоянные запоминающие устройства, первый 125, второй 126 и третий 127 логические элементы ИЛИ, первый 128 и второй 129 регистры, логический элемент НЕ 130.

Заявляемый способ передачи-приема данных в системе радиосвязи по первому варианту осуществляют на устройстве, структурная схема которого выполнена на фиг.3 и 4.

На передающую станцию 1 (фиг.3) поступает последовательность двоичных символов, которая с первого входа передающей станции 1 поступает на вход модулятора 4. В модуляторе 4 последовательность разбивают на слова, состоящие из d символов ($d=1, 2, \dots, G$). Каждому слову присваивают модулированный символ данных в виде комплексного числа. С выхода модулятора 4 сигнал поступает на первый вход блока расстановки пилот-сигналов в частотной области 25, на второй вход которого поступает сигнал начальной установки (НУ).

В блоке расстановки пилот-сигналов в частотной области 25 преобразуют последовательность модулированных символов данных в параллельные группы двух видов, первая из которых состоит из $Q1$ модулированных символов данных, где $Q1$ - заданное число, вторая - из $Q2$ модулированных символов данных, где $Q2$ - заданное число. Дополняют группы первого вида последовательностями, состоящими из Z нулевых символов, располагая их в начале и конце группы, причем $Q1+2Z=N$. Дополняют группы второго вида последовательностями, состоящими из Z нулевых символов, располагая их в начале и конце группы, и через каждые N_f модулированных символов данных располагают пилот-символ, где $N_f=Q2/K$, причем $Q2$ кратно K и $Q2+2Z+K=N$, а K - число пилот-символов в группе второго вида.

Формируют последовательность из групп первого и второго видов таким образом, что группы второго вида следуют через каждые N_t групп первого вида, где N_t - заданное число. При этом в группах второго типа, отстоящих друг от друга на заданное число V групп этого типа, числу модулированных символов данных N_f , расположенных между пилот-символами, присваивают минимальное заданное значение $N_f=N_{f\min}$.

Выходные сигналы с блока 25 поступают на входы блока обратного быстрого преобразования Фурье (ОБПФ) 7. В блоке 7 с каждой группой выполняют обратное быстрое преобразование Фурье, формируя параллельные выходные группы значений обратного быстрого преобразования Фурье (ОБПФ), которые с выхода блока 7 поступают на входы

блока параллельно-последовательного преобразования 9.

В блоке параллельно-последовательного преобразования 9 преобразуют параллельные выходные группы значений ОБПФ в последовательную форму, формируя таким образом последовательность передаваемых символов, каждый из которых содержит N полученных значений ОБПФ, которые с выхода блока 9 поступают на вход блока присоединения защитного интервала 8.

В блоке присоединения защитного интервала 8 дополняют каждый передаваемый символ защитным интервалом, формируя таким образом последовательность ортогональных частотно-мультиплексированных символов.

Частотно-мультиплексированные символы с выхода блока 8 поступают на вход передатчика 10. Выходной сигнал передатчика 10 через разветвитель 19 поступает в антенну 20.

На принимающей станции 2 (фиг.4) сигнал из антенны 24 через разветвитель 23 поступает на вход приемника 11.

В приемнике 11 выполняют усиление, частотную селекцию, частотное преобразование сигнала, частотную и временную синхронизацию. С выхода приемника 11 частотно-мультиплексированные символы поступают на первый вход блока последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала 21, на второй вход которого поступает сигнал начальной установки (НУ).

В блоке последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала 21 удаляют защитный интервал, формируя таким образом последовательность принятых символов, и преобразуют принятые символы в параллельные группы входных значений, которые с выходов блока 21 поступают на входы блока быстрого преобразования Фурье 14 (БПФ).

С каждой группой входных значений в блоке 14 выполняют быстрое преобразование Фурье (БПФ), формируя таким образом N модулированных символов в каждой группе.

Выходные значения блока БПФ 14 с его выходов поступают на входы блока оценки канала 15 и входы блока оценки интервала корреляции в частотной области 26.

В блоке оценки интервала корреляции в частотной области 26 по пилот-символам групп второго вида, в которых число модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами N_f , присвоено минимальное значение $N_f = N_{f \min}$, выполняют оценку интервала корреляции принятых модулированных символов в частотной области $N_{f \text{cor}}$, нормированного к частотному сдвигу между поднесущими OFDM символа. Оценка интервала корреляции принятых модулированных символов в частотной области поступает с выхода блока 26 на вход блока формирования сигнала обратного канала 27. В блоке 27 оценка интервала корреляции принятых модулированных символов в частотной области преобразуется в частотно-мультиплексированные символы, которые поступают с выхода блока 27 на вход передатчика 22. Выходной сигнал передатчика 22 через разветвитель 23 поступает в антенну 24. Таким образом, полученную оценку длительности интервала корреляции в частотной области передают на передающую станцию 1.

В блоке оценки канала 15 в каждой группе по пилот-символам выполняют оценку канала связи. Используя полученные результаты оценки канала связи, выполняют оценку модулированных символов данных, формируя группы оценок модулированных символов данных, которые с выходов блока 15 поступают на входы блока параллельно-последовательного преобразования 16.

В блоке параллельно-последовательного преобразования 16 преобразуют группы оценок модулированных символов данных в последовательную форму, формируя таким образом последовательность оценок модулированных символов данных, которые с выхода блока 16 поступают на вход демодулятора 17.

В демодуляторе 17 выполняют демодуляцию полученных оценок модулированных символов данных, формируя таким образом последовательность двоичных данных, которая с выхода демодулятора 17 поступает на первый выход принимающей станции 2.

На передающей станции 1 в блоке расстановки пилот-сигналов в частотной области 25

корректируют величину N_f таким образом, чтобы выполнялось условие $N_f \leq N_{f \text{ cor}}$, где N_f - число модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами, а $N_{f \text{ cor}}$ - оценка длительности интервала корреляции в частотной области.

5 Сигнал начальной установки, как правило, вводят во все устройства приемных и передающих станций. Однако этот сигнал не является существенным для работы устройства и поэтому его обозначают только на электрических схемах, а на структурных схемах этот сигнал не обозначают. Однако для лучшего понимания работы устройства такой сигнал на приведенных структурных схемах обозначен.

10 Заявляемый способ передачи-приема данных в системе радиосвязи по второму варианту осуществляют на устройстве, структурная схема которого выполнена на фиг.5 (передающая станция) и 6 (принимающая станция).

На передающую станцию 1 (фиг.5) поступает последовательность двоичных символов. С первого входа передающей станции последовательность двоичных символов поступает на вход модулятора 4.

15 В модуляторе 4 последовательность разбивают на слова, состоящие из d символов ($d=1, 2, \dots, D$). Каждому слову присваивают модулированный символ данных в виде комплексного числа. Выходной сигнал модулятора 4 поступает на первый вход блока расстановки пилот-сигналов во временной области 28.

20 В блоке расстановки пилот-сигналов во временной области 28 преобразуют последовательность модулированных символов данных в параллельные группы двух видов, первая из которых состоит из $Q1$ модулированных символов данных, где $Q1$ - заданное число, вторая - из $Q2$ модулированных символов данных, где $Q2$ - заданное число. Дополняют группы первого вида последовательностями, состоящими из Z нулевых символов, располагая их в начале и конце группы, причем $Q1+2Z=N$. Дополняют группы 25 второго вида последовательностями, состоящими из Z нулевых символов, располагая их в начале и конце группы, и через каждые N_f модулированных символов данных располагают пилот-символ, где $N_f=Q2/K$, причем $Q2$ кратно K и $Q2+2Z+K=N$, а K - число пилот-символов в группе второго вида.

30 Формируют последовательность из групп первого и второго видов таким образом, что группы второго вида следуют через каждые N_t групп первого вида, где N_t - заданное число модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами во временной области. При этом с заданным периодом T_1 в течение заданного времени T_2 присваивают числу модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами во временной области, минимальное заданное значение $N_t=N_{t \text{ min}}$. Выходные сигналы с блока 35 28 поступают на входы блока обратного быстрого преобразования Фурье (ОБПФ) 7.

В блоке 7 с каждой группой выполняют обратное быстрое преобразование Фурье (ОБПФ), формируя параллельные выходные группы значений обратного быстрого преобразования Фурье (ОБПФ). Выходные сигналы с блока 7 поступают на входы блока параллельно-последовательного преобразования 9.

40 В блоке параллельно-последовательного преобразования 9 преобразуют параллельные выходные группы значений ОБПФ в последовательную форму, формируя таким образом последовательность передаваемых символов, каждый из которых содержит N полученных значений ОБПФ, которые с выхода блока 9 поступают на второй вход блока присоединения защитного интервала 8, на второй вход которого поступает сигнал начальной установки 45 (НУ).

В блоке присоединения защитного интервала 8 дополняют каждый передаваемый символ защитным интервалом, формируя таким образом последовательность ортогональных частотно-мультиплексированных символов, которые с выхода блока 8 поступают на вход передатчика 10.

50 Выходной сигнал передатчика 10 через разветвитель 19 поступает в антенну 20.

На принимающей станции 2 (фиг.6) сигнал из антенны 24 через разветвитель 23 поступает на вход приемника 11.

В приемнике 11 выполняется усиление, частотная селекция, частотное преобразование

сигнала, частотная и временная синхронизация. С выхода приемника 11 частотно-мультиплексированные символы поступают на первый вход блока последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала 21, на второй вход которого поступает сигнал начальной установки (НУ).

5 В блоке последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала 21 удаляют защитный интервал, формируя таким образом последовательность принятых символов, и преобразуют принятые символы в параллельные группы входных значений. Выходные сигналы с блока 21 поступают на входы блока быстрого преобразования Фурье (БПФ) 14.

10 В блоке 14 с каждой группой входных значений выполняют быстрое преобразование Фурье (БПФ), формируя таким образом N модулированных символов в каждой группе. Выходные значения блока БПФ поступают с его выходов на входы блока оценки канала 15 и блока оценки интервала корреляции во временной области 29.

15 В блоке оценки интервала корреляции во временной области 29 по пилот-символам групп второго вида, которые передаются с заданным периодом T_1 в течение заданного времени T_2 , когда число модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами во временной области, принимает минимальное заданное значение $N_t = N_{t \min}$, оценивают длительность интервала корреляции во временной области $N_{t \text{cor}}$, нормированной к длительности ортогональных частотно-мультиплексированных символов, принятых модулированных символов.

20 Оценка интервала корреляции принятых модулированных символов во временной области с выхода блока 29 поступает на вход блока формирования сигнала обратного канала 30. В этом блоке оценку интервала корреляции принятых модулированных символов в частотной области преобразуют в частотно-мультиплексированные символы, которые с выхода блока 30 поступают на передатчик 22.

Выходной сигнал передатчика 22 через разветвитель 23 поступает в антенну 24.

Таким образом, полученную оценку длительности интервала корреляции во временной области передают на передающую станцию 1.

30 В блоке оценки канала 15 в каждой группе по пилот-символам выполняют оценку канала связи. Используя полученные результаты оценки канала связи, выполняют оценку модулированных символов данных, формируя группы оценок модулированных символов данных, которые с выходов блока 15 поступают на входы блока параллельно-последовательного преобразования 16.

35 В блоке параллельно-последовательного преобразования 16 преобразуют группы оценок модулированных символов данных в последовательную форму, формируя таким образом последовательность оценок модулированных символов данных, которые с выхода блока 16 поступают на вход демодулятора 17.

40 В демодуляторе 17 выполняют демодуляцию полученных оценок модулированных символов данных, формируя таким образом последовательность двоичных данных, которая с выхода демодулятора поступает на первый выход принимающей станции 2.

На передающей станции 1 в блоке расстановки пилот-сигналов во временной области 28 корректируют величину N_t таким образом, чтобы выполнялось условие $N_t \leq N_{t \text{cor}}$, где N_t - число модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами во временной области, $N_{t \text{cor}}$ - длительность интервала корреляции во временной области.

45 Сигнал начальной установки (НУ), как правило, вводят во все устройства приемных и передающих станций. Однако этот сигнал не является существенным для работы устройства и поэтому его обозначают только на электрических схемах, а на структурных схемах этот сигнал не обозначают. Однако для лучшего понимания работы устройства такой сигнал на приведенных структурных схемах обозначен.

50 Для реализации заявляемого способа передачи-приема данных в системе радиосвязи необходимо выполнить оценку величины интервала корреляции, которая может быть выполнена различными способами.

Заявляемые способы оценки интервала корреляции принятых ортогональных частотно-

мультиплексированных символов (для частотной или временной областей - варианты) разработаны соответственно под варианты реализации способа передачи-приема данных в системе радиосвязи.

5 Рассмотрим процедуру способа оценки интервала корреляции принятых ортогональных частотно-мультиплексированных символов по первому варианту осуществления - в частотной области, при этом обратимся к фиг.15, которая иллюстрирует эту процедуру.

В группах модулированных символов данных второго вида, полученных после БПФ, в которых число модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами N_f , присвоено минимальное значение $N_f = N_{f \min}$, в начале и конце удаляют
10 последовательности, состоящие из Z нулевых символов.

Выполняют интерполяцию пилот-символов в точках модулированных символов данных, формируя таким образом последовательность пилот-символов, состоящую из принятых и интерполированных пилот-символов. Интерполяция может быть выполнена различными способами. Например, способами, описанными в книгах: В.И.Тихонов. Статистическая
15 радиотехника. Москва: Радио и связь, 1982 (стр.606) или Л.И.Турчак. Основы численных методов. Москва: Наука, 1987 (стр.49).

Вычисляют циклическую корреляционную функцию сформированной последовательности пилот-символов.

20 Вычисляют модуль полученной циклической корреляционной функции последовательности пилот-символов.

Определяют экстремумы модуля полученной корреляционной функции последовательности пилот-символов и сравнивают их с порогом.

Выделяют экстремумы, превысившие заданный порог и определяют расстояния между ними, а затем усредняют эти расстояния, получая таким образом оценку интервала
25 корреляции в частотной области принятых ортогональных частотных мультиплексированных символов.

Определить экстремумы можно различными способами, например способами, описанными в книге Л.И.Турчак. Основы численных методов. Москва: Наука, 1987 (стр.172).

30 На фиг.17 показан спектр сигнала обратного канала по стандарту 802.16, полученный моделированием, со следующими параметрами: размер БПФ-1024, полоса сигнала = 10 МГц, длительность OFDM символа с защитным интервалом $T_s = 100,8$ мксек, вид модуляции - квадратурно-амплитудная 16 позиционная модуляция (16-QAM), передаваемая информация состоит из одних "нулевых битов".

