



(51) МПК  
**H04L 9/22** (2006.01)  
**H04B 1/10** (2006.01)  
**E21B 47/12** (2006.01)

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
 ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: **2007140895/09, 04.04.2006**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**04.04.2006**

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
**08.04.2005 US 11/102,006**

(43) Дата публикации заявки: **20.05.2009** Бюл. № 14

(45) Опубликовано: **27.05.2011** Бюл. № 15

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
 поиске: **US 6501804 B1, 31.12.2002. RU 2199005 C1,  
 20.02.2003. JP 2004201338 A, 15.07.2004. JP  
 2004343745 A, 02.12.2004.**

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
 национальной фазе: **08.11.2007**

(86) Заявка РСТ:  
**US 2006/012470 (04.04.2006)**

(87) Публикация заявки РСТ:  
**WO 2006/110391 (19.10.2006)**

Адрес для переписки:

**101000, Москва, М.Златоустинский пер., 10,  
 кв.15, "ЕВРОМАРКПАТ", пат.пов.  
 И.А.Веселищкой, рег. № 11**

(72) Автор(ы):

**АРОНСТАМ Питер С. (US),  
 ФИНЧЕР Роджер У. (US),  
 УОТКИНС Ларри А. (US)**

(73) Патентообладатель(и):

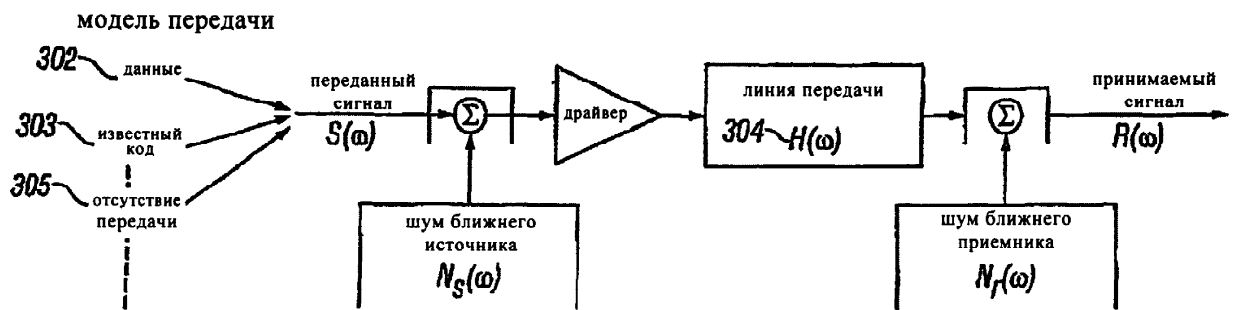
**БЕЙКЕР ХЬЮЗ ИНКОРПОРЕЙТЕД (US)**

**(54) СИСТЕМА И СПОСОБ СВЯЗИ ПО ЗАШУМЛЕННЫМ КАНАЛАМ СВЯЗИ**

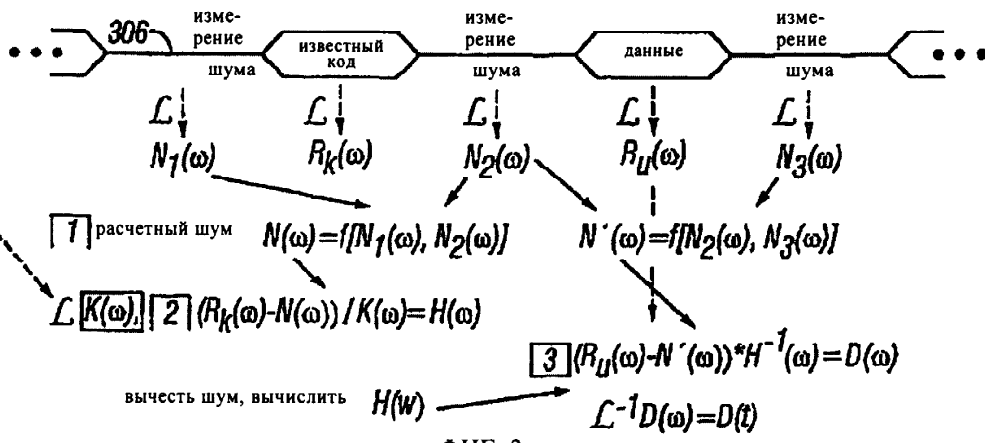
(57) Реферат:

Группа изобретений относится к системам и способам связи по зашумленным каналам связи, в частности по каналам, обеспечивающим передачу информации с глубины нефтяной скважины на поверхность. Достижимый технический результат - обеспечение подавления шумов при передаче информации по зашумленным каналам связи. Система передачи информации содержит передатчик с возможностью передачи сигнала данных и известного сигнала по каналу связи,

имеющему шумовую составляющую, приемник с возможностью приема сигнала данных, известного сигнала и шумовой составляющей и блок управления с возможностью выполнения сравнения принимаемого известного сигнала и принимаемого сигнала данных для расчета передаточной функции канала и объединения расчетной передаточной функции канала с принимаемым сигналом данных с целью восстановления переданного сигнала данных. 4 н. и 35 з.п. ф-лы, 13 ил.



коды с временным уплотнением в канале связи с периодами молчания для измерения шума



ФИГ. 3

RU 2419996 C2

RU 2419996 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.  
**H04L 9/22** (2006.01)  
**H04B 1/10** (2006.01)  
**E21B 47/12** (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2007140895/09, 04.04.2006

(24) Effective date for property rights:  
04.04.2006

Priority:

(30) Priority:  
08.04.2005 US 11/102,006

(43) Application published: 20.05.2009 Bull. 14

(45) Date of publication: 27.05.2011 Bull. 15

(85) Commencement of national phase: 08.11.2007

(86) PCT application:  
US 2006/012470 (04.04.2006)

(87) PCT publication:  
WO 2006/110391 (19.10.2006)

Mail address:

101000, Moskva, M.Zlatoustinskij per., 10, kv.15,  
"EVROMARKPAT", pat.pov. I.A.Veselitskoj, reg.  
№ 11

(72) Inventor(s):

**ARONSTAM Piter S. (US),  
FINChER Rodzher U. (US),  
UOTKINS Larri A. (US)**

(73) Proprietor(s):

**BEJKER Kh'JuZ INKORPOREJTED (US)**

RU 2 419 996 C2

RU 2 419 996 C2

(54) **SYSTEM AND METHOD OF COMMUNICATION ALONG NOISE COMMUNICATION CHANNELS**

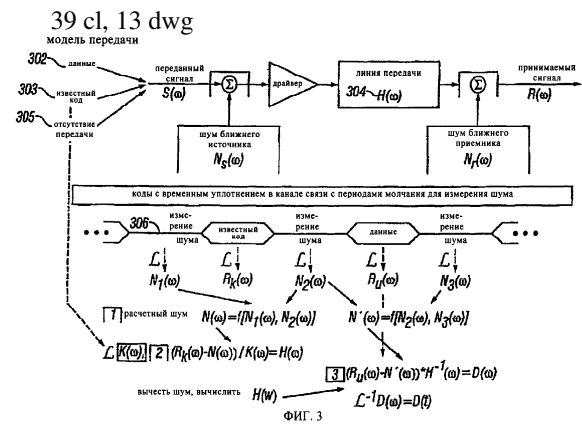
(57) Abstract:

FIELD: information technologies.

SUBSTANCE: information transfer system comprises a transmitter, with the possibility to transfer a data signal and an available signal along a communication channel, having a noise component, a receiver, with the possibility to receive a data signal, an available signal and a noise component, and a control unit, with the possibility to compare the received available signal and the received data signal to calculate transfer function of a channel and to combine the rated transfer function of the channel with the received data signal in order to recover a transferred data signal.

EFFECT: provision of noise suppression during

information transfer along noise communication channels.



Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение в целом относится к связи между отдельными устройствами, более точно к связи по зашумленным каналам связи.

Предпосылки создания изобретения

5 Во многих отраслях для передачи данных используют связь между отдельными устройствами, при этом передаваемые данные могут без ограничения включать показания датчиков, команды обеспечения безопасности и команды управления и информацию о состоянии. Обычно такую связь осуществляют по каналам связи, в  
10 которых прием данных ухудшен из-за нежелательного шума.

В качестве примера, а не с целью ограничения, можно рассмотреть нефтяную промышленность, где в процессе нефтеразведки и добычи нефтепродуктов широко применяется бурение толщ пород как на суше, так и в море. Конечно, с годами  
15 сначала обнаруживают и исчерпывают легко разведываемые и более доступные нефтяные пласты. В результате разведка и добыча неизбежно должны быть в большей степени сосредоточены на менее доступных и сложнее поддающихся обнаружению пластах. Для их достижения увеличивают глубину бурения, места буровых работ  
20 становятся все более сложными и менее доступными, и буровые работы неизбежно усложняются. Соответственно разведочное и эксплуатационное бурение становится более дорогостоящим, и, по-видимому, эта тенденция продолжится в будущем. С учетом этих растущих затрат даже еще большее значение приобретает точность и эффективность буровых работ.

Успех и эффективность бурения в значительной мере зависят от количества и  
25 качества информации, которой располагает ведущая буровые работы компания о строении толщ подземных пород, в которой ведется бурение, а также о параметрах работы бурового долота по мере его продвижения в глубь толщ пород. В отрасли испытано и применено множество методик сбора и передачи такой информации. Примеры таких систем телеметрии включают телеметрию по акустическому каналу  
30 связи и телеметрию по гидроимпульсному каналу связи, при этом в обоих случаях в качестве передающей среды используют буровой раствор, электромагнитную телеметрию через толщу пород и акустическую телеметрию методом волн напряжения, в которой в качестве передающей среды используют материал бурильной  
35 колонны. Обычно при бурении на нефть необходимо эффективно повышать скорость передачи данных по мере увеличения объема скважинных измерений. В настоящее время обычная скорость передачи данных составляет 2-10 бит в секунду. Желательная скорость передачи данных с использованием описанных методик составляет  
40 порядка 100-1000 бит в секунду. Как правило, в данных системах передачи уровень принимаемого сигнала данных в лучшем случае составляет тот же порядок величины, что и уровень шума. При более высокой скорости передачи отношение сигнал-шум (ОСШ) будет значительно меньше единицы.

