

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ С  
ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
Международное бюро



(43) Дата международной публикации:  
8 февраля 2001 (08.02.2001)

(10) Номер международной публикации:  
WO 01/09634 A2

(51) Международная классификация изобретения<sup>7</sup>:  
G01S

(21) Номер международной заявки: PCT/RU99/00202

(22) Дата международной подачи:  
17 июня 1999 (17.06.1999)

(25) Язык подачи: русский

(26) Язык публикации: русский

(71) Заявитель (для всех указанных государств, кроме RU, US): SAMSUNG ELECTRONICS COMPANY, LIMITED [KR/KR]; 416, Maetan-3 dong, Paldal-Ku, Gyungki-Do (KR).

(71) Заявитель (только для RU): ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ФИРМА КОТЛИН» [RU/RU]; 193019 Санкт-Петербург, Обводный канал, д. 14 (RU) [ZAKRYTOE AKTSIONERNOE OBSHCHESTVO «KOTLIN FIRM», St.Petersburg (RU)].

(72) Изобретатели; и

(75) Изобретатели/Заявители (только для US): РОГ Андрей Леонидович [RU/RU]; 107143 Москва, Открытое шоссе, д. 17, корп. 1, кв. 17 (RU) [ROG, Andrei Leonidovich, Moscow (RU)]. МАЛАШИН Виктор Иванович [RU/RU]; 195273 Санкт-Петербург, проспект Науки, д. 44, кв. 336 (RU) [MALASHIN, Viktor Ivanovich, St.Petersburg (RU)]. ИВАНОВ Владимир Николаевич [RU/RU]; 195297 Санкт-Петербург, Перевозный пер., д. 9, кв. 85 (RU) [IVANOV, Vladimir Nikolaevich, St.Petersburg (RU)]. ПОВЕРЕННЫЙ Денис Георгиевич [RU/

RU]; 195297 Санкт-Петербург, Суздальский пр., д. 91, кв. 3 (RU) [POVERENNY, Denis Georgievich, St.Petersburg (RU)]. СИЛИН Михаил Юрьевич [RU/RU]; 105094 Москва, Семёновская наб., д. 3/1, корп. 2, кв. 49 (RU) [SILIN, Mikhail Jurievich, Moscow (RU)]. ПИСАРЕВ Сергей Борисович [RU/RU]; 198152 Санкт-Петербург, Краснопутиловская ул., д. 12, кв. 22 (RU) [PISAREV, Sergei Borisovich, St.Petersburg (RU)]. ФЕДОТОВ Борис Дмитриевич [RU/RU]; 195213 Санкт-Петербург, Казанская ул., д. 5, кв. 6 (RU) [FEDOTOV, Boris Dmitrievich, St.Petersburg (RU)]. ШЕБШАЕВИЧ Борис Валентинович [RU/RU]; 190121 Санкт-Петербург, наб. Реки Мойки, д. 104, кв. 3 (RU) [SHEBSHAEVICH, Boris Valentinovich, St.Petersburg (RU)].

(74) Агент: РОСЛОВ Владимир Николаевич; 117485 Москва, ул. Бутлерова, д. 4, корп. 2, кв. 128 (RU) [ROSLOV, Vladimir Nikolaevich, Moscow (RU)].

(81) Указанные государства (национально): AU, CN, JP, KR, RU, US.

(84) Указанные государства (регионально): европейский патент (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Опубликована

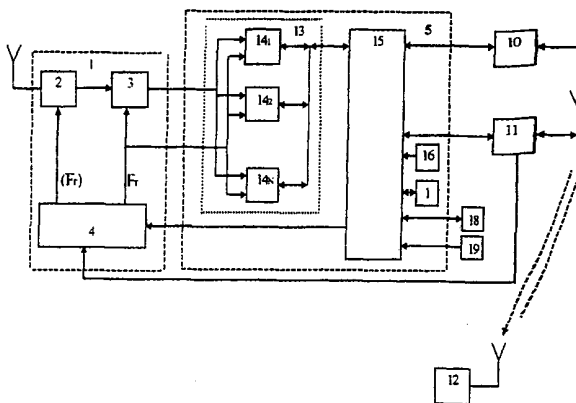
Без отчёта о международной поиске и с повторной публикацией по получении отчёта.

В отношении двухбуквенных кодов, кодов языков и других сокращений см. «Пояснения к кодам и сокращениям», публикуемые в начале каждого очередного выпуска Бюллетеня РСТ.

(54) Title: PORTABLE GPS RECEIVER FOR A PERSONAL SAFETY SYSTEM

(54) Название изобретения: ПОРТАТИВНЫЙ GPS-ПРИЁМНИК ДЛЯ СИСТЕМЫ ЛИЧНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

(57) Abstract: According to this invention, a portable GPS receiver for a personal safety system is characterized by limited dimensions, weight and energy consumption. The receiver includes an input block (1), an output block (5) consisting of a multichannel digital correlator (13) having N channels (14), a microprocessor (15), a ROM memory for storing signal processing programs (16) and a RAM memory for storing data during the operation of the device in a standard mode (17), a data input/output block (10), a transceiver block (11), a base station (12) and a ROM memory (18) as well as a RAM memory (19) intended to function during the blocking of GPS signals. Phase and quadrature correlators being part of the block (15) ensure the simultaneous correlation of GPS signals with K copies of C/A code, shifted for a half of symbol of the GPS and the coherent accumulation of the correlation results in an interval equal to the length of the C/A code period.



WO 01/09634 A2



---

(57) Реферат:

Портативный GPS-приемник для системы личной безопасности имеет малые габариты, вес и энергоемкость. Он содержит входной блок 1, выходной блок 5, состоящий из многоканального цифрового коррелятора 13, имеющего N каналов 14, микропроцессора 15, постоянного запоминающего устройства для хранения программ обработки сигналов 16 и оперативного запоминающего устройства для хранения данных при работе приемника в стандартном режиме 17, блок ввода вывода данных 10, приемопередающий блок 11, базовую станцию 12, а также постоянное запоминающее устройство 18 и оперативное запоминающее устройство 19 для работы в условиях блокировки сигналов GPS. Синфазные и квадратурные корреляторы, входящие в состав блока 15, обеспечивают одновременную корреляцию сигналов GPS с K копиями C/A кода, сдвинутыми на половину символа C/A кода GPS и когерентное накопление результатов корреляции на интервале, равном длительности эпохи C/A кода.

## Портативный GPS-приемник для системы личной безопасности

### 5 *Область техники*

Изобретение относится к области радионавигации, а конкретно - техническим средствам систем личной безопасности, с помощью которых осуществляется определение местоположения по сигналам спутниковой радионавигационной системы GPS и передача сообщений о местоположении вместе с сообщениями о чрезвычайной ситуации на базовую станцию слежения.

### *Уровень техники*

Рассматриваемые здесь системы личной безопасности являются разновидностью систем сопровождения объектов, используемых при решении задач слежения (сопровождения) или диспетчеризации. Развитие данного направления - направления, связанного с отслеживанием местоположения людей, связано с возможностями выполнения приемников сигналов GPS с такими габаритами, весом и энергопотреблением, при которых возможно конструктивное совмещение приемников GPS с личными средствами мобильной радиосвязи. При этом задача минимизации габаритов, уменьшения энергопотребления и упрощения приемников, осуществляющих определение местоположения по сигналам GPS, является одной из наиболее важных.

Известны системы сопровождения объектов, например транспортных средств (см. заявку ФРГ (DE) № 3501035, кл. G08 G 1/00, опубл.17.07.86 [1], заявку ЕПВ (EP) № 0379198, кл. G01 S 5/02, G01 S

5/14, опубл.25.07.90 [2], заявку ЕПВ (EP) № 0509775, кл. G01 S 5/14, опубл.15.04.92 [3] и патент США (US) № 5319374, кл. G01 S 1/24, G01 S 5/02, G01 S 3/02, G04 C 11/02, опубл.07.06.94 [4]), в которых  
30 отслеживаемый объект - транспортное средство - снабжается блоком для определения местоположения по сигналам GPS и аппаратурой радиосвязи с центральной станцией, где осуществляется контроль за местоположением транспорта.

Известны системы, в которых определяется местоположение транспорт  
35 портного средства по сигналам GPS и осуществляется передача данных о местоположении на станцию слежения в случае возникновения чрезвычайной ситуации (см., например, заявку ФРГ (DE) № 3839959, кл. G08 B 25/00, G08 G 1/123, B60 Q 9/00, H04 Q 7/00, опубл.12.04.90 [5], патент США (US) № 5355140, кл. G01 S 1/08, G01 S 5/02,  
40 опубл.11.10.94 [6] и заявку PCT (WO) № 93/16452, кл. G08 G 1/123, опубл.19.08.93 [7]).

В рассмотренных системах сопровождения и диспетчеризации транспортных средств [1 - 7] для определения местоположения используются стандартные приемники сигналов GPS, оснащенные дополни  
45 тельными блоками, обеспечивающими передачу данных о местоположении, а также сигналов тревоги по радиоканалу на станцию сопровождения. Как правило, в таких системах к приемникам сигналов GPS не предъявляются повышенных требований по минимизации оборудования и снижения энергопотребления, а задачи обеспечения  
50 определению местоположения в условиях частичного блокирования приема сигналов GPS решаются, например, путем комплексирования с элементами инерциальных систем.

В отличие от транспорта, в системах личной безопасности к приемникам сигналов GPS, использующихся для определения местоположения, могут предъявляться дополнительные требования. С одной стороны, это связано с преимущественным размещением приемника сигналов GPS в корпусе радиотелефона (см., например, Заявка ЕПВ (EP) № 0528090, кл. G01 S 5/00, опубл.24.02.93) [8]. Это приводит к необходимости минимизировать технические средства приемника сигналов GPS и его энергопотребление. С другой стороны, могут предъявляться требования по обеспечению возможности определения местоположения в условиях частичной блокировки сигналов GPS, например в условиях работы «под листвой», используя при этом только радиосигналы, принимаемые из эфира.

Известен приемник сигналов GPS с каналом связи для приема-передачи сообщений о чрезвычайных ситуациях (см. заявку PCT (WO) № 97/14057, кл. G01 S 5/14, G01 S 1/04, опубл.17.04.97) [9], в котором предусмотрены дополнительные средства, обеспечивающие возможность определения местоположения по сигналам GPS в условиях их частичной блокировки. Приемник, описанный в [9], принят в качестве прототипа. Обобщенная структурная схема приемника, принятого в качестве прототипа, представлена на фиг.1.