35 На фиг.18 приведена циклическая корреляционная функция сигнала в частотной области.

На этих фигурах видно, что спектр сигнала без фединга равномерный, а корреляционная функция гладкая с одним максимумом.

40 На фиг.19 приведен спектр трехлучевого сигнала. Задержки второго и третьего лучей, нормированные к периоду дискретизации, равному 88 наносекунд, равны 45 и 97. Нормированные мощности второго и третьего луча относительно первого (в децибелах) равны -4db и -6db. Частота фединга - 500 Гц.

На фиг.20 приведена циклическая корреляционная функция трехлучевого сигнала в частотной области.

45 На фиг.19 и 20 видно, что спектр сигнала при фединге неравномерный и периодический и корреляционная функция также неравномерная и периодическая.

На фиг.21 приведена циклическая корреляционная функция трехлучевого сигнала в частотной области в интервале от 400 до 500 отсчета. На этой фигуре видно, что среднее расстояние между экстремумами, превысившими порог, приблизительно равно 20-30 периодам дискретизации.

50 Практически реализовать способ оценки интервала корреляции в частотной области принятых ортогональных частотно-мультиплексированных символов проще всего на микропроцессоре согласно граф-схеме, иллюстрирующей алгоритм способа на фиг.15.

Рассмотрим процедуру способа оценки интервала корреляции принятых ортогональных

частотно-мультиплексированных символов по второму варианту осуществления - во временной области, при этом обратимся к фиг.16а и 16b, которые иллюстрируют эту процедуру.

Способ оценки интервала корреляции принятых ортогональных частотно-мультиплексированных символов по временной области осуществляют следующим образом.

Запоминают W групп модулированных символов, полученных после БПФ, которые содержат пилот-символы и которые передаются с заданным периодом T_1 в течение заданного времени T_2 , когда число модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами во временной области, принимает минимальное заданное значение $N_t = N_{t \min}$.

В запомненных группах модулированных символов в начале и конце удаляют последовательности, состоящие из Z нулевых символов.

Формируют K последовательностей, выделяя по одному пилот-символу с одинаковым номером из каждого из W блоков модулированных символов.

Выполняют интерполяцию с каждой из K последовательностей пилот-символов в точках модулированных символов данных, расположенных между ними, формируя таким образом K последовательностей пилот-символов, состоящих из принятых и интерполированных пилот-символов. Интерполяция может быть выполнена различными способами, например способами, описанными в книгах: В.И.Тихонов. Статистическая радиотехника. Москва: Радио и связь, 1982 (стр.606) и Л.И.Турчак. Основы численных методов. Москва: Наука, 1987 (стр.49).

Вычисляют K циклических корреляционных функций сформированных последовательностей пилот-символов.

Вычисляют K модулей полученных циклических корреляционных функций последовательностей пилот-символов.

Определяют экстремумы каждого из K модулей полученных корреляционных функций последовательностей пилот-символов и сравнивают их с порогом. Определение экстремумов может быть выполнено различными способами, например способом, описанным в книге Л.И.Турчак. Основы численных методов. Москва: Наука, 1987 (стр.172).

Для каждого из K модулей корреляционных функций выделяют экстремумы, превысившие порог, и усредняют расстояния между ними.

Усредняют K полученных средних расстояний между экстремумами, получая таким образом среднее значение среднего расстояния между экстремумами, которое используют как оценку величины интервала корреляции принятых ортогональных частотно-мультиплексированных символов во временной области.

На фиг.22 показана циклическая корреляционная функция трехлучевого сигнала обратного канала по стандарту 802.16 во временной области. Задержки второго и третьего лучей, нормированные к периоду дискретизации, равному 88 наносекунд, равны 45 и 97. Нормированные мощности второго и третьего луча относительно первого (в децибелах) равны -4db и -6db. Частота фединга - 1000 Гц.

На этой фигуре видно, что среднее расстояние между экстремумами, превысившими порог, приблизительно равно пяти длительностям частотно-мультиплексированного символа.

Практически реализовать способ оценки интервала корреляции принятых ортогональных частотно-мультиплексированных символов во временной области проще всего на микропроцессоре по алгоритму, который иллюстрируют фиг.16а и 16b.

Для лучшего понимания реализации заявляемого способа передачи-приема данных в системе радиосвязи (варианты), а также работы устройства для его осуществления (варианты) далее рассмотрим примеры выполнения блоков, входящих в передающую и приемную станции заявляемого устройства.

Блок параллельно-последовательного преобразования 9 можно выполнить в виде параллельно-последовательного регистра. Модулированные символы записываются в

регистр параллельного, а считываются последовательно.

Блок оценки канала 15 может быть выполнен различным образом. Например, оценка канала по пилот-символам может быть выполнена как описание в статьях [Michele Morelli and Umberto Mengali. A comparison of pilot-aided channel estimation methods for OFDM systems. IEEE transactions on signal processing, vol.49, no.12, december 2001] и [Sinem Coleri, Mustafa Ergen, Anuj Puri and Ahmad Bahai. Channel estimation techniques based on pilot arrangement in OFDM systems. IEEE transactions on broadcasting, vol.48, no.3, September 2002]. Практически реализовать приведенную процедуру оценки канала по пилот-символам проще всего на микропроцессоре.

Примеры выполнения блока БПФ 14 и ОБПФ 7 приведены в книге "Цифровые фильтры и устройства обработки сигналов на интегральных микросхемах". Под ред. Б.Ф.Высоцкого, М.: Радио и связь, 1984, стр.103 и в патенте Российской Федерации №2012051 "Устройство для быстрого преобразования Фурье", МПК⁵ G 06 F 15/352 (дата публикации - 1994.04.30). Блок БПФ 7 также может быть реализован на базе сигнального микропроцессора (например, из серии TMS320) или микропроцессора для быстрого преобразования Фурье 1815ВФ3.

На фиг.7 приведена как пример реализации структурная схема блока расстановки пилот-сигналов в частотной области 25.

Блок расстановки пилот-сигналов в частотной области работает следующим образом.

Входные модулированные символы последовательно поступают на вход блока расстановки пилот-сигналов и регулировки сдвига между ними в частотной области и далее на вход узла расстановки пилот-символов 31, в котором по сигналам управления первый сигнал записи (Зап 1), второй сигнал записи (Зап 2), установки пилот-символа (ПС) и расстановки символов данных (Сим Данных) узла управления расстановкой пилот-символов в частотной области 33 преобразуют последовательность модулированных символов данных в параллельные группы двух видов, первая из которых состоит из $Q1$ модулированных символов данных, где $Q1$ - заданное число, вторая - из $Q2$ модулированных символов данных, где $Q2$ - заданное число. Дополняют группы первого вида последовательностями, состоящими из Z нулевых символов (нулей), располагая их в начале и конце группы, причем $Q1+2Z=N$. Дополняют группы второго вида последовательностями, состоящими из Z нулевых символов, располагая их в начале и конце группы, и через каждые N_f модулированных символов данных располагают пилот-символ, где $N_f=Q2/K$, причем $Q2$ кратно K и $Q2+2Z+K=N$, а K - число пилот-символов в группе второго вида. Формируют последовательность из групп первого и второго видов таким образом, что группы второго вида следуют через каждые N_t групп первого вида, где N_t - заданное число. При этом в группах второго типа, отстоящих друг от друга на заданное число V групп этого типа, числу модулированных символов данных N_f , расположенных между пилот-символами, присваивают минимальное заданное значение $N_f=N_{f\min}$. После поступления с выхода приемника 18 на третий вход блока расстановки пилот-сигналов в частотной области 25 оценки длительности интервала корреляции в частотной области $N_{f\text{cor}}$ корректируют величину N_f таким образом, чтобы выполнялось условие $N_f \leq N_{f\text{cor}}$.

Узел формирования тактовых импульсов 32 формирует тактовые импульсы для узла расстановки пилот-символов 31 и узла управления расстановкой пилот-символов в частотной области 33.

Узел расстановки пилот-символов 31 (фиг.8) работает следующим образом.

Входные модулированные символы через пятый логический элемент И 38 последовательно записывают в четвертый сдвиговый регистр 48. После заполнения модулированными символами четвертого сдвигового регистра 48 входные модулированные символы через шестой логический элемент И 39 последовательно записываются в пятый сдвиговый регистр 49. При этом модулированные символы, записанные в четвертый сдвиговый регистр 48, считываются из этого регистра через третий логический элемент И 36. Скорость считывания больше скорости записи. После

заполнения пятого сдвигового регистра 49 входные модулированные символы через пятый логический элемент И 38 последовательно записывают в четвертый сдвиговый регистр 48. При этом модулированные символы, записанные в пятый сдвиговый регистр 49, считываются из этого регистра через четвертый логический элемент И 37. Таким образом, четвертый 48 и пятый 49 сдвиговые регистры попеременно считывают и записывают входные модулированные символы. Работа регистров 48 и 49 обеспечивается сигналами управления: первый сигнал записи (Зап 1) и второй сигнал записи (Зап 2), поступающими с узла управления расстановкой пилот-символов в частотной области 33, и первыми тактовыми импульсами (ТИ1) и вторыми тактовыми импульсами (ТИ2), поступающими с узла формирования тактовых импульсов 32.

Модулированные символы с выхода третьего логического элемента И 36 или четвертого логического элемента И 37 через второй логический элемент ИЛИ 41, второй логический элемент И 35 и первый логический элемент ИЛИ 40 поступают на вход второго последовательно-параллельного регистра 46. Модулированные символы записывают во второй регистр 46 последовательно, а поступают с его выходов на выходы узла расстановки пилот-символов 31 параллельно. При этом записанную во второй регистр 46 группу модулированных символов дополняют последовательностями, состоящими из Z нулевых символов (нулей), располагая их в начале и конце группы. Для этого в первый 45 и третий 47 параллельные регистры из второго 43 и третьего 44 ПЗУ записывают нулевые символы (нули). Таким образом, с выходов первого 45, второго 46 и третьего 47 регистров на выходы узла расстановки пилот-символов параллельно поступают N модулированных символов. Из них $2Z$ символов равны нулю.

По сигналам управления установкой пилот-сигнала (ПС) и расстановкой символов данных (Сим Дан), поступающих с узла управления расстановкой пилот-символов в частотной области 33, преобразуют последовательность модулированных символов данных, поступающую последовательно на вход второго последовательно-параллельного регистра 46, в параллельные группы двух видов.

Группы первого вида состоят из $N-2Z$ символов данных и $2Z$ нулевых символов.

В группе второго вида через каждые N_f модулированных символов данных ставят пилот-символ, поступающий из первого ПЗУ 42.

По сигналам управления установкой пилот-сигнала и расстановкой символов данных также формируют последовательность из групп первого и второго видов таким образом, что группы второго вида следовали через каждые N_f групп первого вида, где N_f - заданное число. При этом в группах второго типа, отстоящих друг от друга на заданное число V групп этого типа, числу модулированных символов данных N_f , расположенных между пилот-символами, присваивают минимальное заданное значение $N_f = N_{f \min}$.

Структурная схема узла формирования тактовых импульсов приведена на фиг.9.

Узел формирования тактовых импульсов 32 работает следующим образом.

По сигналам управления - первый сигнал записи (Зап 1) и второй сигнал записи (Зап 2), поступающим с узла управления расстановкой пилот-символов в частотной области 33, из тактовых импульсов входных символов и тактовых импульсов обработки сигнала (тактовые импульсы входных символов больше тактовых импульсов обработки сигнала) генератора тактовых импульсов (ГТИ) формируют для узла расстановки пилот-сигналов первые тактовые импульсы (ТИ1) и вторые тактовые импульсы (ТИ2).

Тактовые импульсы входных символов через первый логический элемент И 50 или через четвертый логический элемент И 53 (на входе которого присутствует либо первый сигнал записи, либо второй сигнал записи) и далее либо через первый логический элемент ИЛИ 56, либо через второй логический элемент ИЛИ 57 поступают на выход узла 32.

В первый счетчик 61 по сигналу управления узла управления расстановкой пилот-символов в частотной области синхронизация записи (Синхр Зап) из узла управления расстановкой пилот-символов в частотной области 33 записывают число модулированных символов данных в одной группе модулированных символов Q . Для групп первого вида $Q = Q_1$, а для групп второго вида $Q = Q_2$. По сигналу первого счетчика 61 устанавливают

первый триггер 63 в состояние, при котором тактовые импульсы обработки сигнала через пятый логический элемент И 54 поступают на входы второго 51 и третьего 52 логических элементов И. Затем тактовые импульсы обработки сигнала через один из этих логических элементов (на входе которого присутствует либо первый сигнал записи, либо второй

5 сигнал записи) и далее либо через первый логический элемент ИЛИ 56, либо через второй логический элемент ИЛИ 57 поступают на выход узла 32.

Тактовые импульсы обработки сигнала также поступают на вход первого счетчика 61. Счетчик работает на вычитание. После поступления на вход счетчика Q тактовых

10 импульсов обработки сигнала этот счетчик формирует сигнал управления, устанавливающий первый триггер 63 в состояние, при котором тактовые импульсы обработки сигнала на выход пятого логического элемента И 54 не поступают.

Таким образом, как первые тактовые импульсы, так и вторые тактовые импульсы поступают на выходы узла 32 в виде двух последовательностей, первая из которых

15 состоит из тактовых импульсов обработки сигнала, а вторая - из тактовых импульсов входных символов и в каждой из которых число импульсов равно числу модулированных символов данных в одной группе.

Тактовые импульсы входных символов также поступают на выход узла, как входные тактовые импульсы (ТИ Вх).

Число модулированных символов данных в одной группе модулированных символов Q

20 также поступает на первый вход элемента вычитания 60. На второй вход элемента вычитания 60 с выхода ПЗУ 58 поступает число модулированных символов данных в одной группе первого вида Q1. С выхода элемента вычитания 60 разность Q1-Q поступает на первый вход второго счетчика 62 и записывается в этот счетчик сигналом управления

25 синхронизации записи. Очевидно, что для групп первого вида эта разность равна нулю. Второй счетчик 62 работает на вычитание. После поступления на вход счетчика Q1-Q импульсов с выхода второго счетчика 62 на второй триггер 64 поступает сигнал, устанавливающий его в состояние, при котором выходной сигнал пятого логического

30 элемента И 54 поступает через шестой элемент И 55 на выход узла 32. Этот сигнал обозначают как тактовые импульсы сдвига (ТИ Сдв). Таким образом, тактовые импульсы сдвига поступают на выход узла не

перекрывающимися во времени последовательностями, в каждой из которых число импульсов равно числу модулированных символов данных в одной группе Q.