В любой системе передачи вероятно существование широкого набора неизвестных  
45 возможных источников шума. Эти источники шума причиняют наибольшее неудобство, если имеют такой же характер (частоту и фазу) и амплитуду, что и плановые передаваемые данные. Иными словами, если, например, используется электромагнитный режим передачи, вероятно, что к передаваемому сигналу добавятся  
50 блуждающие электрические шумы. Если используется акустический режим передачи, в сигнале будет присутствовать механический и другой связанный с вибрацией шум. В случае использования гидроимпульсного канала связи к сигналу могут добавляться пульсации насоса и создаваемые турбулентностью раствора пульсации. Поскольку эти

и другие случайные шумы по большей части присутствуют постоянно и невозможно предотвратить их попадание в сигнал данных, большой интерес представляет способ их удаления на приемном конце.

5 По-видимому, электрический шум поступает изнутри и снаружи рассмотренных выше элементов. Поступающий изнутри электрический шум, по-видимому, передается в потоке данных, внешний электрический шум, вероятно, просто попадает в поток данных из внешних источников.

10 Акустическая система также подвержена влиянию такого же внутреннего шума, и передаваемый сигнал может включать электрический шум. Как и внешний электрический шум, внешний механический шум или вибрация может накладываться на поток данных.

С похожими проблемами шума сталкиваются в других областях применения. Например, связь между эксплуатационным оборудованием в скважине и подземным или наземными контроллерами может быть затруднена из-за шума. Аналогичным образом, для разработки одного пласта или множества пластов на определенной территории может использоваться множество систем добычи во множестве скважин. С целью повышения эффективности добычи с одним контроллером может быть соединено множество систем управления. Такие системы могут быть соединены, например, системами проводной или высокочастотной связи, в каналах которых присутствует шум. Другой областью применения является экстренная акустическая подводная связь с целью управления подводными предохранительными клапанами в случае потери других возможностей связи.

25 Обычно приемная система таких телеметрических систем должна быть способна удалять такие шумовые сигналы из потока данных. Существует потребность в системе и способе извлечения сигналов данных из относительно зашумленных каналов связи.

Краткое изложение сущности изобретения

30 Согласно одной из особенностей настоящего изобретения предложена система передачи информации между первым местоположением и вторым местоположением, содержащая передатчик, расположенный в одном из местоположений, включающих первое местоположение и второе местоположение, для передачи сигнала данных и известного (эталонного) сигнала по каналу связи, который имеет шумовую составляющую. В другом местоположении, включающем упомянутые первое местоположение и второе местоположение, расположен приемник для приема сигнала данных, известного сигнала и шумовой составляющей. С приемником связан блок управления, который обрабатывает принимаемый известный сигнал с целью расчета передаточной функции канала. Расчетную передаточную функцию объединяют с принимаемым сигналом данных с целью восстановления переданного сигнала данных.

45 Согласно другой особенности предложен способ передачи информации между первым местоположением и вторым местоположением, включающий стадии, на которых из одного из местоположений, включающих первое местоположение и второе местоположение, передают сигнал данных и известный сигнал по каналу связи, который имеет шумовую составляющую. В другом местоположении, включающем упомянутые первое местоположение и второе местоположение, принимают сигнал данных, известный сигнал и шумовую составляющую. Принимаемый известный сигнал обрабатывают с целью расчета передаточной функции канала. Расчетную передаточную функцию объединяют с принимаемым сигналом данных с целью восстановления переданного сигнала данных.

50 Согласно еще одной особенности предложен способ передачи информации между

первым местоположением и вторым местоположением, включающий стадии, на которых из одного из местоположений, включающих первое местоположение и второе местоположение, передают сигнал данных и известный сигнал по каналу связи, который имеет первую шумовую составляющую. В смежном с каналом передачи сигнала шумовом канале измеряют вторую шумовую составляющую. В другом местоположении, включающем первое местоположение и второе местоположение, принимают сигнал данных, известный сигнал и первую шумовую составляющую. На основании второй шумовой составляющей шума рассчитывают первую шумовую составляющую. Расчетную первую шумовую составляющую объединяют с принимаемым сигналом данных и принимаемым известным сигналом с целью генерации принимаемого сигнала данных с подавленным шумом и принимаемого известного сигнала с подавленным шумом. Принимаемый известный сигнал с подавленным шумом обрабатывают с целью расчета передаточной функции канала. Расчетную передаточную функцию канала объединяют с принимаемым сигналом данных с подавленным шумом с целью восстановления переданного сигнала данных.

Согласно еще одной особенности изобретения оно может реализовываться с использованием машиночитаемого носителя, содержащего набор команд, при выполнении которых компьютером осуществляют способ передачи информации между первым местоположением и вторым местоположением, включающий стадии, на которых из одного из местоположений, включающих первое местоположение и второе местоположение, передают сигнал данных и известный сигнал по каналу связи, который имеет шумовую составляющую. В другом местоположении, включающем первое местоположение и второе местоположение, принимают сигнал данных, известный сигнал и шумовую составляющую. Принимаемый известный сигнал обрабатывают с целью расчета передаточной функции канала. Расчетную передаточную функцию объединяют с принимаемым сигналом данных с целью восстановления переданного сигнала данных.

#### Краткое описание чертежей

Для обеспечения лучшего понимания настоящего изобретения далее подробно описан предпочтительный вариант его осуществления со ссылкой на приложенные чертежи с одинаковыми цифровыми обозначениями одинаковых элементов, на которых:

- на фиг.1 показана буровая система, применимая в настоящем изобретении,
- на фиг.2 - блок-схема одноканальной системы передачи без шумоподавления,
- на фиг.3 - блок-схема одноканальной системы передачи с шумоподавлением,
- на фиг.4 - блок-схема двухканальной системы передачи без шумоподавления,
- на фиг.5 - блок-схема двухканальной системы передачи с шумоподавлением,
- на фиг.6 - блок-схема многоканальной системы передачи с расширенным спектром,
- на фиг.7 - диаграмма временного уплотнения в многоканальной системе передачи,
- на фиг.8 - диаграмма определения параметров шума, которое используют в настоящем изобретении,
- на фиг.9 - диаграмма оптимизации определения параметров шума,
- на фиг.10 - диаграмма определения параметров канала связи и восстановления данных согласно настоящему изобретению,
- на фиг.11 - блок-схема аппаратной конфигурации, обеспечивающей предложенные в настоящем изобретении методы телеметрии,
- на фиг.12 - схема многоскважинной системы добычи с использованием предложенной в настоящем изобретении системы,

на фиг.13 - схема подводного применения с использованием предложенных в настоящем изобретении устройства и способов.

Подробное описание изобретения

5 Далее в качестве примера, а не с целью ограничения настоящего изобретения, описан вариант осуществления системы передачи с гидроимпульсным каналом связи для передачи информации между наземным местоположением и местоположением  
10 внутри скважины. Такой обмен информацией может включать двустороннюю связь. Специалист в данной области техники поймет, что описанная в изобретении схема шумоподавления применима в любой другой соответствующей схеме передачи сигналов, включая без ограничения передачу по линиям радиочастотного (РЧ) диапазона, электромагнитную передачу (ЭМ), акустическую передачу и оптическую передачу.

15 На фиг.1 схематически показана буровая система 10 с компоновкой низа бурильной колонны, на которой установлена система скважинных датчиков, и наземными устройствами согласно одному из вариантов осуществления настоящего изобретения. Показанная буровая система 10 включает буровую вышку 11, установленную на полу 12, на который опирается буровой ротор 14, которому сообщает вращение с  
20 необходимым числом оборотов первичный привод, такой как электродвигатель (не показан). Бурильная колонна 20, включающая бурильную трубу 22, проходит вниз от бурового ротора 14 в ствол 26 скважины. На нижнем конце бурильной колонны установлено буровое долото 50, которое при вращении разрушает толщу 23 пород. Бурильная колонна 20 посредством квадратной штанги 21, вертлюжного  
25 соединения 28 и талевого каната 29, проходящего через систему шкивов (не показана), соединена с буровой лебедкой 30. В процессе бурения буровую лебедку 30 используют для регулирования осевой нагрузки на долото и скорости бурения бурильной колонной 20 ствола 26 скважины. Поскольку работа буровой лебедки хорошо  
30 известна из уровня техники, она подробно не описана далее.

В процессе бурения через канал в бурильной колонне 20 при помощи бурового насоса 34 под давлением подают соответствующий буровой агент 31 (обычно  
называемый буровым раствором), который поступает из резервуара 32 для бурового  
35 раствора. Буровой раствор 31 поступает из бурового насоса 34 в бурильную колонну 20 через поглотитель 36 гидравлического удара, трубопровод 38 и квадратную штангу 21. Буровой раствор 31 выпускают на дне 51 ствола скважины через отверстие в буровом долоте 50. Буровой раствор 31 циркулирует вверх по стволу скважины через кольцевое пространство 27 между бурильной колонной 20 и  
40 стволом 26 скважины и возвращается в резервуар 32 по обратному трубопроводу 35. На поверхности известными из техники способами размещают разнообразные датчики (не показаны) для сбора информации о различных связанных с бурением параметрах, таких как расход бурового раствора, осевая нагрузка на долото, нагрузка на крюк и т.д.

45 Наземный блок 40 управления принимает сигналы, поступающие от скважинных датчиков и устройств через датчик 43, расположенный на трубопроводе 38 для бурового раствора, и обрабатывает такие сигналы в соответствии с запрограммированными командами, которые поступают в наземный блок  
50 управления. Наземный блок управления отображает на дисплее/мониторе 42 желаемые параметры бурения и другую информацию, используемую оператором для управления буровыми работами. Наземный блок 40 управления включает компьютер, память для хранения данных, регистратор данных и другие периферийные устройства.

Наземный блок 40 управления также включает модели и обрабатывает данные в соответствии с запрограммированными командами и реагирует на команды пользователя, вводимые с помощью соответствующего средства, такого как клавиатура. Блок 40 управления предпочтительно рассчитан на приведение в действие устройства 44 аварийной сигнализации при возникновении определенных небезопасных или нежелательных эксплуатационных условий.

В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения между буровым долотом 50 и бурильной трубой установлена 22 компоновка 59 низа бурильной колонны (КНБК), на которой расположены различные датчики и приборы для измерений во время бурения для сбора информации о толще 23 пород и параметрах режима бурения.

