

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **043552**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.05.31

(21) Номер заявки
202191837

(22) Дата подачи заявки
2020.02.04

(51) Int. Cl. **G06Q 50/02** (2012.01)
B64C 39/02 (2006.01)
B64D 47/08 (2006.01)

(54) СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАНА БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

(31) **62/801,312**

(32) **2019.02.05**

(33) **US**

(43) **2021.12.15**

(86) **PCT/US2020/016544**

(87) **WO 2020/163302 2020.08.13**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ДИНО НОБЕЛЬ ИНК. (US)

(72) Изобретатель:
**Гилтнер Скотт, Флинкум Руфус И.,
Эверетт Джеффри, Науроки, мл.,
Джозеф (US)**

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(56) MEDINAC, F., et al. Pre-and Post-Blast Rock Block Size Analysis Using UAV-based Data and Discrete Fracture Network, 2nd International Discrete Fracture Network Engineering Conference, USA, 20-22 June 2018, pages 1-9. See pages 1-8, tables 1-2 and figures 5-6.

THOMAS BAMFORD, et al. A real-time analysis of rock fragmentation using UAV technology, 6th International Conference on Computer Applications in the Minerals Industries, 14 July 2016, pages 1-12. See pages 1-12 and figure 6.

**US-A1-20120024605
KR-A-1020170019523
US-B1-9605926**

(57) Способ формирования плана буровзрывных работ предусматривает получение данных о буровзрывных работах, содержащих геометрические и геологические параметры уступа участка буровзрывных работ, подлежащего взрыванию, а также диаметр и взрывчатые свойства используемого взрывчатого продукта, при этом геометрические параметры уступа включают высоту забоя уступа; определение площади ячейки сетки скважин, которая может надлежащим образом дробиться используемым взрывчатым продуктом во взрывной скважине, находящейся на уступе, причем площадь ячейки сетки скважин образует площадь, в которой должны быть расположены взрывные скважины плана буровзрывных работ, при этом определение площади ячейки сетки скважин включает определение зависимости между высотой забоя, удельной энергией используемого взрывчатого продукта и геологическими параметрами уступа; определение расстояния между рядами скважин и расстояния между скважинами в ряду по площади ячейки сетки скважин; и формирование плана буровзрывных работ с использованием расстояния между рядами скважин и расстояния между скважинами в ряду.

B1**043552****043552****B1**

Перекрестные ссылки на родственные заявки

Заявка на настоящий патент притязает на приоритет предварительной заявки на патент США № 62/801312 под названием "SYSTEMS FOR AUTOMATED BLAST DESIGN PLANNING AND METHODS RELATED THERETO", поданной 5 февраля 2019 г., содержание которой таким образом ссылкой полностью включается в настоящую заявку.

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится в общем к взрывчатым веществам. В частности, настоящее изобретение относится к способам, системам и устройствам для проектирования плана буровзрывных работ.

Краткое описание графических материалов

Варианты осуществления, раскрытые в настоящем описании, станут понятнее из последующего описания и прилагаемой формулы изобретения со ссылками на прилагаемые графические материалы. Графические материалы иллюстрируют большей частью обобщенные варианты осуществления, причем эти варианты осуществления будут описаны с дополнительной конкретностью и подробностью со ссылками на графические материалы, на которых:

фиг. 1 иллюстрирует схему сети системы моделирования плана буровзрывных работ в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 2 иллюстрирует персональное электронное устройство, отображающее путь обследования дрона в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 3 иллюстрирует структурную схему системы расчета паспорта буровзрывных работ в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 4 иллюстрирует блок-схему способа формирования паспорта буровзрывных работ в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 5 иллюстрирует блок-схему способа формирования паспорта буровзрывных работ путем выполнения нескольких моделирований для нескольких возможных подстановок в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 6 иллюстрирует пример способа формирования набора данных нескольких подстановок из данных о буровзрывных работах в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 7 иллюстрирует пример способа моделирования подстановок набора данных в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 8А иллюстрирует первую часть способа формирования деталей уровня буровзрывных работ в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 8В иллюстрирует вторую часть способа формирования деталей уровня буровзрывных работ в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 9 иллюстрирует способ нахождения подходящего приоритетного расстояния на участке буровзрывных работ в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 10 иллюстрирует способ формирования деталей уровня скважины для данных расстояния между рядами скважин и расстояния между скважинами в ряду в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 11 иллюстрирует способ проверки правильности разработанного паспорта буровзрывных работ в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 12 иллюстрирует способ расчета конкретных характеристик правильного паспорта буровзрывных работ в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 13 иллюстрирует график примерных результатов плана буровзрывных работ, которые оценены на основе колебания;

фиг. 14 иллюстрирует способ редактирования расстояния между рядами скважин и расстояния между скважинами в ряду в соответствии с одним вариантом осуществления.

Подробное описание

Взрывчатые вещества обычно используются для разработки шахтным способом, открытым способом и производства земляных работ для отбивки горной породы и руды. Обычно в поверхности, такой как земля, бурят скважину, именуемую "взрывной скважиной". Затем во взрывную скважину могут помещать взрывчатые вещества. Обычно для отбойки больших количеств горной породы и руды используют несколько взрывных скважин. Использование нескольких взрывных скважин приносит сложности в планирование буровзрывных работ. Например, буровзрывные работы могут варьировать в зависимости от целого ряда факторов, включая расстояние между взрывными скважинами в ряду, расстояние между рядами взрывных скважин, глубину взрывных скважин, сетку взрывных скважин, число взрывных скважин, геологические свойства, тип взрывчатого вещества и количество взрывчатого вещества. Этот целый ряд возможностей затрудняет планирование буровзрывных работ, даже для хорошо подготовленного горного инженера - специалиста по буровзрывным работам.

В настоящем документе описываются варианты осуществления формирования плана буровзрывных работ. В вариантах осуществления могут получать данные о буровзрывных работах, содержащие геологические свойства участка буровзрывных работ, параметры взрывных скважин и используемый взрывчатый продукт. На основе полученных данных о буровзрывных работах в описанных в настоящем доку-

менте вариантах осуществления могут определять расстояние между рядами скважин и расстояние между скважинами в ряду и формировать план буровзрывных работ.

Паспорт буровзрывных работ или план буровзрывных работ содержит расположение взрывных скважин, геометрию взрывных скважин и информацию о взрывчатых веществах, подлежащих использованию.

Понятно, что компоненты вариантов осуществления, описанных в общих чертах ниже и проиллюстрированных на фигурах, могли бы располагаться и проектироваться в целом ряде самых разных конфигураций. Например, этапы способа не обязательно должны выполняться в каком-либо конкретном порядке или даже последовательно, равно как эти этапы не должны выполняться лишь один раз. Таким образом, последующее более подробное описание различных вариантов осуществления, описанных ниже и представленных на фигурах, не предназначено ограничивать объем настоящего изобретения, а служит лишь для представления различных вариантов осуществления. При том, что на графических материалах представлены различные аспекты вариантов осуществления, графические материалы, если конкретно не указано, не обязательно выполнены в масштабе.

Варианты осуществления и реализации систем и способов планирования буровзрывных работ, описанные в настоящем документе, могут включать различные этапы, которые могут быть воплощены в исполняемых машиной командах, исполняемых компьютерной системой. Компьютерная система может включать один или несколько компьютеров (или других электронных устройств) общего или специального назначения. Компьютерная система может включать компоненты аппаратных средств, включающие специфические логические схемы для выполнения этапов, или может включать комбинацию аппаратных средств, программного обеспечения и/или программно-аппаратных средств.

Варианты осуществления могут представлять собой компьютерный программный продукт, содержащий машиночитаемый носитель, имеющий хранящиеся на нем команды, которые могут использоваться для программирования компьютерной системы или иного электронного устройства для выполнения способов, описанных в настоящем документе. Машиночитаемый носитель может представлять собой, но без ограничения: жесткие диски, гибкие дискеты, оптические диски, ROM на компакт-дисках, ROM на DVD-дисках, ROM, RAM, EPROM, EEPROM, магнитные или оптические карты, твердотельные запоминающие устройства или иные типы носителей/машиночитаемых носителей, подходящих для хранения электронных команд.

Компьютерные системы и компьютеры в компьютерной системе могут соединяться по сети. Подходящие сети для исполнения и/или использования, описанных в настоящем документе, включают одну или несколько локальных вычислительных сетей, региональных вычислительных сетей, городских вычислительных сетей и/или сетей Интернет или IP-сетей, таких как Всемирная паутина, частный Интернет, защищенный Интернет, сеть с добавленной стоимостью, виртуальная частная сеть, экстранет, интранет или даже автономные машины, сообщающиеся с другими машинами посредством физического транспорта носителей. В частности, подходящая сеть может быть образована из частей или в полном объеме двух или более других сетей, включая сети, использующие несопоставимые технологии аппаратных средств и сетевой связи.