Приемник-прототип, см. фиг.1, содержит входной блок 1 традиционного приемника сигналов GPS, включающий последовательно соединенные радиочастотный преобразователь сигналов 2, вход которого является входом блока 1, и блок 3 аналого-цифрового преобразования сигналов, выход которого является выходом блока 1, а также формирователь 4 сигналов тактовой и гетеродинных частот, управ-

ляющий и опорный входы которого являются соответственно управ-  
ляющим и опорными входами блока 1, при этом гетеродинный вход  
80 радиочастотного преобразователя 2 и тактовый вход блока 3 подклю-  
чены соответственно к гетеродинному и тактовому выходам форми-  
рователя 4. Формирователь 4 снабжен средствами для формирования  
сигналов тактовой и гетеродинных частот, например, синтезаторами  
85 частот, входы начальной установки которых образуют управляющий  
вход формирователя 4. Синтезаторы частот работают от опорного ге-  
нератора, входящего в состав формирователя 4. В случае, когда в  
приемнике предусматривается подстройка частоты опорного генера-  
тора внешним высокостабильным сигналом, опорный генератор  
90 снабжается соответствующим блоком подстройки, например блоком  
ФАПЧ, опорный вход которого образует вход синхронизации (опор-  
ный вход) формирователя 4.

Приемник-прототип содержит также выходной блок 5 традиционного  
приемника сигналов GPS, сигнальный вход которого через переключе-  
95 чатель 6 подключен к выходу блока 3, а тактовый вход подключен к  
тактовому выходу формирователя 4.

К второму выходу переключателя 6 подключены последовательно со-  
единенные блок памяти 7 для хранения отсчетов значений сигналов,  
формируемых блоком 3, и сигнальный процессор 8. Тактовый вход  
100 блока памяти 7 соединен с тактовым выходом формирователя 4.

Управляющий вход формирователя 4, управляющий вход переключате-  
ля 6, а также входы-выходы данных сигнального процессора 8 и  
блока 5 связаны соответствующими шинами передачи данных с ре-  
шающим блоком 9, в состав которого входит микропроцессор для

105 обработки данных, контроллер и блок памяти для хранения программ и данных.

Решающий блок 9 связан с блоком 10 ввода-вывода данных и с приемо-передающим блоком 11, осуществляющим прием и передачу сигналов и данных по каналу связи, связывающему приемник с базовой станцией 12. В том случае, когда в формирователе 4 используется подстройка (синхронизация) опорного генератора внешним сигналом, выход опорного сигнала (сигнала синхронизации) приемо-передающего блока 11 соединяется с соответствующим входом формирователя 4 (на фиг.1 эта связь показана пунктиром).

115 Блок 10 ввода-вывода данных может быть реализован, например, в виде соответствующего контроллера, клавиатуры, дисплея и снабжен интерфейсным соединителем.

Приемо-передающий блок 11 реализован в виде модема и приемопередатчика, осуществляющего по радиоканалу связь приемника с базовой станцией 12.

Базовая станция 12 снабжена средствами для приема сигналов тревоги и данных о местоположении приемника, а также средствами для собственного формирования эфемеридных данных, грубой координатной информация о местоположении приемника, данных доплеровского сдвига и средствами для передачи этих данных по радиоканалу в блок 11. Кроме этого базовая станция 12 может быть снабжена средствами для осуществления передачи опорного (синхронизирующего) сигнала для указанной подстройки частоты опорного генератора приемника.

130 Работа приемника-прототипа осуществляется следующим образом. Сигналы GPS с выхода приемной антенны поступают на вход радиочастотного преобразователя 2 входного блока 1, где осуществляется преобразование сигналов с понижением частоты. При этом используются смесители, входящие в состав преобразователя 2, работающие  
135 по гетеродинным сигналам ( $F_T$ ), поступающим с соответствующих выходов формирователя 4.

Формирователь 4 синтезирует сигналы тактовой ( $F_T$ ) и гетеродинных ( $F_I$ ) частот, используя для этого сигнал опорной частоты, формируемый опорным генератором, входящим в состав формирователя 4. Начальная установка значений формируемых синтезаторами частот  
140 осуществляется путем подачи на управляющие входы синтезаторов соответствующих установочных кодов, формируемых блоком 9.

С выхода радиочастотного преобразователя 2 сигналы поступают на вход блока 3 аналого-цифрового преобразования сигнала, где преобразуются в цифровой вид. Частота дискретизации по времени при аналого-цифровом преобразовании определяется тактовым сигналом  
145 ( $F_I$ ), поступающим с тактового выхода формирователя 4. Выходные сигналы блока 3 образуют выходные сигналы входного блока 1.

С выхода входного блока 1 сигналы поступают на вход переключателя 6, переключение которого осуществляется управляющим сигналом,  
150 формируемым блоком 9.

В обычном режиме, т.е. в при отсутствии блокировки сигналов GPS, переключатель 6 осуществляет соединение блока 1 с блоком 5, который осуществляет традиционную корреляционную обработку принятых сигналов GPS, в том числе поиск сигналов по частоте и задержке,  
155



слежение за кодом, частотой и фазой несущей сигналов, извлечение и декодирование служебной информации об эфемеридах, извлечение навигационной информации (определение радионавигационного параметра - РНП). В частности, при этом осуществляется определение  
160 временного положения пиков корреляционных функций псевдошумовых сигналов видимых спутников, используемое в блоке 5 в расчетах местоположения. Корреляционная обработка в блоке 5 осуществляется с тактовой частотой, определяемой тактовым сигналом ( $F_T$ ), поступающим с тактового выхода формирователя 4.

165 Данные о местоположении поступают через контроллер решающего блока 9 в блок 10 ввода-вывода данных, где, например, отображаются на дисплее.

Данные о местоположении поступают также в приемо-передающий блок 11, который в сеансе связи с базовой станцией передает на базовую станцию 12 данные о местоположении и, в случае возникновения  
170 чрезвычайной ситуации, сообщение о чрезвычайной ситуации - сигнал тревоги, который формируется средствами блока 10 и контроллера блока 11.

На базовой станции 12 осуществляется независимое от работы приемника формирование эфемеридных данных, грубой координатной информации о местоположении приемника и данных доплеровского сдвига, которые по каналу связи в сеансах связи передаются в приемо-передающий блок 11 приемника. Эти данные используются при  
175 работе приемника в неблагоприятных условиях приема при плохом  
180 соотношении сигнал/шум (т.е. в условиях блокировки сигналов GPS).

В указанных неблагоприятных условиях приема (в условиях блокировки сигналов GPS) переключатель 6 подключает выход блока 1 к входу блока памяти 7, осуществляющему запоминание (хранение) отсчетов значений сигналов, формируемых блоком 3.

185 Переключение переключателя 6 осуществляется по сигналу, формируемому блоком 9, например, по результатам неудачного поиска сигналов в блоке 5 или по сигналу оператора, поступающему с блока 10. Блок 7 осуществляет предварительное запоминание всех отсчетов значений сигналов, формируемых блоком 3, на интервале до 1 секунды, т.е.  $(2 \div 4) \cdot 10^6$  отсчетов. Запоминаемые отсчеты значений сигналов поступают в блок 7 с тактовой частотой, определяемой тактовым сигналом ( $F_T$ ), поступающим с тактового выхода формирователя 4, т.е. с частотой  $(2 \div 4)$  МГц.

Поступившие в блок памяти 7 отсчеты многократно используются  
195 сигнальным процессором 8, который чисто программными средствами осуществляет корреляционную обработку принимаемых сигналов GPS и определяет временное положение максимума корреляционной функции для сигнала каждого спутника, т.е. его псевдодальность. Измеренные псевдодальности поступают в процессор блока 9, где  
200 осуществляется определение местоположения. При этом, для осуществления корреляционной обработки и определения местоположения в указанных неблагоприятных условиях приема используются эфемеридные данные, грубая информацию о местоположении (с точностью до  $\pm 150$  км) и доплеровские сдвиги несущих частот спутников, полученные блоком 9 по каналу связи от базовой станции 12. Кроме того,  
205 с помощью синхросигнала, передаваемого базовой станцией 12, или

осуществляется подстройка частоты опорного генератора формирователя 4 (о чем говорилось выше), или измеряется уход частоты опорного генератора от номинального значения.

210 Данные о местоположении, определенные в блоке 9, поступают в блок 10 для индикации, а также в блок 11 для передачи на базовую станцию 12, осуществляющую слежение за приемником. Вместе с данными о местоположении на базовую станцию, при необходимости, передаются сообщения о чрезвычайных ситуациях - сигналы  
215 тревоги, которые формируются средствами блока 10 и передаются по каналу связи на базовую станцию 12 с помощью блока 11.

Таким образом приемник-прототип обеспечивает возможность местоопределения и передачи сигналов тревоги с данными о местоположении как в обычных условиях приема сигналов GPS, так и в усло-  
220 виях их блокировки, что определяет возможность его использования в системах личной безопасности.

Реализация указанных функций в приемнике-прототипе осуществляется за счет существенного его усложнения по сравнению с традиционными приемниками сигналов GPS. Так, кроме обычных блоков 1 и  
225 5, используемых в традиционных приемниках сигналов GPS, в приемнике-прототипе дополнительно используется решающий блок 9 и сигнальный процессор 8, реализуемые на базе быстродействующей микро ЭВМ, а также блок памяти 7, реализуемый на базе быстродействующего ОЗУ большой емкости для хранения отсчетов, которое,  
230 как правило, отличается большим энергопотреблением и стоимостью. Все это увеличивает габариты, вес, энергопотребление и стоимость приемника.

*Сущность изобретения*

Задачей, на решение которой направлено заявляемое изобретение, является создание приемника сигналов GPS для системы личной безопасности, который, по сравнению с прототипом, отличается простотой реализации, имеет меньшее энергопотребление, меньшие габариты и вес, меньшую стоимость, при этом реализуются все функции приемника-прототипа и примерно те же характеристики по определению местоположения в неблагоприятных условиях приема сигналов GPS.

Сущность изобретения заключается в том, что в приемнике сигналов GPS для системы личной безопасности, содержащем последовательно соединенные входной и выходной блоки традиционного приемника сигналов GPS, блок ввода-вывода данных и приемо-передающий блок, предназначенный для приема и передачи сигналов и данных по каналу связи, связывающему приемник с базовой станцией, выход опорного сигнала которого связан с опорным входом входного блока, тактовый вход выходного блока связан при этом с тактовым выходом входного блока, входной блок содержит последовательно соединенные радиочастотный преобразователь, сигнальный вход которого является сигнальным входом входного блока, и блок аналого-цифрового преобразования сигналов, выход которого является сигнальным выходом входного блока, а также формирователь сигналов тактовой и гетеродинных частот, опорный вход которого является опорным входом входного блока, гетеродинный выход формирователя сигналов тактовой и гетеродинных частот подключен к гетеродинному входу радиочастотного преобразователя сигналов, а тактовый

выход, являющийся тактовым выходом входного блока, подключен к  
260 тактовому входу блока аналого-цифрового преобразования сигналов,  
в качестве выходного блока традиционного приемника сигналов GPS  
используется блок, содержащий многоканальный цифровой корреля-  
тор с  $N = 8 \div 12$  каналами параллельной обработки, связанный с мик-  
ропроцессором, оснащенный постоянным запоминающим устройст-  
265 вом для хранения программ обработки сигналов и оперативным за-  
поминающим устройством для хранения данных при работе в стан-  
дартном режиме без блокировки сигналов GPS, при этом микропро-  
цессор выходного блока связан шинами обмена данными с формиро-  
вателем сигналов тактовой и гетеродинных частот входного блока, с  
270 блоком ввода-вывода данных, с приемо-передающим блоком и до-  
полнительно введенными постоянным запоминающим устройством  
для хранения программ обработки сигналов и оперативным запоми-  
нающим устройством для хранения данных и отсчетов многоканаль-  
ного цифрового коррелятора при работе в условиях блокировки сиг-  
275 налов GPS, а каждый из  $N$  каналов многоканального цифрового кор-  
релятора оснащен  $K$  синфазными и  $K$  квадратурными корреляторами,  
где  $K = 20 \div 40$ , связанными с соответствующими накопителями,  
обеспечивающими возможность одновременной корреляции сигнала  
GPS с  $K$  копиями C/A кода, сдвинутыми на половину символа  
280 C/A кода GPS, и когерентное накопление результатов корреляции на  
интервале, равном длительности эпохи C/A кода.