35 Сигнал управления начальной установки (НУ) устанавливает первый 61 и второй 62 счетчики, первый 63 и второй 64 триггеры и генератор тактовых импульсов 58 в начальное состояние.

Структурная схема узла управления расстановкой пилот-символов в частотной области 33 приведена на фиг.10.

Узел управления расстановкой пилот-символов в частотной области 33 работает следующим образом.

40 Длительность управляющих сигналов, формируемых узлом управления расстановкой пилот-символов в частотной области, и их временные сдвиги относительно друг друга определяются четырьмя счетчиками. Первый счетчик 69 определяет длительность сигналов управления расстановки символов данных и установки пилот-сигналов. Второй

45 счетчик 70 определяет число групп первого вида N_t между группами второго вида. Третий счетчик 71 определяет длительность сигналов управления - первый сигнал записи и второй сигнал записи. Четвертый счетчик 72 определяет число групп первого и второго вида между группами второго вида, у которых $N_f = N_{fmin}$. Сигнал управления начальной установки через третий логический элемент И 67 устанавливает четвертый триггер 76 таким образом, что с его выхода поступает сигнал

50 управления на второй логический элемент И 66. При этом с ПЗУ 77 через второй логический элемент И 66 и логический элемент ИЛИ 78 в первый регистр 79 записывается минимальное число модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами N_{fmin} , которое затем перезаписывается в первый счетчик 69.

Сигнал управления начальной установкой также устанавливает первый триггер 73 таким образом, что с его первого выхода поступает сигнал управления расстановкой символов данных (Сим Дан).

Сигнал управления начальной установкой также устанавливает второй триггер 74 таким образом, что с его выхода поступает сигнал управления на первый логический элемент И 65. При этом тактовые импульсы сдвига через первый логический элемент И 65 поступают на вход первого счетчика 69, который после поступления N_{fmin} тактовых импульсов сдвига (счетчик работает в режиме вычитания) формирует на первом выходе сигнал управления, поступающий на первый триггер 73. По этому сигналу управления первый триггер 73 переходит в состояние, при котором со второго выхода поступает сигнал управления установкой пилот-сигнала (ПС), и на первый выход не поступает сигнал управления расстановкой символов данных. Сигнал управления установкой пилот-сигнала поступает на выход узла 33 и на первый счетчик 69, в который по этому сигналу управления записывают N_{fmin} . После поступления $N_{fmin}+1$ тактового импульса первый счетчик 69 управляющим сигналом со второго выхода устанавливает первый триггер 73 в состояние, при котором с его первого выхода на выход узла поступает сигнал управления расстановкой символов данных, а на второй выход не поступает сигнал управления установкой пилот-сигнала. Таким образом, первый триггер 73 переключается K раз, где K - число пилот-символов в группе модулированных символов.

Количество модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами N_f , с выхода первого регистра 79 поступает также на вычислительный элемент 82 числа модулированных символов данных в одной группе Q . Причем для групп первого вида $Q=Q1$, где $Q1$ заданное число, а для второго вида $Q=Q2$ и вычисляется по формуле $Q2=(N-2Z)/(1+(1/N_f))$. Эту формулу легко получить из выражений $Q2+2Z+K=N$ и $N_f=Q2/K$. С выхода вычислительного элемента 82 число модулированных символов данных в одной группе Q через второй регистр 80 записывается в третий счетчик 71 и поступает на выход узла.

На вход третьего счетчика 71 поступают входные тактовые импульсы. После Q входных тактовых импульсов (счетчик работает в режиме вычитания) третий счетчик 71 формирует сигнал управления, поступающий на третий триггер 75. По этому сигналу управления третий триггер 75 переходит в противоположное состояние, при котором его выходные сигналы управления - первый сигнал записи (Зап 1) и второй сигнал записи (Зап 2) меняют свои значения на противоположные. Сигналы управления - первый сигнал записи и второй сигнал записи поступают на соответствующие выходы узла 33.

Выходной сигнал управления третьего счетчика 71 также записывает в этот счетчик число модулированных символов данных в одной группе Q .

Выходной сигнал управления третьего счетчика 71 также поступает на четвертый триггер 76, который устанавливается таким образом, что с его первого выхода поступает сигнал управления на четвертый логический элемент И 68. При этом с третьего регистра 81 через четвертый логический элемент И 68 и логический элемент ИЛИ 78 в первый регистр 79 записывается количество модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами N_f , которое затем перезаписывается в первый счетчик.

Количество модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами, N_f с выхода первого регистра 79 поступает на элемент вычисления 82 числа модулированных символов данных в одной группе Q . С выхода элемента вычисления 82 числа модулированных символов данных в одной группе сигнал через второй регистр 80 поступает на выход узла 33 и записывается в третий счетчик 71.

Выходной сигнал управления с третьего счетчика 71 также поступает на выход узла 33 как сигнал управления синхронизацией записи (Синхр Зап) и на вход второго счетчика 70. При поступлении первого сигнала управления с третьего счетчика 71 на вход второго счетчика 70 со второго выхода второго счетчика 70 на второй триггер 74 поступает управляющий сигнал, устанавливающий его таким образом, что с его выхода снимается сигнал управления на первый логический элемент И 65. После N_f выходных сигналов третьего счетчика 71 выходной сигнал второго счетчика 70 поступает на второй триггер

74 и устанавливает его таким образом, что с его выхода поступает сигнал управления на первый логический элемент И 65. При этом тактовые импульсы сдвига поступают на вход первого счетчика 69. Далее процесс формирования выходных сигналов управления расстановкой символов данных и установкой пилот-сигнала повторяется.

5 После поступления с третьего счетчика 71 N_t+1 выходных сигналов со второго выхода второго счетчика 70 выходной сигнал поступает на второй триггер 74 и устанавливает его таким образом, что с его выхода снимается сигнал управления на первый логический элемент И 65.

10 Входные тактовые импульсы поступают также на четвертый счетчик 72, который после числа импульсов, равного произведению $Q \cdot N_t \cdot V$ входных тактовых импульсов, формирует сигнал управления, который через третий логический элемент И 67 устанавливает четвертый триггер 76 таким образом, что с его выхода поступает сигнал управления на второй логический элемент И 66. При этом с ПЗУ 77 через второй логический элемент И 66 и логический элемент ИЛИ 78 в первый регистр 79 записывается минимальное число
15 модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами N_{fmin} .

Таким образом, узел управления расстановкой пилот-символов в частотной области формирует следующие непрерывно друг за другом неперекрывающиеся сигналы управления - первый сигнал записи (Зап 1) и второй сигнал записи (Зап 2).

20 Длительность этих сигналов равна длительности модулированных символов данных одной группы.

Узел управления 33 формирует также сигналы управления расстановкой символов данных (Сим Дан) и установки пилот-сигнала (ПС). Длительность сигнала расстановки символов данных равна длительности N_{fmin} или N_f модулированных символов данных. Длительность сигнала установки пилот-сигналов равна длительности одного
25 модулированного символа данных. Пара сигналов управления расстановкой символов данных и установкой пилот-сигнала следует непрерывно друг за другом K раз, где K -

число пилот-символов в группе. K пар сигналов управления - расстановка символов данных и установка пилот-сигналов отстоят друг от друга на длительность N_t групп модулированных символов.

30 Узел управления 33 формирует также число модулированных символов данных в одной группе Q и сигнал управления синхронизация записи (Синхр Зап), который определяет момент времени поступления числа модулированных символов данных в группе на выход узла управления.

40 Операция присоединения защитного интервала проиллюстрирована на фиг.1b. На этой фигуре временной отрезок, соответствующий защитному интервалу, обозначен как T_g , а передаваемому символу - T_N . Например, для стандарта 802.16 защитный интервал равен $T_g=11,2$ мксек (128 отсчетов), а длительность передаваемого символа равна $T_N=89,6$ мксек (1024 отсчета). На фиг.1b видно, что присоединение защитного интервала заключается в том, что после ОБПФ и параллельно-последовательного преобразования последние G из N отсчетов передаваемого символа повторяют в начале этого символа. Таким образом, ортогональный частотно-мультиплексированный символ состоит из $G+N$ отсчетов.

Блок присоединения защитного интервала 8 можно, например, реализовать по структурной схеме, приведенной на фиг.11.

45 Входные отсчеты передаваемого символа попеременно через первый 83 или второй 84 логические элементы И последовательно записывают соответственно в первый 91 или второй 92 регистры. Затем записанные отсчеты передаваемого символа попеременно через третий 85 или четвертый 86 логические элементы И и первый логический элемент ИЛИ 93 поступают на выход блока 8. То есть, если в первый регистр 91 записывают
50 отсчеты, то со второго регистра 92 считывают и наоборот, если во второй регистр 92 записывают отсчеты, то с первого регистра 91 считывают. Частота считывания больше частоты записи. При этом после записи в регистр отсчетов одного передаваемого символа последние G из N отсчетов записывают в регистре в начало этого символа.

С помощью счетчика 97, триггера 98, пятого 87, шестого 88, седьмого 89 и восьмого 90 логических элементов И, второго 94 и третьего 95 логических элементов ИЛИ из тактовых импульсов генератора тактовых импульсов 96 формируют тактовые импульсы и сигналы управления для первого 83, второго 84, третьего 85 и четвертого 86 логических элементов И и первого логического элемента ИЛИ 93. При этом счетчик 97 определяет длительность интервала записи отсчетов передаваемого символа в регистр. Сигнал управления начальной установкой выполняет начальную установку генератора тактовых импульсов 96, счетчика 97 и триггера 98.

Блок последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала 21 можно, например, реализовать по структурной схеме, приведенной на фиг.12.

Отсчеты ортогональных частотно-мультиплексированных символов последовательно поступают на вход блока последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала 21. Каждый из этих символов содержит G+N отсчетов. В блоке отсчеты последовательно записываются в последовательно-параллельный регистр 99. Из поступивших на вход регистра 99 G+N отсчетов одного частотно-мультиплексированного символа в сам регистр записывается только N отсчетов. Отсчеты защитного интервала в регистр 99 не записываются. Из регистра 99 N отсчетов параллельно поступают на выход блока 21.

Счетчик 101 определяет длительность принимаемого символа и длительность защитного интервала. Логический элемент И 103, триггер 102 и счетчик 101 из тактовых импульсов генератора тактовых импульсов 100 формируют тактовые импульсы для регистра 99.

Блок формирования сигнала обратного канала 27 можно реализовать различными способами. Например, так как выполнена передающая часть в прототипе (от модулятора до передатчика).

На фиг.13 выполнена, как пример реализации, структурная схема блока расстановки пилот-сигналов во временной области 28.

Блок расстановки пилот-сигналов во временной области 28 работает следующим образом.

Входные модулированные символы последовательно поступают на вход блока расстановки пилот-сигналов во временной области 28 и далее на вход узла расстановки пилот-символов 104, в котором по сигналам управления первый сигнал записи (Зап 1), второй сигнал записи (Зап 2), установка пилот-символа (ПС) и расстановка символов данных (Сим Дан) узла управления расстановкой пилот-символов во временной области 106 преобразуют последовательность модулированных символов данных в параллельные группы двух видов, первая из которых состоит из Q1 модулированных символов данных, где Q1 - заданное число, вторая - из Q2 модулированных символов данных, где Q2 - заданное число. Дополняют группы первого вида последовательностями, состоящими из Z нулевых символов (нулей), располагая их в начале и конце группы, причем $Q1+2Z=N$. Дополняют группы второго вида последовательностями, состоящими из Z нулевых символов, располагая их в начале и конце группы, и через каждые N_f модулированных символов данных располагают пилот-символ, где $N_f=Q2/K$, причем Q2 кратно K и $Q2+2Z+K=N$, а K - число пилот-символов в группе второго вида.

Формируют последовательность из групп первого и второго видов таким образом, что группы второго вида следуют через каждые N_f групп первого вида, где N_f - число модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами во временной области. При этом с заданным периодом T_1 в течение заданного времени T_2 присваивают числу модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами во временной области, минимальное заданное значение $N_f=N_{fmin}$.

Узел формирования тактовых импульсов 105 формирует тактовые импульсы для узла расстановки пилот-символов 104 и узла управления расстановкой пилот-символов во временной области 106.

Узлы расстановки пилот-символов 104 и формирования тактовых импульсов 105 могут

быть выполнены аналогично - по структурным схемам узлов соответственно расстановки пилот-символов и формирования тактовых импульсов в частотной области, т.е. так, как показано на фиг.8 и 9.

Структурная схема узла управления расстановкой пилот-символов во временной области приведена на фиг.14.

Узел управления расстановкой пилот-символов во временной области 106 работает следующим образом.

Длительность управляющих сигналов, формируемых узлом управления расстановкой пилот-символов во временной области 106, и их временные сдвиги относительно друг друга определяются пятью счетчиками. Первый счетчик 113 определяет длительности сигналов управления расстановки символов данных (Сим Дан) и установки пилот-сигналов (ПС). Второй счетчик 114 определяет число модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами во временной области N_f . Третий счетчик 115 определяет длительность сигналов управления - первый сигнал записи (Зап 1) и второй сигнал записи (Зап 2). Четвертый счетчик 116 определяет период T_1 , с которым в течение заданного времени T_2 (пятый счетчик 117) присваивают числу модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами во временной области, минимальное заданное значение $N_f = N_{fmin}$.

Сигнал управления начальной установкой (НУ) устанавливает первый триггер 118 таким образом, что с его первого выхода поступает сигнал управления расстановкой символов данных (Сим Дан) на выход узла управления 106, и второй триггер 119 таким образом, что с его выхода поступает сигнал управления на первый логический элемент И 107. При этом тактовые импульсы сдвига через первый логический элемент И 107 поступают на вход первого счетчика 113, который после поступления N_f тактовых импульсов сдвига формирует на первом выходе сигнал управления, поступающий на первый триггер 118. По этому сигналу управления первый триггер 118 переходит в состояние, при котором с его второго выхода поступает сигнал управления установкой пилот-сигнала (ПС). Сигнал управления установкой пилот-сигнала поступает на выход узла 106. После поступления на первый счетчик 113 следующего $N_f + 1$ тактового импульса сдвига с его второго выхода поступает управляющий сигнал, который устанавливает первый триггер 118 в состояние, при котором с его первого выхода на выход узла поступает сигнал управления расстановкой символов данных, а со второго выхода снимается сигнал управления установкой пилот-сигнала. Таким образом, первый триггер 118 переключается K раз, где K - число пилот-символов в группе модулированных символов.

