

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(11) 033617

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2019.11.11

(21) Номер заявки
201790023

(22) Дата подачи заявки
2014.03.05

(51) Int. Cl. G01V 1/02 (2006.01)
G01V 1/38 (2006.01)

(54) СИСТЕМА И СПОСОБ РАНДОМИЗАЦИИ ВРЕМЕНИ ВОЗБУЖДЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ СЕЙСМОСИГНАЛА В МОРСКОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКЕ

(31) 13/835,711

(32) 2013.03.15

(33) US

(43) 2017.09.29

(62) 201490431; 2014.03.05

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ПГС ГЕОФИЗИКАЛ АС (NO)

(72) Изобретатель:
Ван Борселен Роальд Гуннар,
Бардман Рольф Хейберт (NL)

(74) Представитель:
Хмара М.В., Рыбаков В.М.,
Новоселова С.В., Дощечкина В.В.,
Липатова И.И., Пантелеев А.С.,
Ильмер Е.Г. (RU)

(56) US-A1-20120147701
GB-A-2390902
US-A-4739858
US-A1-20110158042
US-A-5761152

(57) В изобретении представлены вычислительные системы и способы для рандомизации порядка возбуждения нескольких источников при сборе данных от источника одновременного действия. В одном аспекте псевдослучайным образом сдвинутые временные задержки генерируют для каждого интервала активации линии времени морской съемки. Каждая сдвинутая временная задержка присваивается одному из источников. Источники в каждом интервале активации возбуждаются на основе сдвинутых временных задержек.

033617 B1

033617 B1

033617

B1

Уровень техники

В течение нескольких последних десятилетий в нефтегазовой отрасли значительные средства инвестируются в разработку методов морской сейсморазведки, позволяющих получать сведения о подземных формациях, расположенных ниже водного слоя, в целях обнаружения и извлечения ценных полезных ископаемых, таких как нефть. Высокоразрешающие сейсмические изображения подземной формации имеют существенное значение для количественной интерпретации сейсморазведочных данных и мониторинга продуктивных пластов. При обычной морской сейсморазведке сейсморазведочное судно буксирует сейсмический источник, при этом то же или другое судно буксирует одну или несколько сейсмических кос, образующих поверхность сбора сейсмических данных ниже водной поверхности и выше подземной формации, исследуемой на наличие месторождений полезных ископаемых. Судно везет оборудование для сбора сейсмических данных, такое как оборудование навигационного управления, оборудование управления сейсмическими источниками, оборудование управления сейсмическими приемниками и записывающее оборудование. Оборудование управления сейсмическими источниками активирует сейсмоисточник, обычно представляющий собой группу элементов-источников, таких как пневмопушки, инициируя генерирование акустических импульсов в выбранные моменты времени. Сейсмический источник часто описывают как "возбуждаемый" или "активируемый" с целью генерации акустического импульса. Каждый акустический импульс представляет собой звуковую волну, распространяющуюся в воде в нижнем направлении и проходящую в подземную формацию. На каждой границе раздела между различными типами пород часть звуковой волны передается, а другая часть отражается обратно к водному слою, распространяясь в направлении поверхности. Сейсмические косы, буксируемые позади судна, представляют собой удлиненные кабельные конструкции. Каждая сейсмическая коса содержит некоторое количество сейсмических приемников или многокомпонентных датчиков, регистрирующих волновые поля давления и(или) движения частиц, связанные со звуковыми волнами, отражающимися обратно к водному слою от подземной формации. При традиционном сборе сейсмических данных сейсмические данные, формируемые приемниками, записываются в течение конечного периода времени и рассматриваются в качестве исходящих из единого источника. При сборе данных от источника одновременного действия несколько источников возбуждают в пределах небольшого временного окна, называемого "интервалом активации", при этом записанные сейсмические данные нельзя считать исходящими из единого источника: их рассматривают в качестве исходящих из нескольких источников и записываемых с перекрытием по времени. При реализации способов обработки следует принимать во внимание перекрытие этих записей. Один из таких способов состоит в активном разделении записываемых данных по источникам, при этом для всех сейсмограмм можно предположить, что акустическая волна исходит из единого источника. В нефтегазовой отрасли ведется поиск систем и способов, снижающих сейсмические помехи в сейсмических данных, формируемых приемниками при сборе данных от источника одновременного действия.

Перечень фигур

На фиг. 1A-1B показаны вид сверху и вертикальный вид сбоку одного из вариантов морской системы сбора сейсмических данных.

На фиг. 2 показаны путь судна и линия времени морской съемки для морской системы сбора сейсмических данных.

На фиг. 3 показана гистограмма примера временных задержек со случайными начальными значениями для восьми источников.

На фиг. 4 показано представление временных задержек с помощью круговых временных шкал.

На фиг. 5A показан интервал активации, разделенный на группы по длительности.

На фиг. 5B показан пример списка временных интервалов групп длительности.

На фиг. 6 показано случайное упорядочение групп длительности.

На фиг. 7 показан круговой график случайно упорядоченных групп длительности, представленных на фиг. 6.

На фиг. 8 показана линия времени морской съемки с первым интервалом активации, увеличенным, чтобы продемонстрировать последовательность возбуждения источников.

На фиг. 9 показан пример сдвига временных задержек источников.

На фиг. 10 показана линия времени морской съемки с первым и вторым интервалами активации, увеличенными, чтобы продемонстрировать последовательность возбуждения источников.

На фиг. 11 показан пример сдвига временных задержек источников.

На фиг. 12 показана линия времени морской съемки с тремя последовательными интервалами возбуждения, увеличенными, чтобы продемонстрировать последовательность возбуждения источников.

На фиг. 13 показана блок-схема способа рандомизации времени возбуждения источника одновременного действия.

На фиг. 14 показана блок-схема способа сдвига временных задержек, вызываемых в блоке 1308 блок-схемы, представленной на фиг. 13.

На фиг. 15 показан иллюстративный пример обобщенной компьютерной системы, реализующей способ рандомизации времени возбуждения источников одновременного действия.

Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения.

В настоящем описании изобретения представлены вычислительные системы и способы оптимизации рандомизации порядка возбуждения нескольких источников при сборе данных от источника одно-временного действия СДИОД (SSA). Несколько источников возбуждаются в интервалах активации, разделенных периодами ожидания, во время которых источники не возбуждаются. Раскрываемые ниже системы и способы относятся к псевдорандомизации порядка возбуждения источников в пределах каждого интервала активации. Порядок возбуждения нескольких источников в пределах интервала активации псевдорандомизирован так, чтобы способы обработки данных приемника позволяли оптимальным образом разделять записанные данные из сейсмограмм отдельных источников. Иными словами, эти способы и системы псевдорандомизируют время возбуждения нескольких источников в интервалах активации таким образом, чтобы каждый источник возбуждался в другой момент времени, и чтобы разность времен между возбуждением двух любых последовательных источников была больше, чем заданный параметр.

При традиционном сборе сейсмических данных сейсмические данные, формируемые приемниками и записываемые в течение конечного периода времени, рассматриваются в качестве поступающих от единого источника. При СДИОД (SSA) сейсмические волновые поля, генерируемые несколькими источниками, участвуют в формировании данных за конечный период времени одним и тем же набором приемников. Альтернативно, данные приемников могут формироваться и записываться непрерывно, при этом записанные волны от различных источников интерферируют друг с другом. Цель СДИОД (SSA) заключается в уменьшении времени, затрачиваемого на сбор сейсмических данных, и(или) увеличении разнообразия данных по таким показателям, как кратность, азимут и удаления. Один подход к обработке данных приемников заключается в разделении источников, при котором сейсмограммы по данным единственного источника получают так, как если бы между источниками не существовало никакой интерференции. Такой подход, называемый "активным разделением", обеспечивает преимущества за счет произвольного возбуждения нескольких источников. При активном разделении один из нескольких источников выбирают в качестве первичного, при этом данные приемников согласуют с временем возбуждения первичного источника и упорядочивают в соответствующей области, такой как область общей точки приема или область равных удалений. В идеальном случае рандомизация времени возбуждения для нескольких источников проявляет себя в том, что волны от оставшихся вторичных источников будут интерферировать и выглядеть некогерентными, тогда как данные приемников от первичного источника будут представляться в качестве когерентной (регулярной) волны. Вследствие этого можно использовать способы, разделяющие источники во времени на основе когерентной фильтрации. Однако стратегии рандомизации временных задержек для источников при СДИОД (SSA) могут привести к появлению волны от вторичного источника, представляющей когерентной в составе сейсмических данных, формируемых приемниками, что может произойти, когда среди некоторого количества интервалов активации два или несколько времен задержки для любых источников одновременного действия идентичны или близки друг к другу. В результате при использовании методов разделения на основе когерентности фильтр когерентности, действующий в пределах некоторого пространственно-временного окна, оказывается не в состоянии определить, что волны от вторичных источников являются некогерентными, вследствие чего полученные результаты будут неоптимальными.