Одна подходящая сеть включает сервер и несколько клиентов; другие подходящие сети могут содержать иные комбинации серверов, клиентов и/или одноранговых узлов, и данная компьютерная система может функционировать и как клиент, и как сервер. Каждая сеть включает по меньшей мере два компьютера или две компьютерные системы, например, сервер и/или клиенты. Компьютерная система может содержать рабочую станцию, лэптоп, отсоединяемый мобильный компьютер, сервер, мэйнфрейм, кластер, так называемый "сетевой компьютер" или "тонкий клиент", планшет, смартфон, карманный персональный компьютер или иное переносное вычислительное устройство, "умное" потребительское электронное устройство или приспособление, медицинское устройство или их комбинацию.

Подходящие сети могут включать коммуникационное или сетевое программное обеспечение, такое как программное обеспечение, поставляемое компаниями Novell®, Microsoft® и другими поставщиками, и могут работать, используя протоколы TCP/IP, SPX, IPX и другие протоколы, по кабелям парной скрутки, коаксиальным или оптоволоконным кабелям; по телефонным линиям; посредством радиоволн; спутников; микроволновых реле; по модулированным силовым линиям переменного тока; с использованием физической передачи носителей; и/или по другим "проводам" передачи данных, известным специалистам в данной области. Сеть может охватывать сети меньших размеров и/или быть подсоединяемой к другим сетям через шлюз или подобный механизм.

Каждая компьютерная система содержит один или несколько процессоров и/или запоминающее устройство; кроме того, компьютерные системы могут содержать различные устройства ввода и/или устройства вывода. Процессор может представлять собой электронное устройство общего назначения, такое как микропроцессор Intel®, AMD® или иной серийный микропроцессор. Процессор может представлять собой устройство обработки специального назначения, такое как ASIC, SoC, SiP, FPGA, PAL, PLA, FPLA, PLD или иное кастомизированное или программируемое устройство. Запоминающее устройство может представлять собой статическое RAM, динамическое RAM, флеш-память, один или несколько

триггеров, ROM, ROM на компакт-диске, диск, ленту, магнитную, оптическую или иную компьютерную запоминающую среду. Устройство (устройства) ввода может (могут) представлять собой клавиатуру, манипулятор типа "мышь", сенсорный экран, световое перо, планшет, микрофон, датчик или иные аппаратные средства с прилагаемыми программно-аппаратными средствами и/или программным обеспечением. Устройство (устройства) вывода может (могут) представлять собой монитор или иное устройство отображения, принтер, синтезатор речи или текста, выключатель, сигнальную линию или иные аппаратные средства с прилагаемыми программно-аппаратными средствами и/или программным обеспечением.

Компьютерные системы могут быть способными использовать накопитель на гибких магнитных дисках, накопитель на магнитной ленте, накопитель на оптических дисках, дисковод для магнитооптических дисков или иные средства для считывания запоминающей среды. Подходящая запоминающая среда представляет собой магнитное, оптическое или иное машиночитаемое запоминающее устройство, имеющее специфическую физическую конфигурацию. Подходящие запоминающие устройства включают гибкие диски, жесткие диски, ленту, ROM на компакт-дисках, DVD-диски, программируемые ROM, RAM, флеш-память и иные запоминающие устройства компьютерной системы. Физическая конфигурация представляет данные и команды, вызывающие работу компьютерной системы конкретным и предуготовленным образом, как описано в настоящем документе.

Подходящее программное обеспечение в помощь при реализации настоящего изобретения легко предоставят специалисты в данной области (данных областях), используя идеи, представленные в настоящем документе, и языки и инструмента программирования, такие как Java, Pascal, C++, C, PHP, Net, языки, ориентированные на работу с базами данных, API, SDK, ассемблерный язык, язык программно-аппаратного обеспечения, язык микрокода и/или иные языки и инструменты. Подходящие форматы сигналов могут реализовываться в аналоговой или цифровой форме с обнаружением ошибки и/или корректирующими битами, заголовками пакетов, сетевыми адресами в специальном формате и/или иными дополнительными данными, которые легко предоставят специалисты в данной области (данных областях), или без них.

Аспекты некоторых вариантов осуществления могут реализовываться как модули или компоненты программного обеспечения. В значении, в каком оно используется в настоящем описании, выражение "модуль или компонент программного обеспечения" может означать любой тип компьютерной команды или исполняемого компьютером кода, находящийся в машиночитаемой запоминающей среде или на ней. Модуль программного обеспечения может, например, содержать один или несколько физических или логических блоков компьютерных команд, которые могут быть организованы как стандартная программа, программа, объект, компонент, структура данных и т.д., выполняющие одну или несколько задач или реализующие конкретные абстрактные типы данных. Конкретный модуль программного обеспечения может содержать различные команды, хранящиеся в разных местах машиночитаемой запоминающей среды, совместно реализующие описанную функциональность модуля. Действительно, модуль может содержать одну-единственную команду или несколько команд и может быть распределен по нескольким разным сегментам кода, среди разных программ и по нескольким машиночитаемым запоминающим средам.

Некоторые варианты осуществления могут практически осуществляться в среде распределенных вычислений, в которой задачи выполняются дистанционным устройством обработки, сообщаемым по сети связи. В среде распределенных вычислений модули программного обеспечения могут находиться в локальных и/или дистанционных машиночитаемых запоминающих средах. Кроме того, данные, связанные между собой или предоставляемые вместе в записи в базе данных, могут находиться в одной и той же машиночитаемой запоминающей среде или в нескольких машиночитаемых запоминающих средах и при этом быть связанными между собой в полях записи в базе данных по сети. В соответствии с одним вариантом осуществления система управления базами данных (DBMS) позволяет пользователям взаимодействовать с одной или несколькими базами данных и предоставляет доступ к данным, содержащимся в базах данных.

Фиг. 1 иллюстрирует схему сети системы 100 моделирования плана буровзрывных работ в соответствии с одним вариантом осуществления. Система 100 моделирования плана буровзрывных работ получает изображения участка буровзрывных работ, формирует трехмерную модель участка буровзрывных работ и формирует план буровзрывных работ. В проиллюстрированном варианте осуществления система 100 моделирования плана буровзрывных работ содержит персональное электронное устройство (PED) 102, дрон 104 и систему 106 расчета паспорта буровзрывных работ.

PED 102 может представлять собой любое число разных типов устройств, включая, но без ограничения: переносной телефон, смартфон, переносное вычислительное устройство, планшет, лэптоп, ноутбук, карманный персональный компьютер (PDA), палмтоп, карманный компьютер, переносное навигационное устройство, персональный навигационный помощник (например, переносное устройство системы глобального позиционирования (GPS)), контроллер дрона или т.п. PED 102 сообщается с дроном 104 и управляет им. PED 102 может выдавать план полета и периметр участка буровзрывных работ и/или выдавать дрону 104 неавтоматические команды. В некоторых вариантах осуществления PED 102 и система 106 расчета паспорта буровзрывных работ могут представлять собой одно устройство. В некоторых

вариантах осуществления PED 102 может отсутствовать, а дроном 104 может управлять система 106 расчета паспорта буровзрывных работ.

При своем следовании по пути обследования дрон 104 может захватывать изображения. Дрон 104 может обеспечивать прямую трансляцию в PED 102. Кроме того, дрон 104 может передавать изображения и связанные с ними координаты местоположения и отметку высоты в систему 106 расчета паспорта буровзрывных работ. В некоторых вариантах осуществления для захвата изображений могут использоваться камера, сотовый телефон или иное электронное устройство.

Система 106 расчета паспорта буровзрывных работ может получать изображения и формировать трехмерную модель. Кроме того, система 106 расчета паспорта буровзрывных работ может получать установленные пользователем параметры, такие как геологические свойства участка буровзрывных работ, параметры взрывных скважин и используемый взрывчатый продукт. На основе установленных параметров система 106 расчета паспорта буровзрывных работ может определить расстояние между рядами скважин и расстояние между скважинами в ряду для плана буровзрывных работ. Система 106 расчета паспорта буровзрывных работ может накладывать план буровзрывных работ на трехмерную модель и предоставлять наложенную модель специалисту. Специалист может вносить изменения, и окончательный план буровзрывных работ может послаться в оборудование 108 на участке и операторам оборудования 108 на участке для реализации.

В некоторых вариантах осуществления дрон 104 или иное устройство захвата изображений захватывает изображения после буровзрывных работ. Система 106 расчета паспорта буровзрывных работ может выполнять анализ после буровзрывных работ и использовать результаты в следующем плане буровзрывных работ. Эта обратная связь искусственного интеллекта может обеспечить дополнительную оптимизацию последующих буровзрывных работ. Анализ после буровзрывных работ может определить размер и местоположение обломков горной массы от буровзрывных работ.

Фиг. 2 иллюстрирует PED 102, отображающее путь 202 обследования дрона 104, в соответствии с одним вариантом осуществления. Путь 202 обследования разработан таким образом, чтобы позволить дрону захватывать изображения в пределах периметра 204 участка буровзрывных работ. В некоторых вариантах осуществления специалист может вводить путь 202 обследования вручную. PED 102 может оптимизировать введенный вручную путь 202 обследования или разрабатывать путь 202 обследования на основе периметра 204 участка буровзрывных работ.