Сигнал управления начальной установкой через второй логический элемент ИЛИ 126 также устанавливает четвертый триггер 121 таким образом, что с его выхода поступает сигнал управления на второй логический элемент И 108. При этом с первого ПЗУ 122 через второй логический элемент И 108 и первый логический элемент ИЛИ 125 в первый регистр 128 записывается минимальное заданное значение числа модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами во временной области, $N_f = N_{fmin}$, которое затем перезаписывается во второй счетчик 114.

Сигнал с выхода второго триггера 119 поступает также на четвертый логический элемент И 110 и через логический элемент НЕ 130 - на пятый логический элемент И 111. При этом со второго ПЗУ 123 через пятый логический элемент И 110 и третий логический элемент ИЛИ 127 число модулированных символов данных в группе второго типа Q2 записывается в третий счетчик 115 и поступает на выход узла управления расстановкой пилот-символов во временной области 106. При переходе второго триггера 119 в противоположное состояние с третьего ПЗУ 124 через пятый логический элемент И 111 и третий логический элемент ИЛИ 127 число модулированных символов данных в группе первого типа Q1 записывается в третий счетчик 115 и поступает на выход узла 106. Таким образом Q принимает два значения Q1 и Q2.

На вход третьего счетчика 115 поступают входные тактовые импульсы. После поступления на вход третьего счетчика 115 Q тактовых импульсов (счетчик работает в

режиме вычитания) этот счетчик формирует сигнал управления, поступающий на третий триггер 120. По этому сигналу управления третий триггер 120 переходит в противоположное состояние, при котором его выходные сигналы управления - первый сигнал записи и второй сигнал записи меняют свои значения на противоположные. Сигналы управления - первый сигнал записи и второй сигнал записи поступают на соответствующие выходы узла 106.

Выходной сигнал управления третьего счетчика 115 также поступает на вход второго счетчика 114 и на соответствующий выход узла 106 как сигнал управления синхронизации записи (Синхр Зап). После N_i выходных сигналов третьего счетчика 115 выходной сигнал второго счетчика 114 поступает на второй триггер 119 и устанавливает его таким образом, что с его выхода снимается сигнал управления, поступающий на первый логический элемент И 107. При этом тактовые импульсы сдвига (ТИ Сдв) не поступают на вход первого счетчика 113. С первого выхода первого триггера 118 поступает сигнал управления расстановкой символов данных.

Входные тактовые импульсы через седьмой логический элемент И 112 поступают также на пятый счетчик 117. Через интервал времени T_2 пятый счетчик 117 формирует сигнал управления, устанавливающий четвертый триггер 121 в противоположное состояние, а также обнуляющий четвертый счетчик 116. При этом четвертый триггер 121 переходит в противоположное состояние и входные тактовые импульсы через шестой логический элемент И 112 не поступают на пятый счетчик 117. После обнуления четвертый счетчик 116 через интервал времени T_1 формирует сигнал, который через второй логический элемент ИЛИ 126 устанавливает четвертый триггер 121 в противоположное состояние. При этом с первого ПЗУ 122 через второй логический элемент И 108 и первый логический элемент ИЛИ 125 в первый регистр 128 записывается минимальное заданное значение числа модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами во временной области, $N_i = N_{tmin}$, которое затем перезаписывается во второй счетчик 114. Далее процесс формирования выходных сигналов управления узла управления расстановкой пилот-символов во временной области повторяется.

Таким образом, узел управления расстановкой пилот-символов во временной области 106 формирует сигналы управления расстановки символов данных и установки пилот-символов. Длительность сигнала расстановки символов данных (Сим Дан) равна длительности N_f модулированных символов данных. Длительность сигнала установки пилот-сигналов (ПС) равна длительности одного модулированного символа данных. Пара сигналов управления расстановкой символов данных и установкой пилот-сигналов следуют непрерывно друг за другом K раз, где K - число пилот-символов в группе. K пар сигналов управления - расстановка символов данных и установка пилот-сигналов отстоят друг от друга на длительность N_f групп модулированных символов. При этом с заданным периодом T_1 в течение заданного времени T_2 присваивают числу модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами во временной области, минимальное заданное значение $N_i = N_{tmin}$.

Узел управления расстановкой пилот-символов во временной области 106 формирует также следующие непрерывно друг за другом неперекрывающиеся сигналы управления - первый сигнал записи (Зап 1) и второй сигнал записи (Зап 2). Длительность этих сигналов равна длительности модулированных символов данных одной группы.

Узел 106 формирует также число модулированных символов данных в одной группе Q и сигнал управления синхронизацией записи (Синхр Зап), который определяет момент времени поступления числа модулированных символов данных в группе на выход узла управления.

Таким образом, повышение скорости передачи данных в OFDM системах связи достигается:

- способом передачи-приема данных в системе радиосвязи по первому варианту за счет того, что меняется расстояние между пилот-символами в частотной области, а расстояние между пилот-символами во временной области остается фиксированным;

- способом передачи-приема данных в системе радиосвязи по второму варианту осуществления за счет того, что меняется расстояние между пилот-символами во временной области, а расстояние между пилот-символами в частотной области остается фиксированным;

5 - способом оценки интервала корреляции принятых ортогональных частотно мультиплексированных символов (варианты), выполнение которого является необходимым условием осуществления способа передачи-приема данных в системе радиосвязи (соответственно варианты);

10 - устройством передачи-приема данных в системе радиосвязи по первому варианту осуществления за счет введения в устройство на передающей станции блока расстановки пилот-сигналов в частотной области и соответственно новых связей, обеспечивающих реализацию всех признаков изобретения, а также за счет введения в устройство на принимающей станции блока оценки интервала корреляции в частотной области и блока формирования сигнала обратного канала и соответственно новых связей, обеспечивающих

15 реализацию всех признаков изобретения;
 - устройством передачи-приема данных в системе радиосвязи по второму варианту осуществления за счет введения в устройство на передающей станции блока расстановки пилот-сигналов во временной области и соответственно новых связей, обеспечивающих реализацию всех признаков способа на передающей стороне, а также за счет введения в

20 устройство на принимающей станции блока оценки интервала корреляции во временной области и блока формирования сигнала обратного канала и соответственно новых связей, обеспечивающих реализацию всех признаков способа на принимающей стороне.

Формула изобретения

25 1. Способ передачи-приема данных в системе радиосвязи, заключающийся в том, что на передающую станцию поступает последовательность двоичных символов, последовательность разбивают на слова, состоящие из d символов, где $d=1, 2, \dots, G$, каждому слову присваивают модулированный символ данных в виде комплексного числа, преобразуют последовательность модулированных символов данных в параллельные

30 группы двух видов, первая из которых состоит из Q_1 модулированных символов данных, где Q_1 заданное число, вторая - из Q_2 модулированных символов данных, где Q_2 заданное число, дополняют группы первого вида последовательностями, состоящими из Z нулевых символов, располагая их вначале и конце группы, причем $Q_1+2Z=N$, дополняют группы

35 второго вида последовательностями, состоящими из Z нулевых символов, располагая их вначале и конце группы, и через каждые N_f модулированных символов данных располагают пилот-символ, где $N_f=Q_2/K$, причем Q_2 кратно K и $Q_2+2Z+K=N$, а K число пилот-символов в группе второго вида, формируют последовательность из групп первого и второго видов таким образом, что группы второго вида следуют через каждые N_f групп первого вида, где N_f заданное число, при этом в группах второго типа, отстоящих друг от друга на

40 заданное число V групп этого типа, числу модулированных символов данных N_f , расположенных между пилот-символами, присваивают минимальное заданное значение $N_f=N_{f \min}$, с каждой группой сформированной последовательности выполняют обратное быстрое преобразование Фурье, формируя параллельные выходные группы значений обратного быстрого преобразования Фурье, преобразуют параллельные

45 выходные группы значений обратного быстрого преобразования Фурье в последовательную форму, формируя таким образом последовательность передаваемых символов, каждый из которых содержит N полученных последовательных значений обратного быстрого преобразования Фурье, дополняют каждый передаваемый символ защитным интервалом, формируя таким образом последовательность ортогональных

50 частотно-мультиплексированных символов, передают последовательность ортогональных частотно-мультиплексированных символов на принимающую станцию; на принимающей станции принимают их и удаляют защитный интервал, формируя таким образом последовательность принятых символов, преобразуют принятые символы в параллельные

группы входных значений, с каждой группой входных значений выполняют быстрое преобразование Фурье, формируя таким образом N модулированных символов в каждой группе, по пилот-символам групп второго вида, в которых число модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами N_f , присвоено минимальное значение $N_f = N_{f \min}$, выполняют оценку интервала корреляции принятых модулированных символов в частотной области $N_{f \text{cor}}$, нормированного к частотному сдвигу между поднесущими ортогонального частотного мультиплексированного символа, передают полученную оценку длительности интервала корреляции в частотной области на передающую станцию, в каждой группе второго вида по пилот-символам выполняют оценку канала связи, используя полученные результаты оценки канала связи, выполняют оценку $Q1$ модулированных символов данных групп первого вида и $Q2$ модулированных символов данных групп второго вида, преобразуют группы оценок модулированных символов данных в последовательную форму, формируя таким образом последовательность оценок модулированных символов данных, выполняют демодуляцию полученных оценок модулированных символов данных, формируя таким образом последовательность двоичных данных; на передающей станции корректируют величину N_f таким образом чтобы выполнялось условие $N_f \leq N_{f \text{cor}}$, где N_f - число модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами, а $N_{f \text{cor}}$ - оценка длительности интервала корреляции в частотной области.

2. Способ передачи-приема данных в системе радиосвязи, заключающийся в том, что на передающую станцию поступает последовательность двоичных символов, последовательность разбивают на слова, состоящие из d символов, $d=1, 2, \dots, G$, каждому слову присваивают модулированный символ данных в виде комплексного числа, преобразуют последовательность модулированных символов данных в параллельные группы двух видов, первая из которых состоит из $Q1$ модулированных символов данных, где $Q1$ заданное число, вторая - из $Q2$ модулированных символов данных, где $Q2$ заданное число, дополняют группы первого вида последовательностями, состоящими из Z нулевых символов, располагая их вначале и конце группы, причем $Q1+2Z=N$, дополняют группы второго вида последовательностями, состоящими из Z нулевых символов, располагая их вначале и конце группы, и через каждые N_f модулированных символов данных располагают пилот-символ, где N_f заданное число, причем $Q2$ кратно K и $Q2+2Z+K=N$, а K число пилот-символов в группе второго вида, формируют последовательность из групп первого и второго видов таким образом, что группы второго вида следуют через каждые N_f групп первого вида, где N_f число модулированных символов данных расположенных между пилот-символами во временной области, при этом с заданным периодом T_1 в течение заданного времени T_2 присваивают числу модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами во временной области, минимальное заданное значение, $N_f = N_{f \min}$, с каждой группой сформированной последовательности выполняют обратное быстрое преобразование Фурье, формируя параллельные выходные группы значений обратного быстрого преобразования Фурье, преобразуют параллельные выходные группы значений обратного быстрого преобразования Фурье в последовательную форму, формируя таким образом последовательность передаваемых символов, каждый из которых содержит N полученных последовательных значений обратного быстрого преобразования Фурье, дополняют каждый передаваемый символ защитным интервалом, формируя таким образом последовательность ортогональных частотно-мультиплексированных символов, передают последовательность ортогональных частотно-мультиплексированных символов на принимающую станцию, на принимающей станции принимают их и удаляют защитный интервал, формируя таким образом последовательность принятых символов, преобразуют принятые символы в параллельные группы входных значений, с каждой группой входных значений выполняют быстрое преобразование Фурье, формируя таким образом N модулированных символов в каждой группе, по пилот-символам групп второго вида, которые передаются с заданным периодом T_1 в течение заданного времени T_2 , когда число модулированных символов данных,

расположенных между пилот-символами во временной области, принимает минимальное заданное значение, $N_t = N_{t \min}$, оценивают длительность интервала корреляции во временной области $N_{t \text{cor}}$, нормированной к длительности ортогональных частотно-

5 полученную оценку длительности интервала корреляции во временной области на передающую станцию, в каждом блоке по пилот-символам выполняют оценку канала связи, используя полученные результаты оценки канала связи, выполняют оценку Q1 модулированных символов данных групп первого вида и Q2 модулированных символов
10 данных групп второго вида, преобразуют группы оценок модулированных символов данных в последовательную форму, формируя таким образом последовательность оценок модулированных символов данных, выполняют демодуляцию полученных оценок модулированных символов данных, формируя таким образом последовательность двоичных данных, на передающей станции корректируют величину N_t таким образом,
15 чтобы выполнялось условие $N_t \leq N_{t \text{cor}}$, где N_t - число модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами во временной области, $N_{t \text{cor}}$ - длительность интервала корреляции во временной области.

3. Способ оценки интервала корреляции принятых ортогональных частотно-мультимплексированных символов, заключающийся в том, что в группах модулированных
20 символов данных второго вида, полученных после БПФ, в которых число модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами N_f , присвоено минимальное значение $N_f = N_{f \min}$, в начале и конце удаляют последовательности, состоящие из Z нулевых символов, выполняют интерполяцию пилот-символов в точках модулированных символов данных, формируя таким образом последовательность пилот-символов, состоящую из
25 принятых и интерполированных пилот-символов, вычисляют циклическую корреляционную функцию сформированной последовательности пилот-символов, вычисляют модуль полученной циклической корреляционной функции последовательности пилот-символов, определяют экстремумы модуля полученной корреляционной функции последовательности пилот-символов и сравнивают их с порогом, выделяют экстремумы, превысившие
30 заданный порог и определяют расстояния между ними, а затем усредняют эти расстояния, получая таким образом величину оценки интервала корреляции в частотной области принятых ортогональных частотно-мультимплексированных символов.

4. Способ оценки величины интервала корреляции принятых ортогональных частотно-мультимплексированных символов, заключающийся в том, что запоминают W групп
35 модулированных символов, полученных после БПФ, которые содержат пилот-символы и которые передаются с заданным периодом T_1 в течение заданного времени T_2 , когда число модулированных символов данных, расположенных между пилот-символами во временной области, принимает минимальное заданное значение, $N_t = N_{t \min}$, в запомненных группах модулированных символов в начале и конце удаляют последовательности, состоящие из Z нулевых символов, формируют K последовательностей пилот-символов,
40 выделяя для каждой из K последовательностей по одному пилот-символу с одинаковым номером из каждой из W групп модулированных символов, выполняют интерполяцию с каждой из K последовательностей пилот-символов в точках модулированных символов данных, расположенных между ними, формируя таким образом K последовательностей пилот-символов, состоящих из принятых и интерполированных пилот-символов, вычисляют
45 K циклических корреляционных функций сформированных последовательностей пилот-символов, вычисляют K модулей полученных циклических корреляционных функций последовательностей пилот-символов, определяют экстремумы каждого из K модулей полученных корреляционных функций последовательностей пилот-символов и сравнивают их с порогом, для каждого из K модулей корреляционных функций выделяют экстремумы,
50 превысившие порог, и усредняют расстояния между ними, усредняют K полученных средних расстояний между экстремумами, получая таким образом среднее значение среднего расстояния между экстремумами, которое используют как оценку величины интервала корреляции принятых ортогональных частотно-мультимплексированных символов

во временной области.