В отличие от этого в описанных ниже вычислительных системах и способах применяется методика рандомизации нескольких источников, согласно которой порядок или последовательность возбуждения нескольких источников рандомизируется от одного интервала активации до другого, чтобы избежать когерентности волн, создаваемых вторичными источниками. Рандомизированный порядок возбуждения для нескольких источников гарантирует, что в пределах длины оператора методики разделения разность времен возбуждения между последовательными трассами в пространственно-временном окне достаточно велика, чтобы волна от вторичного источника стала некогерентной.

На фиг. 1A-1B представлены соответственно вид сверху и вертикальный вид сбоку одного из вариантов морской системы сбора сейсмических данных, состоящей из четырех сейсморазведочных судов 101-104. Как показано на чертеже, каждое из сейсморазведочных судов буксирует по меньшей мере один из восьми отдельных источников, обозначенных S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7 и S8. Источники S1-S8 представляют собой пример "источника одновременного действия", работа которого более подробно раскрыта ниже. Конкретно, сейсморазведочное судно 101 буксирует источник S1, сейсморазведочное судно 102 буксирует источники S2 и S3, сейсморазведочное судно 103 буксирует источники S4 и S5, а сейсморазведочное судно 104 буксирует источники S6, S7 и S8. Другие схемы проведения сейсморазведки могут предусматривать различные другие количества и варианты распределения источников между сейсморазведочными судами, количество которых также может быть различным. На фиг. 1A сейсморазведочное судно 104 также буксирует шесть отдельных сейсмических кос 106-111, размещенных в водоеме. В этом примере один конец каждой сейсмической косы присоединен к сейсморазведочному судну 104 при помощи кабеля для передачи данных сейсмической косы. Сейсмические косы 106-111 образуют плоскую горизонтальную поверхность сбора данных приемников по отношению к свободной поверхности водоема. Однако на практике поверхность сбора данных приемников может плавно изменяться под воздействием активных морских течений и погодных условий. Иными словами, хотя сейсмические косы 106-111

показаны прямыми, на практике буксируемые сейсмические косы могут совершать волнообразные колебания вследствие динамических условий водоема, в который погружены сейсмические косы. Следует отметить, что поверхность сбора данных приемников не ограничена горизонтальной ориентацией по отношению к свободной поверхности 112. Сейсмические косы могут буксироваться на глубинах, ориентирующих поверхность сбора данных приемников по некоторым углом относительно свободной поверхности 112, или таким образом, чтобы одна или несколько сейсмических кос находились на различных глубинах. Следует также отметить, что поверхность сбора данных приемников не ограничивается шестью сейсмическими косами. На практике поверхности сбора данных приемников могут состоять из различного количества сейсмических кос, от одной до 20 и более. Некоторые варианты осуществления содержат одну или несколько сейсмических кос, буксируемых одним или несколькими сейсморазведочными судами 101-104.

Фиг. 1А содержит плоскость xy 112, а фиг. 1В - плоскость xz 114 декартовой системы координат, имеющей три ортогональные пространственные оси, обозначенные x , y и z . Система координат используется для указания ориентации и расположения координат в водоеме. Направление оси x указывает положение точки в направлении, параллельном длине сейсмических кос, и называется "продольным" направлением. Направление оси y указывает положение точки в направлении, перпендикулярном оси x и практически параллельном свободной поверхности, и называется "поперечным" направлением. Направление оси z указывает положение точки, перпендикулярное плоскости xy (т.е. перпендикулярное свободной поверхности), причем положительная ось z направлена вниз относительно свободной поверхности. Глубину сейсмических кос ниже свободной поверхности можно оценивать в различных точках вдоль сейсмических кос при помощи глубиномеров, прикрепленных к сейсмическим косам. Например, глубиномеры могут измерять гидростатическое давление или использовать акустические измерения расстояний. Глубиномеры могут объединяться с регуляторами глубины погружения, такими как параваны или отводители, управляющими глубиной и положением сейсмических кос во время буксирования сейсмических кос в водоеме. Глубиномеры, как правило, располагаются с интервалами около 300 м вдоль каждой сейсмической косы. Отметим, что в некоторых вариантах осуществления буи, прикрепленные к сейсмическим косам 106-111, могут использоваться для сохранения ориентации и глубины сейсмических кос ниже свободной поверхности.

На фиг. 1А заштрихованные прямоугольники 116 представляют приемники или датчики, разнесенные по длине каждой сейсмической косы. Сейсмические косы 106-111 представляют собой длинные кабели, содержащие линии питания и линии передачи данных, присоединяющие приемники 116 к оборудованию для сбора сейсмических данных, размещенному на борту сейсморазведочного судна 104. При одном типе сейсмической разведки каждый приемник представляет собой многокомпонентный датчик, содержащий один или несколько геофонов, каждый из которых регистрирует смещение в водоеме во времени путем регистрации движения частиц, скоростей или ускорений, и гидрофон, регистрирующий изменения давления воды во времени. Сейсмические косы 106-111 и сейсморазведочные суда 101-104 содержат специальные электронные измерительные устройства и оборудование обработки данных, позволяющие соотносить показания приемников с абсолютным положением на свободной поверхности и абсолютным пространственным положением относительно произвольной трехмерной системы координат.

Каждый из источников S1-S8 состоит из одного или нескольких элементов источника, таких как гидропушки, пневмопушки или морские вибраторы, подвешенные на поплавках ниже свободной поверхности. Пневмопушки и гидропушки выбирают таким образом, чтобы они имели различные размеры камер, и специально располагают в пределах группы так, чтобы генерировать результирующий акустический импульс. Морские вибраторы могут использоваться в режиме ступенчатой функции для генерации результирующего акустического импульса. В другие варианты осуществления источники S1-S8 могут представлять собой источники электромагнитного (ЭМ) поля. Источник ЭМ поля содержит два возбуждающих электрода, расположенных на противоположных концах кабеля для образования электродипольной передающей антенны, подключаемой к сейсморазведочному судну при помощи возбуждающего вводного кабеля. Возбуждающие электроды ЭМ поля и кабель могут располагаться горизонтально или вертикально. На фиг. 1В показан вертикальный вид сбоку сейсморазведочных судов 101-104, буксирующих источники S1-S8 ниже свободной поверхности 118 и выше подземной формации 120. Сейсмические косы 106-111, буксируемые сейсморазведочными судами 102-104, не показаны для удобства. Кривая 122 представляет твердую поверхность на дне водоема, расположенного выше подземной формации 120. Подземная формация 120 представляет собой некоторое количество подземных слоев, сложенных из осадков и пород. Кривые 124, 126 и 128 представляют собой границы раздела между подземными слоями различного состава. Заштрихованная область 130, ограниченная сверху кривой 132, а снизу - кривой 134, представляет подземную залежь углеводородов, глубина и позиционные координаты которой могут определяться путем анализа сейсмических данных, собранных в ходе морской сейсморазведки. По мере продвижения сейсморазведочных судов 101-104 над подземной формацией 120 источники S1-S8 формируют кратковременные волны давления, называемые акустическими импульсами, с пространственными и временными интервалами, подробнее описанными ниже. Для удобства на фиг. 1В изображен акустиче-

ский импульс, распространяющийся наружу от источника S1 в виде волнового поля 136 давления, представленного полуокружностями возрастающего радиуса с центром в источнике S1. Волновые фронты, по существу, показаны на фиг. 1В в поперечном разрезе вертикальной плоскости. Часть волнового поля 136 давления, распространяющаяся наружу в нижнем направлении, называется "первичным волновым полем", в конечном счете, достигающим твердой поверхности 122 подземной формации 120, причем в этой точке первичное волновое поле частично отражается от твердой поверхности 122, а частично преломляется вниз в твердую подземную формацию 120, становясь упругими волнами внутри подземной формации 120. Иными словами, в водоеме акустический импульс состоит из продольных волн давления или Р-волн, тогда как в твердой подземной формации 120 волны содержат как Р-волны, так и сдвиговые волны, или S-волны. В пределах подземной формации 120 на каждой границе раздела между материалами различных типов или при скачкообразном изменении плотности или одной или нескольких различных других физических характеристик или параметров нисходящие волны частично отражаются и частично преломляются. Вследствие этого каждая точка поверхности 122 и каждая точка границ раздела 124, 126 и 128 становится потенциальным вторичным точечным источником (пунктом возбуждения), из которого акустические и упругие волны соответственно могут исходить вверх в направлении сейсмических кос (не показаны), буксируемых сейсморазведочным судном 104, в ответ на акустический импульс, возбуждаемый источником S1, и нисходящие упругие волны, возбуждаемые импульсом давления. Как показано на фиг. 1В, вторичные волны значительной амплитуды обычно распространяются из точек, расположенных на твердой поверхности 122 или вблизи от нее, таких как точка 138, а также из точек, расположенных на границах раздела в подземной формации 120 или в непосредственной близости от них, таких как точки 140 и 142. Третичные волны, называемые "волнами-спутниками со стороны приемника", порождаются вторичными волнами, отражающимися от свободной поверхности 118 назад в направлении сейсмических кос и подземной формации 120.