Как показано на фиг.1, помимо описанных выше наземных датчиков, КНБК 59 также включает скважинные датчики и приборы для измерения интересующих скважинных параметров. Такие приборы без ограничения включают прибор для измерения удельного сопротивления толщи пород вблизи бурового долота, зонд гамма-каротажа для измерения интенсивности гамма-излучения толщи пород, приборы для измерения наклона и азимута бурильной колонны и датчики давления для измерения давления бурового раствора в скважине. Упомянутые приборы передают данные скважинному генератору 134 импульсов, который также называют передатчиком, который в свою очередь передает данные наземному блоку 40 управления. В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения для передачи данных, поступающих от скважинных датчиков и приборов во время буровых работ, используют телеметрическую систему с гидроимпульсным каналом связи. Датчик 43, расположенный на трубопроводе 38 для бурового раствора, обнаруживает импульсы давления в столбе бурового раствора, отображающие данные, передаваемые скважинным генератором 134 импульсов. В ответ на изменения давления бурового раствора датчик 43, также называемый приемником, генерирует электрические сигналы и через проводник 45 передает их наземному блоку 40 управления. В качестве альтернативы, в настоящем изобретении могут использоваться другие методы телеметрии, такие как электромагнитная и акустическая телеметрия или любой другой применимый метод.

Передатчик 134 направляет поток данных в буровой раствор 31, который является средой для передачи сигналов. После подачи сигнала в передающую среду передачи множество особенностей передающей среды и ее взаимодействия с окружающей средой постоянно меняют передаваемый сигнал. Множество различных свойств передающей среды влияют на характеристики канала передачи. Суммарное влияние может быть настолько велико, что сигнал, принимаемый приемником 43, становится, вероятно, не очень похожим на переданный сигнал. Это явление в целом известно как передаточная функция канала передачи и часто обозначается как  $H_{(\omega)}$ . Специалистам в данной области техники понятно, что, если значение передаточной функции  $H_{(\omega)}$  известно, обратная величина функции может быть применена в пространстве  $\omega$  (частотной области) к принимаемому сигналу с целью его обратного преобразования в подобие (близкое сходство) переданного сигнала. Как и шум на передающем конце системы, шумы на принимающем конце также влияют на принимаемый поток данных. Например, в системе передачи с гидроимпульсным каналом связи шум ближнего источника, влияющий на сигналы скважинной телеметрии, включает вызываемые буровым долотом изменения давления турбулентного потока бурового раствора, которые распространяются обратно вверх по внутреннему каналу для бурового

раствора внутри бурильной колонны. Кроме того, на буровой раствор могут влиять механические вибрации компоновки низа бурильной колонны, вызывая колебания давления. Эти шумовые сигналы давления распространяются вместе с полезными сигналами данных и достигают наземного передатчика.

5 Такая схема передачи показана на фиг.2. Относительно простое восстановление осуществляют путем сосредоточения всех эффектов канала передачи и шума в одном операторе  $Q(\omega)$  104, а затем объединяют этот оператор с принимаемым сигналом  $R(\omega)$  106, чтобы восстановить переданный сигнал  $S(\omega)$  105. Данный способ выгоден в  
10 условиях относительно медленных изменений в системе передачи по сравнению со скоростью передачи кодов (сигналов), когда уровень сигнала равен или превышает уровень шума. Осуществляют временное уплотнение канала известным кодом 103, за которым следует неизвестный информационный код 102. Известный код известными способами сравнивают с принимаемыми данными, чтобы определить  
15 сосредоточенную передаточную функцию  $Q(\omega)$  104 системы. На следующем временном шаге этот оператор используют для восстановления данных. Как показано на фиг.2, каждую пару, состоящую из известного кода и неизвестного кода, используют независимо для восстановления принимаемого информационного кода.  
20 По мере увеличения скорости изменений в канале связи функцию  $Q(\omega)$  можно использовать с обеих сторон неизвестного информационного кода с целью улучшения восстановления. В данном случае вычисляют функцию  $f[Q_1(\omega), Q_2(\omega)]$  и применяют к данным в интервале. Значение  $Q(\omega)$  можно контролировать с целью получения показателя относительных изменений шума в канале передачи.

25 Предыдущее восстановление сигнала может быть усовершенствовано за счет того, что до попытки восстановления отдельно рассчитывают шум в канале передачи, как это показано на фиг.3, после удаления расчетного шума 306 определяют передаточную функцию  $H(\omega)$  канала передачи, а затем используют оставшийся  
30 оператор для восстановления сигнала данных. Данный способ выгоден в условиях относительно медленных изменений в системе передачи по сравнению со скоростью передачи кодов, но когда шумовая характеристика меняется со скоростью, сравнимой со скоростью передачи кодов. Осуществляют временное уплотнение канала известными кодами, неизвестными информационными кодами и периодами молчания,  
35 во время которых отсутствует передача и можно измерить шумовую характеристику канала. Шум в конкретном временном окне передачи сигнала рассчитывают как функцию  $N(\omega) = f[N_1(\omega), N_2(\omega)]$  измерения шума с любой стороны окна сигнала. Эту функцию  $N(\omega)$  можно вычислить множеством способов, включая без ограничения  
40 выведение среднего арифметического, подбор кривой или известные из уровня техники статистические методы. После удаления шума известный код сравнивают с принимаемыми данными, чтобы определить передаточную функцию  $H(\omega)$  системы. На следующем временном шаге этот оператор используют для восстановления данных. Следует отметить, что при наличии периодов шума с обеих сторон  
45 неизвестных данных расчет шума может быть осуществлен повторно, чтобы учесть любые изменения и улучшить восстановление неизвестного сигнала, как это показано. Как указано выше, функции  $N(\omega)$  и  $H(\omega)$  можно контролировать с целью получения показателей изменений в канале передачи. Описанный способ особо применим в  
50 условиях высокого уровня шума  $N_f$  вблизи приемника. Шум на концах источника сосредоточен в вычислении  $H(\omega)$  и может представлять проблему, если шум быстро меняется.

Как показано на фиг.4, эффективная полоса пропускания системы может быть

расширена за счет дополнительных частотно-уплотненных каналов, каждый из которых содержит уплотненные по времени данные и неизвестные коды. Каналы также уплотняют по времени известным кодом 403, за которым следует неизвестный информационный код 402. Известный код сравнивают с принимаемыми данными, чтобы определить сосредоточенную передаточную функцию  $Q(\omega)$  конкретного канала. После вычисления этот оператор используют для восстановления данных в следующем временном окне. Каждую пару, состоящую из известного кода и неизвестного кода, используют независимо для восстановления информационного кода. По мере увеличения скорости изменений в канале связи функцию  $Q(\omega)$  можно использовать с обеих сторон неизвестного кода с целью улучшения восстановления сигнала данных. В данном случае функцию  $f[Q_1(\omega), Q_2(\omega)]$  вычисляют как функцию шума в предыдущем примере и применяют к данным в интервале.

На фиг.5 показана двухканальная система с шумоподавлением, в которой передаточную функцию  $H_n(\omega)$  канала передачи определяют после удаления расчетного шума. Каналы также уплотняют по времени известным кодом 503, за которым следует неизвестный информационный код 502. Известный код сравнивают с восстановленными принимаемыми данными, чтобы определить сосредоточенную передаточную функцию  $H_n(\omega)$  конкретного канала 505 А, В. После вычисления этот оператор используют для восстановления данных в следующем временном окне. Показано, что каждую пару, состоящую из известного кода и неизвестного кода, используют независимо для восстановления информационного кода. По мере увеличения скорости изменений в канале связи или увеличения шума функции  $H(\omega)$  или  $N(\omega)$  можно использовать с обеих сторон неизвестного кода с целью улучшения восстановления. В данном случае функции  $f[H_1(\omega), H_2(\omega)]$  и  $f[N_1(\omega), N_2(\omega)]$  вычисляют как функцию шума в предыдущем примере и применяют к данным между шумовыми каналами. Если  $H_1(\omega)$  применима для верного прогнозирования  $H_2(\omega)$ , можно исключить устройство уплотнения каналов и использовать один канал для известных кодов, а другой канал для информационных кодов. За счет увеличения числа информационных кодов по сравнению с известными кодами можно увеличить пропускную способность при условии отсутствия быстрых изменений характеристик системы, как упомянуто выше.

На фиг.6 показан пример многоканальной системы, в которой известные коды 602 и информационные коды 601 распределены между различными каналами и перемежаются периодами 603, во время которых отсутствует передача сигналов. Каждый диапазон частот передачи может иметь различные характеристики передачи и шума и как таковой требует различной обработки. Мультиплексор 607 позволяет передавать данные, известные коды или не передавать ничего по любому конкретному каналу А-Г на любом временном шаге согласно известному протоколу. Тот же протокол используют на приемном конце. С помощью описанных ранее способов можно определить передаточную функцию  $H_n(\omega)$  с целью восстановления полезных сигналов данных. Одной из задач уменьшения шума является эффективное определение характеристик шума следующим образом:

$$R(\omega) + N(\omega) - N_{\text{ест}}(\omega) = R(\omega) \quad (1)$$

Следует отметить, что хотя в модели системы передачи присутствуют два источника шума, их можно удалить за одну операцию.

$$[S(\omega) + N_1(\omega)] * H(\omega) + N_2(\omega) = R(\omega) \quad (2)$$

$$S(\omega) * H(\omega) + [N_1(\omega) * H(\omega) + N_2(\omega)] = R(\omega) \quad (3)$$

Член  $[N_1(\omega) * H(\omega) + N_2(\omega)]$  можно рассматривать как одночлен  $N(\omega)$ , который

соответствующим образом рассчитывают во время периодов измерения шума.

На фиг.7 показана схема каналов показанной на фиг.6 системы, в которой каналы А-Г уплотнены по времени, за счет чего осуществляют функции расчета шума, определения характеристик канала и передачи данных. На каждом временном шаге в различных диапазонах частот передают необходимые сигналы для одновременного осуществления множества функций.

Как показано на фиг.7, во время каждого временного интервала 701-706 обмена данными по результатам измерений в выделенных шумовых каналах Ch А, С, Е, G может быть осуществлен новый расчет шума в каналах данных Ch В, D, Е.

Моделируют представления амплитуды и фазы и используют их для точного определения характеристик шума. Может использоваться множество известных способов, включая без ограничения линейную аппроксимацию, подбор экспоненциальной кривой и подбор полиномиальной кривой. Как показано на фиг.8, подобранные кривые  $N_{1A}$ ,  $N_{1C}$  шума на соседних шумовых каналах Ch А, Ch С проходят через канал Ch В и представлены в виде расчетного шума  $N_{1B}$  на канале данных. После расчета шума на каждом конкретном канале данных он может быть удален из комбинации сигнала и шума на канале данных до обращения свертки канала передачи и восстановления полезного сигнала данных. Данная операция может быть осуществлена в частотной области или временной области.