5. Устройство передачи-приема данных в системе радиосвязи, содержащее передающую и принимающую станции, при этом передающая станция содержит модулятор, блок обратного быстрого преобразования Фурье, блок параллельно-последовательного преобразования, блок присоединения защитного интервала, передатчик, приемник, разветвитель и антенну, при этом вход модулятора является первым входом передающей станции, является входом последовательности двоичных символов, выход передатчика соединен с первым входом разветвителя, первый выход которого соединен с первым входом антенны, первый выход и второй вход которой являются соответственно вторым входом и выходом передающей станции, формирующей на выходе частотно-мультиплексированные символы, второй выход антенны соединен со вторым входом разветвителя, второй выход которого соединен со входом приемника; принимающая станция содержит антенну, разветвитель, приемник, передатчик, блок последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала, блок быстрого преобразования Фурье, блок оценки канала, блок параллельно-последовательного преобразования и демодулятор, при этом первый вход антенны является первым входом принимающей станции, входом частотно-мультиплексированных символов, первый выход антенны соединен с первым входом разветвителя, первый выход которого соединен со входом приемника, выход которого соединен с первым входом блока последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала, выходы которого соединены соответственно со входами блока быстрого преобразования Фурье, выходы которого соединены со входами блока оценки канала, выходы которого соединены со входами блока параллельно-последовательного преобразования, выход которого соединен со входом демодулятора, выход которого является первым выходом принимающей станции, формирующей на этом выходе последовательность двоичных данных, выход передатчика соединен со вторым входом разветвителя, второй выход которого соединен со вторым входом антенны, второй выход которой является вторым выходом принимающей станции, отличающееся тем, что на передающей станции введен блок расстановки пилот-сигналов в частотной области, первый вход которого соединен с выходом модулятора, второй вход блока расстановки пилот-сигналов в частотной области объединен с первым входом блока присоединения защитного интервала, образуя третий вход передающей станции, который является входом сигнала начальной установки, третий вход блока расстановки пилот-сигналов в частотной области соединен с выходом приемника, выходы блока расстановки пилот-сигналов в частотной области соединены со входами блока обратного преобразования Фурье, выходы которого соединены со входами блока параллельно-последовательного преобразования, выход которого соединен со вторым входом блока присоединения защитного интервала, выход которого соединен со входом передатчика; на принимающей станции введены блок оценки интервала корреляции в частотной области и блок формирования сигнала обратного канала, при этом входы блока оценки интервала корреляции в частотной области соединены с выходами блока быстрого преобразования Фурье, выход блока оценки интервала корреляции в частотной области соединен со входом блока формирования сигнала обратного канала, выход которого соединен со входом передатчика, второй вход блока последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала является вторым входом принимающей станции, входом сигнала начальной установки.

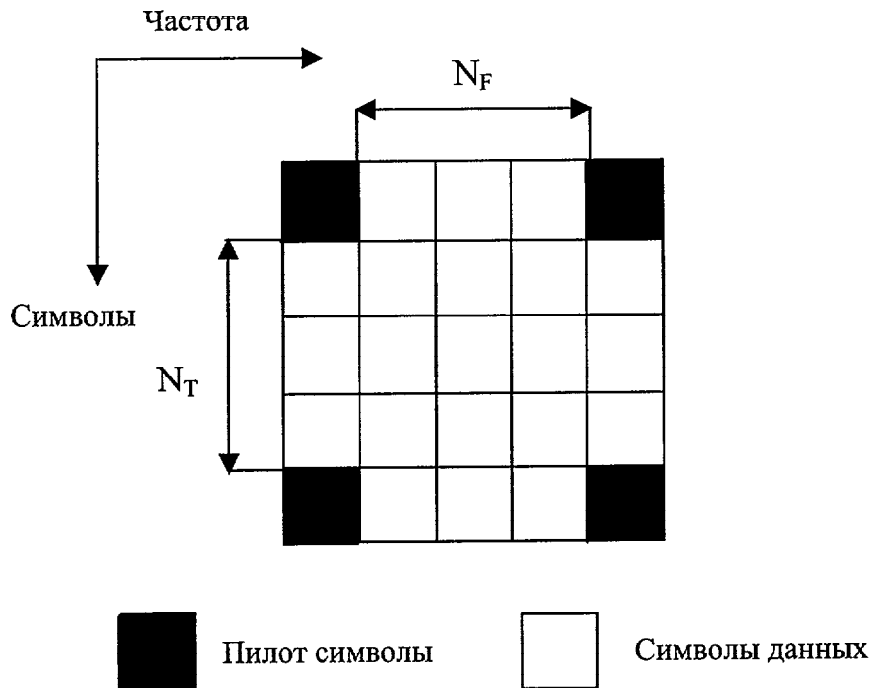
6. Устройство передачи-приема данных в системе радиосвязи, содержащее передающую и принимающую станции, при этом передающая станция содержит модулятор 4, блок обратного быстрого преобразования Фурье, блок параллельно-последовательного преобразования, блок присоединения защитного интервала, передатчик, приемник, разветвитель и антенну, при этом вход модулятора является первым входом передающей станции, является входом последовательности двоичных символов, выход передатчика соединен с первым входом разветвителя, первый выход которого соединен с первым входом антенны, первый выход и второй вход которой являются соответственно вторым

входом и выходом передающей станции, формирующей на выходе частотно-мультиплексированные символы, второй выход антенны соединен со вторым входом разветвителя, второй выход которого соединен со входом приемника; принимающая станция содержит антенну, разветвитель, приемник, передатчик, блок последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала, блок быстрого преобразования Фурье, блок оценки канала, блок параллельно-последовательного преобразования и демодулятор, при этом первый вход антенны является первым входом принимающей станции, входом частотно-мультиплексированных символов, первый выход антенны соединен с первым входом разветвителя, первый выход которого соединен со вторым входом приемника, выход которого соединен с первым входом блока последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала, выходы которого соединены соответственно со входами блока быстрого преобразования Фурье, выходы которого соединены со входами блока оценки канала, выходы которого соединены со входами блока параллельно-последовательного преобразования, выход которого соединен со входом демодулятора, выход которого является первым выходом принимающей станции, формирующей на этом выходе последовательность двоичных данных, выход передатчика соединен со вторым входом разветвителя, второй выход которого соединен со вторым входом антенны, второй выход которой является вторым выходом принимающей станции, отличающееся тем, что на передающей станции введен блок расстановки пилот-сигналов во временной области, первый вход которого соединен с выходом модулятора, второй вход блока расстановки пилот-сигналов во временной области объединен с первым входом блока присоединения защитного интервала, образуя третий вход передающей станции, который является входом сигнала начальной установки, третий вход блока расстановки пилот-сигналов во временной области соединен с выходом приемника, выходы блока расстановки пилот-сигналов во временной области соединены со входами блока обратного преобразования Фурье, выходы которого соединены со входами блока параллельно-последовательного преобразования, выход которого соединен со вторым входом блока присоединения защитного интервала, выход которого соединен со входом передатчика; на принимающей станции введены блок оценки интервала корреляции во временной области и блок формирования сигнала обратного канала, при этом входы блока оценки интервала корреляции во временной области соединены с выходами блока быстрого преобразования Фурье, выход блока оценки интервала корреляции во временной области соединен со входом блока формирования сигнала обратного канала, выход которого соединен со входом передатчика, второй вход блока последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала является вторым входом принимающей станции, входом сигнала начальной установки.

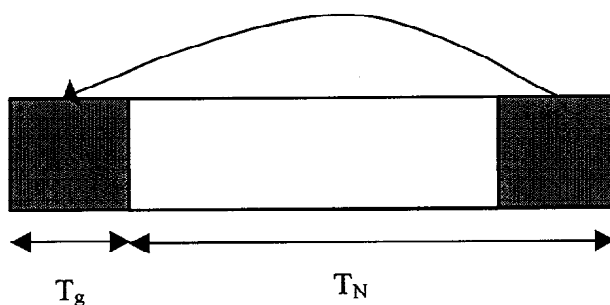
40

45

50

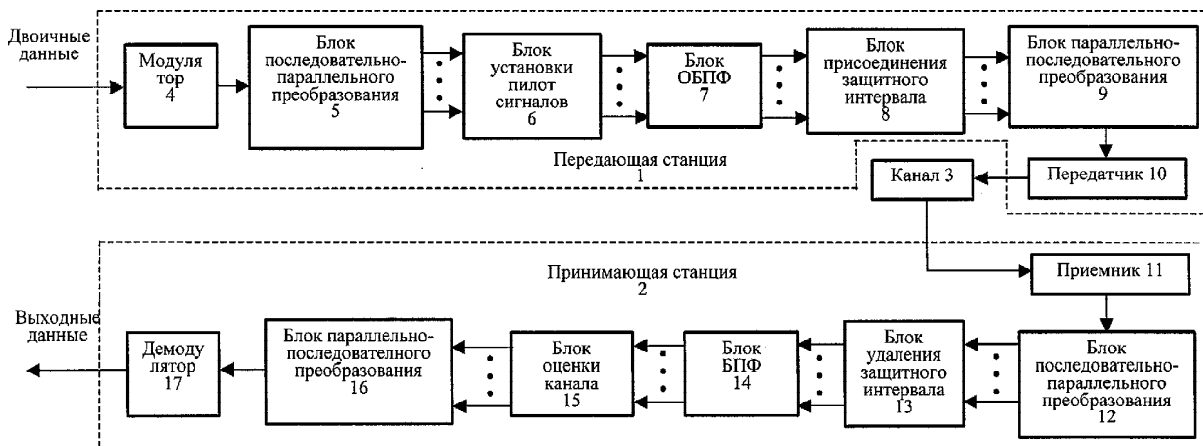


а)

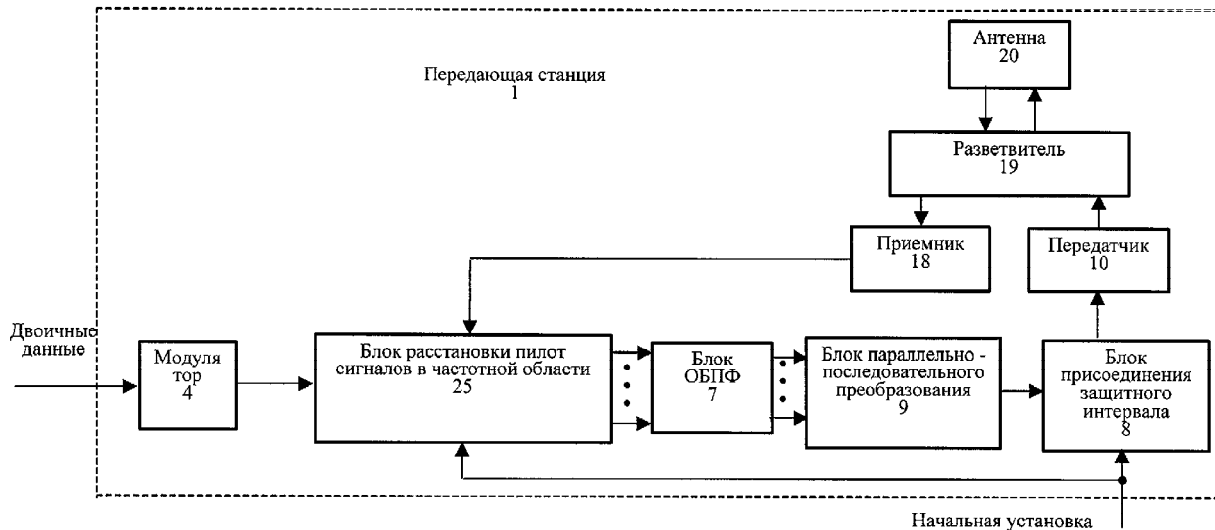


б)