Фиг. 3 иллюстрирует структурную схему системы 106 расчета паспорта буровзрывных работ на фиг. 1 в соответствии с одним вариантом осуществления. Система 106 расчета паспорта буровзрывных работ может содержать электронное запоминающее устройство 310, один или несколько процессоров 312, сетевой интерфейс 314 и интерфейс 316 ввода/вывода в электросвязи через системную шину 318.

Электронное запоминающее устройство 310 может содержать статическое RAM, динамическое RAM, флеш-память, один или несколько триггеров или иную электронную запоминающую среду. Электронное запоминающее устройство 310 может содержать несколько модулей 330 и данные 340.

Модули 330 могут содержать все или части других элементов устройства. Модули 330 могут выполнять несколько операций последовательно, одновременно или параллельно одним или несколькими процессорами 312 или на них.

В некоторых вариантах осуществления части описанных модулей, компонентов и/или оборудования осуществлены как выполняемые команды, реализованные в аппаратных средствах или в программно-аппаратном обеспечении или хранящиеся в энергонезависимой машиночитаемой запоминающей среде. Команды могут содержать компьютерный программный код, который при его выполнении процессором и/или вычислительным устройством вызывает выполнение вычислительной системой определенных этапов обработки, процедур и/или операций, как раскрыто в настоящем описании. Модули, компоненты и/или оборудование, раскрытые в настоящем описании, могут реализовываться и/или воплощаться как драйвер, библиотека, интерфейс, API, данные конфигурации FPGA, программно-аппаратные средства (например, хранящиеся в EEPROM) и/или т.п. В некоторых вариантах осуществления части модулей, компонентов и/или оборудования, раскрытых в настоящем описании, воплощены как машинные компоненты, такие как устройства общего назначения и/или устройства, отражающие специфику приложения, включая, но без ограничения: схемы, интегральные схемы, обрабатывающие компоненты, интерфейсные компоненты, аппаратный контроллер (аппаратные контроллеры), контроллер (контроллеры) запоминающих устройств, программируемые аппаратные средства, FPGA, ASIC и/или т.п.

Модули 330 могут содержать калькулятор 332 площади ячейки сетки скважин, калькулятор 334 расстояния между рядами скважин и расстояния между скважинами в ряду, проектировщик 336 буровой скважины и средство 338 подтверждения правильности буровзрывных работ. Калькулятор 332 площади ячейки сетки скважин может одним или несколькими процессорами 312 выполнять операции по определению площади ячейки сетки скважин, устанавливающей площадь вокруг скважин на плане буровзрывных работ. Площадь ячейки сетки скважин представляет площадь, которая может надлежащим образом дробиться используемым взрывчатым продуктом во взрывной скважине, находящейся на уступе. Определение площади ячейки сетки скважин может основываться на зависимости между высотой забоя, удельной энергией используемого взрывчатого продукта и геологическими свойствами уступа. Кальку-

лятор 334 расстояния между рядами скважин и расстояния между скважинами в ряду может определять расстояние между рядами скважин и расстояние между скважинами в ряду для скважин на плане буровзрывных работ на основе площади ячейки сетки скважин. Проектировщик 336 буровой скважины может определять детали конструкции буровой скважины. Средство 338 подтверждения правильности буровзрывных работ может определять, будут ли отвечать буровзрывные работы определенным критериям.

Данные 340, хранящиеся в электронном запоминающем устройстве 310, могут содержать принятые данные и данные, сгенерированные системой 106 расчета паспорта буровзрывных работ, например, модулями 330 или иными модулями. Хранящиеся данные 340 могут быть организованы как один или несколько регистров/адресов запоминающего устройства, файлов и/или баз данных.

Данные 340 могут содержать установленные пользователем параметры 342 буровзрывных работ, ограничения 344 буровзрывных работ, данные 346, специфические для участка, и паспорт 348 буровзрывных работ. Установленные пользователем параметры 342 буровзрывных работ могут содержать высоту забоя, тип сетки скважин (например: прямоугольную, в шахматном порядке, квадратную) и обозначение обводненных скважин. Ограничения 344 буровзрывных работ могут содержать вес взрывчатых веществ, вес материала, подлежащего взрыванию, объем материала, подлежащего взрыванию, и число скважин. Данные 346, специфические для участка, могут содержать диаметры используемого бура, геологические данные, используемый взрывчатый продукт и сейсмографическую информацию. Установленные пользователем параметры 342 буровзрывных работ, ограничения 344 буровзрывных работ и данные 346, специфические для участка, могут вводиться пользователем через интерфейс 316 ввода/вывода или получаться от другого устройства через сетевой интерфейс 314. На основе входных данных модули 330 могут формировать паспорт 348 буровзрывных работ. В некоторых вариантах осуществления данные 340 могут содержать анализ после буровзрывных работ, который может использоваться модулями 330 для выдачи более оптимизированного паспорта 348 буровзрывных работ.

Один или несколько процессоров 312 могут содержать любую вычислительную схему. Один или несколько процессоров 312 могут представлять собой процессоры общего назначения и/или процессоры специального назначения. Сетевой интерфейс 314 может обеспечивать связь с другими вычислительными устройствами и/или сетями, такими как Интернет и/или другие вычислительные сети и/или сети связи. Сетевой интерфейс 314 может быть обеспечен обычной сетевой связностью. Сетевой интерфейс 314 может представлять собой беспроводной сетевой интерфейс, обеспеченный обычными технологиями беспроводной сетевой связности. В некоторых вариантах осуществления сетевой интерфейс 314 может использоваться для связи с датчиком тока и напряжения, изменяющим потребление мощности в зоне, в которой находится обрабатываемая схема (не показана). Интерфейс 316 ввода/вывода может обеспечивать сопряжение с одним или несколькими устройствами ввода и/или одним или несколькими устройствами вывода.

Системная шина 318 может обеспечивать связь и/или взаимодействие между другими компонентами системы расчета паспорта буровзрывных работ, включая электронное запоминающее устройство 310, один или несколько процессоров 312, сетевой интерфейс 314 и интерфейс 316 ввода/вывода.

Как можно понять, в других вариантах осуществления обрабатываемая схема 350 может быть проще, чем показано или описано. Например, в некоторых конструкциях могут быть упущены один или несколько компонентов, таких как запоминающее устройство, несколько процессоров, несколько интерфейсов и т.п., и вместо этого команды могут выполняться на "пустой" или почти такой машине (например, без вмешивающейся операционной системы или иного уровня программного обеспечения, выполняющая команды непосредственно в логическом аппаратном обеспечении).

Фиг. 4 иллюстрирует блок-схему способа 400 формирования вывода 408 паспорта буровзрывных работ в соответствии с одним вариантом осуществления. Способ 400 может использоваться системой 106 расчета паспорта буровзрывных работ на фиг. 1 и 3 для формирования паспорта 408 буровзрывных работ. Для выполнения расчетов 410 для паспорта буровзрывных работ система расчета паспорта буровзрывных работ получает набор входных данных (например, данные 402, специфические для буровзрывных работ, данные 404 по ограничению буровзрывных работ и данные 406 о местоположении). В некоторых вариантах осуществления эти входные данные подпадают под разные категории: геологические свойства, свойства участка буровзрывных работ, параметры бура, используемый продукт, и ограничения буровзрывных работ, и сейсмографические свойства.

Например, в проиллюстрированном варианте осуществления система расчета паспорта буровзрывных работ получает данные 402, специфические для буровзрывных работ, данные 404 по ограничению буровзрывных работ и данные 406 о местоположении. Данные 402, специфические для буровзрывных работ, могут содержать высоту забоя для буровзрывных работ, желательный тип сетки скважин (например, квадратную, прямоугольную, в шахматном порядке), и данные о том, обводнены ли скважины.

Данные 404 по ограничению буровзрывных работ могут содержать одно или несколько ограничений, установленных пользователем. Например, пользователь может быть ограничен весом взрывчатого вещества, весом материалов, объемом материала или числом скважин. В некоторых вариантах осуществления данные 404 по ограничению буровзрывных работ могут содержать расстояние от взрывных скважин до забоя подземной выработки.

В проиллюстрированном варианте осуществления данные 406 о местоположении содержат диаметры используемого бура, геологические данные, используемый взрывчатый продукт, сейсмографические данные и другие параметры, собранные при измерении при бурении (данные бурения).