Как показано на фиг.9, для проверки и оптимизации применяемой расчетной модели периодически может использоваться временной интервал, за который отсутствует переданная информация. Путем применения модели к наблюдаемым каналам с нормальным шумом можно моделировать измерения погрешности между фактическим шумом  $N_{act}$  и моделью  $N_{est}$ , например  $N_{1C}$  на фиг.8, и рассчитать модель адаптивного уменьшения такой погрешности. При необходимости вся модель может быть переключена, если это требует характер шума. Кроме того, могут быть обнаружены шумовые выбросы и другие явления, способные вызвать сбой обнаружения, и такие каналы прекращают использовать или адаптивно переключают. После расчета шумовую модель оптимизируют для данного набора условий, и система продолжает использовать настроенную модель до передачи очередного шумового временного интервала.

Периодичность передачи шумовых интервалов зависит от того, насколько быстро меняется характер шума. За счет изучения стадии покоя (шумовых интервалов) приемник или передатчик может обнаруживать аномальные шумовые характеристики, вызывающие ухудшение приема, и возможно переключать спектры или не использовать конкретные каналы, например, если в них присутствуют случайные шумовые выбросы.

После удаления шума определяют передаточную функцию канала передачи, передавая вместо данных известный код. За счет использования того же канала, по которому передают данные, получают более точное представление, чем представление, получаемое при попытке интерполяции/экстраполяции с использованием соседних каналов, как это показано на фиг.10. На фиг.10 показано, что передаточную функцию  $H(\omega)$  канала передачи определяют для каждого из частотных каналов во временном интервале 1001. Затем  $H(\omega)$  объединяют с измерениями во временном интервале 1002 с целью извлечения сигналов данных.

На фиг.11 показана типичная аппаратная конфигурация системы с N каналами, обеспечивающая связь между скважинной системой и наземной системой, как указано ранее. Как показано на фиг.11, сигнал 1102 данных и известный информационный

код 1103 передают через коммутационное устройство 1105, управляемое командами, запрограммированными в контроллере 1119. Контроллер 1119 может иметь схемы, такие как аналоговые задающие схемы, цифровые процессоры сигналов (ЦПС) и ЦП с памятью для управления работой скважинных устройств и передатчика 1110.

5 Передатчиком 1110 может являться любой известный из уровня техники генератор импульсов давления в столбе бурового раствора, включая без ограничения генератор положительных импульсов, генератор отрицательных импульсов и генератор незатухающих колебаний. В качестве альтернативы, передатчиком 1110 может  
10 являться электромагнитное устройство, акустическое устройство для передачи волн напряжений через бурильную колонну, гидроакустическое устройство для передачи акустических сигналов через буровой раствор, экранированную бурильную трубу или любое другое применимое передающее устройство. Коммутационное устройство 1105 помещает сигнал данных и известный код в поток данных в соответствии с  
15 протоколом, который хранится в контроллере 1119. Поток данных может передаваться на одной частоте или на множестве частот с использованием многоканального разделителя 1106 и частотного уплотнителя 1107. Описанная концепция связи применима при любом числе каналов связи, однако может  
20 использоваться лишь один канал связи и два побочных шумовых канала.

В случае использования расширенного спектра данные и необязательный введенный шум распределяют по известным каналам с расширенным спектром с помощью многоканального драйвера (MCD, от английского - multi-channel driver) 1106, который известен специалистам в области связи. MCD 1106 способен  
25 дополнительно расширять спектр таким образом, чтобы между каждым каналом связи находился шумовой канал. Диапазоны частот каналов связи и шумовых каналов известны и могут быть изменены при изменении скорости передачи данных и/или характеристик шума. Полосы пропускания каналов связи и шумовых каналов  
30 известны или заранее передаются приемнику. После окончательной обработки в MCD 1106 остается несколько каналов связи и шумовых каналов, а в одном из вариантов осуществления число шумовых каналов превышает число каналов связи.

Передатчик 1110 передает сигналы по линии 1112 передачи, которой в рассматриваемой типичной системе является буровой раствор 31, находящийся внутри  
35 бурильной трубы. На передаваемые сигналы накладывают шум 1111 ближнего источника. Как упомянуто ранее, шум 1111 может включать без ограничения вызываемый буровым долотом шум турбулентного потока бурового раствора и вызываемые механической вибрацией бурильной колонны колебания давления  
40 бурового раствора. С приближением сигнала к приемнику 1114 на него все больше влияет шум 1113 ближнего приемника. Шум 1113 ближнего приемника включает без ограничения вызываемый вибрацией буровой установки шум бурового раствора и колебания давления и пульсации бурового насоса. Сигналы принимает приемник 1114,  
45 которым в случае передачи по гидроимпульсному каналу связи может являться датчик 43 давления. В рассматриваемом основном случае для захвата полного временного потока данных, который, как это описано ранее, также включает шумы системы, используют один приемник. Этот полный сигнал направляют в  
50 разделитель 1115 спектра, способный осуществлять преобразование частоты, такое как быстрое преобразование Фурье, в результате которого временной аналоговый сигнал непосредственно после приема преобразуют в аналоговый сигнал с разнесенными по частоте каналами, подобный переданному сигналу с расширенным спектром. Разделитель 1115 спектра заново создает такое же число каналов с такими

же диапазонами частот и полосами пропускания, которые заданы при передаче многоканальным драйвером 1106. Последующие операции одинаковы для всего N-числа каналов сигнала. Каждый изолированный частотный канал оцифровывают с помощью АЦП 1116. Изолированные по частоте индивидуальные сигналы подают в 5 сеть канальных ЦПС 1117, которые в свою очередь соединены с одним или несколькими центральными процессорами (ЦП) 1118. Эта сеть ЦПС и ЦП, которая действует согласно запрограммированным командам 1120, осуществляет все необходимые операции, чтобы определить характерный шум канала, рассчитать шум 10 в канале связи, удалить шум, рассчитать характерную для устройства или канала функцию преобразования, применить функцию преобразования и выдать последовательность характерных для канала потоков данных, которые могут быть воссоединены с целью создания потока данных непосредственно после передачи. Создание таких команд находится в пределах компетенции специалиста в данной 15 области техники и не требует неоправданного экспериментирования.

В другом варианте осуществления, показанном на фиг.12, эксплуатационные скважины 1202 и 1203 имеют насосно-компрессорные колонны соответственно 1204 и 1205, которые расположены внутри них. Насосно-компрессорные колонны 1204, 20 1205 доходят до продуктивного пласта 1201. С насосно-компрессорными колоннами 1204 и 1205 соответственно соединены скважинные устройства 1206 и 1207 для регулирования дебита потока из пласта 1201. Устройства 1206 и 1207 передают данные, поступающие от датчиков (не показанных), которые находятся в каждом устройстве для регулирования дебита. Данные включают без ограничения параметры, 25 связанные с состоянием устройства для регулирования дебита, параметры, связанные с потоком флюида, и параметры, связанные со свойствами пласта 1201. Передача данных на поверхность может осуществляться по проводам, путем передачи акустических волн напряжений через насосно-компрессорные колонны и/или методом 30 электромагнитной телеметрии через толщу пород. Передаваемые из скважины параметры принимают контроллеры наземных систем 1208 и 1209 и по линиям 1221 и 1222 передают их центральному контроллеру 1220 для управления разработкой пласта 1201 согласно заранее установленному плану. В каждом канале связи может присутствовать шум, который тем самым создает помехи сигналам данных, 35 поступающим в контроллер 1220, и приводит к пропаданию и/или ошибочной интерпретации сигналов данных, в результате чего регулирование потока из пласта 1201 не соответствует желаемому плану. Описанные способы могут применяться для улучшения восстановления таких данных. Хотя в рассмотренном 40 случае речь идет о двух скважинах, подразумевается, что данная система применима к любому числу скважин.

В другом варианте осуществления, показанном на фиг.13, настоящее изобретение применяется в сочетании с подводной передачей акустического сигнала с целью 45 исключения шума, присутствующего в таких акустических сигналах. Как показано на фиг.13, различные устройства, находящиеся в воде 1311, осуществляют обмен однонаправленными или, в качестве альтернативы, двунаправленными акустическими сигналами. В одном из вариантов осуществления подводная перекачивающая станция 1301 соединена со скважиной 1302, пробуренной для разработки пласта 1301. 50 Акустический приемопередатчик 1304 может передавать данные, связанные с работой скважины 1302, соответствующему приемнику 1305, находящемуся на платформе 1306, и/или приемопередатчику 1308, находящемуся на судне 1307.

Такие приемопередатчики имеются на рынке и обычно работают на частотах

около 1-30 КГц. В таких устройствах может применяться как передатчик, так и приемник, за счет чего обеспечивается двухсторонняя связь. Приемопередатчики 1308 и/или 1305 могут передавать приемопередатчику 1304 команды для регулирования потока из пласта 1301. Такие системы подвержены влиянию шума волн и механического шума, когда они находятся вблизи судов и берегового оборудования. С целью повышения качества приема и надежности в такой системе могут применяться предложенные в настоящем изобретении устройство и способы уменьшения шума.

В показанном на фиг.13 другом варианте осуществления для связи с приемопередатчиком 1310, который с помощью кабеля 1309 опущен на морское дно, используют приемопередатчик 1308, установленный на судне 1307.

Приемопередатчик 1310 имеет контроллер (не показанный отдельно), который способен определять рабочее состояние кабеля 1309. В качестве альтернативы, контроллер приемопередатчика 1310 может принимать данные от датчиков 1311 в кабеле 1310 или установленных на кабеле 1310. В одном из вариантов осуществления кабелем 1310 является сейсмический кабель, а датчиком 1311 является геофон, способный осуществлять сейсмические измерения на дне моря. В другом варианте осуществления датчиком 1311 является датчик для определения состояние пропускания подводного кабеля связи, например трансокеанского кабеля. Данные, поступающие от датчика 1311, могут быть переданы приемопередатчику 1308 для их оценки на поверхности. Кроме того, когда кабель 1309 используют в качестве сейсмического кабеля, с судна 1307 через приемопередатчик 1308 приемопередатчику 1310 могут передаваться команды установки окон сбора данных датчика или любого другого соответствующего рабочего параметра. В случае использования в качестве кабеля связи с судна 1307 через приемопередатчик 1308 приемопередатчику 1310 могут передаваться команды установки соответствующих рабочих параметров кабеля 1310. Предложенные в настоящем изобретении способы уменьшения шума и передачи могут применяться с целью обеспечения надежной связи между наземной и подводной системами.

Следует отметить, что описанное устройство и способы уменьшения шума применимы по существу в любой системе связи, в которой в частотном канале связи присутствует существенный шум. В их число без ограничения входит дальняя связь, включая сотовую телефонную связь, космическая связь, радиосвязь, проводная связь и СВЧ-связь. Аналогичным образом, передатчики и приемники могут находиться в местоположениях, включающих без ограничения местоположения на поверхности земли, местоположения под землей, местоположения в воздухе, местоположения на поверхности моря, местоположения на дне моря и местоположения в открытом космосе.