Вторичные волны обычно испускаются в различные моменты времени в диапазоне времени, следующем за первоначальным акустическим импульсом. Точка на твердой поверхности 120, такая как точка 138, воспринимает возмущение давления, соответствующее первоначальному акустическому импульсу, быстрее, чем точка внутри подземной формации 120, такая как точки 140 и 142. Аналогичным образом, точка на твердой поверхности 122, расположенная непосредственно под источником S1, воспринимает акустический импульс давления быстрее, чем более отдаленная точка на твердой поверхности 122. Таким образом, моменты времени, в которые вторичные волны и волны более высокого порядка испускаются из различных точек внутри подземной формации 120, связаны с расстоянием в трехмерном пространстве, на которое эти точки отстоят от источника S1. Следует отметить, что акустические импульсы, излучаемые другими источниками S2-S8, распространяются наружу в качестве волновых полей давления, взаимодействующих с подземной формацией 120, таким же образом, как акустический импульс, излучаемый описанным выше источником S1. Однако акустические и упругие волны распространяются с различными скоростями в различных материалах, а также в одном материале при разных давлениях. Поэтому времена пробега первичного волнового поля и вторичного волнового поля, испускаемого в ответ на первичное волновое поле, представляют собой комплексные функции расстояния от источника 104, а также материалов и физических характеристик материалов, через которые проходит первичная волна. Кроме того, вторичные расширяющиеся волновые фронты могут изменяться при пересечении волновыми фронтами границ раздела и при изменении скорости звука в средах, через которые проходит волна. Суперпозиция волн, испускаемых из подземной формации 120 в ответ на первичное волновое поле, обычно представляет собой очень сложное волновое поле, содержащее информацию о формах, размерах и характеристиках материалов подземной формации 120, в том числе информацию о формах, размерах и местах расположения различных отражающих объектов в подземной формации 120, представляющей интерес для сейсморазведчиков.

Подземные формации, расположенные под водоемом, можно также исследовать с использованием методик морской донной съемки. Один из вариантов этих методик реализуют при помощи морских донных кос МДК (ОВС). МДК (ОВС) аналогичны буксируемым сейсмическим косам, описанным выше, в том отношении, что МДК (ОВС) содержат некоторое количество пространственно разнесенных приемников, например приемников, размещаемых через каждые 25-50 м, однако МДК (ОВС) проложены по подошве 122 водного слоя или вблизи от нее. МДК (ОВС) могут быть подключены при помощи электронного соединения к стоящему на якоре регистрирующему судну, обеспечивающему питание, подачу команд и управление измерительной аппаратурой, а также телеметрическую передачу данных датчиков на записывающее оборудование, расположенное на борту судна. Альтернативно, методики морской донной съемки могут быть реализованы при помощи автономных систем, состоящих из приемных узлов, размещаемых и извлекаемых при помощи дистанционно управляемых аппаратов. Приемные узлы могут располагаться на подошве 122 водного слоя или вблизи от нее, например, на расстоянии 400 м друг от друга, образуя довольно грубую сетку. Автономные системы приемников, как правило, реализуют при помощи одного из двух типов систем приемных узлов. Первая система приемных узлов представляет собой кабельную систему, в которой приемные узлы соединены друг с другом кабелями и присоединены к стоящему на якоре регистрирующему судну. Кабельные системы снабжены питанием, поступающим на каж-

дый приемный узел по кабелю, а сейсмические данные возвращаются на регистрирующее судно по кабелю или при помощи радиотелеметрии. Во второй системе приемных узлов применяются автономные приемные узлы, имеющие источник питания ограниченной мощности, однако для загрузки записанных сейсмических данных приемные узлы обычно приходится поднимать со дна. Используя как МДК (ОВС), так и автономные приемные узлы, сейсмические суда, оснащенные двумя или несколькими сейсмоисточниками, как описано выше со ссылкой на фиг. 1А и 1В, могут применяться для возбуждения акустических импульсов с пространственными и временными интервалами при перемещении судов возбуждения по свободной поверхности.

Количество источников одновременного действия не ограничивается восемью источниками S1-S8, буксируемыми четырьмя сейсморазведочными судами 101-104, как показано на фиг. 1А и 1В. На практике количество источников, составляющих источник одновременного действия, может варьировать в диапазоне от всего двух до 10 или большего количества источников, при этом источники могут распределяться между любым подходящим количеством сейсморазведочных судов. В целях удобства и краткости для раскрытия способов и систем управления источником одновременного действия в псевдоодновременном режиме с целью достижения временного перекрытия при записи волновых полей, генерируемых источниками, используется пример комплекта из восьми источников S1-S8. В целом, раскрываемые ниже способы могут распространяться на n источников одновременного действия, где n - целое число, большее 1.

На фиг. 2 показана морская система сбора сейсмических данных, изображенная на фиг. 1А-1В, проходящая путь судна, представленный стрелкой-указателем 202. Стрелка-указатель 204 представляет линию времени морской съемки, связанную с работой источников S1-S8 по мере прохождения системой сбора сейсмических данных пути 202 судна. Прямоугольники представляют интервалы активации, во время которых возбуждаются источники S1-S8, а двусторонние стрелки-указатели 210 представляют периоды ожидания между интервалами активации. Например, первые три интервала 206-208 активации могут иметь длительность приблизительно 1 с, при этом периоды 210 ожидания могут изменяться в диапазоне 6-8 с. По мере прохождения системой сбора сейсмических данных пути 202 судна источники S1-S8 возбуждаются в псевдоодновременном режиме, раскрываемом ниже, в пределах каждого интервала активации, при этом во время периодов ожидания источники S1-S8 не возбуждаются. Раскрываемый ниже псевдоодновременный режим возбуждения источников S1-S8 приводит к временному перекрытию при записи волновых полей, генерируемых источниками. Псевдоодновременное возбуждение источников S1-S8 означает, что каждый из источников S1-S8 возбуждается с уникальной рандомизированной временной задержкой. Рандомизированные временные задержки возбуждения позволяют избежать усиливающей интерференции излучаемых волновых полей. Способы генерации случайного распределения временных задержек возбуждения для источников S1-S8 раскрыты ниже. На фиг. 3 показана гистограмма примера временных задержек со случайными начальными значениями для восьми источников S1-S8. Вертикальная ось 302 идентифицирует восемь источников S1-S8, а горизонтальная ось 304 представляет пример интервала активации, изменяющегося в диапазоне от 0 до 1000 мс (т.е. 1 с). Все восемь источников S1-S8 возбуждаются в соответствии с временными задержками, представленными заштрихованными полосами, идущими от оси 302 источников. Случайные начальные временные задержки задаются произвольно с ограничением, согласно которому случайно присваиваемые начальные значения предотвращают усиливающую интерференцию. Отметим, что временные задержки в интервалах активации неодинаковы и не могут быть ближе друг к другу, чем определенный пользователем параметр. Длительность каждой временной задержки соответствует длине каждой полосы и отмечена вдоль временной оси 304. Например, источнику S1 присвоена временная задержка 125 мс, представленная длиной полосы 306, а источнику S5 присвоена временная задержка 726 мс, представленная длиной полосы 308. Вследствие этого набор временных задержек, показанных на фиг. 3, называют "случайными начальными значениями", а каждую временную задержку называют "временной задержкой со случайным начальным значением". Случайные начальные значения используются для определения случайных временных задержек при возбуждении источников S1-S8 в каждом интервале активации. На фиг. 4 показан альтернативный способ представления временных задержек со случайными начальными значениями относительно интервала активации с помощью внутренней круговой временной шкалы 402 и внешней круговой временной шкалы 404. Круговые шкалы 402 и 404 используются ниже, чтобы продемонстрировать концепцию сдвига временных задержек со случайными начальными значениями и перенос назад сдвинутых временных задержек, больших, чем длительность интервала активации, раскрытую ниже. Внутренняя круговая временная шкала 402 представляет интервал активации и образована окружностью с 20 штрихами шкалы, расположенными с равными интервалами 50 мс. Штрихи шкалы обозначены моментами времени, разделенными интервалами 50 мс в пределах интервала активации 1000 мс. Внешняя круговая временная шкала 404 образована окружностью с 8 штрихами шкалы, представляющими временные задержки со случайными начальными значениями, первоначально присвоенными источникам S1-S8. В следующем описании псевдослучайного упорядочения времен возбуждения источников S1-S8 в пределах интервала активации внешняя круговая шкала 404 времени повернута относительно фиксированного положения внутренней круговой временной шкалы 402, чтобы проиллюстрировать, как изменяются временные за-

держки при различных интервалах активации.