Геологические данные могут представлять геологические свойства, геологические характеристики и геологические факторы участка. Неограничивающие примеры геологических свойств включают минералогию (элементарную и/или минеральную), литологическое строение (основное, второстепенное и/или текстуру), пористость, твердость, затухание, модуль Юнга, модуль сдвига, модуль объемной деформации, коэффициент Пуассона, скорость распространения продольной волны, скорость распространения поперечной волны, плотность горной породы, тип горной породы, прочность горной породы, условия горной породы, описание горной породы, состояние трещины, угол трещины, ориентацию трещины, стандартное отклонения расстояния между трещинами, когезию, расстояние между вертикальными трещинами, расстояние между горизонтальными трещинами, неограниченную прочность на сжатие (UCS), скорость звуковой волны, стандартное отклонение бурения, скорость распространения ударной волны, вязкость разрушения горной породы, коэффициент отражения горной породы, временное сопротивление растяжению горной породы, угол внутреннего трения, данные Гюгоньо (например, $U_p \min$, $U_p \max$, $U_s \min$, $U_s \max$) и напряжения в грунте (σ_1 , σ_2 , σ_3 , ориентация, падение, направление и значение напряжений). "Текстура" относится к размеру, форме и расположению кристаллов взаимосвязанных минералов, которые образуют горную породу или иной материал. Геологические данные могут использоваться для определения дополнительных геологических характеристик, таких как способность крошиться и способность к дроблению.

Геологические свойства могут определяться непосредственно или косвенно из таких источников, как сейсмические данные, данные бурения, обломки выбуренной породы, колонки грунта или их комбинации. Например, обломки выбуренной породы и/или колонки грунта могут анализироваться с использованием рентгенофлуоресцентной или гамма-лучевой флуоресцентной спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии и иных методов спектроскопии и/или микроскопии.

Сейсмографические данные могут содержать требование к колебанию на конкретном расстоянии. В некоторых вариантах осуществления геологические свойства могут определяться сейсмографическими данными. Например, обрабатывающая схема может сравнивать сейсмическое колебание у источника (например, бурильного молотка или пробного заряда) и сейсмические колебания на одном или нескольких сейсмоприемниках. На основе по меньшей мере задержки, частоты и амплитуды сейсмических колебаний схема процессора может определять геологические свойства (например, дробление, сложные плотности, составы, входные сопротивления горной породы, значение твердости, модуль Юнга, скалы-напряжающее напряжение или иные подобные свойства).

Данные бурения могут содержать информацию на непрерывной основе или на основе поэтапного прироста, например, на пофутовой основе. Данные бурения могут содержать информацию, такую как размер бурового долота, частота вращения бурового долота, крутящий момент бурового долота, скорость проходки при бурении, колебание бурового долота, давление подачи бурового долота, давление воздуха при откачке, местоположение скважин, число скважин и длина или глубина скважин. Данные бурения могут коррелировать с геологическими свойствами по длине взрывной скважины. Таким образом, данные бурения могут использоваться для получения значений твердости по длине взрывной скважины (т.е. профиль твердости).

В некоторых вариантах осуществления система расчета паспорта буровзрывных работ может получать поднабор набора входных данных или дополнительную информацию. Например, не в каждом расчете будут использовать проверку на колебание. Поэтому факультативными входными данными являются данные о затухании и данные сейсмографа.

В некоторых вариантах осуществления данные 402, специфические для буровзрывных работ, могут содержать желательное дробление. Например, данные 402, специфические для буровзрывных работ, могут содержать желательную среднюю крупность дробления.

Система расчета паспорта буровзрывных работ использует набор входных данных для расчетов 410 для паспорта 408 буровзрывных работ. Расчеты 410 включают определение 412 площади ячейки сетки скважин, определение 414 расстояния между рядами скважин и расстояния между скважинами в ряду, определение 416 структуры буровой скважины и определение 432 числа скважин, необходимого для удовлетворения ограничений. Кроме того, расчеты 410 включают проверки правильности буровзрывных работ для определения, отвечает ли паспорт буровзрывных работ определенным критериям. Например, в проиллюстрированном варианте осуществления проверки правильности включают проверку 420 энергии, проверку 422 отношения расстояния между рядами скважин и жесткости и проверку 424 колебаний.

В некоторых вариантах осуществления система расчета паспорта буровзрывных работ может определять расстояние от взрывных скважин до забоя на основе желаемого дробления, желаемого объема горной породы или иных установленных пользователем или географических параметров.

При определении 412 площади ячейки сетки скважин система расчета паспорта буровзрывных работ устанавливает площадь вокруг скважин в паспорте 408 буровзрывных работ. Значение площади ячейки сетки скважин - это произведение расстояния между рядами скважин и расстояния между сква-

жинами в ряду, иными словами, оно представляет рекомендуемую площадь вокруг каждой скважины. Площадь ячейки сетки скважин учитывает ряд факторов (например, геологию, продукт и диаметр ствола скважины), и результат влияет на все остальные расчеты в способе. Площадь ячейки сетки скважин представляет площадь, которая может надлежащим образом дробиться используемым взрывчатým продуктом во взрывной скважине, находящейся на уступе. Определение площади ячейки сетки скважин может основываться на зависимости между высотой забоя, удельной энергией используемого взрывчатого продукта и геологическими свойствами уступа.

Площадь ячейки сетки скважин может быть произведением первого множителя, основанного на геологических свойствах и параметрах взрывной скважины, и второго множителя, основанного на удельной энергии используемого продукта. Например, удельная энергия может быть корреляцией между ANFO (например, взрывчатой смесью аммиачной селитры с дизельным топливом в пропорции 94:6) и используемым взрывчатým продуктом (например, с относительной энергией взрывчатого вещества (RBS), представляющего собой используемый взрывчатый продукт), а также третьим множителем, основанным на диаметре используемого взрывчатого продукта.

В некоторых вариантах осуществления система расчета паспорта буровзрывных работ рассчитывает первый множитель путем расчета результата умножения первого геологического множителя на натуральный логарифм делимого высоты взрывной скважины или высоты забоя, деленного на диаметр используемого продукта (или диаметр взрывной скважины, если продукт представляет собой непатронированное взрывчатое вещество). Результат можно уменьшить на второй геологический множитель. Если присутствуют один или несколько ярусов, расстояние между одним или несколькими ярусами и/или верхом или низом (подошвой) взрывной скважины можно использовать как высоту забоя для расчета площади ячейки сетки скважин для частей взрывной скважины. Таким образом, первый множитель может быть следующим:

$$\text{Первый множитель} = \left[A * \ln \left(\frac{\text{Высота}}{\text{Диаметр}} \right) - B \right]. \text{ Уравнение 1}$$

Геологические множители или геологические константы (т.е. А и В) могут содержать эмпирические переменные, коррелирующие геологические свойства с геометрическими свойствами взрывной скважины. В уравнении 1 для определения черновой площади ячейки сетки скважин используется отношение высоты забоя и диаметра используемого взрывчатого продукта как переменная в уравнении с геологическими константами, эмпирически подогнанными к данным о предыдущих буровзрывных работах, относящимся к предыдущим буровзрывным работам, давшим в результате надлежащее дробление материала конкретного уступа предыдущих буровзрывных работ. Данные о предыдущих буровзрывных работах могут использоваться и для определения, какой тип взрывчатого продукта необходимо использовать или какое количество взрывчатого продукта необходимо использовать. Данные о предыдущих буровзрывных работах включают данные о фактическом загруженном взрывчатом веществе из оборудования на участке, используемого для загрузки взрывчатых веществ в буровые скважины при предыдущих буровзрывных работах. Оборудование на участке может содержать оборудование для автоматической загрузки взрывных скважин. Данные о предыдущих буровзрывных работах могут содержать площадь ячейки сетки скважин, расстояние между рядами скважин, расстояние между скважинами в ряду, фактическую массу взрывчатого продукта и/или объем взрывчатого продукта, загруженного во взрывные скважины. В этом примере уравнение содержит полином первого порядка. Например, в табл. 1 представлены примерные геологические множители. Геологические множители могут иметь линейную зависимость. В некоторых вариантах осуществления геологические множители могут представлять собой зависимость между натуральным логарифмом высоты и глубины взрывной скважины и геологическими свойствами.

Таблица 1

Геологические входные данные	Благоприятные		Средние		Тяжелые	
	А	В	А	В	А	В
Класс горной породы						
Массивная (3)	424,66	-38,39	411,21	36,63	397,77	111,66
Тонкослоисто напластованная (1, 2)	552,13	-49,388	534,51	47,99	516,89	145,37

В некоторых вариантах осуществления система расчета паспорта буровзрывных работ рассчитывает второй множитель путем добавления к удельной энергии поправочного коэффициента. Кроме того, второй множитель может ограничиваться значением ниже определенной величины. Например, второй множитель может быть следующим:

$$\text{Второй множитель} = \min \left(\frac{RBS_{\text{продукт}}}{157,7} + 0,366, 1,2 \right). \text{ Уравнение 2}$$

RBS - удельная энергия, используемая для этого примерного расчета. RBS может быть масштабировано на 157,7 до значения по шкале RBS. В уравнении 2 второй множитель может ограничиваться значением 1,2 или менее.