В частном случае выполнения приемника каждый из каналов много-  
канального цифрового коррелятора содержит цифровой управляемый  
генератор несущей, регистр управления, цифровой управляемый ге-

285 генератор кода, генератор опорного C/A кода GPS, программируемую  
линию задержки, первый и второй цифровые смесители соответст-  
венно синфазного и квадратурного каналов обработки, первую и вто-  
рую группы из K синфазных и квадратурных корреляторов, первые  
входы которых подключены к выходам соответствующих цифровых  
290 смесителей, вторые входы подключены к соответствующим выходам  
программируемой линии задержки, а выходы соединены с сигналь-  
ными входами соответствующих накопителей, а также блок обмена  
данными, связывающий выходы накопителей, управляющий вход  
цифрового управляемого генератора несущей, управляющий вход ре-  
295 гистра управления, управляющий вход цифрового управляемого ге-  
нератора кода и первый вход генератора опорного C/A кода с микро-  
процессором выходного блока, при этом соединенные между собой  
сигнальные входы цифровых смесителей образуют сигнальный вход  
канала, соединенные между собой тактовые входы цифрового управ-  
300 ляемого генератора несущей, цифрового управляемого генератора  
кода, программируемой линии задержки и накопителей образуют  
тактовый вход канала. вторые входы первого и второго цифровых  
смесителей подключены соответственно к первому и второму выхо-  
дам цифрового управляемого генератора несущей, сигнальный и  
305 управляющий входы программируемой линии задержки подключены  
соответственно к выходу генератора опорного C/A кода GPS и к пер-  
вому выходу регистра управления, второй выход регистра управления  
подключен к второму входу генератора опорного C/A кода GPS, а  
третий вход генератора опорного C/A кода GPS подключен к выходу  
310 цифрового управляемого генератора кода, при этом в многоканаль-

ном цифровом корреляторе соединенные между собой сигнальные входы каналов и соединенные между собой тактовые входы каналов образуют соответственно сигнальный и тактовый входы многоканального цифрового коррелятора.

315 *Описание фигур чертежей*

Сущность заявляемого изобретения, возможность его осуществления и промышленного применения поясняются чертежами, представленными на фиг.1 - 6.

на фиг.1 представлена обобщенная структурная схема приемника-прототипа;

на фиг.2 представлена обобщенная структурная схема заявляемого приемника;

на фиг.3 представлена структурная одного канала многоканального цифрового коррелятора в рассматриваемом варианте реализации;

на фиг.4 представлена блок-схема алгоритма обработки сигналов, используемого в заявляемом приемнике при работе в обычном режиме в отсутствие блокировки сигналов GPS;

на фиг.5 представлена блок-схема алгоритма обработки сигналов, используемого в заявляемом приемнике в условиях блокировки сигналов GPS, возникшей в процессе работы приемника;

на фиг.6 представлена блок-схема алгоритма обработки сигналов, используемого в заявляемом приемнике при начале работы в условиях блокировки сигналов GPS.

*Предпочтительный вариант реализации изобретения*

Заявляемый приемник содержит (см. фиг.2-3) входной блок 1 традиционного приемника сигналов GPS, включающий последовательно соединенные радиочастотный преобразователь сигналов 2, сигналь-  
340 ный вход которого является сигнальным входом блока 1, и блок 3 аналого-цифрового преобразования сигналов, выход которого является сигнальным выходом блока 1, а также формирователь 4 сигналов тактовой и гетеродинных частот, опорный вход которого является  
345 опорным входом блока 1, при этом гетеродинный вход радиочастотного преобразователя 2 и тактовый вход блока 3 подключены соответственно к гетеродинному и тактовому выходам формирователя 4. Формирователь 4 снабжен средствами для формирования сигналов тактовой и гетеродинных частот, например, синтезаторами частот.  
350 Синтезаторы частот работают от опорного генератора, входящего в состав формирователя 4. Опорный генератор, применяемый в формирователе 4, снабжен, например, блоком фазовой автоподстройки (ФАП), с помощью которого определятся сдвиг его частоты по отношению к частоте внешнего высокостабильного опорного сигнала.  
355 Этот сдвиг характеризует отклонение частоты опорного генератора от номинального значения. При наличии указанного блока ФАП опорный генератор может быть выполнен в виде простого некомпенсированного кристалла. Опорный вход блока ФАП образует опорный вход формирователя 4, выход блока ФАПЧ, на котором формируются  
360 данные об отклонении частоты опорного генератора от номинального значения, и входы начальной установки синтезаторов образуют вход-выход данных формирователя 4. Альтернативным является ва-



риант, при котором с помощью блока ФАПЧ осуществляется под-  
строка (синхронизация) частоты опорного генератора приемника в  
365 соответствии с внешним высокостабильным опорным сигналом. В  
этом случае данные об отклонении частоты опорного генератора в  
формирователе 4 не формируются, а в рассмотренных ниже алгорит-  
мах работы отклонение частоты опорного генератора от номинально-  
го значения принимается нулевым.

370 Заявляемый приемник также содержит выходной блок 5 традицион-  
ного приемника сигналов GPS, сигнальный и тактовый входы которо-  
го подключены к сигнальному и тактовому выходу блока 3, а также  
связанные с блоком 5 блок 10 ввода-вывода данных и приемо-  
передающий блок 11, предназначенный для приема и передачи сиг-  
375 налов и данных по каналу связи, связывающему приемник с базовой  
станцией 12, при этом выход опорного сигнала приемо-передающего  
блока 11 связан с опорным входом входного блока 1, т.е. с опорным  
входом формирователя 4.

Блок 10 ввода-вывода данных реализован, например, в виде соответ-  
380 ствующего контроллера, клавиатуры, дисплея и снабжен интерфейс-  
ным соединителем.

Приемо-передающий блок 11 реализован в виде модема и приемопе-  
редатчика, осуществляющего по радиоканалу связь приемника с ба-  
зовой станцией 12.

385 Базовая станция 12 снабжена средствами для приема сообщений о  
чрезвычайных ситуациях (сигналов тревоги) и данных о местополо-  
жении приемника, а также средствами для собственного формирова-  
ния эфемеридных данных, грубой координатной информация о ме-

390 стоположении приемника, данных доплеровского сдвига несущих частот спутников GPS и средствами для передачи этих данных по радиоканалу в блок 11 на высокостабильной несущей частоте.

В качестве средств для приема и передачи указанных сигналов и данных по радиоканалу на базовой станции 12 могут использоваться, например, соответствующие приемо-передающие средства базовой 395 станции сотовой телефонной сети. В этом случае в качестве приемо-передающего блока 11 заявляемого приемника может использоваться соответствующий приемо-передающий блок радиотелефона, а сам приемник может быть конструктивно размещен в корпусе этого радиотелефона.

400 В заявляемом приемнике в качестве выходного блока 5 традиционного приемника сигналов GPS используется блок, содержащий многоканальный цифровой коррелятор 13, содержащий N каналов 14 ( $14_1, 14_2, \dots, 14_N$ ), где  $N = 8 \div 12$ , предназначенных для параллельной обработки сигналов  $N = 8 \div 12$  спутников GPS. Сигнальные и тактовые 405 входы каналов 14 образуют сигнальный и тактовый вход коррелятора 13. В блоке 5 коррелятор 13 связан с микропроцессором 15, оснащенным постоянным запоминающим устройством (ПЗУ) 16 для хранения программ обработки сигналов и оперативным запоминающим устройством (ОЗУ) 17 для хранения данных при работе приемника в 410 стандартном режиме - при отсутствии блокировки сигналов GPS. Отсутствие блокировки характеризуется отношением мощности сигнала к спектральной плотности шума, превышающем пороговое значение  $34 \div 37$  дБ•Гц.

Микропроцессор 15 выходного блока 5 связан шинами обмена дан-  
415 ными с входом-выходом данных формирователя 4 входного блока 1,  
с блоком 10 ввода-вывода данных, с приемо-передающим блоком 11  
и дополнительно введенными ПЗУ 18 для хранения программ обра-  
ботки сигналов и ОЗУ 19 для хранения данных и отсчетов многока-  
нального цифрового коррелятора 13 при работе в условиях блокиров-  
420 ки сигналов GPS.

Каждый из каналов 14 многоканального цифрового коррелятора 13 в  
рассматриваемом примере реализации содержит (фиг.3) цифровой  
управляемый генератор 20 несущей, регистр 21 управления, цифро-  
вой управляемый генератор 22 кода, генератор 23 опорного С/А кода  
425 GPS, программируемую линию задержки 24, первый и второй циф-  
ровые смесители 25 и 26 соответственно синфазного и квадратурного  
каналов корреляционной обработки, первую и вторую группы К кор-  
реляторов: синфазных  $27_1 - 27_K$  и квадратурных  $28_1 - 28_K$ , где  $K = 20$   
 $\div 40$ , связанных с соответствующими накопителями  $29_1 - 29_K$  и  $30_1 -$   
430  $30_K$ , а также блок 31 обмена данными, связывающий выходы накопи-  
телей  $29_1 - 29_K$  и  $30_1 - 30_K$ , управляющий вход цифрового управляе-  
мого генератора 20 несущей, управляющий вход регистра 21 управ-  
ления, управляющий вход цифрового управляемого генератора 22  
кода и первый вход генератора 23 опорного С/А кода с микропро-  
435 цессором 15.

В каждом из каналов 14 сигнальные входы цифровых смесителей 25  
и 26 соединены между собой и образуют сигнальный вход канала 14.  
Соединенные между собой сигнальные входы каналов  $14_1 - 14_N$  обра-  
зуют сигнальный вход коррелятора 13.

440 В каждом из каналов 14 тактовые входы цифрового управляемого генератора 20 несущей, цифрового управляемого генератора 22 кода, программируемой линии задержки 24 и накопителей 29<sub>1</sub> - 29<sub>к</sub> и 30<sub>1</sub> - 30<sub>к</sub> соединены между собой и образуют тактовый вход канала 14. Соединенные между собой тактовые входы каналов 14<sub>1</sub> - 14<sub>н</sub> образуют тактовый вход коррелятора 13.

445 Вторые входы смесителей 25 и 26 подключены соответственно к первому и второму выходам цифрового управляемого генератора 20 несущей. Выход цифрового смесителя 25 соединен с первыми входами корреляторов 27<sub>1</sub> - 27<sub>к</sub>. Выход цифрового смесителя 26 соединен с  
450 первыми входами корреляторов 28<sub>1</sub> - 28<sub>к</sub>.