Для каждого интервала активации линии времени морской съемки порядок возбуждения источников S1-S8 является псевдорандомизированным. Псевдорандомизированный порядок возбуждения источников S1-S8 в пределах интервала активации определяется добавлением псевдослучайно выбранного временного сдвига к временным задержкам со случайными начальными значениями источников S1-S8. Способ псевдослучайного выбора порядка возбуждения источников S1-S8 в пределах интервала активации будет раскрыт теперь со ссылкой на фиг. 5-12. Длительность интервала активации делится на длину оператора, например, на длину локального окна данных, в котором данные, формируемые приемниками, фильтруются по степени когерентности. Поскольку сейсмические данные генерируются в виде трасс, длина оператора может определяться по количеству трасс в некоторой области. Например, чтобы разделить результаты фильтрации для трассы x , один из примеров локального окна данных определяют от трассы $x-4$ до трассы $x+4$. По этим 9 трассам, лежащим в пределах локального окна данных, определяют результат фильтрации для трассы x . Так, для каждой трассы в полной сейсмограмме результат работы фильтра определяют по фильтру когерентности с длиной оператора, составляющей 9 трасс. В описанном ниже примере длительность интервалов активации, составляющая 0-1000 мс, делится на длину оператора, составляющую 20 трасс. На практике длина оператора может состоять из любого требуемого количества трасс. Вследствие этого интервал активации делят на 20 субвременных интервалов, называемых "группами длительности", где каждая группа длительности имеет длительность около 50 мс. На фиг. 5A показан интервал активации 0-1000 мс, разделенный на 20 групп длительности, при этом каждая группа длительности обозначена gm , где $m=1, 2, 3, \dots, 20$ - индекс группы длительности. На фиг. 5B показан список из 20 групп длительности и временные интервалы, связанные с каждой из 20 групп длительности. Отметим, что в данном примере отношение количества групп длительности к количеству трасс на длине оператора окна данных составляет один к одному, что может подходить для области источников-приемников или области равных удалений. После образования групп длительности их размещают в произвольном порядке с использованием псевдорандомизации. На фиг. 6 показан случайный порядок расположения 20 групп длительности, изображенных на фиг. 5A, в направлении, представленном стрелкой-указателем 602. Например, группа $g7$ длительности произвольно выбрана в качестве первой группы длительности, группа $g12$ длительности произвольно выбрана в качестве второй группы длительности и так далее, при этом группа $g17$ длительности произвольно выбрана в качестве последней группы длительности. Затем группы длительности располагают в виде кругового графика, представленного на фиг. 7. На фиг. 7 показана окружность 702 с 20 точками, расположенными с равными интервалами и обозначенными по часовой стрелке произвольно упорядоченными номерами групп длительности, изображенных на фиг. 6. Например, точки 706-708 идентифицированы с помощью первых трех групп $g7$, $g12$ и $g5$ длительности из числа псевдослучайно упорядоченных групп длительности, изображенных на фиг. 6, а точка 710 идентифицирована с помощью последней группы $g17$ длительности из числа псевдослучайно упорядоченных групп длительности, изображенных на фиг. 6. Круговой график псевдослучайно упорядоченных групп длительности, показанный на фиг. 7, и случайные начальные значения, показанные на фиг. 4, используются в сочетании для определения произвольной последовательности возбуждения источников S1-S8 в каждом интервале активации на линии времени морской съемки в соответствии со следующим. Для первого интервала активации на линии времени морской съемки идентифицируют наименьшее время задержки из числа случайных начальных значений и группу длительности, в которую попадает наименьшее время задержки. Например, случайные начальные значения, представленные на фиг. 3 и 4, демонстрируют, что источнику S1 присвоено наименьшее время задержки 125 мс, попадающее в группу $g3$ длительности, как показывает список субвременных интервалов групп длительности, представленный на фиг. 5B. Вследствие этого возбуждение источников S1-S8 в первом интервале активации на круговом графике, показанном на фиг. 7, начинается в группе $g3$ длительности. На фиг. 7 группы длительности, присвоенные первым трем интервалам активации, идентифицированы обведенными номерами 1, 2 и 3, при этом группа $g3$ обозначена обведенным номером 1, показывающим, что группа $g3$ длительности содержит источник с наименьшим временем задержки. В начале первого интервала активации источники S1-S8 возбуждаются в соответствии с временными задержками со случайными начальными значениями. На фиг. 8 показана линия 204 времени морской съемки с первым интервалом 206 активации, увеличенным, чтобы продемонстрировать последовательность возбуждения источников S1-S8. В этом примере источники S1-S8 возбуждаются в соответствии с временными задержками со случайными начальными значениями после начала интервала 206 активации. Например, источник S1 возбуждается спустя 125 мс после начала интервала активации, затем спустя 212 мс после начала интервала активации происходит возбуждение источника S7, вслед за этим в соответствии с временными задержками со случайными начальными значениями возбуждаются источники S4, S2, S6, S5 и S8 пока спустя 920 мс после начала интервала активации не произойдет возбуждение источника S3. После того как произойдет возбуждение всех источников S1-S8, источники сбрасываются, и по истечении интервала активации длительностью 1000 мс до начала второго интервала 207 активации продолжается период ожидания.

Для второго интервала 207 активации временная задержка для источника с наименьшей случайной начальной временной задержкой выбирается из соседней группы длительности на круговом графике,

показанном на фиг. 7. Например, источник S1 имеет наименьшую случайную начальную временную задержку, при этом ему присваивается произвольно выбранная временная задержка t_{15} в группе g15 длительности. Иными словами, источнику S1 может быть присвоено любое время t_{15} во временном интервале 701-750 мс. Временные задержки для оставшихся источников S2-S8 сдвигают, добавляя разность между временной задержкой t_{15} и случайной начальной временной задержкой 125 мс для источника S1 (т.е. $t_{15}=125$ мс) к каждой из случайных начальных временных задержек оставшихся источников S2-S8. Если сдвинутое время задержки больше, чем длительность интервала активации, сдвинутое время задержки регулируют, вычитая длительность интервала активации так, чтобы сдвинутое время задержки попадало внутрь интервала активации. Предположим, что временная задержка t_{15} , выбранная для источника S1 в группе g15 длительности, составляет 725 мс. Разность между выбранным временем задержки $t_{15}=725$ мс для источника S1 и случайной начальной временной задержкой для источника S1 равна 600 мс (т.е. $725-125$ мс). Каждая из случайных начальных временных задержек для оставшихся источников S2-S8 также сдвигается на 600 мс. Например, сдвинутые временные задержки для источников S7 и S4 составляют 812 мс (т.е. $212+600$ мс) и 902 мс ($302+600$ мс) соответственно. Однако добавление 600 мс к случайным начальным временным задержкам для источников S2, S6, S5, S8 и S3 дает сдвинутые временные задержки, превышающие 1000 мс и, таким образом, выходящие за пределы длительности интервала активации. Сдвинутые временные задержки, превышающие интервал активации, корректируют путем вычитания длительности интервала активации, при этом сдвинутые временные задержки помещают обратно в интервал активации, сохраняя значения разности между моментами времени активации. Иными словами, сдвинутые временные задержки, превышающие длительность интервала активации, "возвращают" назад в интервал активации, а также называют "возвращаемыми временными задержками". Например, источник S2 имеет случайную начальную временную задержку 420 мс, сдвинутую к 1020 мс (т.е. $420+600$ мс). Поскольку сдвинутое время задержки 1020 мс превышает 1000 мс, сдвинутое время задержки возвращают назад в интервал активации, вычитая 1000 мс, чтобы получить возвращаемую временную задержку 20 мс.