Предложенные в настоящем изобретении способ и устройство описаны применительно к подземной среде. Вместе с тем, настоящее изобретение также может быть осуществлено в виде набора команд на машиночитаемом носителе, включающем ПЗУ, ОЗУ, ПЗУ на компакт-диске, универсальный цифровой диск, флэш-память или любой другой известный или не известный в настоящее время машиночитаемый носитель, при выполнении которых компьютером, таким как, например, процессор скважинного контроллера 1119 и/или процессор наземного контроллера 40 осуществляют предложенные в настоящем изобретении способы.

Выше с целью иллюстрации и пояснения описаны частные варианты осуществления настоящего изобретения. Вместе с тем, специалисты в данной области техники поймут, что в описанные выше варианты осуществления может быть внесено множество

усовершенствований и изменений, не выходящих за объем и сущность изобретения. Подразумевается, что следующие далее притязания следует считать охватывающими все такие усовершенствования и изменения.

5

### Формула изобретения

1. Система передачи информации, содержащая передатчик, размещенный в первом местоположении с возможностью передачи сигнала данных и известного сигнала по каналу связи, имеющему шумовую составляющую,

10

приемник, расположенный во втором местоположении с возможностью приема сигнала данных, известного сигнала и шумовой составляющей, и

блок управления, функционально связанный с приемником с возможностью выполнения сравнения принимаемого известного сигнала и принимаемого сигнала данных для расчета передаточной функции канала и объединения расчетной передаточной функции канала с принимаемым сигналом данных с целью восстановления переданного сигнала данных.

15

2. Система по п.1, в которой передатчик предназначен для передачи сигнала, выбранного из группы, включающей гидроимпульсный сигнал, переносимый буровым раствором акустический сигнал, акустический сигнал волн напряжений, электромагнитный сигнал и радиочастотный сигнал.

20

3. Система по п.1, в которой передатчик и приемник размещены в одном из местоположений из группы, включающей местоположение на поверхности земли, местоположение внутри скважины, местоположение в воздухе, местоположение в космическом пространстве, местоположение на поверхности воды и местоположение под водой.

25

4. Система по п.1, включающая множество каналов связи, при этом передатчик выполнен с возможностью передачи многоканального сигнала по меньшей мере по двум из множества каналов связи.

30

5. Система по п.1, в которой канал связи имеет диапазон дискретных частот.

6. Система по п.4, в которой каждый из множества каналов связи имеет отличающийся диапазон дискретных частот.

35

7. Система по п.1, в которой передатчик выполнен с возможностью передачи чередующейся последовательности из сигнала данных и известного сигнала.

8. Система по п.7, в которой передатчик прекращает передачу в период молчания, в течение которого осуществляется расчет шумовой составляющей.

40

9. Способ передачи информации, при осуществлении которого:

передают от размещенного в первом местоположении передатчика сигнал данных и известный сигнал по каналу связи, который имеет шумовую составляющую,

принимают посредством размещенного во втором местоположении приемника сигнал данных, известный сигнал и шумовую составляющую,

45

сравнивают принимаемый известный сигнал и принимаемый сигнал данных для расчета передаточной функции канала,

объединяют расчетную передаточную функцию канала с принимаемым сигналом данных для восстановления переданного сигнала данных.

50

10. Способ по п.9, в котором передаваемый сигнал данных выбирают из группы, включающей гидроимпульсный сигнал, переносимый буровым раствором акустический сигнал, акустический сигнал волн напряжений, электромагнитный сигнал и радиочастотный сигнал.

11. Способ по п.9, в котором передатчик и приемник размещены в одном из местоположений из группы, включающей местоположение на поверхности земли, местоположение внутри скважины, местоположение в воздухе, местоположение в космическом пространстве, местоположение на поверхности воды и местоположение под водой.

12. Способ по п.9, в котором используют множество каналов связи, при этом сигнал данных и известный сигнал передают в виде многоканального сигнала по меньшей мере по двум из множества каналов связи.

13. Способ по п.9, в котором канал связи имеет диапазон дискретных частот.

14. Способ по п.12, в котором каждый из множества каналов связи имеет отличающийся диапазон дискретных частот.

15. Способ по п.9, в котором передаваемый сигнал включает чередующуюся последовательность из сигнала данных и известного сигнала.

16. Способ по п.15, в котором для расчета передаточной функции канала используют оба известных сигнала с каждой стороны сигнала данных.

17. Способ по п.9, в котором сравнение принимаемого известного сигнала выполнения и принимаемого сигнала данных для расчета передаточной функции осуществляют в частотной области.

18. Способ по п.15, в котором прекращают передачу в период молчания, в течение которого осуществляют расчет шумовой составляющей.

19. Способ передачи информации, при осуществлении которого:

передают от размещенного в первом местоположении передатчика сигнал данных и известный сигнал по каналу связи, который имеет первую шумовую составляющую, измеряют вторую шумовую составляющую в шумовом канале, смежном с каналом связи,

принимают посредством размещенного во втором местоположении приемника сигнал данных, известный сигнал и первую шумовую составляющую, рассчитывают первую шумовую составляющую как функцию второй шумовой составляющей шума,

объединяют расчетную первую шумовую составляющую с принимаемым сигналом данных и принимаемым известным сигналом для генерации принимаемого сигнала данных с подавленным шумом и принимаемого известного сигнала с подавленным шумом,

сравнивают принимаемый известный сигнал с подавленным шумом и принимаемый известный сигнал данных для расчета передаточной функции канала,

объединяют расчетную передаточную функцию канала с принимаемым сигналом данных с подавленным шумом для восстановления переданного сигнала данных.

20. Способ по п.19, в котором передаваемый сигнал данных выбирают из группы, включающей гидроимпульсный сигнал, переносимый буровым раствором акустический сигнал, акустический сигнал волн напряжений, электромагнитный сигнал и радиочастотный сигнал.

21. Способ по п.19, в котором передатчик и приемник размещены в одном из местоположений из группы, включающей местоположение на поверхности земли, местоположение внутри скважины, местоположение в воздухе, местоположение в космическом пространстве, местоположение на поверхности воды и местоположение под водой.

22. Способ по п.19, в котором используют множество каналов связи, при этом сигнал данных и известный сигнал передают в виде многоканального сигнала по

меньшей мере по двум из множества каналов связи.

23. Способ по п.22, в котором каждый из множества каналов связи имеет смежный с ним шумовой канал.

24. Способ по п.19, в котором канал связи имеет диапазон дискретных частот.

25. Способ по п.22, в котором каждый из множества каналов связи имеет отличающийся диапазон дискретных частот.

26. Способ по п.19, в котором передаваемый сигнал включает чередующуюся последовательность из сигнала данных и известного сигнала.

27. Способ по п.26, в котором для расчета передаточной функции канала используют оба известных сигнала с каждой стороны сигнала данных.

28. Способ по п.19, в котором шумовой канал включает первый шумовой канал, имеющий третью шумовую составляющую, и второй шумовой канал, имеющий четвертую шумовую составляющую с каждой стороны канала связи, при этом первую шумовую составляющую рассчитывают на основании сочетания третьей шумовой составляющей и четвертой шумовой составляющей.

29. Способ по п.19, в котором стадию объединения расчетной первой шумовой составляющей с принимаемым сигналом данных и принимаемым известным сигналом для генерации принимаемого сигнала данных с подавленным шумом и принимаемого известного сигнала с подавленным шумом по меньшей мере частично осуществляют в частотной области.

30. Способ по п.19, в котором прекращают передачу в период молчания, в течение которого осуществляют расчет шумовой составляющей.

31. Система передачи информации между местоположением на поверхности земли и внутрискважинным местоположением, включающая передатчик, расположенный в колонне труб, проходящей через ствол скважины, с возможностью передачи сигнала данных и известного сигнала по каналу связи, который имеет шумовую составляющую, приемник, расположенный на поверхности с возможностью приема сигнала данных, известного сигнала и шумовой составляющей, и блок управления, функционально связанный с приемником с возможностью выполнения сравнения принимаемого известного сигнала и сигнала данных для расчета передаточной функции канала и объединения расчетной передаточной функции канала с принимаемым сигналом данных с целью восстановления переданного сигнала данных.

32. Система по п.31, в которой передатчик предназначен для передачи сигнала, выбранного из группы, включающей гидроимпульсный сигнал, переносимый буровым раствором акустический сигнал, акустический сигнал волн напряжений, электромагнитный сигнал и радиочастотный сигнал.

33. Система по п.31, включающая множество каналов связи, и при этом передатчик выполнен с возможностью передачи многоканального сигнала по меньшей мере по двум из множества каналов связи.

34. Система по п.31, в которой канал связи имеет диапазон дискретных частот.

35. Система по п.33, в которой каждый из множества каналов связи имеет отличающийся диапазон дискретных частот.

36. Система по п.31, в которой передатчик выполнен с возможностью передачи чередующейся последовательности из сигнала данных и известного сигнала.

37. Система по п.36, в которой для расчета передаточной функции канала используют оба известных сигнала с каждой стороны сигнала данных.

38. Система по п.31, в которой стволом скважины является ствол эксплуатационной скважины.

39. Система по п.31, в которой передатчик прекращает передачу по каналу связи в период молчания, в течение которого осуществляется расчет шумовой составляющей.