Выходы корреляторов 27<sub>1</sub> - 27<sub>к</sub> и 28<sub>1</sub> - 28<sub>к</sub> соединены соответственно с сигнальными входами накопителей 29<sub>1</sub> - 29<sub>к</sub> и 30<sub>1</sub> - 30<sub>к</sub>.

455 Вторые входы корреляторов 27<sub>1</sub> - 27<sub>к</sub> и 28<sub>1</sub> - 28<sub>к</sub> подключены к соответствующим выходам программируемой линии задержки 24. Сигнальный вход программируемой линии задержки 24 подключен к выходу генератора 23 опорного C/A кода GPS. Управляющий вход программируемой линии задержки 24 подключен к первому выходу регистра 21 управления. Второй выход регистра 21 управления подключен к второму входу генератора 23 опорного C/A кода GPS, третий вход которого подключен к выходу цифрового управляемого генератора 22 кода.  
460

Работа заявляемого приемника осуществляется следующим образом.

Приемник располагают в зоне уверенной радиосвязи с базовой станцией 12. Практически, для определения местоположения во всех рас-

465 сматриваемых ниже случаях приема сигналов GPS приемник распо-  
лагали в пределах радиуса до 150 км от базовой станции 12.

На базовой станции 12 осуществляют независимое от работы прием-  
ника формирование эфемеридных данных, данных грубой коорди-  
натной информация о местоположении приемника (с точностью до  
470  $\pm 150$  км) и доплеровские сдвиги несущих частот видимых спутников  
GPS. Эти данные передают в блок 11 приемника на высокостабиль-  
ной несущей частоте в установленные сеансы связи.

Сформированные на базовой станции 12 данные эфемерид, данные  
грубой координатной информация и данные доплеровских сдвигов  
475 несущих частот видимых спутников GPS, принятые блоком 11 по ка-  
налу связи, используют при работе приемника в неблагоприятных ус-  
ловиях приема сигналов GPS (в условиях блокировки).

Высокостабильная несущая частота, на которой передают указанные  
данные, используется в приемнике в качестве внешней высокоста-  
480 бильной опорной частоты, по отношению к которой осуществляется  
оценка отклонения частоты опорного генератора формирователя 4 от  
номинального значения. Оценку отклонения частоты опорного гене-  
ратора от номинального значения осуществляют с помощью соответ-  
ствующего блока ФАП в формирователе 4, данные оценки передают  
485 в микропроцессор 15, где информацию хранят в ОЗУ 19.

Альтернативным является вариант, при котором в формирователе 4  
осуществляют подстроку (синхронизация) частоты опорного генера-  
тора приемника в соответствии с внешним высокостабильным опор-  
ным сигналом. В этом случае данные об отклонении частоты опорно-  
490 го генератора в формирователе 4 не формируют и в микропроцессор

15 не передают, а в рассмотренных ниже алгоритмах работы отклонение частоты опорного генератора от номинального значения принимают за нулевое.

Определение местоположения осуществляют в заявляемом приемнике по трем алгоритмам в зависимости от условий приема сигналов GPS.

При реализации всех трех алгоритмов сигналы GPS вначале преобразуют во входном блоке 1. В процессе этого преобразования сигналы GPS, принятые приемной антенной, поступают на вход радиочастотного преобразователя 2, где осуществляют их преобразование с понижением частоты. При этом используют смесители, входящие в состав радиочастотного преобразователя 2, работающие по гетеродинным сигналам ( $F_1$ ), поступающим с соответствующих выходов формирователя 4.

505 В формирователе 4 синтезируют сигналы тактовой ( $F_T$ ) и гетеродинных ( $F_1$ ) частот с помощью синтезаторов частот, работающих от опорного сигнала, формируемого опорным генератором, входящим в состав формирователя 4. Начальную установку значений формируемых синтезаторами частот осуществляют путем подачи соответствующего установочного кода с микропроцессора 15. Оценку отклонения частоты опорного генератора от номинального значения осуществляют по высокостабильному опорному сигналу, поступающему с приемо-передающего блока 11 в сеансах связи с базовой станцией 12. Знание отклонения частоты опорного генератора от номинального значения позволяет реализовать все функции заявляемого приемника

515

в условиях использования простого (без термокомпенсации) кварцевого генератора, например простого некомпенсированного кристалла. С выхода радиочастотного преобразователя 2 сигналы подают на вход блока 3 аналого-цифрового преобразования сигналов, где их преобразуют в цифровой вид. Частота дискретизации по времени при аналого-цифровом преобразовании в блоке 3 определяется тактовым сигналом ( $F_T$ ), поступающим с соответствующего выхода формирователя 4. Выходные сигналы блока 3 образуют выходные сигналы входного блока 1.

525 С выхода входного блока 1 сигналы подают на вход блока 5, где с помощью многоканального цифрового коррелятора 13 и микропроцессора 15, связанного с ПЗУ 16, 18 и ОЗУ 17, 19, а также с блоками 10 и 11, осуществляют определение местоположения по принимаемым сигналам GPS.

530 В заявляемом приемнике определение местоположения основывается на обработке накапливаемых миллисекундных отсчетов с выходов квадратурных корреляторов  $27_1 - 27_K$  и  $28_1 - 28_K$  в каждом из каналов 14 многоканального цифрового коррелятора 13. Таким образом в заявляемом приемнике корреляцию осуществляют только аппаратно -

535 средствами цифрового коррелятора 13. Это принципиально отличает заявляемый приемник от приемника-прототипа, где в неблагоприятных условиях приема корреляцию осуществляют программно - средствами сигнального процессора 8 (фиг.1), использующего накопленные отсчеты, полученные в результате аналого-цифрового преобразования сигналов GPS в блоке 3.

540

Работа каналов 14 цифрового коррелятора 15 осуществляется следующим образом. Квантованные сигналы GPS, полученные в результате аналого-цифрового преобразования в блоке 3, подают в каждом из каналов 14 на сигнальные входы цифровых смесителей 25 и 26.

545 Цифровой управляемый генератор 20 несущей вырабатывает синфазную и квадратурную составляющие фазы несущей частоты, соответствующей выбранному спутнику GPS, сигнал которого обрабатывается в данном канале. Сигналы, формируемые генератором 20, перемножают с входным сигналом в цифровых смесителях 25 и 26.

550 С помощью цифровых смесителей 25 и 26 обеспечивают выделение сигнала данного спутника GPS и перенос спектра этого сигнала на основную полосу частот (на нулевую частоту). Тем самым, в результате перемножения сигналов в цифровых смесителях 25 и 26 осуществляют «снятие» несущей синфазной и квадратурной составляющих

555 обрабатываемого сигнала.

Цифровой управляемый генератор 20 несущей управляется микропроцессором 15 через блок 31 обмена данными для замыкания петли слежения за частотой и фазой несущей входного сигнала. При этом значение частоты выходного сигнала, формируемого цифровым

560 управляемым генератором 20 несущей, устанавливают в соответствии с данными, хранящимися в ПЗУ 16.

После "снятия" несущей в цифровых смесителях 25 и 26 синфазную и квадратурные составляющие сигнала коррелируют в группах из  $K$  корреляторов  $27_1 - 27_K$  и  $28_1 - 28_K$  с соответствующими копиями

565 опорного C/A кода, сдвинутыми по времени по отношению друг к другу на половину символа C/A кода GPS.



Используемые в работе корреляторов 27<sub>1</sub> - 27<sub>к</sub> и 28<sub>1</sub> - 28<sub>к</sub> копии опорного C/A кода формируют с помощью программируемой линии задержки 24, генератора 23 опорного C/A кода GPS и цифрового управляемого генератора 22 кода. При этом с помощью цифрового управляемого генератора 22 кода генерируют тактовый сигнал C/A кода (1,023 МГц), который подают на соответствующий вход генератора 23 опорного C/A кода GPS. Выбор значения тактовой частоты кода осуществляют в соответствии с командами вычислителя 15, поступающими на управляющий вход генератора 22 через блок 31 обмена данными. Опираясь на тактовый сигнал C/A кода, поступающий с выхода цифрового управляемого генератора 22 кода, генератор 23 опорного C/A кода генерирует опорный C/A код для обработки в данном канале 14 сигнала соответствующего спутника GPS, который уникален для каждого спутника GPS. Выбор кода, то есть выбор определенной псевдослучайной кодовой последовательности (ПСП), осуществляют в соответствии с командами вычислителя 15, поступающими на первый вход генератора 23 через блок 31 обмена данными, и командами, поступающими на второй вход генератора 23 с второго выхода регистра 21 управления. Сформированный генератором 23 опорный C/A код подают на программируемую линию задержки 24, в которой осуществляют сдвиг опорного C/A кода на определенные интервалы времени в соответствие с управляющими сигналами, формируемыми регистром 21 управления. Временной алгоритм работы программируемой линии задержки 24 задают управляющими сигналами, формируемыми регистром 21 управления на

основе команд, поступающих с вычислителя 15 через блок 31 обмена данными.

Формируемые на выходе линии задержки 24 копии опорного С/А ко-  
595 да подают на вторые входы корреляторов  $27_1 - 27_K$  и  $28_1 - 28_K$ .

Результаты корреляционной обработки, осуществляемой в корреля-  
торах  $27_1 - 27_K$  и  $28_1 - 28_K$ , накапливают в соответствующих накопи-  
телях  $29_1 - 29_K$  и  $30_1 - 30_K$  на интервале времени, равном длительности  
эпохи кода (1мс), считывают процессором 15 через блок 31 об-  
600 мена данными в ОЗУ 17 и используют для замыкания петель слеже-  
ния за кодом и несущей обрабатываемого сигнала.

По результатам корреляционной обработки сигналов GPS, произве-  
денной в каждом из каналов 14 цифрового коррелятора 13, с помо-  
щью процессора 15 осуществляют определение местоположения,  
605 данные о котором затем подают в блок 10.

Работа микропроцессора 15 блока 5 в зависимости от условий приема  
сигналов GPS осуществляется по одному из трех рассмотренных ни-  
же алгоритмов.

Первый алгоритм (фиг.4) используют в обычных условиях приема  
610 сигналов GPS при отсутствии блокировки, т.е. при отношении мощ-  
ности сигнала к спектральной плотности шума больше  $34 \div 37$  дБ•Гц.  
Это стандартное пороговое соотношение сигнал/шум для традицион-  
ного приемника GPS. При реализации этого алгоритма задействуют  
средства блока 5, т.е. блоки 13 - 17.

615 Первый алгоритм заключается в следующем. Вначале определяют  
видимые спутники (блок 32), затем осуществляют синхронизацию  
сигналов GPS (блок 33).

Синхронизация включает в себя расчет диапазона поиска по частоте и задержке (блок 34), поиск сигналов видимых спутников по частоте и задержке (блок 35), захват сигнала системами слежения за кодом и фазой несущей (блок 36), символьную синхронизацию сигналов GPS (блок 37), кадровую синхронизацию сигналов GPS (блок 38) и прием эфемерид видимых спутников (блок 39).