На фиг. 9 показан пример сдвига временных задержек источников S1-S8 для второго интервала 207 активации с использованием круговых временных шкал 402 и 404, описанных выше со ссылкой на фиг. 4. Присвоение сдвинутых временных задержек источникам S1-S8 эквивалентно повороту внешней временной шкалы 404 в направлении по часовой стрелке на 600 мс, как показано стрелкой-указателем 902. Места расположения штрихов шкалы, связанных с каждым из источников S1-S8, относительно внутренней временной шкалы 402 можно использовать для присвоения сдвинутых временных задержек во втором интервале 207 активации. Сдвинутые временные задержки, попадающие в область внешней временной шкалы 404, идентифицируемую штриховой стрелкой-указателем 904, также представляют собой возвращаемые временные задержки. В начале второго интервала активации источники S1-S8 возбуждаются в соответствии с присвоенными им сдвинутыми временными задержками.

На фиг. 10 показана линия 204 времени морской съемки с первым и вторым интервалами 206 и 207 активации, увеличенными, чтобы продемонстрировать последовательность возбуждения источников S1-S8. Во втором интервале 207 активации источники S1-S8 возбуждаются в соответствии с присвоенными им сдвинутыми временными задержками после начала интервала 207 активации, как показано на круговой временной шкале 404 на фиг. 9. Например, источник S2 представляет собой первый источник, возбуждаемый через 20 мс после начала интервала возбуждения, затем спустя 148 мс после начала интервала активации происходит возбуждение источника S6, а источники S5, S8, S3, S1 и S4 возбуждаются в соответствии со связанными с ними сдвинутыми временными задержками, представленными на фиг. 9. После того как произойдет возбуждение всех источников S1-S8, источники сбрасываются, и по истечении интервала активации длительностью 1000 мс до начала второго интервала 208 активации продолжается период ожидания.

Для третьего интервала 208 активации временную задержку для источника с наименьшей присваиваемой временной задержкой выбирают из следующей группы длительности на круговом графике, показанном на фиг. 7. Как описано выше со ссылкой на фиг. 3, источник S1 является источником с наименьшей случайной начальной временной задержкой, при этом ему присваивается сдвинутое время задержки t_1 в группе g1 длительности, представляющей собой временной интервал 0-50 мс, как показано на фиг. 5B. Сдвинутые временные задержки для оставшихся источников S2-S8 вычисляют, вычитая сначала разность между временной задержкой t_1 и случайной начальной временной задержкой 125 мс для источника S1 (т.е. $t_1=125$ мс), а затем добавляя разность к каждой из случайных начальных временных задержек, связанных с оставшимися источниками S2-S8. Например, предположим, что произвольно выбранная временная задержка t_1 для источника S1 составляет 25 мс, что соответствует группе g1 длительности. Разность между выбранной временной задержкой $t_1=25$ мс для источника S1 и случайной начальной временной задержкой для источника S1 равна 100 мс (т.е. $25-125$ мс). Сдвинутые временные задержки для оставшихся источников S2-S8 вычисляют, добавляя разность - 100 мс к каждой случайной начальной временной задержке для источников S2-S8, как описано выше со ссылкой на фиг. 3. Например, сдвинутые временные задержки для источников S7 и S4 составляют 112 мс (т.е. $212-100$ мс) и 202 мс ($302-100$ мс) соответственно.

На фиг. 11 показан пример сдвига временных задержек источников S1-S8 для третьего интервала 208 активации с использованием круговых временных шкал 402 и 404, описанных выше со ссылкой на фиг. 4. Присвоение сдвинутых временных задержек источникам S1-S8 эквивалентно повороту внешней временной шкалы 208 в направлении против часовой стрелки на -100 мс, как показано стрелкой-указателем 1102. Места расположения штрихов шкалы, связанных с каждым из источников S1-S8 относительно внутренней временной шкалы 402 можно использовать для присвоения сдвинутых временных задержек источникам S1-S8 в третьем интервале 207 активации. В начале третьего интервала 208 активации источники S1-S8 возбуждаются в соответствии с присвоенными им сдвинутыми временными задержками, представленными на фиг. 11. На фиг. 12 показана линия 204 времени морской съемки с первым, вторым и третьим интервалами 206-208 активации, увеличенными, чтобы продемонстрировать последовательность возбуждения источников S1-S8 в каждом из интервалов активации. В третьем интервале 208 активации источники S1-S8 возбуждаются в соответствии с присвоенными им временными задержками после начала интервала 208 активации. Сдвинутые временные задержки представлены на внешней временной шкале 404 на фиг. 9. Например, источник S1 представляет собой первый источник, возбуждаемый через 25 мс после начала интервала активации, затем спустя 112 мс после начала интервала активации происходит возбуждение источника S7, а источники S4, S2, S6, S5, S8 и S3 возбуждаются в соответствии со связанными с ними сдвинутыми временными задержками, представленными на фиг. 11.

Как правило, по истечении интервала активации источники сбрасываются, после чего до начала следующего интервала активации продолжается период ожидания. Способ предусматривает выбор следующей группы gm длительности из кругового графика, при этом временные задержки для следующего интервала активации сдвигаются на основе временной задержки, произвольно выбираемой для источника с наименьшей случайной начальной временной задержкой следующим образом. Пусть D представляет длительность интервала возбуждения, t_m представляет сдвинутую временную задержку из группы gm длительности для источника с наименьшей случайной начальной временной задержкой, t_s представляет случайную начальную временную задержку для источника с наименьшей случайной начальной временной задержкой, а t_i представляет случайную начальную временную задержку для i -го источника одновременного действия. Вычисление сдвинутых временных задержек может осуществляться при помощи следующего псевдокода:

```

для ( $i = 1 ; i \leq n ; i++$ ) {
     $T_i = t_i + (t_m - t_s)$ ;
    если  $T_i > D$ , то
         $T_i = T_i - D$ ; /* возвращаемая временная задержка */
    возвращаемое  $T_i$ ;
}

```

Когда начинается интервал активации, источники возбуждаются в соответствии со сдвинутыми временными задержками. Процесс выбора группы длительности из кругового графика и сдвига случайных начальных временных задержек может повторяться до завершения сейсмосъемки.

На фиг. 13 показана блок-схема способа рандомизации времени возбуждения источника одновременного действия. В блоке 1301 длительность D интервалов активации на линии времени морской съемки делят на длину оператора, выбранного для фильтра когерентности, согласно описанию, приведенному выше со ссылкой на фиг. 5A-5B. В блоке 1302 группы длительности помещают на круговой график на основе произвольного упорядочивания с использованием псевдорандомизации согласно описанию, приведенному выше со ссылкой на фиг. 6 и 7. В блоке 1303 генерируется набор случайных начальных значений для n источников одновременного действия согласно описанию, приведенному выше со ссылкой на фиг. 3. В блоке 1304 идентифицируют источник с наименьшей случайной начальной временной задержкой и группу длительности на круговом графике, в которую попадает наименьшая случайная начальная временная задержка. В блоке 1305 источники одновременного действия возбуждаются в соответствии с временными задержками. В блоке 1306, когда сейсмосъемка завершена, исполнение способа приостанавливается; в противном случае управление переходит к блоку 1307 и исполняются операции, указанные в блоках 1307-1309, 1305 и 1306. В блоке 1307 выбирают следующую группу длительности на круговом графике. В блоке 1308 процедура "сдвинуть временные задержки", описанная выше со ссылкой на фиг. 9, вызывается для выполнения сдвига временных задержек источников в соответствии с группой длительности, выбранной в блоке 1307. В блоке 1309 период ожидания между интервалами активации продолжается до его истечения согласно описанию, приведенному выше со ссылкой на фиг. 2.

На фиг. 14 показана блок-схема способа сдвига временных задержек, вызываемых в блоке 1308 блок-схемы, представленной на фиг. 13. В блоке 1401 временная задержка t_m представляет собой временную задержку, произвольно выбранную из группы длительности, выбранной на шаге 1304 или шаге 1307 на фиг. 13 для источника с наименьшей случайной начальной временной задержкой. В блоке 1402 индекс i источника устанавливается в начальное состояние "1". В блоке 1403, если индекс i источника меньше, чем количество n источников одновременного действия, управление передается на блок 1404, в котором вычисляется сдвинутая временная задержка T_i ; в противном случае набор $\{T_i\}$ сдвинутых вре-

менных задержек для интервала активации возвращается в блок 1308 способа, раскрытого на фиг. 13. В блоке 1405, если сдвинутая временная задержка T_i больше, чем длительность D интервала активации, управление передается на блок 1406, в котором длительность D вычитается из временной задержки T_i для получения возвращаемой временной задержки, находящейся в пределах данного интервала активации; в противном случае, управление передается на блок 1407, в котором индекс i источника увеличивается на 1 и операции, исполняемые в блоках 1403-1407, повторяются.