В некоторых вариантах осуществления система расчета паспорта буровзрывных работ рассчитывает третий множитель путем деления диаметра на коэффициент единицы измерения для приведения изме-

рения диаметра скважины к желаемой единице расстояния. Результирующее делимое может быть возведено в квадрат. Например, третий множитель может быть следующим:

$$\text{Третий множитель} = \left(\frac{\text{Диаметр}}{12}\right)^2. \text{ Уравнение 3}$$

Таким образом, площадь ячейки сетки скважин может быть следующей:

$$\text{Площадь ячейки сетки скважин} = \left[A * \ln \left(\frac{\text{Высота}}{\text{Диаметр}} \right) - B \right] *$$

$$\min \left(\frac{RBS_{\text{продукт}}}{157,7} + 0,366, 1,2 \right) * \left(\frac{\text{Диаметр}}{12} \right)^2. \text{ Уравнение 4}$$

Вышеприведенные уравнения и табл. 1 были версией по британской системе единиц. Подобное уравнение может использоваться для метрической системы единиц, как показано ниже. Уравнение 5 и табл. 2 могут использоваться, если может использоваться метрическая система единиц.

$$\text{Площадь ячейки сетки скважин} = \left[A * \ln \left(\frac{\text{Высота}}{\text{Диаметр}} \right) - B \right] *$$

$$\min \left(\frac{RBS_{\text{продукт}}}{157,7} + 0,366, 1,2 \right) * \left(\frac{\text{Диаметр}}{1000} \right)^2. \text{ Уравнение 5}$$

Таблица 2

Геологические входные данные	Благоприятные		Средние		Тяжелые	
Класс горной породы	A	B	A	B	A	B
Массивная (3)	462,28	-2076,1	430,02	-1861,9	397,77	-1647,6
Тонкослоисто напластованная (1, 2)	601,18	-2699,1	559,04	-2420,0	516,89	-2140,8

Площадь ячейки сетки скважин может использоваться для определения 414 расстояния между рядами скважин и расстояния между скважинами в ряду и выполнения проверки 420 энергии. Расстояние между рядами скважин и расстояние между скважинами в ряду представляют длину и ширину площади ячейки сетки скважин и могут варьировать в зависимости от выбранной формы буровзрывных работ или сетки скважин и геологии. Например, расстояние между рядами скважин может определяться умножением корня квадратного площади ячейки сетки скважин на константу, выведенную по классу горной породы из геологических свойств участка буровзрывных работ и формы желательного типа сетки взрывных скважин. Уравнение 6 и табл. 3 представляют примерное уравнение и константу, которые могут использоваться для определения расстояния между рядами скважин.

$$\text{Расстояние между рядами скважин} = \sqrt{\text{Площадь ячейки сетки скважин} * C}$$

Уравнение 6

В уравнении 6 C - это константа, выведенная по классу горной породы из геологических свойств участка буровзрывных работ и формы желательного типа сетки взрывных скважин. В табл. 3 приведены примерные значения для константы C для квадрата и прямоугольника.

Таблица 3

Тип сетки	Квадрат/прямоугольник	В шахматном порядке
Класс горной породы		
Массивная (3)	1	0,85
Тонкослоисто напластованная (1, 2)	1	0,93

Система расчета паспорта буровзрывных работ может рассчитывать расстояние между скважинами в ряду путем деления площади ячейки сетки скважин на расстояние между рядами скважин, как показано ниже.

$$\text{Расстояние между скважинами в ряду} = \frac{\text{Площадь ячейки сетки скважин}}{\text{Расстояние между рядами скважин}}. \text{ Уравнение 7}$$

В некоторых вариантах осуществления расстояние между рядами скважин и расстояние между скважинами в ряду могут округляться до ближайших 0,5 фута (0,1 м для метрической системы).

В некоторых вариантах осуществления после определения расстояния между скважинами в ряду и расстояния между рядами скважин система расчета паспорта буровзрывных работ выполняет проверку ограничений. Например, для британской системы единиц для квадратной или прямоугольной сетки скважин система расчета паспорта буровзрывных работ может определять, превышает ли расстояние между скважинами в 1,5 раза используемый диаметр ствола скважины. В некоторых вариантах осуществления, если расстояние между скважинами в ряду превышает указанный диаметр меньше чем в 1,5 раза, проверка претерпевает неудачу, и текущий паспорт буровзрывных работ не является правильным, и дальнейшие расчеты по нему проводиться не должны. Для сетки скважин в шахматном порядке проверка

может иметь следующий вид:

$$\sqrt{\text{расстояние между рядами скважин}^2 + \text{расстояние между скважинами в ряду}^2} \geq 1,5 \times \text{диаметр взрывной скважины}.$$

При использовании единиц метрической системы 1,5 можно заменить на 0,018.

Система расчета паспорта буровзрывных работ может выполнять проверку 420 энергии для определения, будут ли результирующие буровзрывные работы иметь энергию в пределах целевого диапазона. Для определения массы взрывчатого вещества в колонке система расчета паспорта буровзрывных работ может использовать уравнение 8.

$$\text{Масса взрывчатого вещества в колонке} = \left(\frac{\text{Диаметр продукта}}{2} \right)^2 / 1000 * \pi * \text{Глубина скважины} * \text{Плотность взрывчатого вещества}_{\text{продукт}} \quad \text{Уравнение 8}$$

Затем может определяться массовая энергия взрывчатого вещества, как показано в уравнении 9.

$$\text{Массовая энергия} = \frac{(\text{Масса взрывчатого вещества в колонке} * \text{Энергия на единицу массы продукта})}{B * S * \text{Высота забоя} * \text{плотность горной породы}}$$

Уравнение 9

Система расчета паспорта буровзрывных работ может проверять массовую энергию буровзрывных работ относительно минимального порога массы энергии и максимального порога массы энергии, как показано в уравнении 10.

$$\text{Масса энергии}_{\text{минимальный порог}} < \text{Массовая энергия} < \text{Масса энергии}_{\text{максимальный порог}} \quad \text{Уравнение 10}$$

В некоторых вариантах осуществления система расчета паспорта буровзрывных работ может также проверять, находится ли массовая энергия буровзрывных работ в пределах параметров, описанных в уравнении 11.

$$\begin{aligned} & \text{Max}(\text{Масса энергии}_{\text{минимальный порог}}, \frac{\text{Объем энергии}_{\text{минимальный порог}}}{\text{плотность горной породы}}) < \text{Массовая энергия} \\ & < \text{Min}(\text{Масса энергии}_{\text{максимальный порог}}, \frac{\text{Объем энергии}_{\text{максимальный порог}}}{\text{плотность горной породы}}) \quad \text{Уравнение 11} \end{aligned}$$

Если массовая энергия буровзрывных работ не находится в любом целевом диапазоне, текущий паспорт буровзрывных работ не является правильным, и системе расчета паспорта буровзрывных работ не следует продолжать оставшуюся часть способа.

Расстояние между рядами скважин и расстояние между скважинами в ряду используются для проверки 422 отношения расстояния между рядами скважин и жесткости и для расчета деталей 416 буровой скважины. Детали 416 буровой скважины описывают структуру одиночной буровой скважины. Чтобы найти глубину перебура для буровой скважины, система расчета паспорта буровзрывных работ может умножить расстояние между рядами скважин на 0,3. Верхнюю забойку можно определить путем умножения расстояния между рядами скважин на 0,7. Для скважин с ярусами коэффициент 0,7 может изменяться. Колонку взрывчатого вещества можно определить вычитанием верхней забойки из глубины взрывной скважины.

Кроме того, система расчета паспорта буровзрывных работ может использовать расстояние между рядами скважин и расстояние между скважинами в ряду для выполнения проверки 422 отношения расстояния между рядами скважин и жесткости. Отношение расстояния между рядами скважин и жесткости может быть высотой скважины, деленной на расстояние между рядами скважин, как показано ниже:

$$\frac{\text{Высота}}{\text{Расстояние между рядами скважин}} \quad \text{Уравнение 12}$$

Система расчета паспорта буровзрывных работ сравнивает отношение расстояния между рядами скважин и жесткости с минимальным пороговым значением отношения расстояния между рядами скважин и жесткости. В одном варианте осуществления минимальное пороговое значение отношения расстояния между рядами скважин и жесткости равно 2. В некоторых вариантах осуществления, если отношение расстояния между рядами скважин и жесткости менее 2, система расчета паспорта буровзрывных работ может прекратить дальнейшее выполнение расчетов. В некоторых вариантах осуществления система расчета паспорта буровзрывных работ может продолжать формировать паспорт буровзрывных работ и сообщить пользователю, если по результатам проверки отношения расстояния между рядами скважин и жесткости будет сделано заключение, что отношение расстояния между рядами скважин и жесткости упало ниже минимального порогового значения отношения расстояния между рядами скважин и жесткости.

Система расчета паспорта буровзрывных работ может выполнять проверку 424 колебаний, чтобы убедиться, что сформированный паспорт буровзрывных работ удовлетворяет ограничениям сейсмографа. Проверкой 424 колебаний могут проверять, каким является максимальное количество взрывчатого вещества, которое можно взорвать во временном интервале 8 миллисекунд. Используя максимальный предел массы взрывчатых веществ, система расчета паспорта буровзрывных работ может проверять, не превышен ли максимальный предел массы.