Затем осуществляют слежение за сигналами GPS (блок 40). Слежение включает в себя установку номера первого видимого спутника (блок 41), вхождение в слежение за кодом (блок 42), установку признака блокировки сигнала данного видимого спутника (блок 43), слежение за кодом (блок 44), вхождение в слежение за фазой несущей (блок 45), вхождение в слежение за частотой (блок 46) и частотная автоподстройка (блок 47), слежение за фазой несущей (блок 48), определение необходимости обновления эфемерид (блок 49), прием эфемерид (блок 50), измерение псевдодальности и доплеровского сдвига частоты (блок 51), модификацию номера видимого спутника (блок 52) по результатам обработки сигналов всех видимых спутников (блок 53), определение числа незаблокированных видимых спутников, достаточных для решения навигационной задачи (блок 54), решение навигационной задачи (блок 55), определение необходимости смены видимых спутников (блок 56), подготовку к смене заблокированных спутников, если они есть (блок 57).

Результаты решения навигационной задачи подают в блок 10 ввода-вывода данных, например, для индикации местоположения. В случае необходимости (в чрезвычайных ситуациях) данные местоположения

вместе с сигналами тревоги передают с помощью блока 11 по каналу связи на базовую станцию 12.

645 Особенность данного алгоритма заключается в следующем. Если в обычных алгоритмах, реализуемых в выходных блоках традиционных приемников, в том числе в приемнике-прототипе, блокированным считается сигнал спутника, для которого потеряно слежение за кодом и фазой несущей, обновление эфемерид осуществляется раз в 30 мин, 650 а смена созвездий - независимо от блокировки, то в заявляемом приемнике после потери слежения за фазой с помощью системы фазовой автоподстройки (ФАП) переходят к слежению за частотой с помощью системы частотной автоподстройки (ЧАП), а если система ЧАП теряет слежение, то продолжается слежение за кодом. Блокированным 655 считается сигнал, для которого потеряно слежение за кодом. Таким образом, при соответствующем выборе параметров системы ЧАП и системы слежения за кодом можно продолжать определять местоположение в условиях потери слежения за фазой несущей. При этом, в отличие от слежения за фазой, нет периодического (раз в 30 мин) об- 660 новления эфемерид, однако, если обновления эфемерид нет в пределах  $1 \div 2$  часов, то ухудшение точности незначительно. Практически, заявляемый приемник способен сохранить слежение за частотой ранее захваченных сигналов GPS с помощью системы ЧАП со средне-квадратической ошибкой  $7 \div 15$  Гц и слежение за кодом со средне- 665 квадратической ошибкой до 20 м (даже при ширине интервала между ранней и поздней копиями кода равном одному символу C/A кода до отношения сигнал/шум  $17 \div 20$  дБ• Гц при односторонней полосе следящих систем  $0,5 \div 1$  Гц. . Это позволяет продолжить определения

местоположения по текущему рабочему созвездию не изменяя режима работы приемника.

670 Другим отличием рассмотренного алгоритма от традиционных является то, что при наличии блокировки и необходимости смены видимых спутников осуществляется смена только полностью заблокированных спутников.

675 Второй алгоритм используют в чрезвычайных ситуациях в случаях, когда блокировка сигналов GPS возникает в процессе работы приемника, когда нет решения навигационной задачи первым алгоритмом, и при этом есть необходимость в смене рабочего созвездия. При реализации этого алгоритма помимо средств блока 5 используют ПЗУ 18  
680 и ОЗУ 19, блоки 10 и 11, а также информационную поддержку со стороны базовой станции 12 в виде эфемерид на спутники нового созвездия. Необходимость такой информационной поддержки вызвана тем, что в указанных условиях блокировки (при низком соотношении сигнал/шум) эфемериды не могут быть приняты приемником самостоятельно, так ФАП в этих условиях не функционирует. Второй алгоритм используют при наличии точных данных, полученных по результатам предыдущей работы приемника с использованием первого алгоритма. Таким образом, необходимый состав точных данных включает в себя данные о месте (с точностью  $\pm 1,5$  км или  $\pm 3$  км со-  
690 ответственно при числе  $K = 20$  или  $K = 40$  квадратурных корреляторов  $27_1 - 27_K$  и  $28_1 - 28_K$  в каждом из каналов 14), оценку доплеровского сдвига частоты и ухода частоты опорного генератора формирователя 4 (с точностью  $\pm 10$  Гц), данные о времени (с точностью  $\pm 1$  мкс), а также данные о эфемеридах на новые спутники, полученные

695 по запросу (или по сигналу тревоги) с базовой станции 12. Эти данные позволяют осуществить быстрый (беспоисковый) захват сигналов по коду и частоте и определить координаты местоположения примерно за 1 сек, т.е. не хуже, чем в прототипе.

700 Сущность данного алгоритма, позволяющего осуществить указанное ускоренное определение местоположения в указанных условиях, заключается в том, что корреляторы  $27_1 - 27_K$  и  $28_1 - 28_K$  каналов  $14_1 - 14_N$  расставляют вокруг расчетной псевдодальности, затем осуществляют накапливание (запоминание в ОЗУ 19) миллисекундных отсчетов (синфазных  $I_i$  и квадратурных  $Q_i$ ) с выходов каждого ( $i$ ) из квадратурных корреляторов каналов  $27_1 - 27_K$  и  $28_1 - 28_K$  на интервале 1  
705 сек, затем с учетом положения границ символов информации вычисляют модули (или квадраты модулей) по формуле:

$$\rho^2 = \sum_1^{M/20} \left[ \left( \sum_1^{20} I_i \right)^2 + \left( \sum_1^{20} Q_i \right)^2 \right], \quad 1)$$

где  $M = 1000$  - общее число отсчетов на интервале времени 1 сек,  
710 после чего находят два максимальных значения, которые используют для нахождения псевдодальности с помощью интерполяции, аналогично тому, как это делают в [9].

Все эти операции производят в отношении каждого канала 14, т.е. для каждого видимого спутника GPS, сигналы которых обрабатываются в приемнике. Поскольку указанные выше априорные данные  
715 точны, то эти максимумы характеризуют действительное положение пика корреляционной функции и нет надобности сдвигать ПСП на какую-либо другую временную позицию.

720 Как уже говорилось выше, в заявляемом приемнике, в отличие от прототипа, накапливают не отсчеты в выхода блока 3 аналого-цифрового преобразования, идущие с тактовой частотой  $F_t$ , а миллисекундные отсчеты в выхода квадратурных корреляторов  $27_1 - 27_K$ ,  $28_1 - 28_K$ , при этом корреляцию осуществляют не программно, как в прототипе, а аппаратно - только средствами коррелятора 13.

725 Так как в данных условиях достаточно только один раз накопить отсчеты на интервале 1 сек, не сдвигая ПСП на какую-либо другую временную позицию, то никакого проигрыша по времени определения координат у заявляемого приемника по отношению к прототипу нет.

730 Сущность второго алгоритма и последовательность операций иллюстрируется блок схемой алгоритма, представленной на фиг.5. Последовательность операций следующая.

После формирования с помощью блока 10 сигнала тревоги (блок 58), решают навигационную задачу рассмотренными выше методами  
735 (блок 59) по первому алгоритму. В случае положительного решения задачи осуществляют передачу сигнала тревоги и координат местоположения на базовую станцию 12 по каналу связи (блок 60).

В случае невозможности решения задачи методами первого алгоритма вначале осуществляют только передача сигнала тревоги на базовую станцию (блок 61). Затем, в том случае, когда имеются точные  
740 априорные данные, т.е. данные места, оценка частоты опорного генератора, точное время, доплеровские сдвиги несущих частот (блок 62), осуществляют прием эфемерид на видимые спутники по каналу связи с базовой станцией 12 (блок 63).

745 После этого осуществляют установку каналов  $14_1 - 14_N$  цифрового коррелятора 13 (т.е. цифровых управляемых генераторов 22 кода, цифровых управляемых генераторов 23 C/A кода GPS и цифровых управляемых генераторов несущей 20 каналов) по точным данным и эфемеридам на свой спутник (блок 64), при этом средний из  $K$  квадратурных корреляторов  $27_1 - 27_K$  и  $28_1 - 28_K$  каждого канала  $14_1 - 14_N$   
750 устанавливают на рассчитанные значения задержки и частоты несущей.

Далее осуществляют коллекционирование отсчетов (синфазных  $I$  и квадратурных  $Q$ ) с выходов корреляторов  $27_1 - 27_K$  и  $28_1 - 28_K$  всех  
755 каналов 14 на интервале времени 1 сек, т.е.  $M = 1000$  отсчетов (блок 65), установка номера первого спутника для первого канала  $14_1$  (блок 66), нахождение модулей накопления в каждом квадратурном корреляторе за 1 сек с учетом границ символов (блок 67). При этом, при нахождении модулей накопления на интервале, равном длительности  
760 символа 20 мс, отсчеты в квадратурных каналах накапливают когерентно, т.е. складывают в соответствие с формулой (1).

Далее осуществляют нахождение двух корреляторов с максимальными модулями, т.е. находят первый и второй максимумы (блок 68), затем осуществляют интерполирование пика корреляции и нахождение  
765 квазидальности (блок 69) для этого спутника по алгоритму, аналогичному используемому в [9].

Далее процесс повторяют при установке номеров следующих спутников (блок 70). Процесс повторяют до тех пор пока не будут обработаны накопления во всех каналах  $14_1 - 14_N$  (блок 71).



770 После этого решают навигационную задачу (блок 72) и передают данные о местоположении на базовую станцию 12 (блок 73).

В том случае, если при реализации второго алгоритма нет точных априорных данных (фиг.5, блок 62) или приемник впервые включается в условиях блокировки сигнала, то обнаружения сигналов не происходит, и дальнейшая работа осуществляется по третьему алгоритму.

775 Условия реализации третьего алгоритма характеризуются тем, что нет никаких данных, кроме, может быть, грубого времени, даваемого внутренними часами микропроцессора 15 (если погрешность 1 минута, то это дает погрешность в оценке доплеровского сдвига частоты сигналов 60 Гц, если 1 сек - то 1 Гц). Поэтому с помощью блоков 10, 11 осуществляют обращение на базовую станцию 12, в ответ на которое поступают номера видимых спутников, эфемериды на видимые спутники, данные о времени (с точностью 1 сек) и данные о месте (с точностью не хуже 150 км).

785 Если базовая станция находится в радиусе  $\pm 150$  км (но не более), то априорные координаты места даются с этой же точностью. Это позволяет обеспечивать разрешение многозначности в отчетах псевдодальности без символьной и кадровой синхронизации. Объясняется это тем, что период C/A кода 1 мс соответствует ширине фазовой дорожки 300 км, а известное условие разрешения многозначности соответствует 1/2 ширины фазовой дорожки. Поскольку, как известно, 1 км ошибки по месту дает 1 Гц ошибки в оценке доплеровского сдвига частоты, то это приводит к необходимости искать сигнал не только по задержке, но и по частоте, чтобы обеспечить когерентное накопление информации (синфазных отсчетов I и квадратурных отсчетов

795

Q) на интервалах  $4 \div 20$  мс. При этом ошибка по частоте при 20 мс должна быть не более 15 Гц, при 10 мс - не более 30 Гц, при 4 мс - не более 70 Гц, иначе имеют место большие энергетические потери. Учитывая сказанное, оптимальным для реализации данного алгоритма, является расположение приемника в радиусе до 30 км от базовой станции. Все сказанное справедливо и для прототипа, осуществляющего определение местоположение в аналогичных условиях, однако об этом в описании прототипа умалчивается.