В раскрытом выше варианте осуществления количество групп длительности равно количеству трасс на длине оператора окна данных. Вследствие этого для каждого интервала активации группу длительности выбирают псевдослучайным образом для определения рандомизированных временных задержек в пределах каждого интервала активации, что удобно в случае области источников-приемников или области равных удалений, в которых отношение количества групп длительности к количеству трасс в операторе длины составляет один к одному. Однако следует отметить, что оператор разделения может применяться и к другим областям, таким как область общей глубинной точки. Шаг между трассами в области общей глубинной точки больше, чем в области равных удалений, что зависит от соотношения расстояния между точками активации и расстояния между различными трассами в пределах одной активации (т.е. часто 2 или 4). Вследствие этого количество трасс на длине оператора необязательно равно количеству групп длительности, используемых для реализации раскрытого выше способа псевдорандомизации. Варианты осуществления содержат выбор количества групп длительности на основе длины оператора в области, где выполняется разделение. Иными словами, в области общей глубинной точки отношение количества групп длительности к количеству трасс или длине оператора может составлять два к одному или четыре к одному. Например, когда длина оператора в области общей глубинной точки (т.е. количество трасс в области общей глубинной точки) равна пяти при соотношении шага источников/трасс, равном два к одному, количество групп длительности на круговом графике равно 9. Конкретно, рассмотрим девять активаций ("выстрелов") 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9 двойных источников (с двумя состояниями) в области общей глубинной точки. Для линии общей глубинной точки, принадлежащей выстрелам 2, 4, 6 и 8 с первым устойчивым состоянием, только выстрелы 1, 3, 5, 7 и 9 со вторым устойчивым состоянием вносят вклад в длину оператора, состоящую из 5 трасс. Выстрел 10 вносил бы вклад в линию общей глубинной точки со вторым устойчивым состоянием. Вследствие этого рандомизировать пришлось бы только 9 последовательных выстрелов. Отметим, что когда выстрелы каждого из двух устойчивых состояний обрабатываются по отдельности, соотношение возвращается к 1:1. Альтернативно, если длина оператора в области общей глубинной точки равна пяти при соотношении шага источников/трасс, равном четыре к одному, количество групп длительности на круговом графике равно 20.

На фиг. 15 показан один иллюстрирующий пример обобщенной компьютерной системы, реализующей результативный способ рандомизации времени возбуждения источников сейсмосигнала и, таким образом, представляющей собой систему обработки данных. Внутренние компоненты многих малых, средних и больших компьютерных систем, а также специализированных систем хранения данных на базе процессора могут быть описаны применительно к этой обобщенной архитектуре, хотя каждая конкретная система может содержать компоненты, подсистемы и параллельные системы с архитектурой, аналогичной этой обобщенной архитектуре. Компьютерная система содержит один или несколько центральных процессоров (ЦП) 1502-1505, одно или несколько электронных запоминающих устройств 1508, соединенных с ЦП при помощи шины 1510 ЦП/подсистемы памяти или нескольких шин, первого моста 1512, соединяющего шину 1510 ЦП/подсистемы памяти с дополнительными шинами 1514 и 1516, или другие типы средств высокоскоростного соединения, в том числе многоканальные высокоскоростные последовательные линии связи. Эти шины или последовательные линии связи, в свою очередь, соединяют ЦП и память со специализированными процессорами, такими как графический процессор 1518 и один или несколько дополнительных мостов 1520, соединенных с высокоскоростными последовательными каналами или с несколькими контроллерами 1522-1527, такими как контроллер 1527, обеспечивающий доступ к различным типам машиночитаемых носителей, таких как машиночитаемый носитель 1528, электронным дисплеям, устройствам ввода и другим подобным компонентам, подкомпонентам и вычислительным ресурсам. Электронные дисплеи, включая экран визуального отображения, громкоговорители и другие выходные интерфейсы и устройства ввода, в том числе мыши, клавиатуры, сенсорные панели и другие подобные входные интерфейсы, вместе образуют входные и выходные интерфейсы, которые позволяют компьютерной системе взаимодействовать с людьми-пользователями. Машиночитаемый носитель 1528 представляет собой устройство хранения данных, включая электронное запоминающее устройство, накопитель на оптических или магнитных дисках, USB-накопитель, флэш-память и другие подобные устройства хранения данных. Машиночитаемый носитель 1528 может использоваться для хранения машиночитаемых команд, кодирующих описанные выше способы вычислений, а также для сохранения кодированных данных при выполнении операций сохранения, причем кодированные данные могут считываться из него при выполнении операций считывания компьютерными системами, системами хранения данных и периферийными устройствами.

После возбуждения всех источников в пределах интервала активации, каждый источник согласует с набором записанных данных. Рассмотрим, например, источник одновременного действия с n различ-

ными источниками. Набор данных, записанных в интервале активации, согласуют с источником S_m , сдвигая время, связанное с набором записанных данных, на такую же временную задержку, присвоенную источнику S_m в интервале активации. При упорядочивании в конкретной области, такой как область общей точки приема или область общей глубинной точки, волна, формируемая источником S_{mis} , является когерентной, тогда как волны, формируемые другими источниками, некогерентны. То же самое относится к согласованию записанных данных с каждым из других источников. Записанные данные могут быть согласованы с любым из источников при условии, что волна когерентна, а волна от других источников некогерентна. Различные описанные здесь варианты осуществления не являются исчерпывающими или ограничивающими настоящее изобретение точными формами, раскрытыми выше. Например, любое количество различных вариантов реализации способа компьютерной обработки, позволяющих осуществить способы рандомизации времен возбуждения источника одновременного действия, могут проектироваться и разрабатываться с помощью различных языков программирования и компьютерных платформ путем изменения различных параметров реализации, включая управляющие структуры, переменные, структуры данных, модульную организацию и другие подобные параметры. Системы и способы рандомизации времен возбуждения источника одновременного действия могут быть реализованы почти в реальном времени при проведении морской сейсморазведки подземной формации. Термин "почти в реальном времени" относится к временной задержке, вызванной передачей и обработкой данных, достаточно кратковременными, чтобы обеспечить возможность своевременного использования задержек времени возбуждения, вычисленных во время сбора сейсмических данных в ходе сейсморазведки. Например, "почти в реальном времени" может относиться к ситуации, когда длительность формирования временных задержек и передачи соответствующих сигналов возбуждения источнику одновременного действия незначительна. В других вариантах осуществления временные задержки для каждого интервала активации и периоды ожидания сбора сейсмических данных в ходе сейсморазведки могут вычисляться заранее и храниться на машиночитаемом носителе. После начала съемки источники одновременного действия могут возбуждаться в соответствии с заданной последовательностью временных задержек и периодов ожидания. Варианты осуществления включают в себя также другие методы рандомизации при условии, что рандомизированные временные задержки для вторичных источников находятся в пределах длины одного оператора и не могут быть идентичными или находиться в пределах задаваемого пользователем минимального периода времени. Окно данных может также содержать поперечный компонент, например компонент, расположенный перпендикулярно или под углом к продольному направлению. Вследствие этого, когда окно данных содержит продольный и поперечный компоненты, оно не ограничивается длиной одномерного оператора, а имеет вместо этого "площадь оператора". Раскрытые выше способы могут использоваться при любом типе морской сейсморазведки, например при разведке с использованием прямой или спиральной траектории съемки.