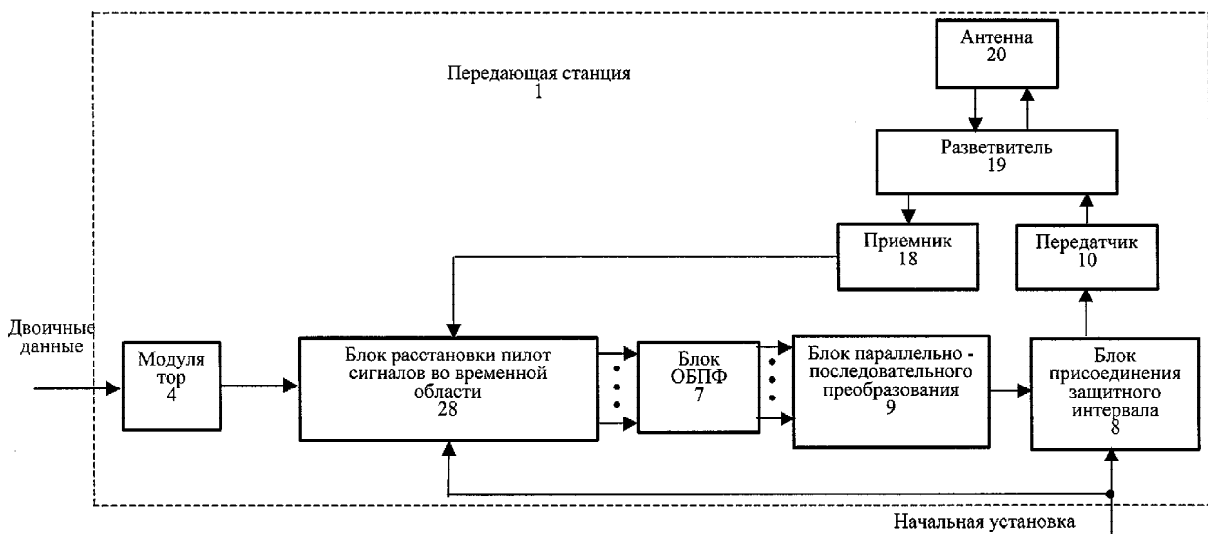
Фиг. 1



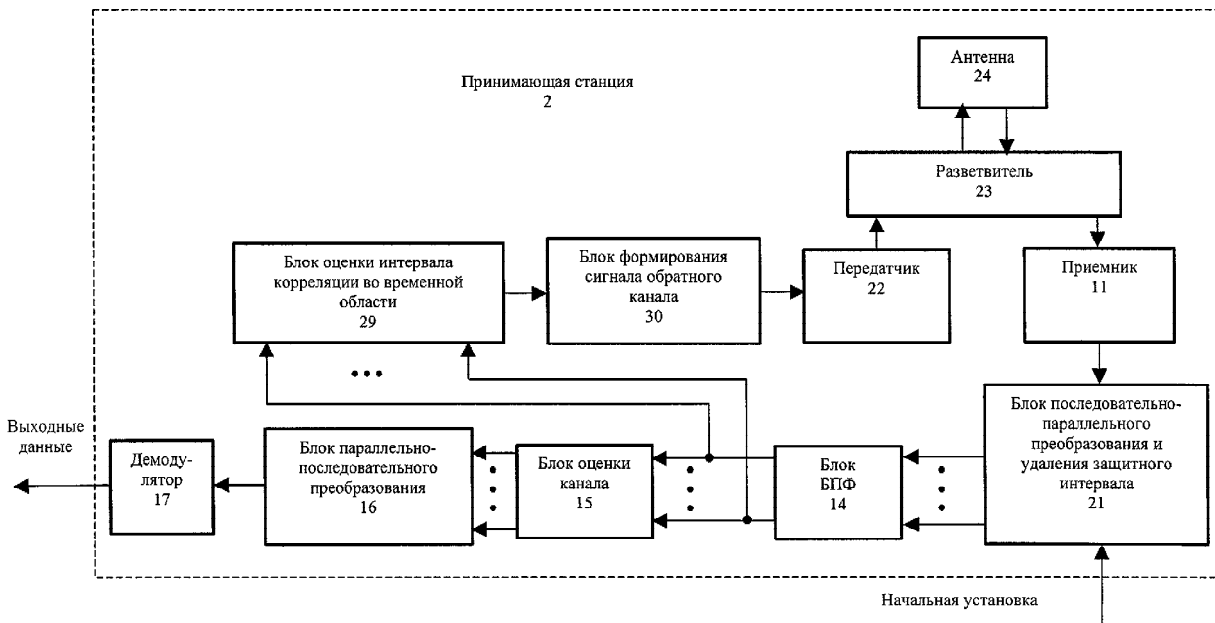
Фиг. 2



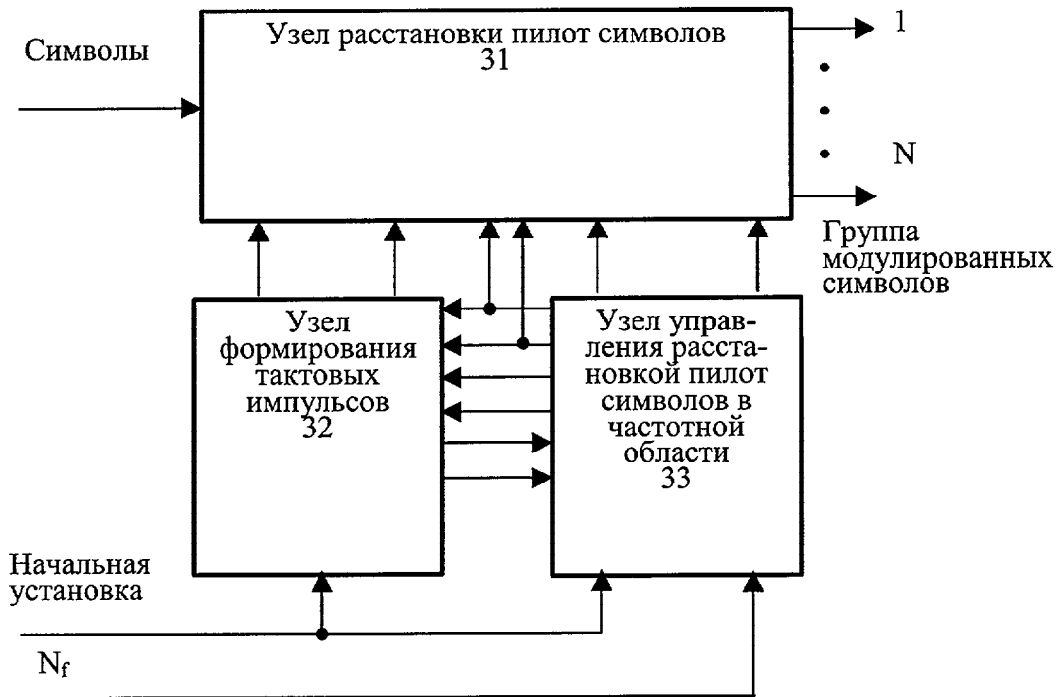
Фиг. 3



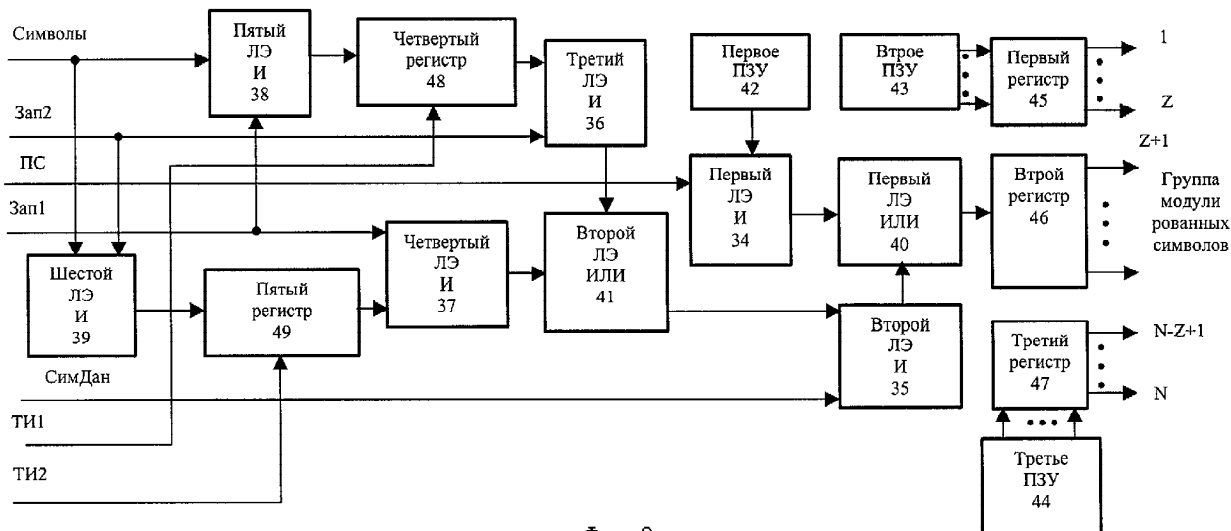
Фиг. 5



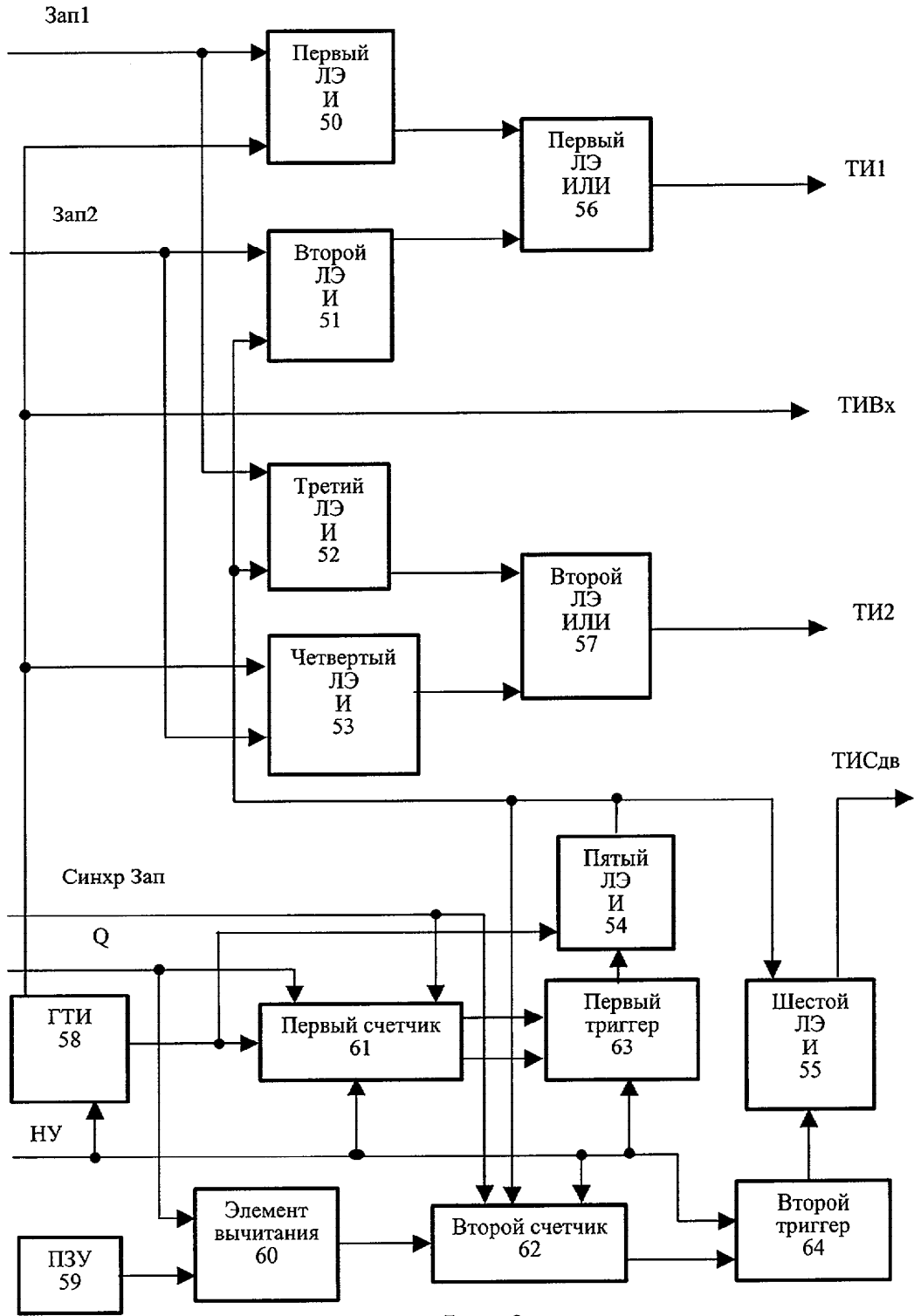
Фиг. 6



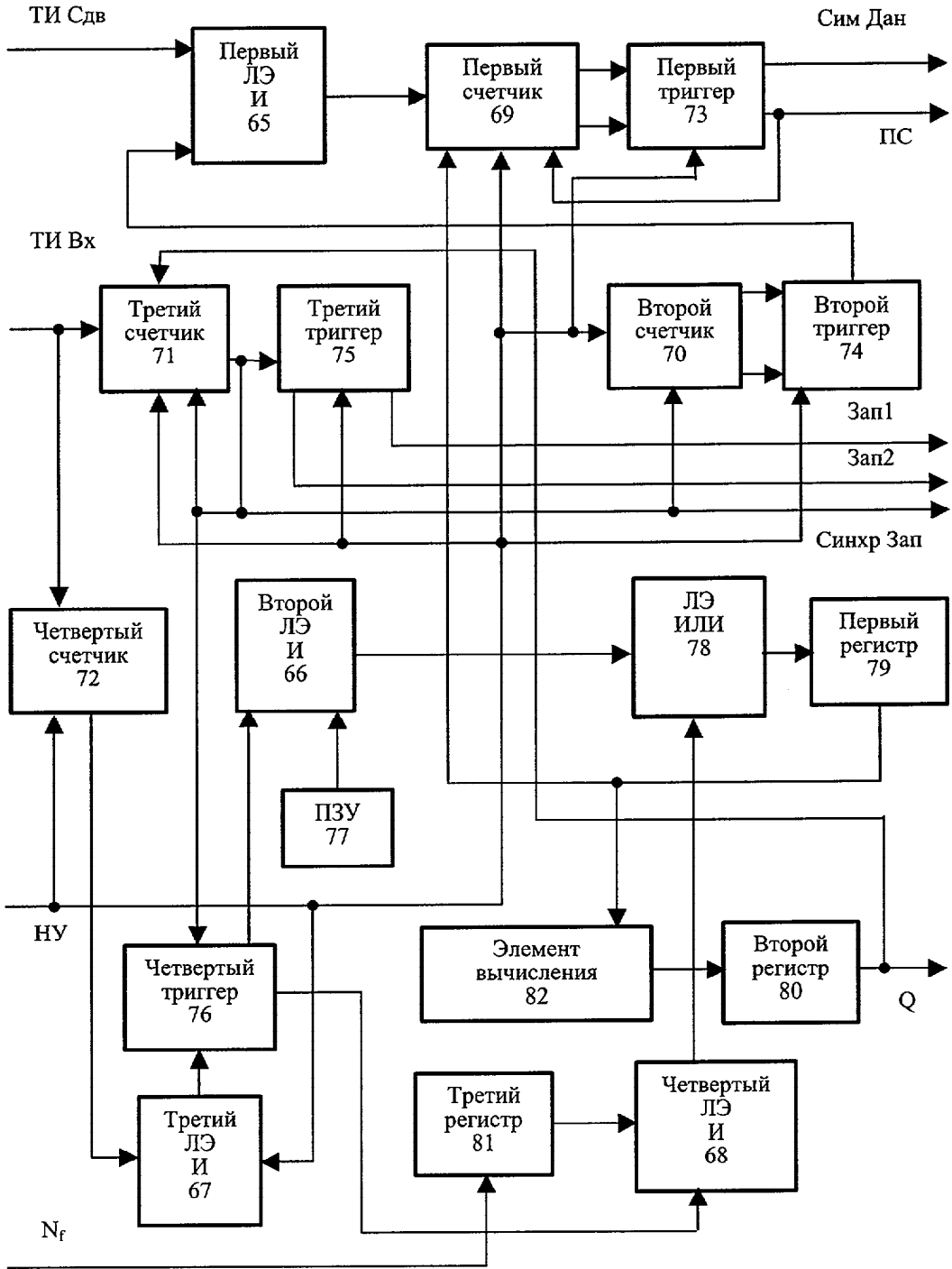
Фиг. 7



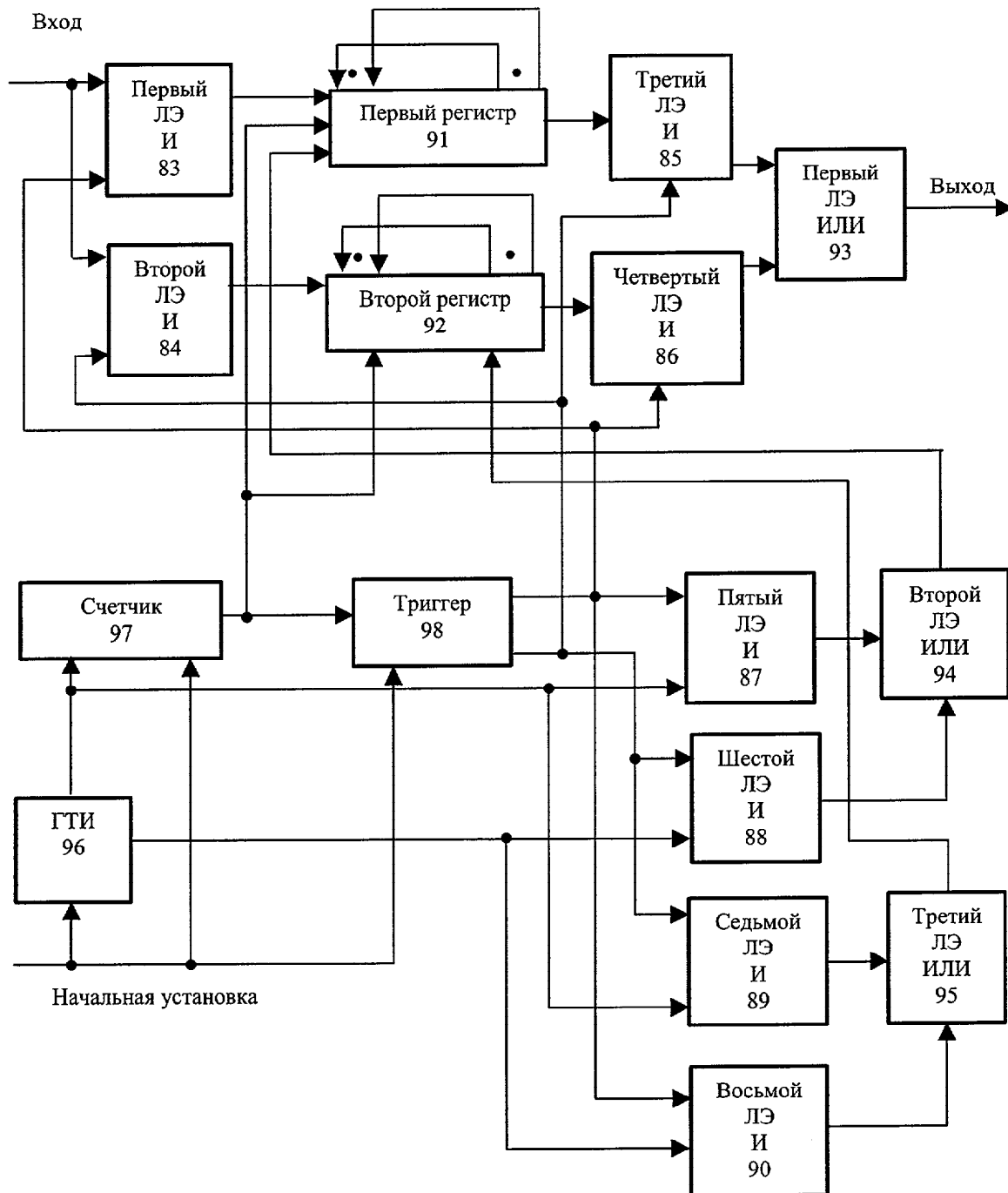