Кроме этого, в указанных условиях для того, чтобы обеспечить приемлемое время для осуществления местоопределения по сигналам GPS, от базовой станции 12 принимают высокостабильный синусоидальный синхронизирующий сигнал, по отношению к которому оценивают отклонение частоты опорного генератора формирователя 4 от номинального значения. Альтернативное решение - подстройка частоты опорного генератора по синхронизирующему сигналу. Синхронизирующий сигнал не требуется, если в качестве опорного генератора используют, как в прототипе, дорогой высокостабильный (термокомпенсированный) опорный генератор («ТХСО») со стабильностью не хуже 0,1 ppm.

После получения указанных данных от базовой станции 12 всей необходимой информации и определив уход частоты опорного генератора (или подстроив ее), с помощью микропроцессора 15 рассчитывают значения доплеровского сдвига частоты сигналов видимых спутников и выдают на цифровые управляемые генераторы 20 несущей в каждом из каналов 14 цифрового коррелятора 13 значения несущих частот соответствующих видимых спутников с учетом расчи-

танных доплеровских сдвигов, расставляя тем самым каналы 14 на все видимые спутники.

В расставленных таким образом каналах 14 осуществляют расстановку корреляторов  $27_1 - 27_K$  и  $28_1 - 28_K$ . Расстановка корреляторов  $27_1 - 27_K$  и  $28_1 - 28_K$  осуществляют путем временного сдвига опорных кодов, формируемых программируемой линией задержки 24, на  $1/2$  символа C/A кода. В этом случае, при  $K = 20 \div 40$  корреляторы  $27_1 - 27_K$  и  $28_1 - 28_K$ , используемые в каналах 14, перекрывают  $10 \div 20$  символов. Поскольку период C/A кода 1023 символа, а положение шкалы времени приемника относительно шкалы времени системы GPS неизвестно (т.к. ранее не было решения навигационной задачи), то сигнал ищут последовательно, путем сдвига указанных корреляторов каналов на  $10 \div 20$  символов. Максимальное число сдвигов  $50 \div 100$  раз.

Так как отсчеты с выхода цифрового коррелятора 13 накапливаются в течении 1 сек, то максимальное время обнаружения сигналов  $50 \div 100$  сек. Среднее время в два раза меньше, т.е.  $25 \div 50$  сек.

Указанные временные затраты - это та цена, которую приходится платить за возможность определения местоположения в данных условиях при существенном упрощении заявляемого приемника. Однако, практически, указанные временные затраты при определении местоположения в данных условиях не существенны с точки зрения реализации приемником своего функционального назначения.

В рассматриваемом здесь третьем алгоритме осуществляется суммирование отсчетов для разных положений предполагаемых границ символов, т.е. со сдвигом на 1 мс в диапазоне  $0 \div 19$  мс, и находятся

глобальные максимумы не только по сдвигам начала периода C/A кода, но и по сдвигам границ символов.

Рассматриваемый третий алгоритм реализуется в случае, когда точности расчета доплеровского сдвига частот и учет ухода частоты опорного генератора дают одну частотную позицию. (Если точность хуже, то алгоритм должен быть дополнен поиском на разных частотных позициях, что здесь не рассматривается).

Сущность третьего алгоритма и последовательность операций иллюстрируется блок схемой алгоритма, представленной на фиг.6. Последовательность операций при реализации третьего алгоритма следующая.

Вначале осуществляют прием данных с базовой станции 12 по каналу связи (блок 74). В состав данных входят эфемериды, номера видимых спутников и координаты места с точностью не хуже  $\pm 150$  км (желательно, как отмечалось выше, с точностью не хуже  $25 \div 30$  км, чтобы погрешность определения доплеровского сдвига была не хуже 30 Гц). Также фиксируют величину отклонения частоты опорного генератора формирователя 4 от номинального значения, что определяется ее сдвигом по отношению к высокостабильному опорному сигналу, принимаемому по каналу связи с базовой станции 12 (блок 75). В альтернативном варианте, когда осуществляется подстройка частоты опорного генератора в соответствии с частотой этого внешнего высокостабильного сигнала, величину указанного отклонения принимают равной нулю.

Осуществляют установку каналов 14 цифрового коррелятора 13 по расчетным данным о значении несущих частот спутников (блок 76),

т.е. установка цифровых управляемых генераторов 20 несущей, затем настройку элементов каналов 14 цифрового коррелятора 13, определяющих дальность, на первую временную позицию (блок 77). При  
875 этом все  $K = 20 \div 40$  квадратурных корреляторов  $27_1 - 27_K$  и  $28_1 - 28_K$  расставляют с шагом  $1/2$  символа C/A кода, перекрывая, таким образом, интервал  $10 \div 20$  символов (всего символов в периоде C/A кода 1023).

880 Коллекционирование отсчетов осуществляют в ОЗУ 19 - простое запоминание на интервале 1 сек (блок 78), затем - вычисляют модули или их квадраты для каждого коррелятора каждого канала 14 для разных положений предполагаемых границ символов информации (блок 79). Это требуется из-за отсутствия данных точного времени, а  
885 одних эфемерид не достаточно для определения границ символов, и, если их не знать, то нельзя осуществить когерентное накопление отсчетов на интервале  $l = 4 \div 20$  мс.

Вычисление модулей осуществляют в соответствии с выражением:

$$\rho_{ji}^2 = \sum_1^M l \left[ \left( \sum_1^l I_i \right)_j^2 + \left( \sum_1^l Q_i \right)_j^2 \right] \quad (2)$$

890 где:  $i$  - номер отсчета,  $i = 1 \div 1000$ ;

$j$  - предполагаемое положение границы символов информации,

$j = 0 \div 19$  мс;

$l$  - длительность интервала когерентной обработки сигнала,  $l =$

$4 \div 20$  мс.

895 Далее находят два глобальных максимума модулей в каждом канале 14 цифрового коррелятора 13 - т.е. по каждому спутнику - (блок 80),

затем осуществляют их сравнение с порогом для фиксации обнаружения (блок 81). Если сигнал не обнаружен, то осуществляют сдвиг C/A кодов в генераторах 23 каналов  $14 \div 20$  символов (блок 82) и весь цикл операций, реализуемых блоками 78 - 81, повторяют.

После нахождения и фиксации указанных максимумов для всех спутников (блок 83) осуществляют интерполяцию пика корреляции и расчет псевдодальности (блок 84), решение навигационной задачи (блок 85) и передачу координат на базовую станцию 12 (блок 86).

Так работает заявляемый приемник в различных условиях приема сигналов GPS, в том числе в условиях блокировки. Это позволяет осуществлять передачу аварийных сигналов (в случае возникновения чрезвычайных ситуаций) с данными о местоположении даже в том случае, когда соотношение сигнал/шум принимаемых сигналов GPS лежит ниже стандартного порогового значения. Это позволяет использовать заявляемый приемник при работе «под листвой», в условиях завалов и т.п.

Из рассмотренного видно, что заявляемое изобретение осуществимо, промышленно применимо и решает поставленную задачу создания приемника сигналов GPS для системы личной безопасности, отличающегося, по сравнению с прототипом, простотой реализации, меньшим энергопотреблением, меньшими габаритами и весом, меньшей стоимостью (за счет исключения функциональных блоков 7 - 9 прототипа, характеризующихся большим энергопотреблением), что особенно важно для массового потребителя. При этом обеспечивается выполнение заявляемым приемником всех необходимых функций, связанных с определением местоположения приемника, в

том числе в условиях блокировки сигнала GPS, когда его мощность на 15 ÷ 20 дБ меньше номинальной мощности - 164,5 дБ•Вт, что по-  
925 зволяет реализовать основное назначение приемника в качестве приемника сигналов GPS для системы личной безопасности.

Достигнутое существенное упрощение и удешевление приемника при сохранении всех функций делают его перспективным для использования в составе технических средств систем, решающих задачи обеспечения личной безопасности людей.  
930

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Портативный GPS-приемник для системы личной безопасности,  
935 содержащий последовательно соединенные входной и выходной бло-  
ки традиционного приемника сигналов GPS, блок ввода-вывода дан-  
ных и приемо-передающий блок, предназначенный для приема и пе-  
редачи сигналов и данных по каналу связи, связывающему приемник  
с базовой станцией, выход опорного сигнала которого связан с опор-  
940 ным входом входного блока, тактовый вход выходного блока связан  
при этом с тактовым выходом входного блока, входной блок содер-  
жит последовательно соединенные радиочастотный преобразователь,  
сигнальный вход которого является сигнальным входом входного  
блока, и блок аналого-цифрового преобразования сигналов, выход  
945 которого является сигнальным выходом входного блока, а также  
формирователь сигналов тактовой и гетеродинных частот, опорный  
вход которого является опорным входом входного блока, гетеродин-  
ный выход формирователя сигналов тактовой и гетеродинных частот  
подключен к гетеродинному входу радиочастотного преобразователя  
950 сигналов, а тактовый выход, являющийся тактовым выходом входно-  
го блока, подключен к тактовому входу блока аналого-цифрового  
преобразования сигналов, *отличающийся* тем, что в качестве вы-  
ходного блока традиционного приемника сигналов GPS используется  
блок, содержащий многоканальный цифровой коррелятор с  $N = 8 \div$   
955 12 каналами параллельной обработки, связанный с микро процессо-  
ром, оснащенным постоянным запоминающим устройством для хра-



нения программ обработки сигналов и оперативным запоминающим устройством для хранения данных при работе в стандартном режиме без блокировки сигналов GPS, при этом микропроцессор выходного блока связан шинами обмена данными с формирователем сигналов тактовой и гетеродинных частот входного блока, с блоком ввода-вывода данных, с приемо-передающим блоком и дополнительно введенными постоянным запоминающим устройством для хранения программ обработки сигналов и оперативным запоминающим устройством для хранения данных и отсчетов многоканального цифрового коррелятора при работе в условиях блокировки сигналов GPS, а каждый из  $N$  каналов многоканального цифрового коррелятора оснащен  $K$  синфазными и  $K$  квадратурными корреляторами, где  $K = 20 \div 40$ , связанными с соответствующими накопителями, обеспечивающими возможность одновременной корреляции сигналов GPS с  $K$  копиями  $C/A$  кода, сдвинутыми на половину символа  $C/A$  кода GPS, и когерентное накопление результатов корреляции на интервале, равном длительности эпохи  $C/A$  кода.