Следует понимать, что вышеприведенное описание раскрытых вариантов осуществления представлено для того, чтобы позволить любому специалисту воспроизвести или использовать настоящее изобретение. Различные модификации этих вариантов осуществления будут очевидны специалистам, при этом общие принципы, определенные в настоящем описании, могут применяться к другим вариантам осуществления без выхода за пределы существа и объема раскрытия настоящего изобретения. Таким образом, настоящее раскрытие изобретения не ограничивается представленными в нем вариантами осуществления, но предполагает самую широкую сферу применения, согласующуюся с принципами и новыми признаками, раскрытыми в настоящем описании.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ активации нескольких буксируемых за сейсморазведочным судном источников при морской съемке в интервалах активации, разделенных периодами ожидания, содержащий следующее:

присваивают начальную временную задержку каждому источнику из нескольких источников, причем каждая начальная временная задержка имеет длительность, которая меньше длительности интервалов активации;

при этом для каждого интервала активации

псевдослучайным образом сдвигают каждую начальную временную задержку для генерации соответствующей сдвинутой временной задержки так, чтобы производить активацию каждого из указанных нескольких источников в пределах указанного интервала активации, при этом каждая сдвинутая временная задержка имеет длительность, которая меньше длительности интервала активации; и

возбуждают несколько источников в пределах интервала активации в соответствии со сдвинутыми временными задержками.

2. Способ по п.1, в котором присвоение начальных временных задержек содержит произвольную генерацию начальных временных задержек с таким ограничением, чтобы не было двух одинаковых начальных временных задержек и чтобы разность между каждой парой начальных временных задержек превышала заданный параметр.

3. Способ по п.1, в котором псевдослучайное сдвигание каждой начальной временной задержки со-

держит следующее:

выбирают группу длительности из набора отсортированных псевдослучайным образом групп длительности, причем каждая группа длительности является субвременным интервалом длительности интервалов активации;

случайным образом выбирают временную задержку в пределах указанной группы длительности;

присваивают данную временную задержку источнику с наименьшей начальной временной задержкой;

вычисляют разность между данной временной задержкой и наименьшей начальной временной задержкой;

для каждого источника из множества источников прибавляют указанную разность к начальной временной задержке, присвоенной источнику, для генерации связанной сдвинутой временной задержки; и

если сдвинутая временная задержка превышает длительность интервалов активации, вычитают длительность интервалов активации из сдвинутой временной задержки для генерации возвращаемой сдвинутой временной задержки, которая находится в пределах длительности интервалов активации.

4. Способ по п.3, в котором выбор группы длительности из набора отсортированных псевдослучайным образом групп длительности содержит следующее:

делят длительность интервалов активации на группы длительности;

псевдослучайным образом сортируют данные группы длительности для генерации набора отсортированных псевдослучайным образом групп длительности;

располагают отсортированные псевдослучайным образом группы длительности на круговом графике; и

выбирают группу длительности из набора отсортированных псевдослучайным образом групп длительности в соответствии с указанным круговым графиком.

5. Способ по п.4, в котором деление длительности интервалов активации на группы длительности содержит деление длительности интервалов активации на длину оператора, соответствующую выбранному количеству трас.

6. Способ по п.1, в котором возбуждение нескольких источников в пределах интервала активации в соответствии со сдвинутыми временными задержками содержит возбуждение источников в порядке от наименьшей сдвинутой временной задержки до наибольшей сдвинутой временной задержки относительно начала интервала активации.

7. Способ по п.1, дополнительно содержащий регистрацию сейсмических данных, генерируемых приемниками системы сбора сейсмических данных в ответ на возбуждение нескольких источников в каждом из интервалов активации.

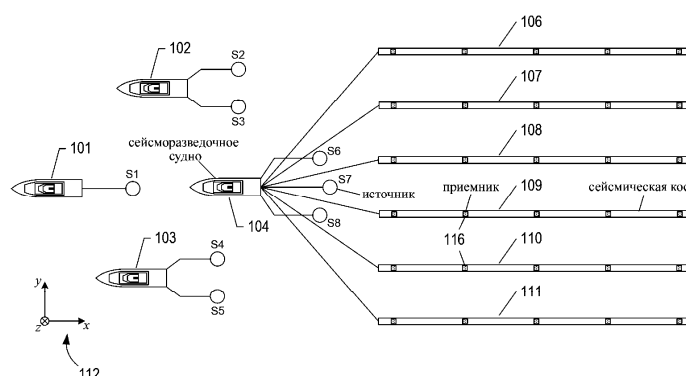
8. Компьютерная система, содержащая

один или более процессоров;

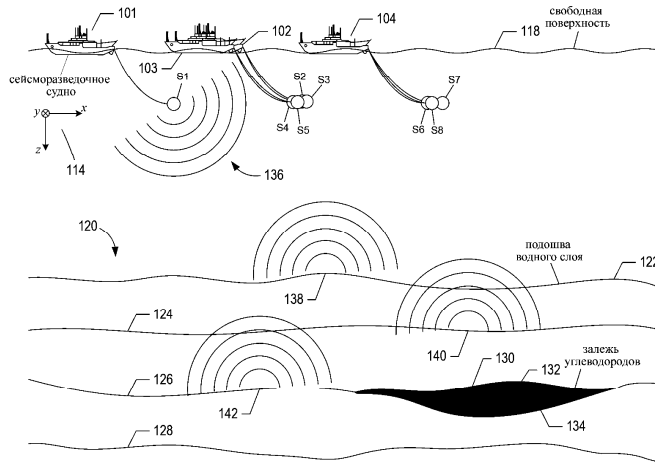
одно или более устройств хранения данных и

программу, хранящуюся в одном или более из одного или более устройств хранения данных, которая при ее выполнении одним или более процессорами обеспечивает выполнение операций способа по п.1.

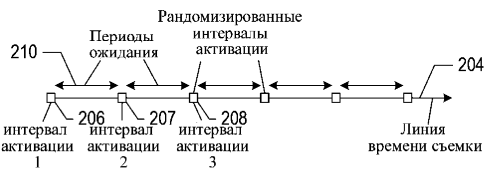
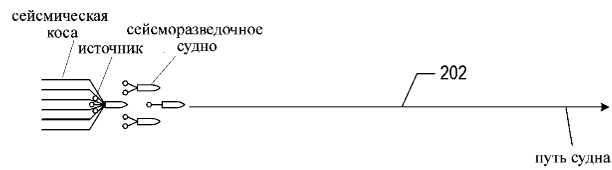
9. Машиночитаемый носитель данных, содержащий машиночитаемые команды, закодированные на нем, которые обеспечивают выполнение компьютерной системой операций способа по п.1.



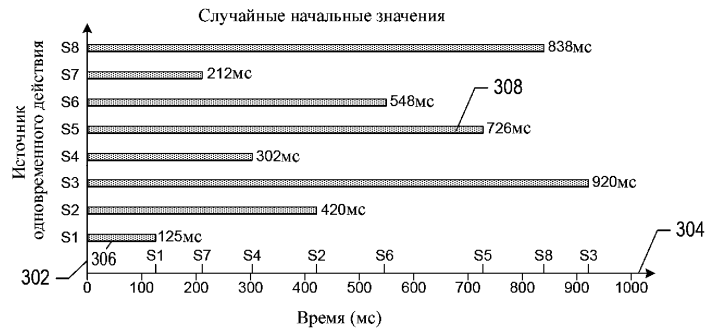
Фиг. 1А



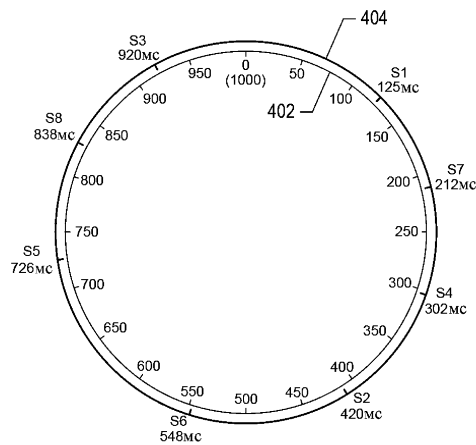
Фиг. 1В



ФИГ. 2

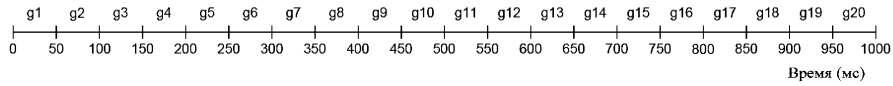


ФИГ. 3



ФИГ. 4

033617



Допустимые временные задержки между 0-1000 мс
Длина оператора из 20 трасс
Разделить возможные временные задержки на 20 групп