Фиг. 8



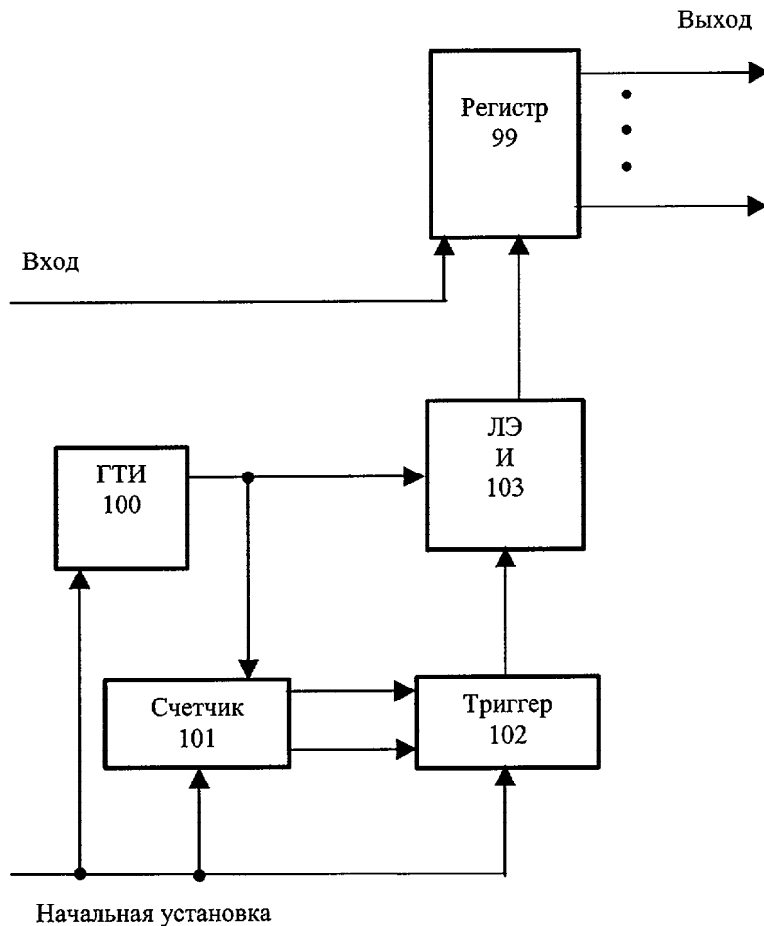
Фиг. 9



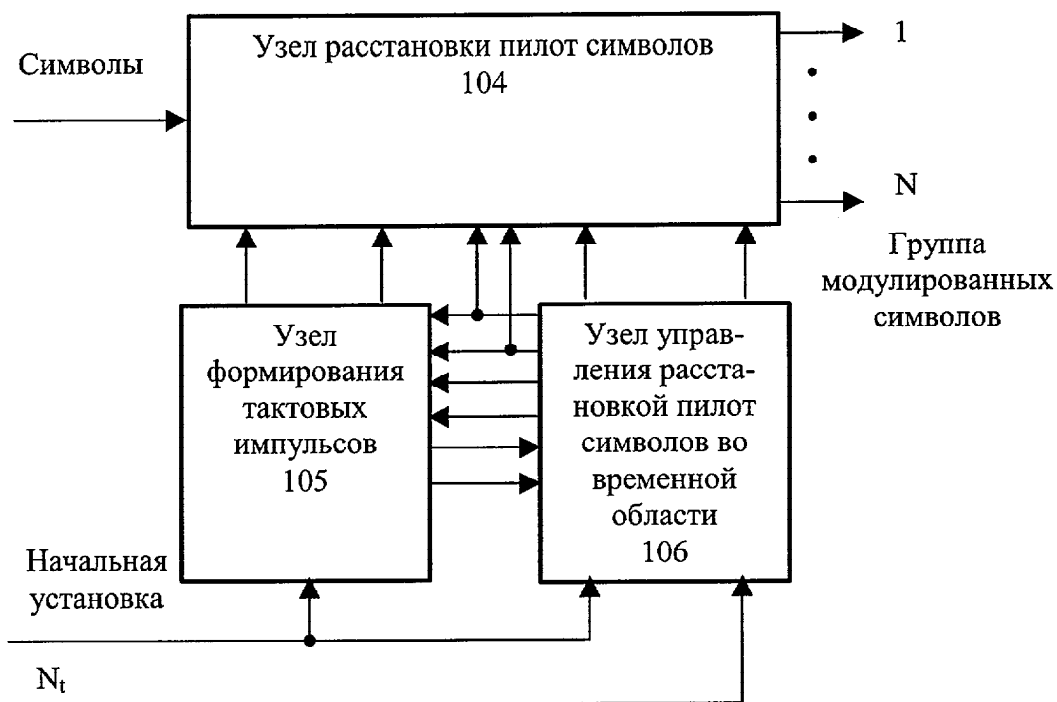
Фиг. 10



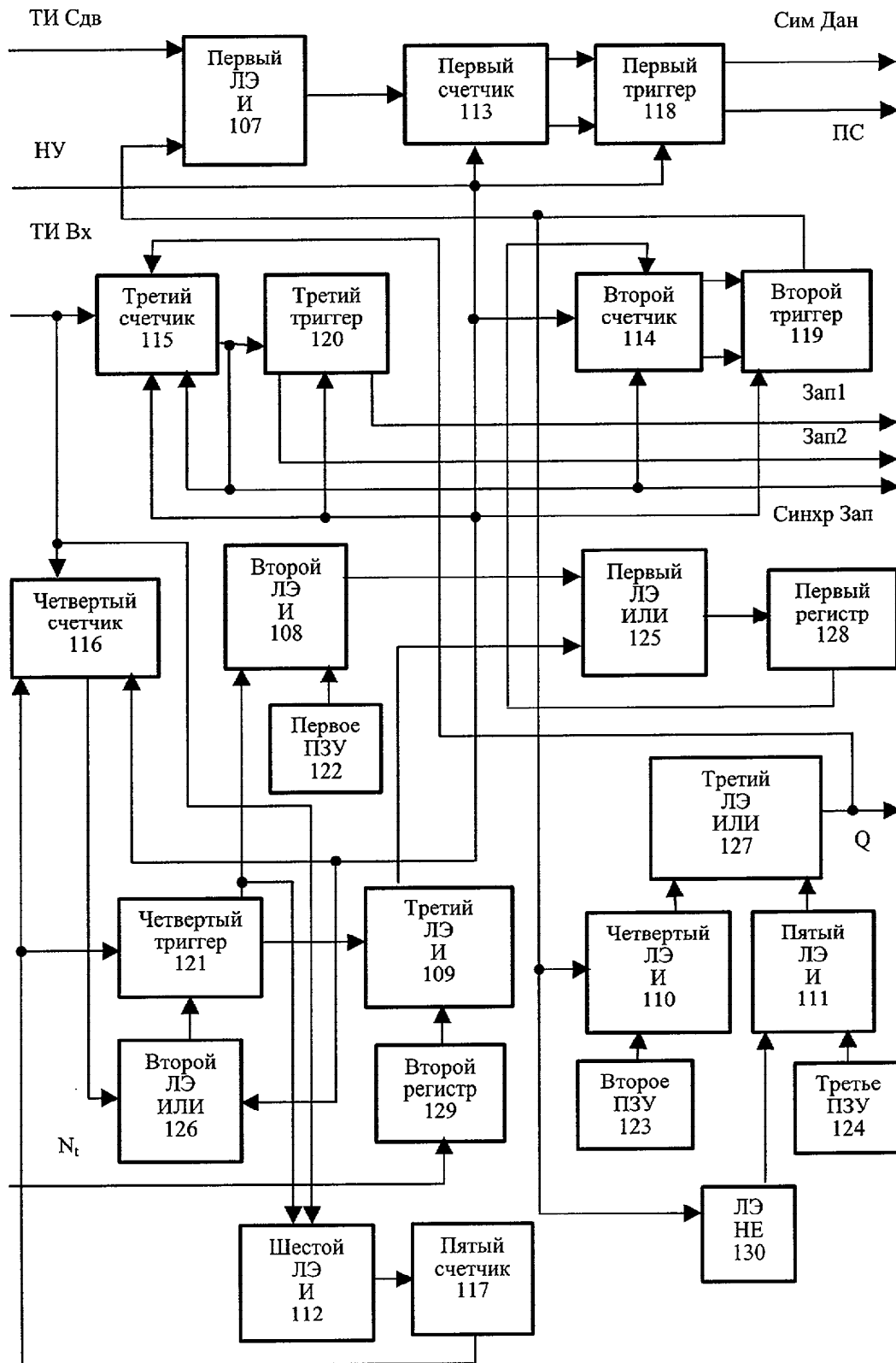
Фиг. 11



Фиг. 12



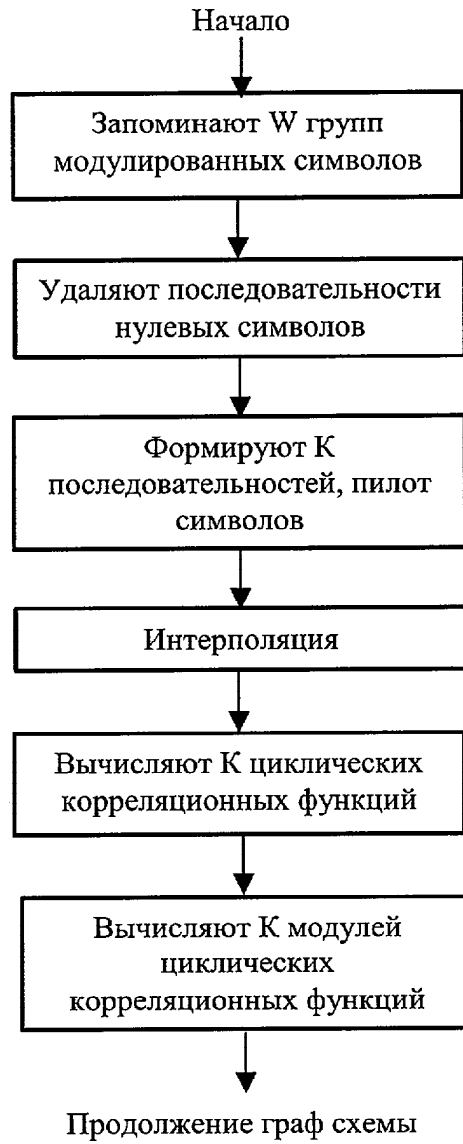
Фиг. 13



Фиг. 14

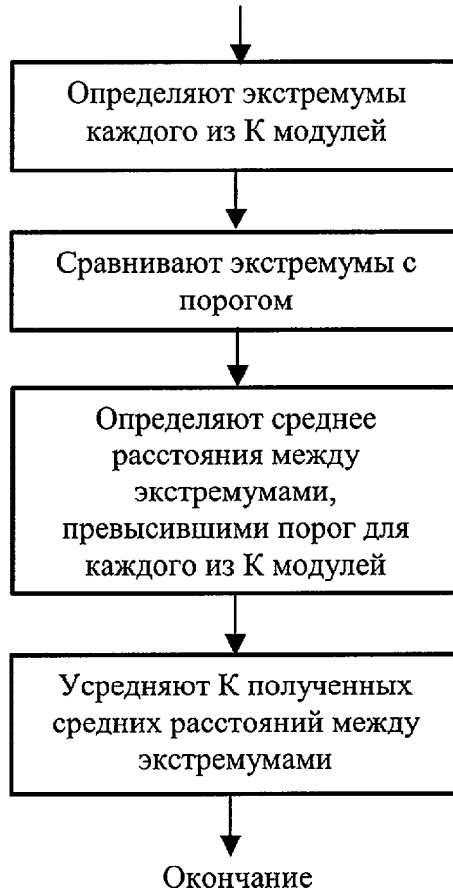


Фиг. 15

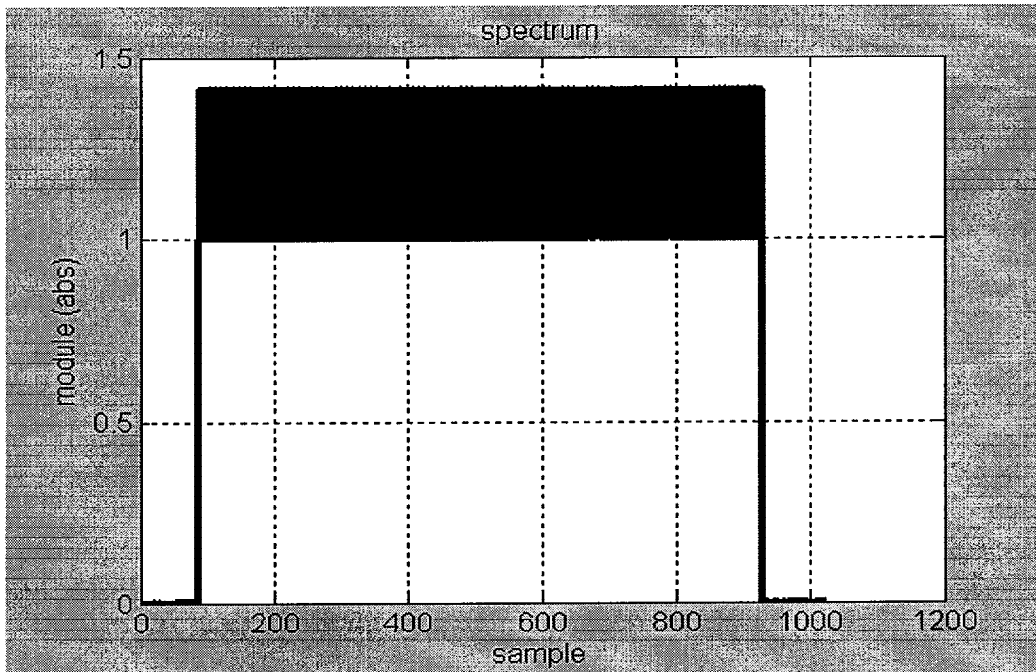