5

10

15

20

25

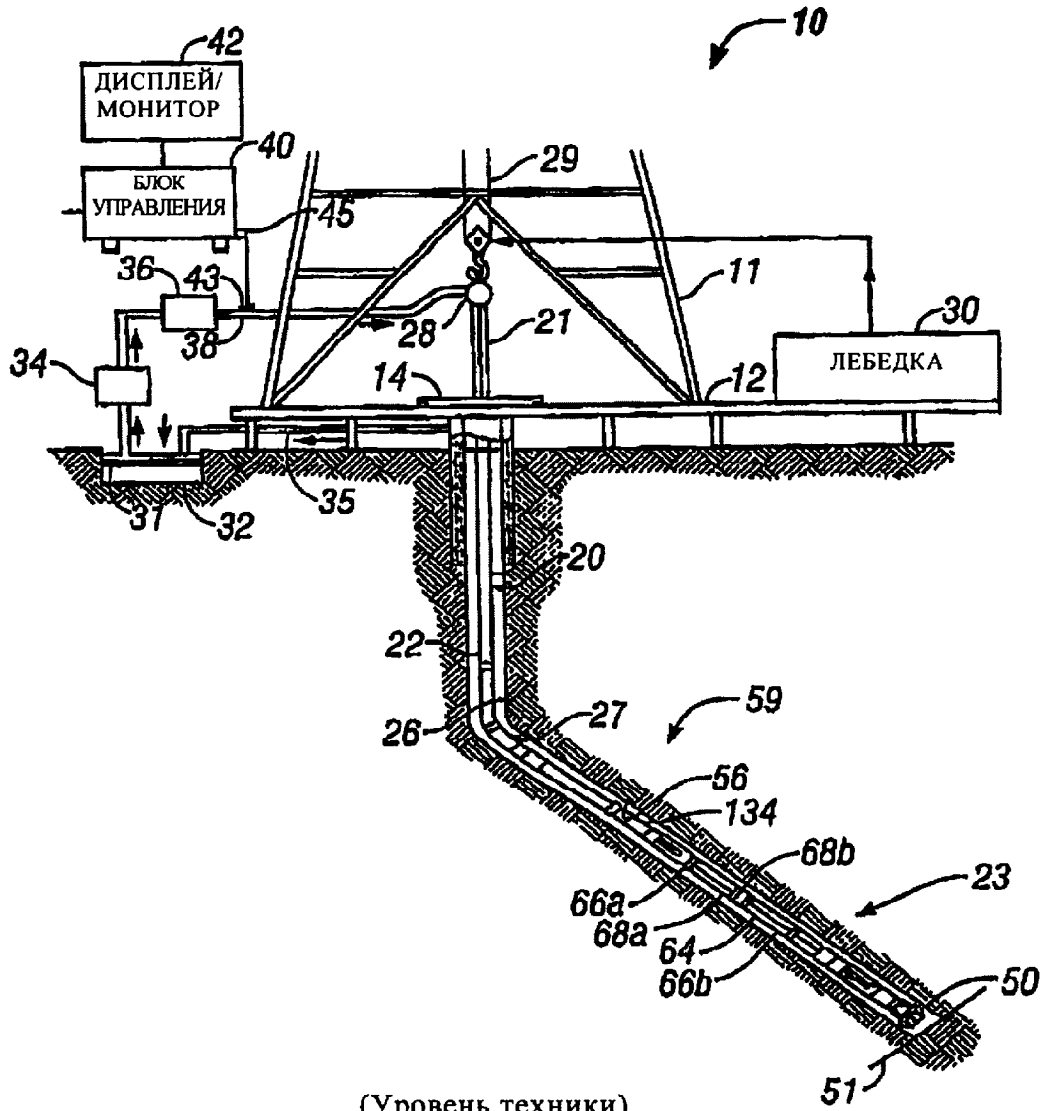
30

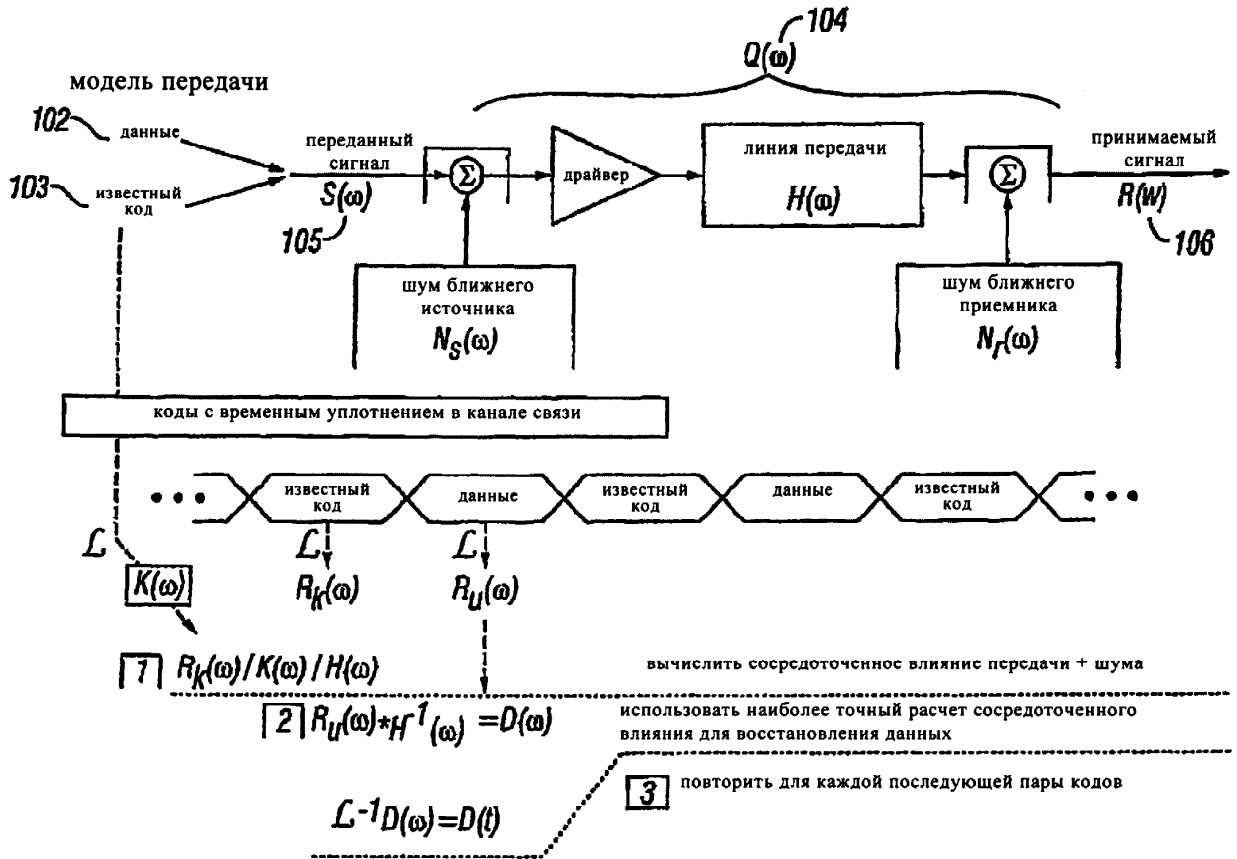
35

40

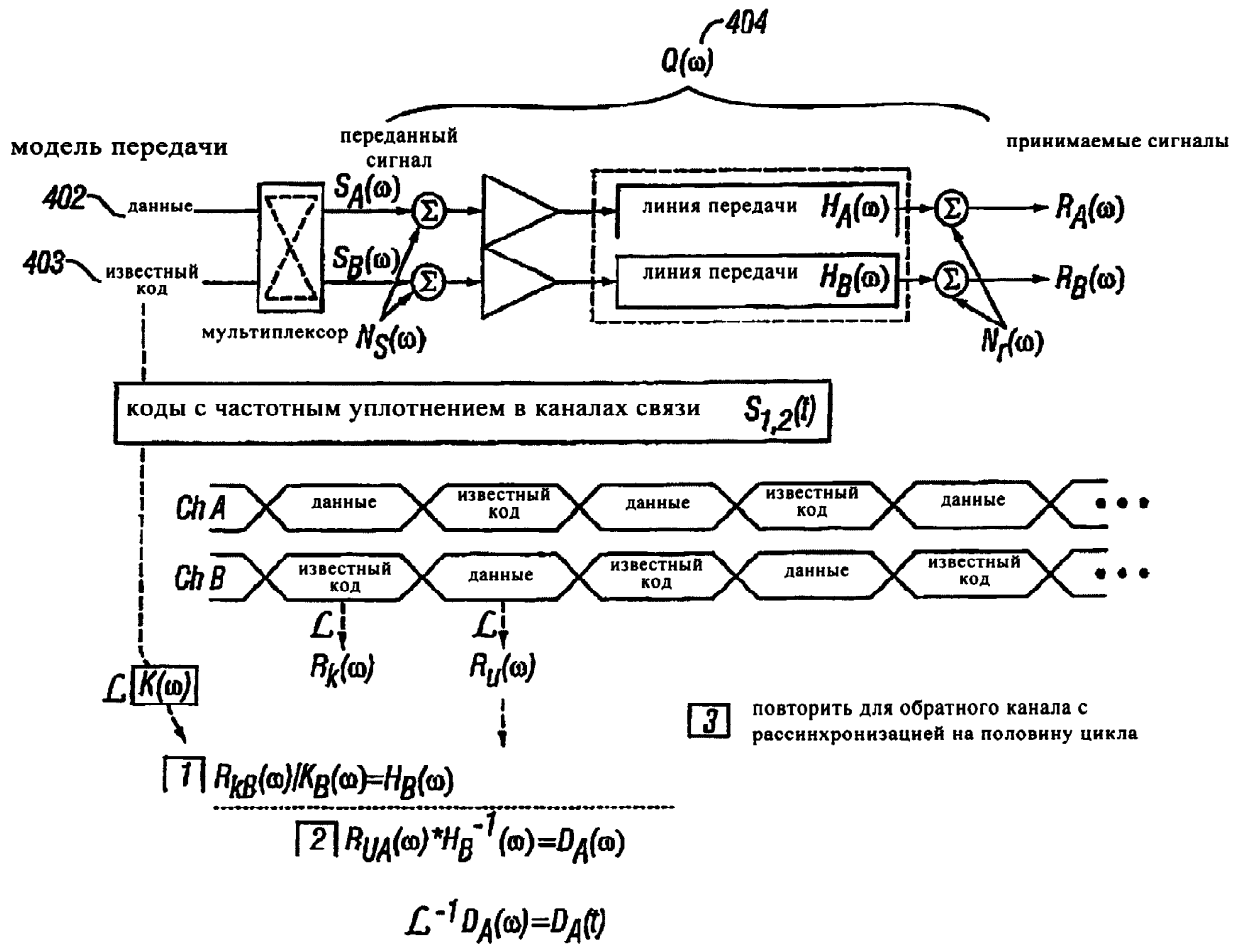
45

50

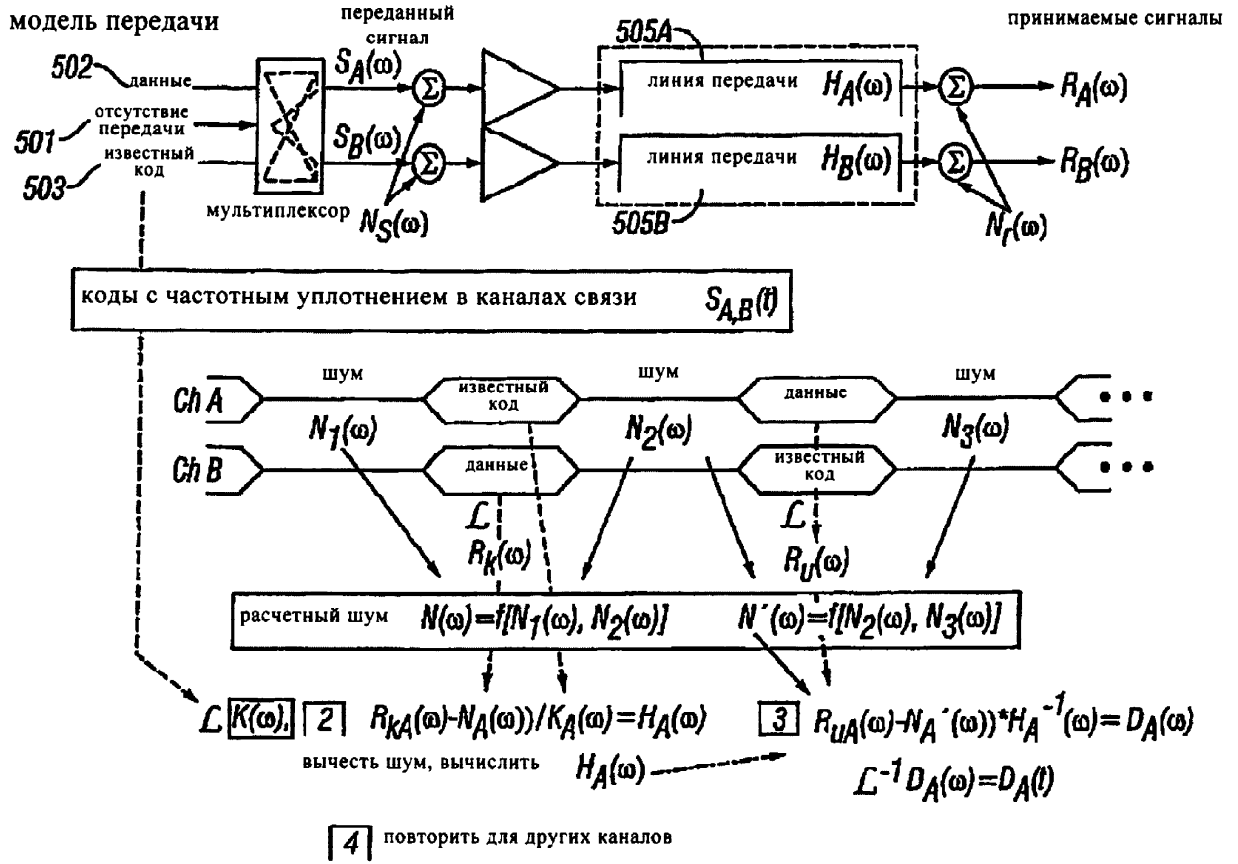