Например,

максимальный предел массы взрывчатых веществ =

$$\text{Расстояние сейсмографа}^2 \times \left(\frac{\text{Требование к колебанию}}{K} \right)^{\frac{2}{\alpha}},$$

где α - альфа-фактор, и его значение по умолчанию равно 1,6, K - константа, основанная на геологических свойствах. Примерные значения K приведены в табл. 4.

Таблица 4

Геологические входные данные	Значение K
Благоприятные	140
Средние	160
Тяжелые	200

Система расчета паспорта буровзрывных работ может определять число скважин, необходимое для удовлетворения данным 404 по ограничению буровзрывных работ. В некоторых вариантах осуществления системой расчета паспорта буровзрывных работ могут рассчитываться входные данные одного из четырех ограничений из факультативных данных 404 по ограничению буровзрывных работ. В зависимости от того, какое ограничение вводит пользователь, способом расчета выполняют разные расчеты. Конечный результат каждого расчета должен быть одинаковым. Конечным результатом является необходимое число скважин, которое будет удовлетворять данному ограничению. В зависимости от того, какие входные данные будут предоставлены, будет использоваться одно из следующих четырех уравнений. Результат расчета по следующим уравнениям может округляться до ближайшего целого числа для нахождения числа скважин, отвечающего данным 404 по ограничению буровзрывных работ.

Если данные 404 по ограничению буровзрывных работ - это общий вес взрывчатого вещества, система расчета паспорта буровзрывных работ может использовать уравнение 13.

$$\text{Число скважин} = \left\lceil \frac{\text{Общий вес взрывчатого вещества}}{\text{Вес взрывчатого вещества в буровой скважине}} \right\rceil \text{ Уравнение 13}$$

Если данные 404 по ограничению буровзрывных работ - это общий объем горной породы, система расчета паспорта буровзрывных работ может использовать уравнение 14.

Объем горной породы, подлежащий взрыванию из буровой скважины = Расстояние между рядами скважин * Расстояние между скважинами в ряду * Высота забоя

Уравнение 14

Если данные 404 по ограничению буровзрывных работ - это объем горной породы, подлежащий взрыванию, система расчета паспорта буровзрывных работ может использовать уравнение 15.

$$\text{Число скважин} = \left\lceil \frac{\text{Общий объем горной породы}}{\text{Объем горной породы, подлежащий взрыванию из буровой скважины}} \right\rceil$$

Уравнение 15

Если данные 404 по ограничению буровзрывных работ - это общий вес горной породы, подлежащий взрыванию, система расчета паспорта буровзрывных работ может использовать уравнение 16.

$$\text{Число скважин} = \left\lceil \frac{\text{Общий объем горной породы}}{\text{Объем горной породы, подлежащий взрыванию из буровой скважины} * \text{плотность горной породы}} \right\rceil \text{ Уравнение 16}$$

Если данные 404 по ограничению буровзрывных работ - это число скважин, используют эти данные по ограничению буровзрывных работ.

Система расчета паспорта буровзрывных работ может выполнять метрическую оценку 430 для определения полезных статистических данных с целью представления их пользователю. В одном варианте осуществления система расчета паспорта буровзрывных работ при метрической оценке 430 может определять следующие показатели.

$$\text{Удельный расход взрывчатого вещества} = \frac{\text{Общий вес взрывчатого вещества}}{\text{Общий объем горной породы}} \text{ Уравнение 17}$$

$$\text{Общая длина бурения} = \text{Число скважин} * (\text{Высота забоя} + \text{перебур}) \text{ Уравнение 18}$$

Система расчета паспорта буровзрывных работ может выдавать паспорт 408 буровзрывных работ. План буровзрывных работ содержит расстояние между рядами скважин и расстояние между скважинами в ряду, детали буровой скважины, удельный расход взрывчатого вещества для прогнозного колебания, число скважин, детали сетки скважин, длину бурения, объем материала, подлежащего взрыванию, вес взрывчатого вещества и/или вес материала, подлежащего взрыванию.

В некоторых вариантах осуществления определение площади ячейки сетки скважин включает расчет геометрической зависимости между высотой забоя и диаметром используемого взрывчатого продукта, специфической для геологических свойств уступа, для определения черновой площади ячейки сетки скважин. В некоторых вариантах осуществления система расчета паспорта буровзрывных работ корректирует черновую площадь ячейки сетки скважин на основе разниц между удельной энергией используемого взрывчатого продукта и удельной энергией взрывчатого продукта, использовавшегося при преды-

дующих буровзрывных работах, данные о предыдущих буровзрывных работах относительно которых использовали при формировании уравнения. В некоторых вариантах осуществления система расчета паспорта буровзрывных работ корректирует черновую площадь ячейки сетки скважин на основе объема используемого взрывчатого продукта.

В некоторых вариантах осуществления система расчета паспорта буровзрывных работ может осуществлять оптимизацию паспорта буровзрывных работ путем формирования набора данных, содержащего несколько подстановок полученных данных о буровзрывных работах (см. фиг. 5). Система расчета паспорта буровзрывных работ может моделировать буровзрывные работы для каждой из нескольких подстановок, чтобы определить несколько результатов моделирования и основать план буровзрывных работ на результате моделирования с самой высокой оценкой. В некоторых вариантах осуществления система расчета паспорта буровзрывных работ может выполнять анализ после буровзрывных работ изобращений обломочной породы и регулировать будущие планы буровзрывных работ на основе крупности и разлета обломочной породы.

В некоторых вариантах осуществления система расчета паспорта буровзрывных работ может изменять плотность эмульсионных взрывчатых веществ в пределах подстановок для моделирования с целью определения оптимального профиля энергии для каждой взрывной скважины. Например, система расчета паспорта буровзрывных работ может определять сегменты во взрывной скважине с разными геологическими свойствами. Несколько подстановок могут включать разные плотности взрывчатого вещества и/или продукт для взрывных скважин и/или сегментов во взрывных скважинах. В некоторых вариантах осуществления несколько подстановок могут включать разные плотности эмульсионного взрывчатого вещества или взрывчатой смеси аммиачной селитры с дизельным топливом (ANFO) в сегментах во взрывной скважине с разными геологическими свойствами.

В некоторых вариантах осуществления система расчета паспорта буровзрывных работ может выдавать прогноз дробления. Например, на основе предыдущих буровзрывных работ система расчета паспорта буровзрывных работ может прогнозировать, какой будет крупность дробления, и выдавать этот прогноз пользователю.

Фиг. 5-13 иллюстрируют различные аспекты формирования паспорта буровзрывных работ путем выполнения нескольких моделирований для нескольких возможных подстановок. Формирование паспорта буровзрывных работ с использованием нескольких подстановок, как описано на фиг. 5-13, может использоваться системой 106 расчета паспорта буровзрывных работ, показанной на фиг. 1 и 3.

Фиг. 5 иллюстрирует блок-схему способа 500 формирования паспорта буровзрывных работ путем выполнения нескольких моделирований для нескольких возможных подстановок в соответствии с одним вариантом осуществления. В этом способе выполняют моделирования подстановок как задачи, которые могут решаться независимо.

Система расчета паспорта буровзрывных работ, выполняющая этот способ 500, получает 502 от пользователя данные о буровзрывных работах. Данные о буровзрывных работах могут включать размеры участка буровзрывных работ, геологию участка буровзрывных работ и типы используемых взрывчатых веществ и/или иные входные данные (например, данные 402, специфические для буровзрывных работ, данные 404 по ограничению буровзрывных работ и данные 406 о местоположении на фиг. 4). Система расчета паспорта буровзрывных работ формирует 504 набор данных нескольких возможных подстановок для паспорта буровзрывных работ из полученных данных о буровзрывных работах. Система расчета паспорта буровзрывных работ моделирует 506 буровзрывные работы для нескольких подстановок для определения нескольких результатов моделирования. Для повышения эффективности моделирования могут выполнять параллельно на нескольких машинах, процессорах, ядрах или потоках.

Результаты моделирования сохраняют 507, а также оценивают и сравнивают 508. Система расчета может формировать план буровзрывных работ на основе результата моделирования с самой высокой оценкой и представлять 510 этот результат пользователю. План буровзрывных работ идентифицирует местоположение взрывных скважин, подлежащих бурению, и тип и количество взрывчатого вещества, подлежащего использованию. В некоторых вариантах осуществления планы буровзрывных работ могут оцениваться на основе одного или нескольких из стоимости, числа ярусов, числа скважин, отношения расстояния между рядами скважин и жесткости и оценки колебаний.

Фиг. 6 иллюстрирует пример способа 600 формирования набора данных нескольких подстановок из данных о буровзрывных работах (например, см. фиг. 5, "Формируют 504 набор данных"). Система расчета паспорта буровзрывных работ, выполняющая этот способ 600, идентифицирует 602 возможные подстановки данных о буровзрывных работах. Например, система расчета паспорта буровзрывных работ для идентификации возможных подстановок может использовать имеющиеся диаметры скважины, выбранный продукт и число ярусов. Система расчета паспорта буровзрывных работ может формировать 604 запись для каждой подстановки и объединять 606 записи для каждой подстановки с целью формирования набора данных.