Фиг. 16 а

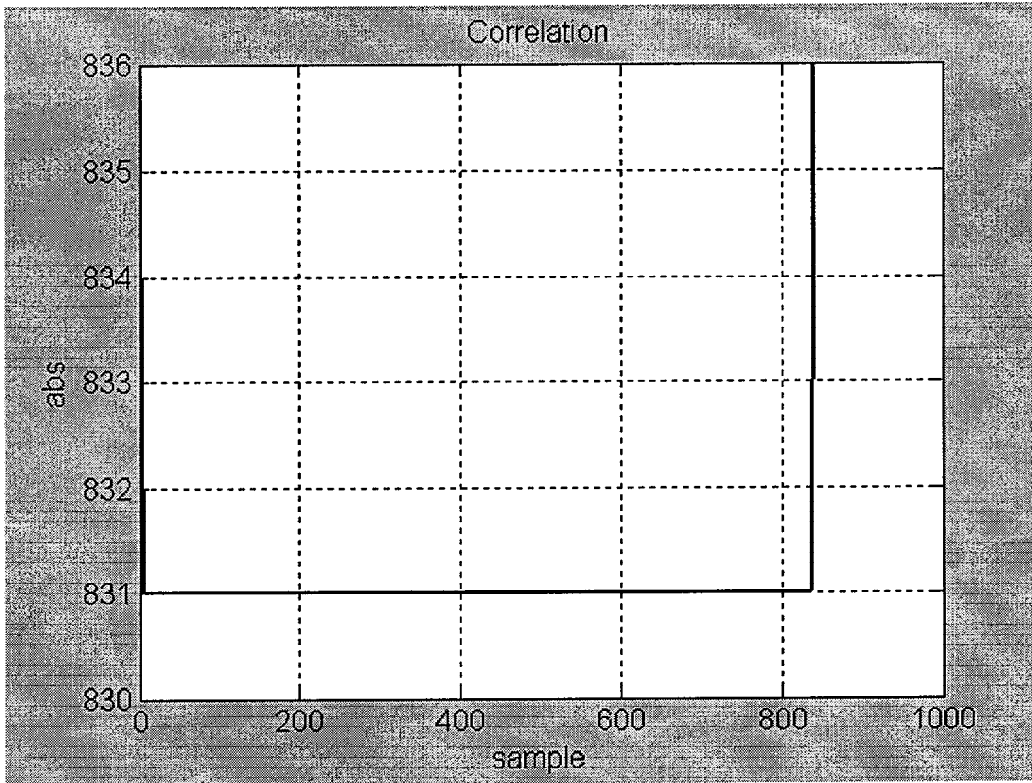
Продолжение граф-схемы



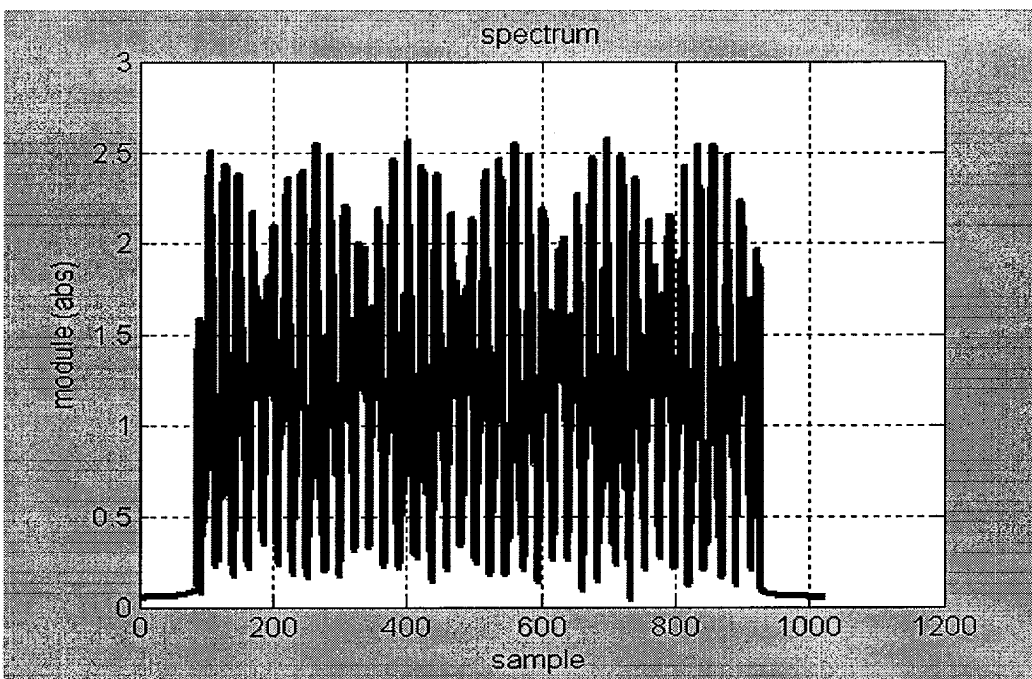
Фиг. 16 б



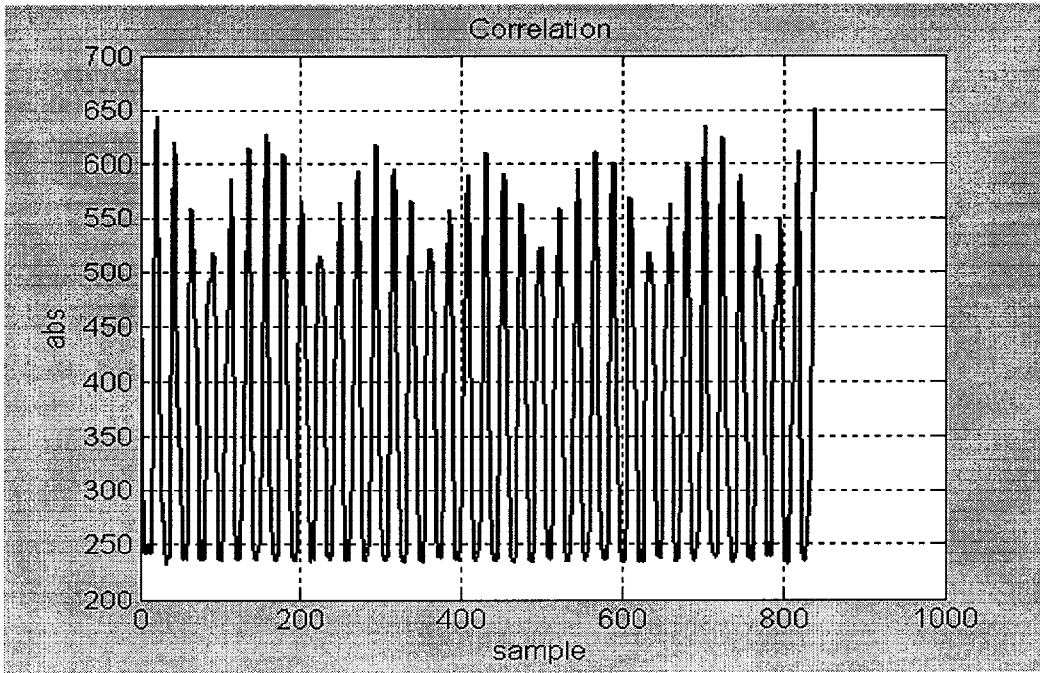
Фиг. 17



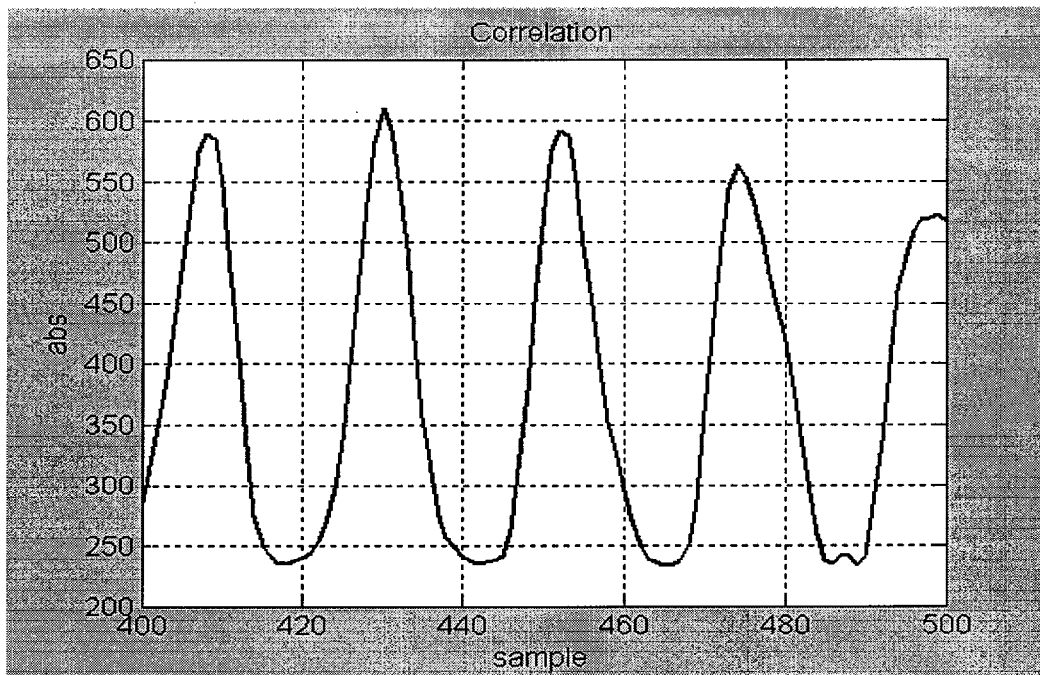
Фиг. 18



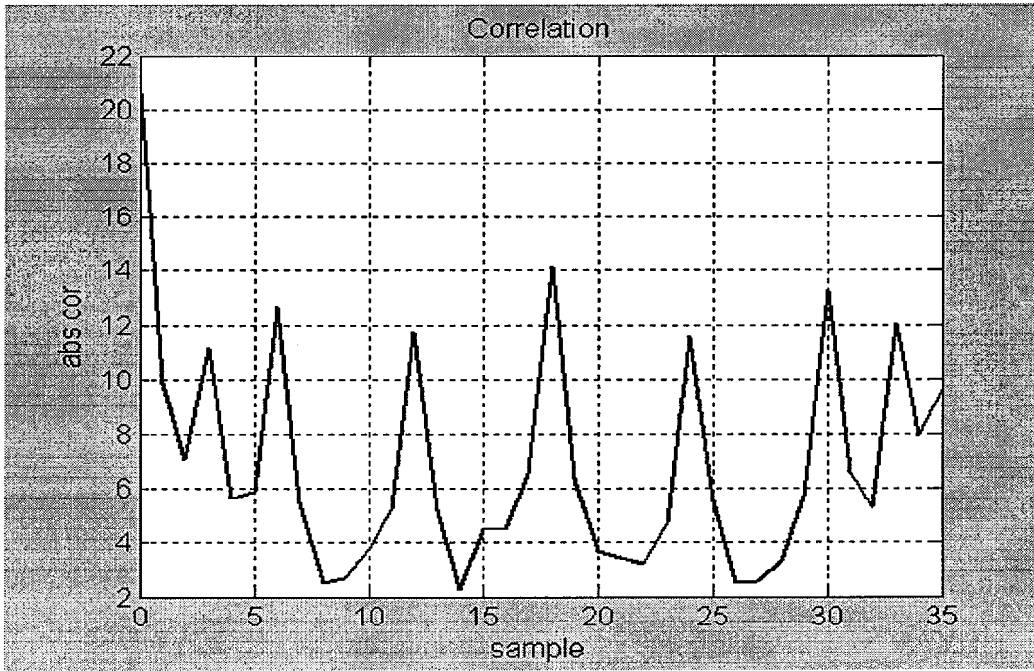
Фиг. 19



Фиг. 20



Фиг. 21



Фиг. 22