2. Приемник по п.1, *отличающийся* тем, что каждый из каналов многоканального цифрового коррелятора содержит цифровой управляемый генератор несущей, регистр управления, цифровой управляемый генератор кода, генератор опорного  $C/A$  кода GPS, программируемую линию задержки, первый и второй цифровые смесители соответственно синфазного и квадратурного каналов обработки, первую и вторую группы из  $K$  синфазных и квадратурных корреляторов, первые входы которых подключены к выходам соответствующих цифровых смесителей, вторые входы подключены к соответствующим

шим выходам программируемой линии задержки, а выходы соединены с сигнальными входами соответствующих накопителей, а также  
985 блок обмена данными, связывающий выходы накопителей, управляющий вход цифрового управляемого генератора несущей, управляющий вход регистра управления, управляющий вход цифрового управляемого генератора кода и первый вход генератора опорного C/A кода с микропроцессором выходного блока, при этом соединенные между собой сигнальные входы цифровых смесителей образуют  
990 сигнальный вход канала, соединенные между собой тактовые входы цифрового управляемого генератора несущей, цифрового управляемого генератора кода, программируемой линии задержки и накопителей образуют тактовый вход канала, вторые входы первого и второго цифровых смесителей подключены соответственно к первому и  
995 второму выходам цифрового управляемого генератора несущей, сигнальный и управляющий входы программируемой линии задержки подключены соответственно к выходу генератора опорного C/A кода GPS и к первому выходу регистра управления, второй выход регистра  
1000 управления подключен к второму входу генератора опорного C/A кода GPS, а третий вход генератора опорного C/A кода GPS подключен к выходу цифрового управляемого генератора кода, при этом в многоканальном цифровом корреляторе соединенные между собой сигнальные входы каналов и соединенные между собой тактовые входы  
1005 каналов образуют соответственно сигнальный и тактовый входы многоканального цифрового коррелятора.