Фиг. 5А

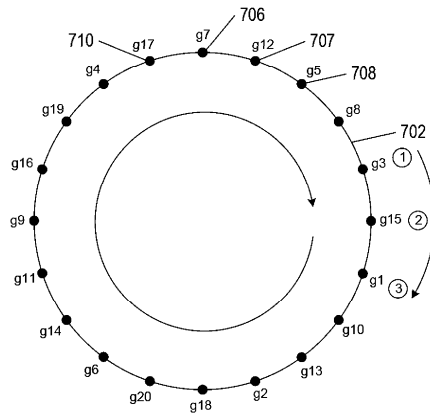
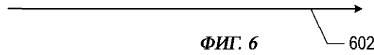
Длительности групп

g1=0-50мс
g2=51-100мс
g3=101-150мс
g4=151-200мс
g5=201-250мс
g6=251-300мс
g7=301-350мс
g8=351-400мс
g9=401-450мс
g10=451-500мс
g11=501-550мс
g12=551-600мс
g13=601-650мс
g14=651-700мс
g15=701-750мс
g16=751-800мс
g17=801-850мс
g18=851-900мс
g19=901-950мс
g20=951-1000мс

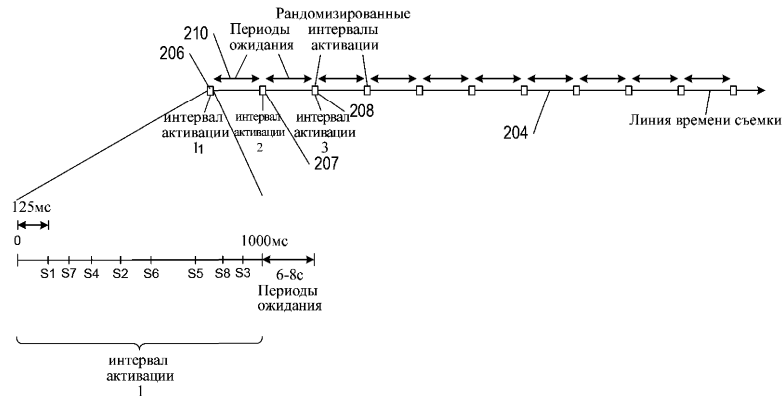
Фиг. 5В

Группы, упорядоченные псевдослучайным образом

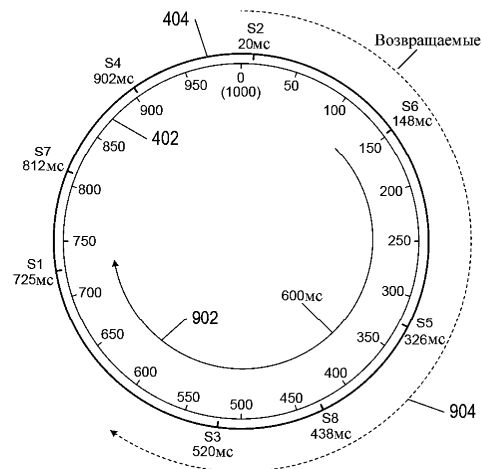
g7 g12 g5 g8 g3 g15 g1 g10 g13 g2 g18 g20 g6 g14 g11 g9 g16 g19 g4 g17



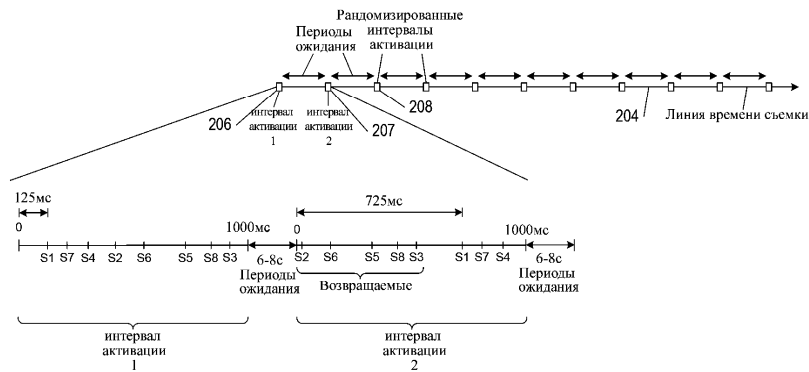
Фиг. 7



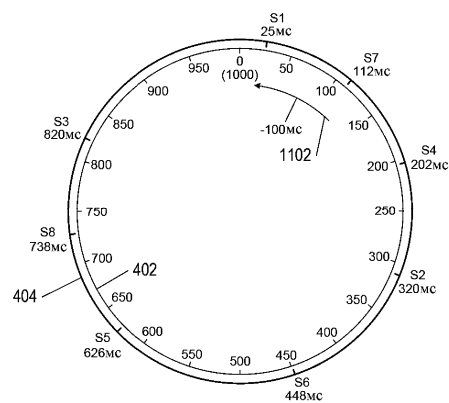
Фиг. 8



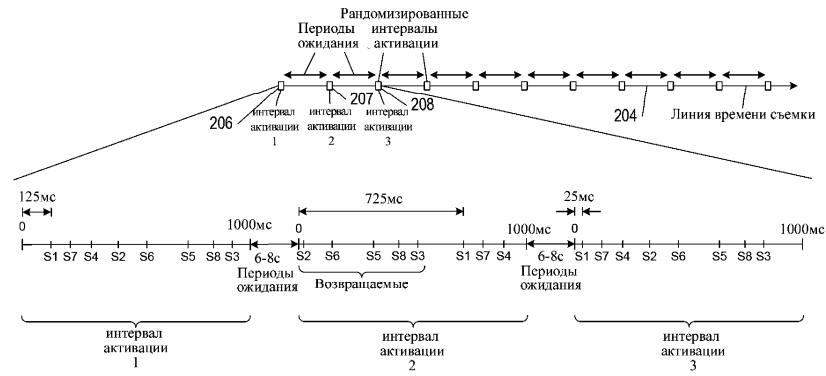
Фиг. 9



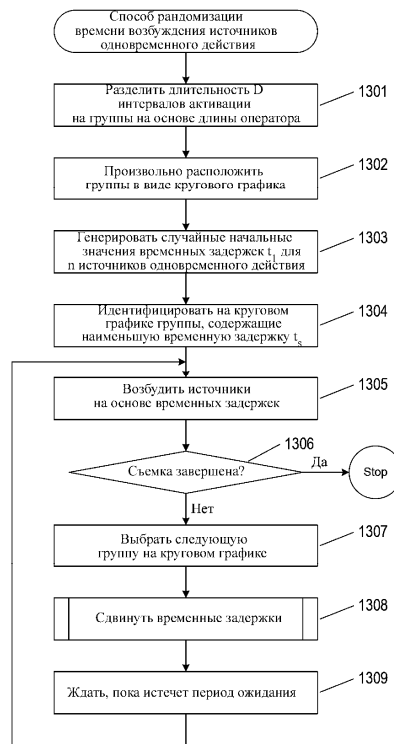
Фиг. 10



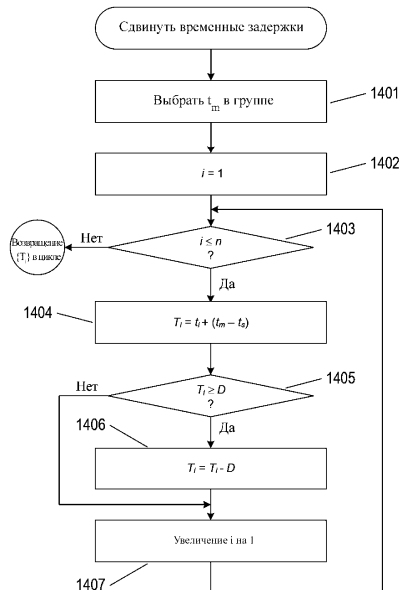
Фиг. 11



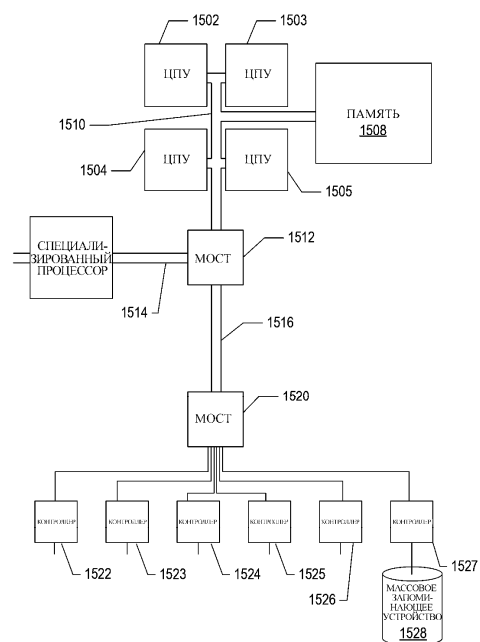
Фиг. 12



Фиг. 13



Фиг. 14



Фиг. 15