Например, данные о буровзрывных работах могут содержать указание, что есть максимум три яруса, что есть два диаметра скважин (например, 89 мм и 102 мм), и что выбранный продукт - это Dynomix залитый. В этом примере набор паспорта буровзрывных работ будет сведен к набору всех подстановок

данных о буровзрывных работах. Например, при отсутствии продуктов по умолчанию подстановки будут включать следующее.

[диаметр скважины=89 мм, продукт=dynomix залитый, конфигурация скважины=1] [диаметр скважины=89 мм, продукт=dynomix залитый, конфигурация скважины=2] [диаметр скважины=89 мм, продукт=dynomix залитый, конфигурация скважины=3] [диаметр скважины=102 мм, продукт=dynomix залитый, конфигурация скважины=1] [диаметр скважины=102 мм, продукт=dynomix залитый, конфигурация скважины=2] [диаметр скважины=102 мм, продукт=dynomix залитый, конфигурация скважины=3] Общее число подстановок можно рассчитать по уравнению 18. В этом конкретном примере будет шесть возможных подстановок.

Число задач=(выбранные продукты+продукты по умолчанию)*\диаметры скважины*\максимальное число ярусов
Уравнение 18

В некоторых вариантах осуществления подстановки могут также включать разные плотности взрывчатых продуктов в сегментах взрывных скважин. Например, взрывные скважины могут иметь варьирующий профиль твердости, и в подстановках могут применять одну определенную плотность взрывчатых продуктов в сегментах взрывной скважины с подобными значениями твердости, вторую плотность взрывчатых продуктов в сегментах взрывной скважины с другим значением твердости, третью плотность взрывчатых продуктов в сегментах взрывной скважины с еще одним другим значением твердости и т.д.

Фиг. 7 иллюстрирует пример способа 700 моделирования подстановок набора данных (например, см. фиг. 5, "Выполняют 506 моделирования"). Система расчета паспорта буровзрывных работ, выполняющая этот способ 700, формирует 702 детали уровня буровзрывных работ. Эти детали включают площадь ячейки сетки скважин, расстояние между рядами скважин и расстояние между скважинами в ряду. В проиллюстрированном варианте осуществления система расчета паспорта буровзрывных работ формирует 704 также детали уровня скважины для расстояния между рядами скважин и расстояния между скважинами в ряду. Система расчета паспорта буровзрывных работ может выполнять 706 проверки правильности для определения, будет ли паспорт буровзрывных работ отвечать целевым критериям для правильных буровзрывных работ. Затем в этом способе могут рассчитывать 708 характеристики правильных буровзрывных работ. Более подробная информация об этих этапах приводится на следующих фигурах.

Фиг. 8А и 8В иллюстрируют способ 800 формирования деталей уровня буровзрывных работ (например, см. фиг. 7 "Формируют 702 детали уровня буровзрывных работ"). В способе 800 формируют решения по потенциальному паспорту буровзрывных работ из полученных входных данных. Система расчета паспорта буровзрывных работ может рассчитывать 802 фунты массы на задержку для каждой подстановки и каждого сейсмографа по диаметру, продукту, числу ярусов и идентифицировать 804 подстановки по самому нижнему сейсмографу и самым строгим фунтам массы на задержку.

Система расчета паспорта буровзрывных работ рассчитывает 806 начальную площадь ячейки сетки скважин (initialPatternFootage). Это можно проделывать с использованием уравнения 4 и табл. 1 или уравнения 5 и табл. 2, как описано со ссылками на фиг. 4. Система расчета паспорта буровзрывных работ рассчитывает 807 начальные расстояния между рядами скважин и расстояние между скважинами в ряду по начальной площади ячейки сетки скважин. Начальное расстояние между рядами скважин можно рассчитать по уравнению 6 и табл. 3, а расстояние между скважинами в ряду можно определить по уравнению 7, как описано со ссылками на фиг. 4.

Система расчета паспорта буровзрывных работ определяет 808, больше ли начальные расстояния между рядами скважин и расстояние между скважинами в ряду, чем длина и ширина участка буровзрывных работ. Если начальные расстояния между рядами скважин и расстояние между скважинами в ряду больше, чем длина и ширина участка буровзрывных работ, то возможных решений нет, и способ на этом заканчивают. Если начальные расстояния между рядами скважин и расстояние между скважинами в ряду не больше, чем длина и ширина участка буровзрывных работ, то способ продолжают и рассчитывают 810 минимальные расстояния между рядами скважин и расстояние между скважинами в ряду, где начальное расстояние между скважинами в ряду

1,4

меньше, чем расстояние между рядами скважин, а расстояние между рядами скважин меньше, чем начальное расстояние между скважинами в ряду.

Система расчета паспорта буровзрывных работ может округлять 812 начальное расстояние между рядами скважин. Например, система расчета паспорта буровзрывных работ может округлять начальное расстояние между рядами скважин до 1 знака после запятой или до 0,5, если в футах.

Система расчета паспорта буровзрывных работ рассчитывает 814 новую площадь ячейки сетки скважин. Новая площадь ячейки сетки скважин (newPatternFootage/newPatternFootage) равняется следующему: $\text{prioritized_distance} * \text{non_prioritized_distance}$. Приоритетным расстоянием (prioritized_distance) может быть расстояние между рядами скважин или расстояние между скважинами в ряду в зависимости от того, что пользователь желает подогнать лучше: длину участка буровзрывных работ или ширину участка буровзрывных работ. Например, если приоритетным расстоянием является расстояние между рядами скважин, то расстояние между скважинами в ряду становится неприоритетным расстоянием

(non_prioritized_distance).

Система расчета паспорта буровзрывных работ проверяет 816, находится ли новая площадь ячейки сетки скважин в пределах целевого диапазона, причем указанный диапазон равен следующему: площадь ячейки сетки скважин (PattF), умноженная на 0,9, меньше, чем $\text{new_PatternFootage} < \text{PattF} * 1,1$. Если новая площадь ячейки сетки скважин не находится в пределах целевого диапазона, система расчета паспорта буровзрывных работ пытается 822 найти приоритетное расстояние, которое подходит, как описано на фиг. 9. Если новая площадь ячейки сетки скважин не находится в пределах целевого диапазона, система расчета паспорта буровзрывных работ проверяет 818, подходит ли идеально приоритетное расстояние (например, длина или ширина участка буровзрывных работ равна приоритетному расстоянию).

Если приоритетное расстояние идеально не подходит, система расчета паспорта буровзрывных работ пытается 822 найти приоритетное расстояние, которое подходит, как описано на фиг. 9. Если приоритетное расстояние идеально подходит, система расчета паспорта буровзрывных работ добавляет 820 новые расстояния между рядами скважин и расстояние между скважинами в ряду к перечню окончательных результатов (final_results) и затем пытается найти 822 другие приоритетные расстояния, которые подходят. Система расчета паспорта буровзрывных работ сортирует 824 перечень приблизительных результатов (approximate_results) в порядке от наилучшей до наихудшей подгонки.

На фиг. 8В система расчета паспорта буровзрывных работ выполняет итеративный обход 826 по перечню приблизительных результатов и из текущего результата выбирает приоритетное расстояние. Система расчета паспорта буровзрывных работ берет из перечня приблизительных результатов конфигурацию потенциальных расстояния между рядами скважин и расстояния между скважинами в ряду. Система расчета паспорта буровзрывных работ берет и проверяет 830 потенциальное расстояние между рядами скважин и приблизительное расстояние между скважинами в ряду по правилам классификации.

Система расчета паспорта буровзрывных работ рассчитывает 832 максимальное неприоритетное расстояние (max_non_prioritized_distance) и минимальное неприоритетное расстояние (min_non_prioritized_distance) по initial_Pattfootage и potential_prioritized_distance (потенциальное приоритетное расстояние). Система расчета паспорта буровзрывных работ может рассчитывать максимальное и минимальное неприоритетные расстояния по уравнениям 19 и 20.

Расстояние между скважинами в ряду $\leq$ расстояние между рядами скважин $\leq$
 $1,4 * \text{расстояние между рядами скважин}$

Уравнение 19

Расстояние между рядами скважин $\leq$ расстояние между скважинами в ряду $\leq 1,4 * \text{расстояние}$

Уравнение 20

Система расчета паспорта буровзрывных работ делает шаг 834 к неприоритетному расстоянию на 0,1 (или 0,5, если используются футы). После этого шага система расчета паспорта буровзрывных работ проверяет 836, верно ли, что $\text{potential_non-prioritized_distance} < \text{max_non_prioritized_distance}$. Если потенциальное неприоритетное расстояние ($\text{potential_non-prioritized_distance} / \text{potential_non_prioritized_distance}$) не меньше целевого порогового значения, система расчета паспорта буровзрывных работ выбирает 828 из текущего результата следующее приоритетное расстояние. Если потенциальное неприоритетное расстояние меньше целевого порогового значения, система расчета паспорта буровзрывных работ рассчитывает 838 новую площадь ячейки сетки скважин, равную: $\text{prioritized_distance} * \text{potential_non_prioritized_distance}$. Система расчета паспорта буровзрывных работ проверяет 840, находится ли новая площадь ячейки сетки скважин в пределах целевого диапазона. Например, целевой диапазон может быть следующим: $\text{min_PattF} < \text{new_PattF} < \text{max_PattF}$. Если новая площадь ячейки сетки скважин находится в пределах целевого диапазона, результат новой площади ячейки сетки скважин добавляют 842 в окончательный перечень результатов. Если новая площадь ячейки сетки скважин не находится в целевом диапазоне, система расчета паспорта буровзрывных работ добавляет 844 шаг к потенциальному неприоритетному расстоянию.