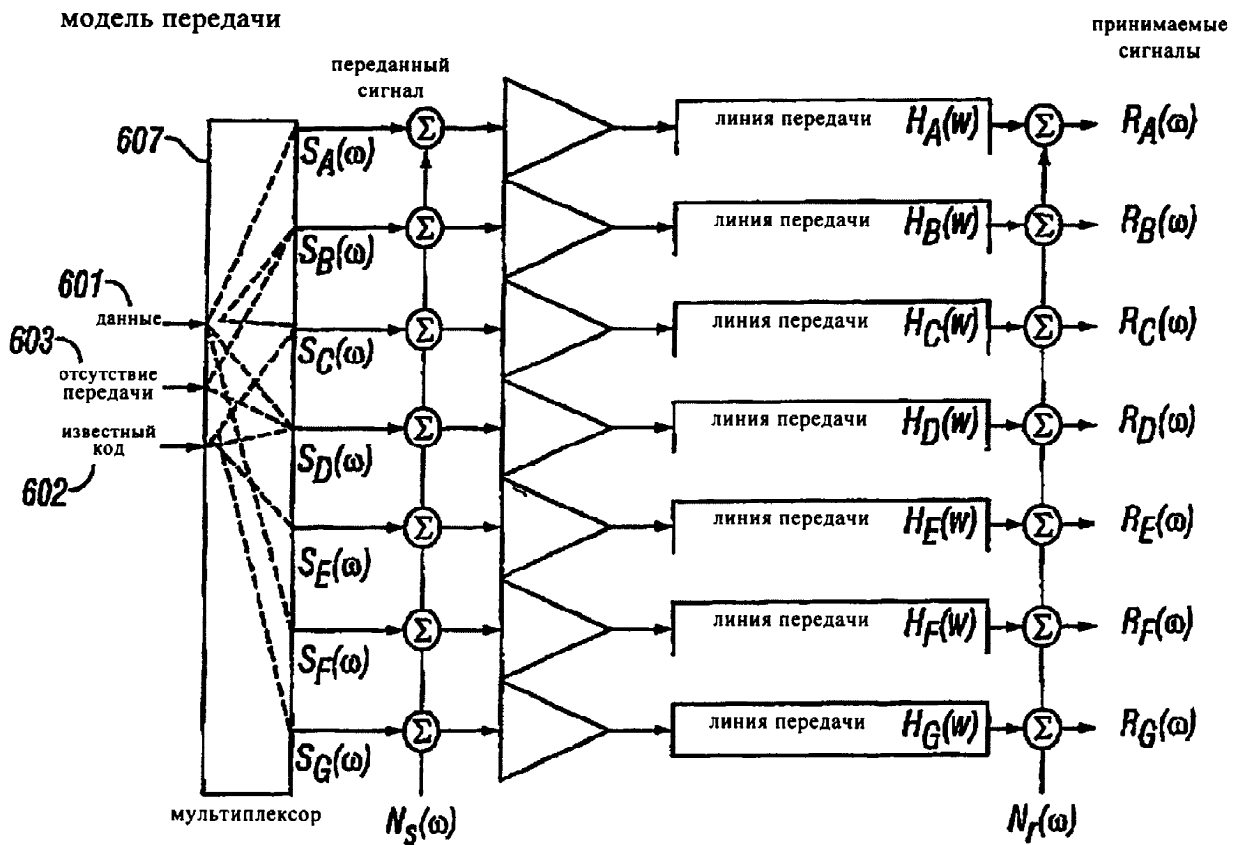
ФИГ. 2



ФИГ. 4



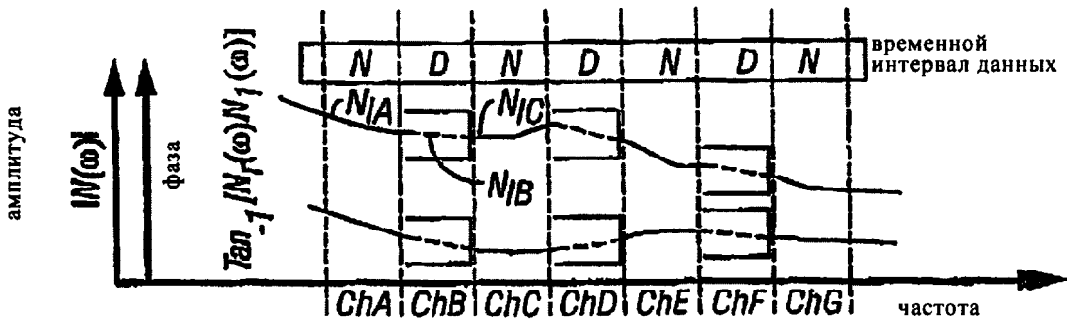
ФИГ. 5



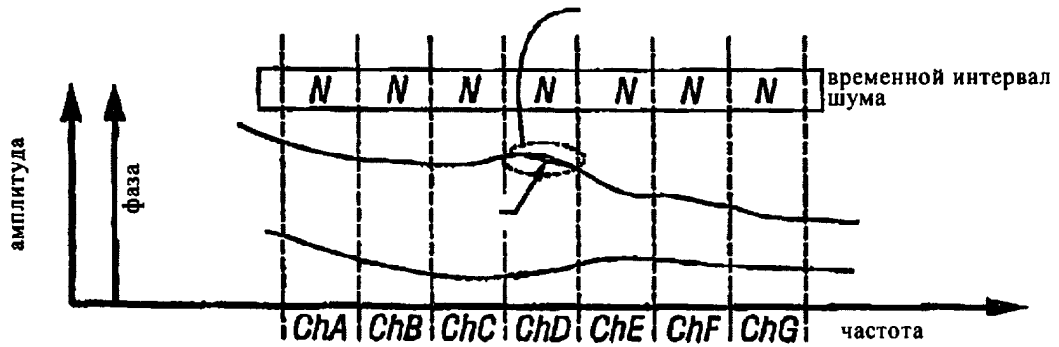
ФИГ. 6



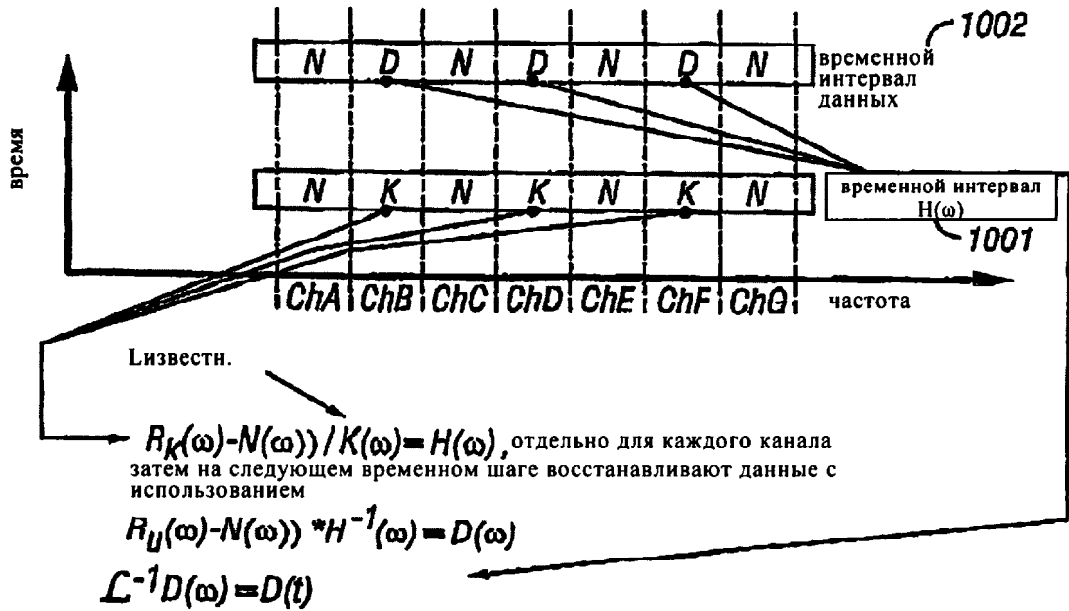