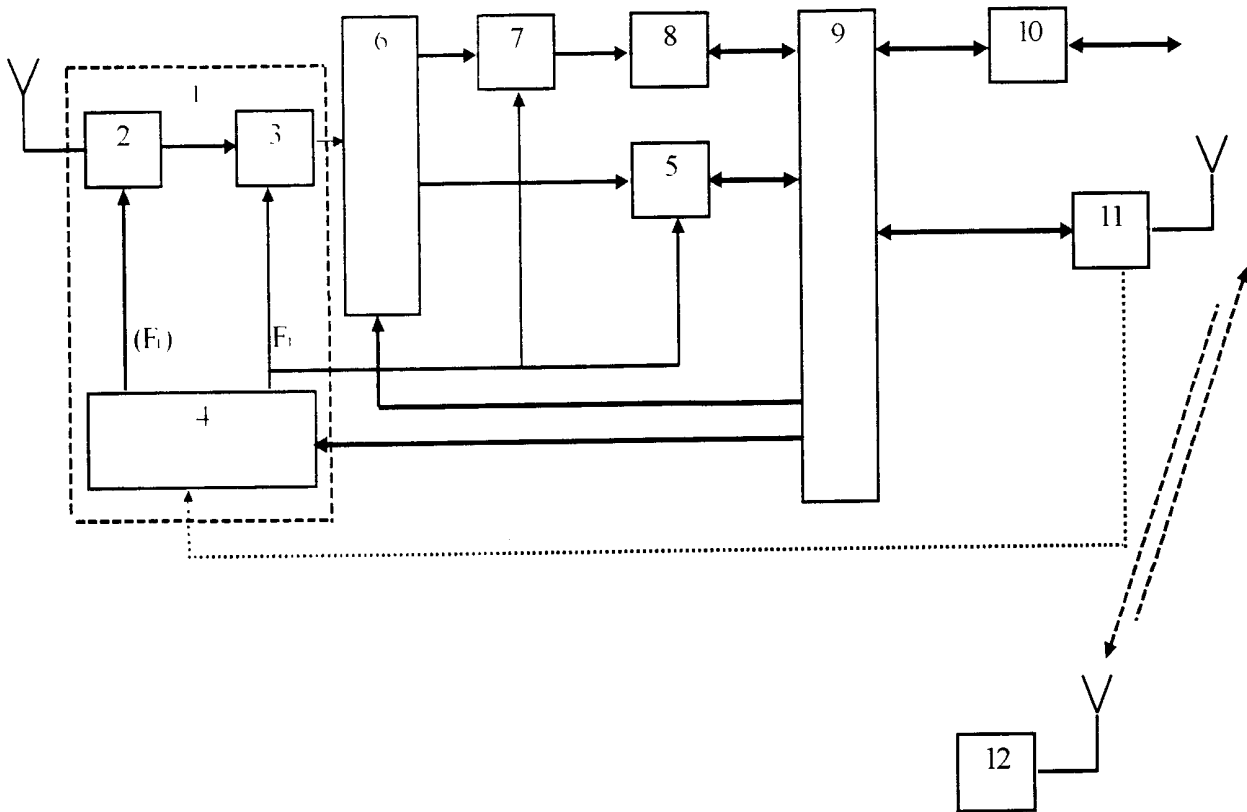


Fig. 1

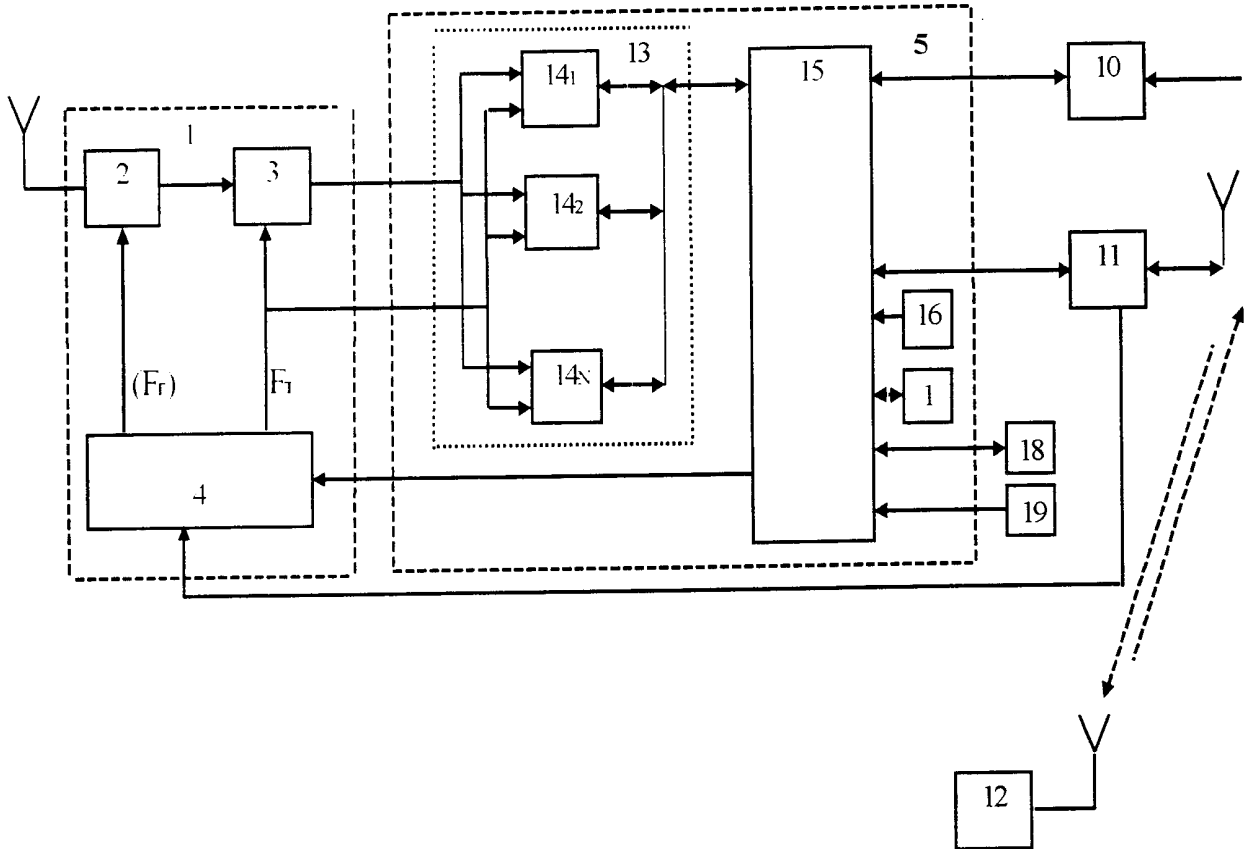


Fig. 2

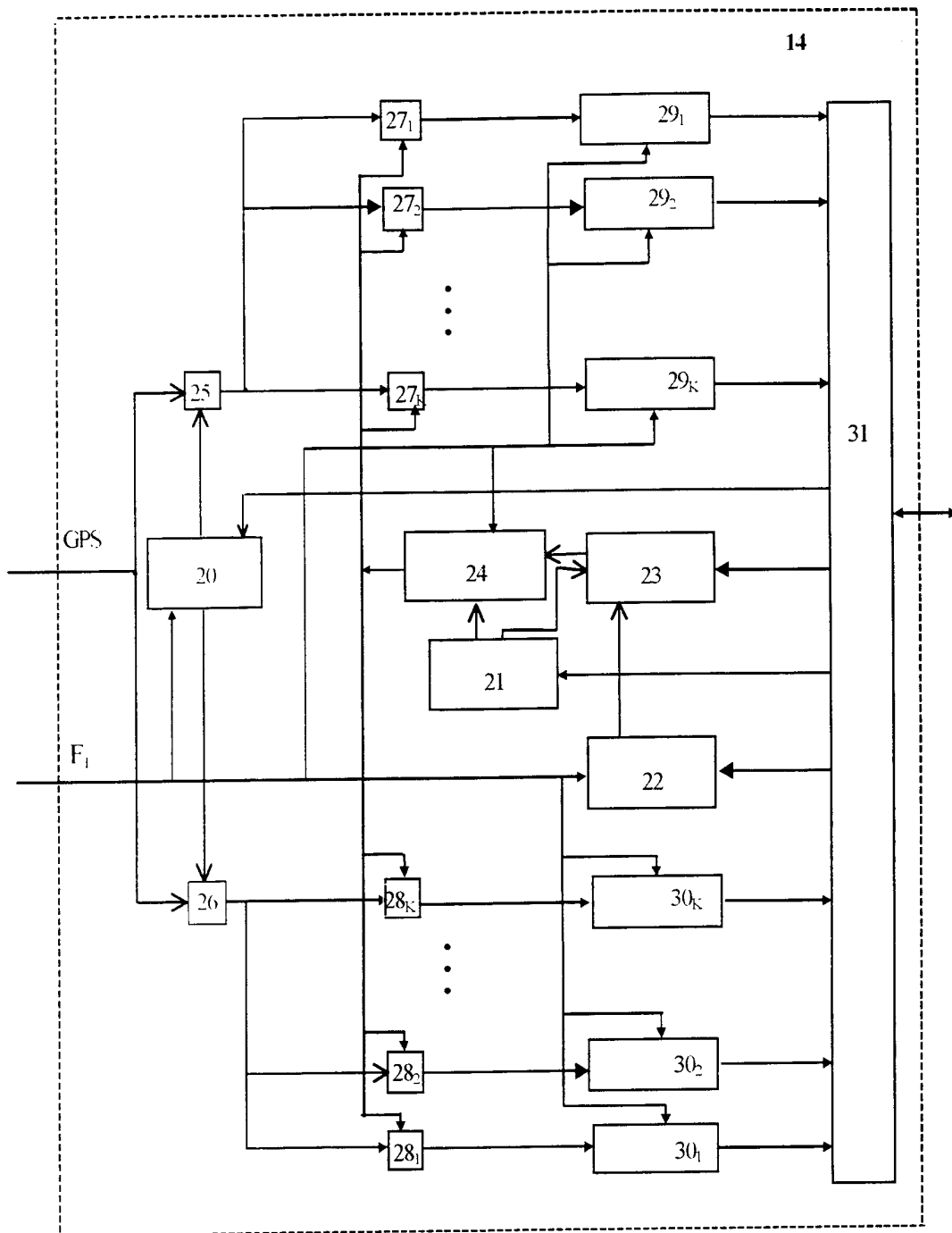


Fig. 3

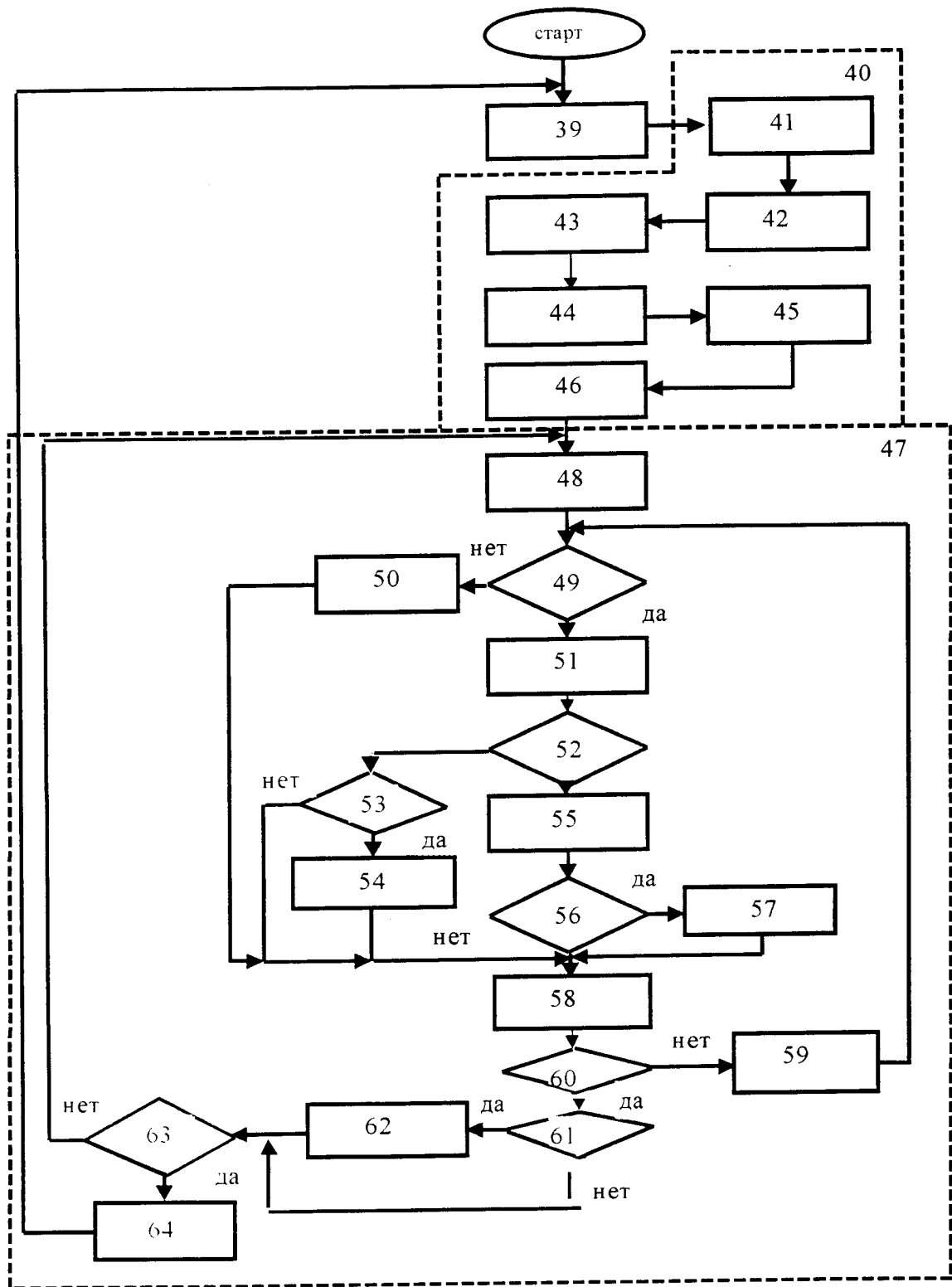


Fig. 4

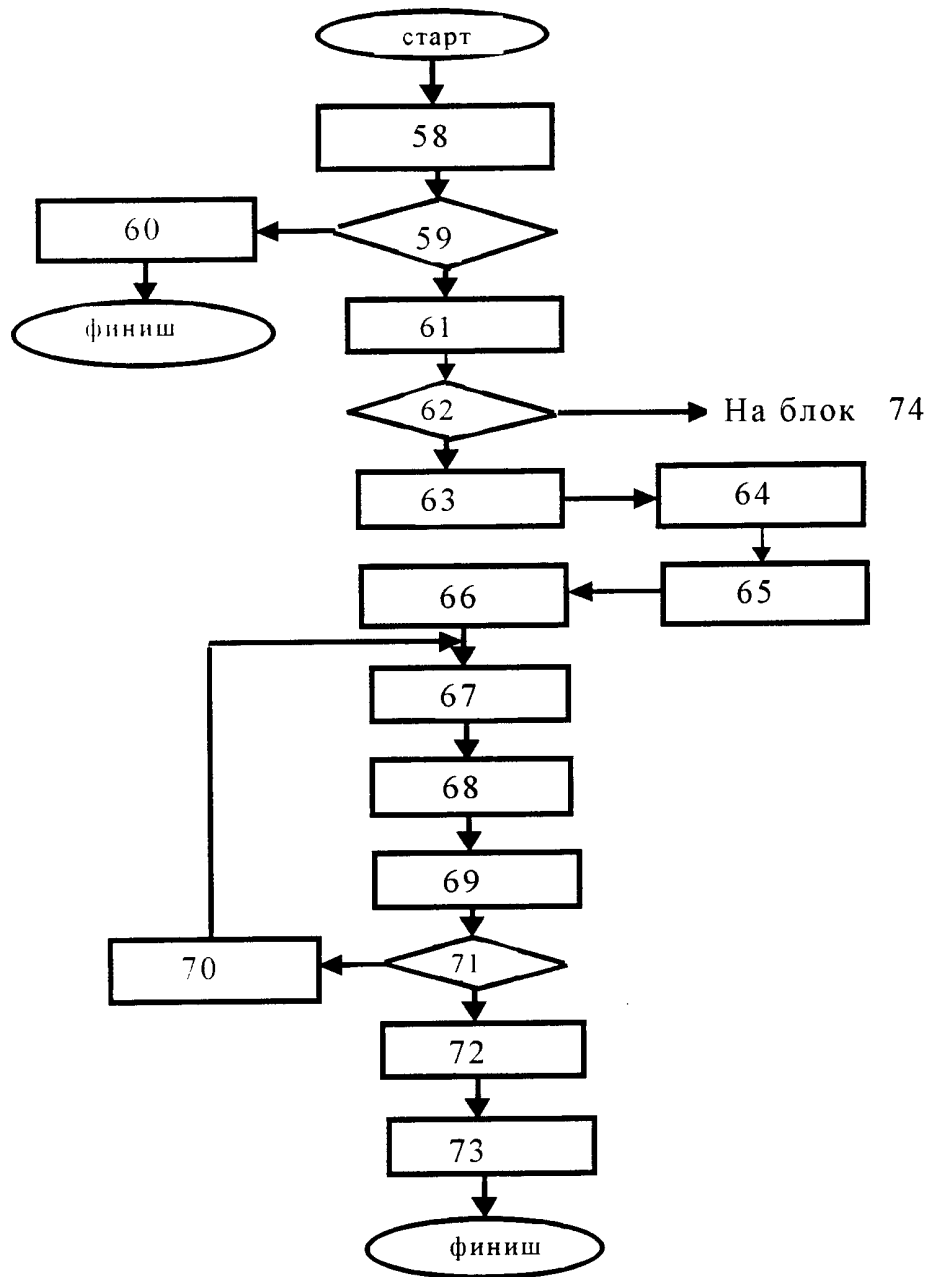


Fig. 5

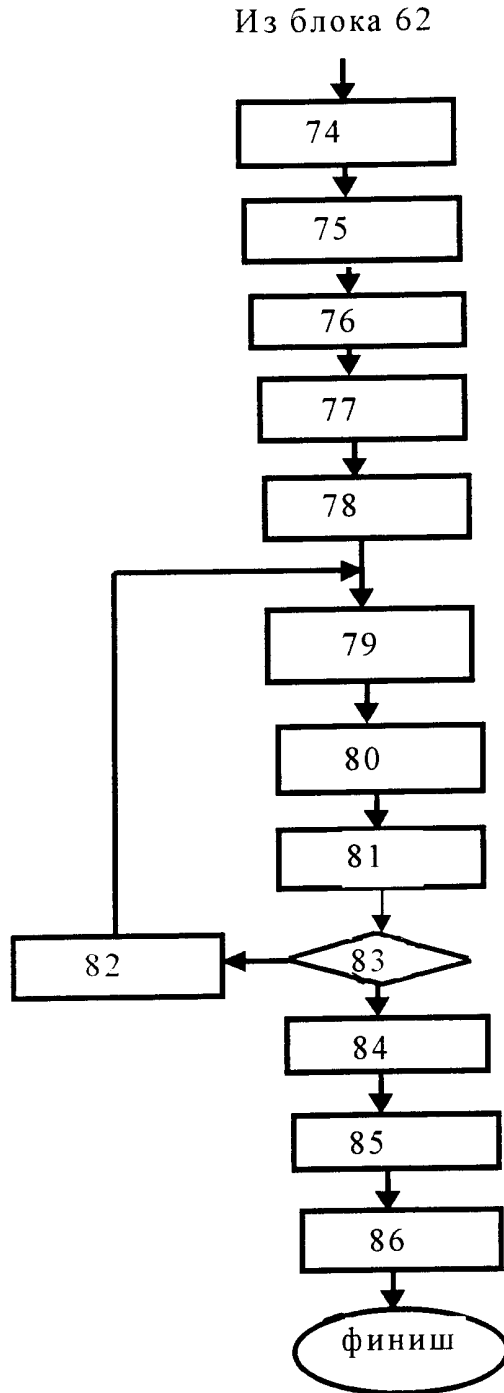


Fig. 6