ФИГ. 7



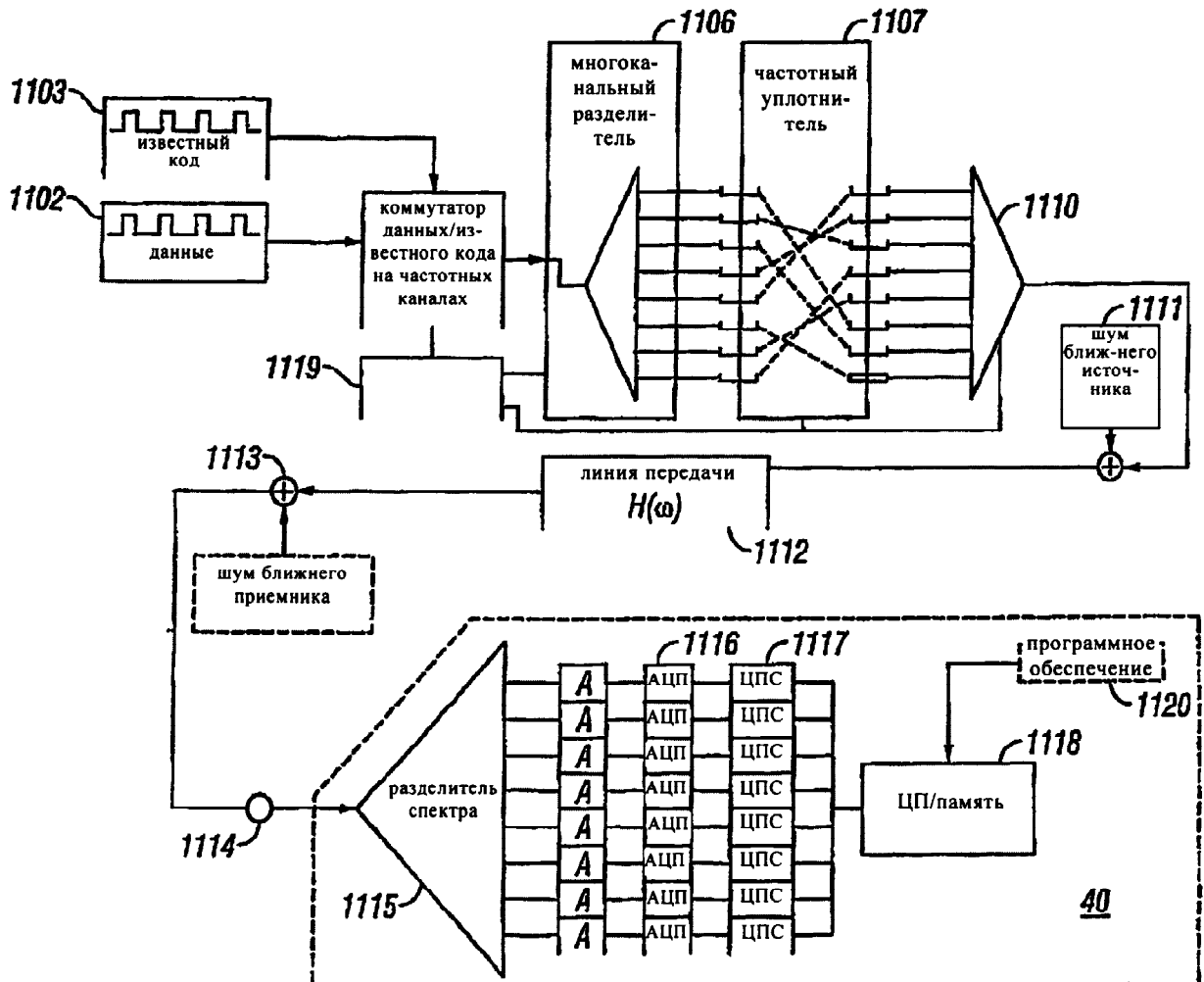
ФИГ. 8



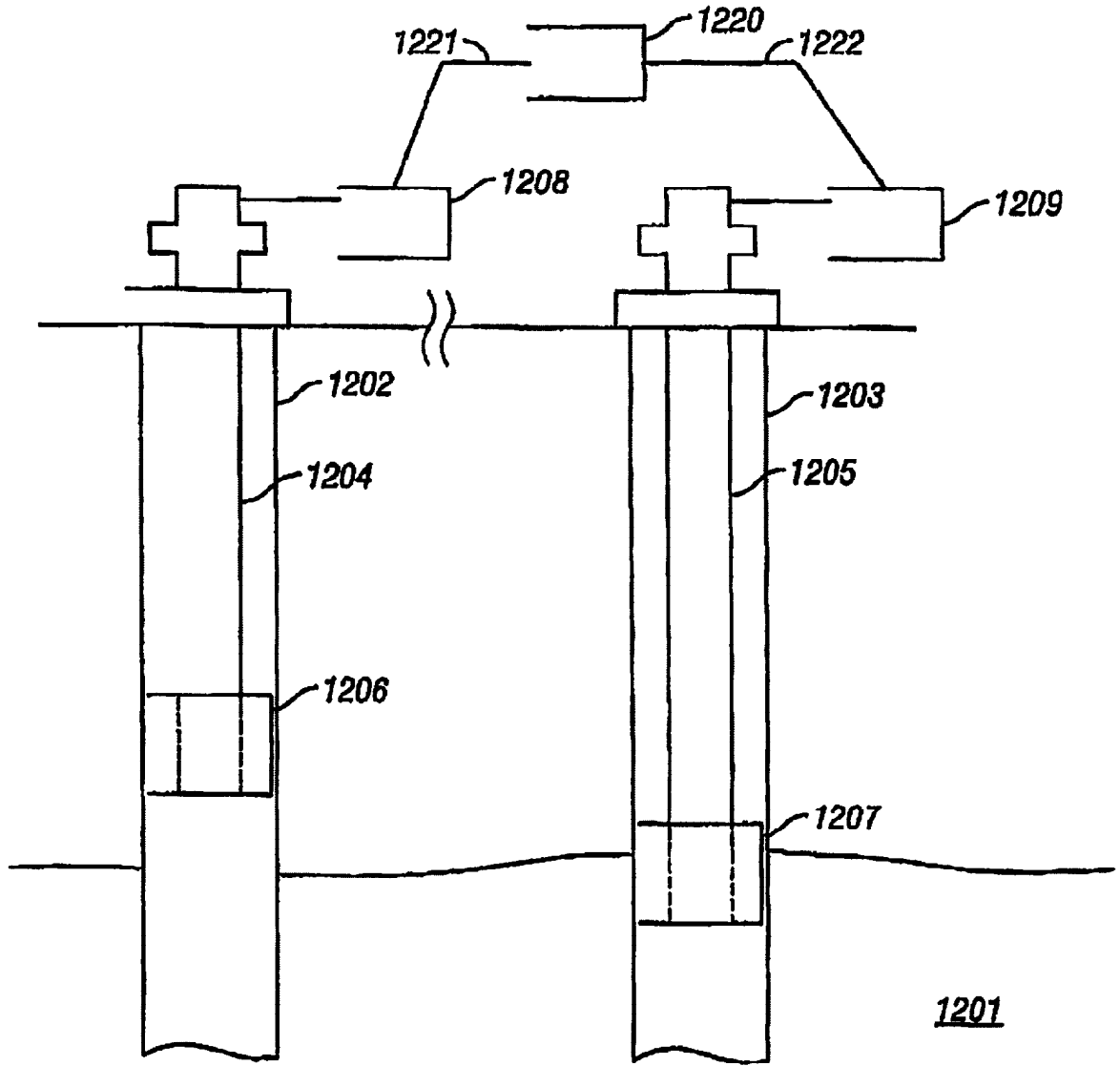
ФИГ. 9



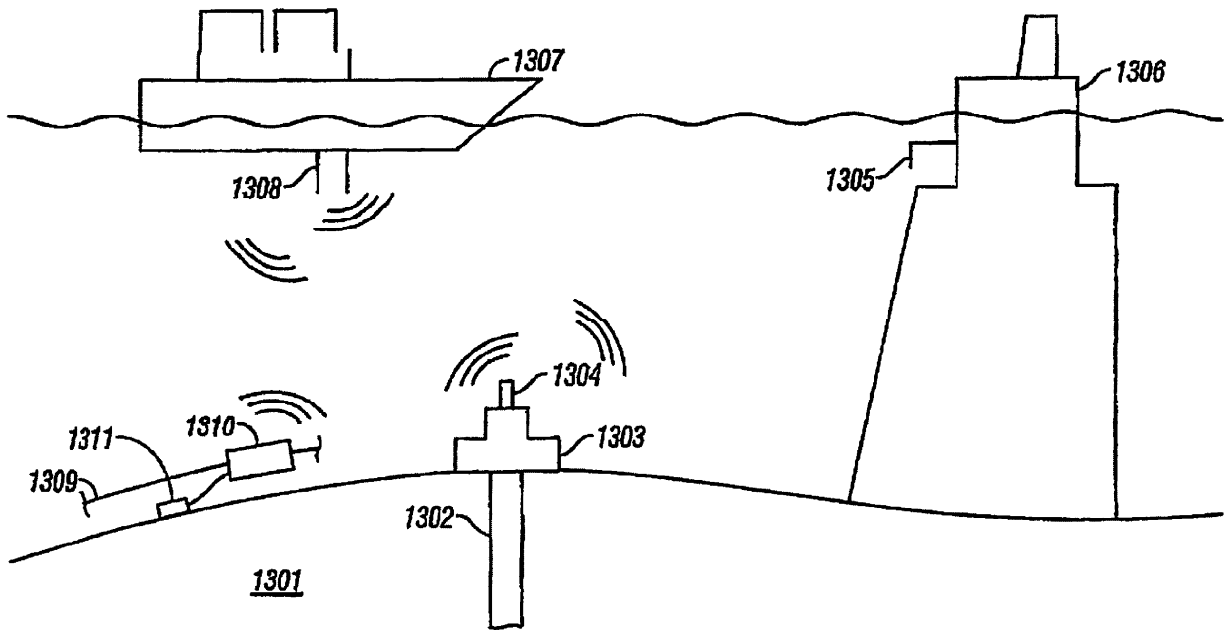
ФИГ. 10



ФИГ. 11



ФИГ. 12



ФИГ. 13