Система расчета паспорта буровзрывных работ проверяет 846, все ли приоритетные расстояния испробованы. Если не все, система расчета паспорта буровзрывных работ выбирает 828 из текущих результатов следующее приоритетное расстояние. Если испробованы все приоритетные расстояния, система расчета паспорта буровзрывных работ сортирует 848 окончательный перечень результатов по наилучшей подгонке (например, результат с наименьшим остатком первым), и по паспорту буровзрывных работ выполняют способ формирования деталей уровня скважины, как описано на фиг. 10.

Фиг. 9 иллюстрирует способ 900, который может использовать система расчета паспорта буровзрывных работ, чтобы попытаться 902 найти подходящее приоритетное расстояние на участке буровзрывных работ. В этом способе система расчета паспорта буровзрывных работ пытается найти оптимальную подгонку для приоритетного расстояния (например, расстояние между рядами скважин или расстояние между скважинами в ряду). Оптимальная подгонка означает, что переполнение или недостаточное заполнение является минимальным (т.е. что остаток приближается к нулю или равен нулю). Например, для участка буровзрывных работ шириной 50 м, если расстояние между рядами скважин составляет 5 метров, остатка нет, поскольку 10 скважин на расстоянии 5 метров друг от друга занимают 50 м.

Как еще один пример, расстояние между рядами скважин 4,9 метра дает остаток 1 метр недостаточного заполнения для 10 скважин или 3,0 м переполнения для 11 скважин.

Система расчета паспорта буровзрывных работ может округлять 904 минимальное расстояние между рядами скважин и формировать 906 шаг (например, 0,1 для метров, 0,5 для футов). Округленное расстояние между рядами скважин (`rounded_burden`) регулируют 908 путем добавления шага к расстоянию между рядами скважин. Система расчета паспорта буровзрывных работ проверяет 910, находится ли округленное расстояние между рядами скважин в пределах целевого диапазона, в частности, больше ли оно минимального расстояния между рядами скважин (`min_burden`) и меньше ли оно максимального расстояния между рядами скважин. Если округленное расстояние между рядами скважин не находится в пределах указанного диапазона, система расчета паспорта буровзрывных работ возвращается на фиг. 8А, чтобы попытаться найти подходящее приоритетное расстояние. Если округленное расстояние между рядами скважин находится в пределах указанного диапазона, система расчета паспорта буровзрывных работ определяет 912 остаток длины плана участка, используя расстояние между рядами скважин. Например, для участка буровзрывных работ с шириной 50 м и с расстоянием между рядами скважин 5 м остатка нет, поскольку 10 скважин умножить на 5 м равняется 50 м. В другом примере, где расстояние между рядами скважин 4,9 м, а ширина участка буровзрывных работ остается равной 50 м, есть остаток 1 м недостаточного заполнения для 10 скважин или 3,9 м переполнения для 11 скважин. Система добавляет 914 остаток и расстояние между рядами скважин в перечень приблизительных результатов.

Фиг. 10 иллюстрирует способ 1000 формирования деталей уровня скважины для данных расстояния между рядами скважин и расстояния между скважинами в ряду (например, конфигурация ярусов, перебур, верхняя забойка, промежуточная забойка и длина колонки взрывчатого вещества). Длина колонки взрывчатого вещества - это длина части взрывной скважины, заполненной взрывчатым веществом. Система расчета паспорта буровзрывных работ, использующая способ 1000, выполняет итеративный обход 1002 по потенциальным расстояниям между рядами скважин и расстояниям между скважинами в ряду и проверяет приоритетные расстояния, неприоритетное расстояние, площадь ячейки сетки скважин и остаток. Система расчета паспорта буровзрывных работ определяет 1004, все ли потенциальные расстояния между рядами скважин и расстояния между скважинами в ряду использованы. Система расчета паспорта буровзрывных работ выбирает 1006 из перечня потенциальных расстояний между рядами скважин и расстояний между скважинами в ряду следующую позицию. Система проверяет 1008, что расстояние между рядами скважин и расстояние между скважинами в ряду не слишком велики для участка буровзрывных работ и рассчитывает длину колонки взрывчатого вещества, перебур, и верхнюю забойку, и промежуточную забойку.

Система расчета паспорта буровзрывных работ может строить 1010 ярусы и рассчитывать массу взрывчатого вещества. Система расчета паспорта буровзрывных работ может строить 1010 ярусы на основе следующих критериев. Верхний и промежуточный ярусы будут иметь одинаковые колонки взрывчатого вещества и массы взрывчатого вещества. Промежуточный ярус и нижний ярус могут иметь одинаковую высоту (высота нижнего яруса не включает перебур). Нижний ярус из-за перебура может иметь отличающуюся массу взрывчатого вещества. Верхний ярус будет иметь отличающуюся высоту из-за верхней забойки.

Фиг. 11 иллюстрирует способ 1100 проверки правильности разработанного паспорта буровзрывных работ. Система расчета паспорта буровзрывных работ, использующая способ 1100, может выполнять ряд проверок правильности. Например, система расчета паспорта буровзрывных работ может выполнять проверку энергии и массы, проверку энергии на единицу объема и проверку отношения расстояния между рядами скважин и жесткости.

Для проверки энергии и массы система расчета паспорта буровзрывных работ проверяет 1104, является ли масса взрывчатого вещества для яруса меньшей, чем `key_seismograph.mass_pounds_per_delay` (масса в фунтах на задержку ключевого сейсмографа), и является ли `min_energy_per_mass_check_per_deck` (проверка минимальной энергии на единицу массы на ярус) меньшей, чем `deck_energy` (энергия яруса), а энергия яруса меньшей, чем `max_energy_per_mass_check_per_deck` (проверка максимальной энергии на единицу массы на ярус). Расчет энергии яруса может выглядеть следующим образом:

$$\text{Энергия яруса} = \frac{\text{масса взрывчатого вещества} \times \text{энергия на единицу массы}}{\text{расстояние между рядами скважин} \times \text{расстояние между скважинами в ряду} \times \text{высота яруса} \times \text{плотность горной породы}}$$

. Уравнение 21

Проверку энергии на единицу объема могут использовать для проверки 1106, является ли `min_energy_per_volume` (минимальная энергия на единицу объема) меньшей, чем `deck_energy`, которая, в свою очередь, меньшей, чем `Max_energy_per_volume` (максимальная энергия на единицу объема).

Если энергия на единицу объема находится в пределах паспорта буровзрывных работ, то это решение добавляют 1108 в перечень потенциальных решений. Система расчета паспорта буровзрывных работ рассчитывает 1110 отношение расстояния между рядами скважин и жесткости для всех ярусов и возвращает результат с худшим отношением расстояния между рядами скважин и жесткости скважины. Про-

верку отношения расстояния между рядами скважин и жесткости могут использовать для определения 1112, является ли `burden_stiffness_rating` (отношение расстояния между рядами скважин и жесткости) большим чем 2.

Фиг. 12 иллюстрирует способ 1200 расчета конкретных характеристик правильного паспорта буровзрывных работ. По способу 1200 проверяют правильность разработанного паспорта буровзрывных работ. Система расчета паспорта буровзрывных работ рассчитывает 1202 основное колебание. В некоторых вариантах осуществления $\text{колебание} = \text{конфайнмент} * \text{энергия яруса} * \left(\frac{\sqrt{\text{масса взрывчатого вещества}}}{\text{расстояние сейсмографа}} \right)^a$, где "a" всегда может быть положительным (например, $a=1,6$). Система расчета паспорта буровзрывных работ может рассчитывать 1204 число скважин, рассчитывать 1206 общий вес взрывчатого вещества, рассчитывать общий вес материала, рассчитывать объем материала, рассчитывать 1208 объем отбитой горной породы, рассчитывать 1210 удельный расход взрывчатого вещества, рассчитывать 1212 общую длину бурения, рассчитывать 1214 объем забойки и возвращать 1216 результаты.

Фиг. 13 иллюстрирует график 1300 результатов плана буровзрывных работ, которые оценены на основе колебания, с кривой 1302, подогнанной колебанием. Показаны лучшие оценки 1306, 1312 и хорошие оценки 1308, 1310 и 1314. В некоторых вариантах осуществления выбирается не самый высокий результат, а выбирается результат в точке 80% 1304 наибольшего колебания. Чтобы достичь этого, система расчета паспорта буровзрывных работ подгоняет результаты в части колебания в соответствии с полиномом, подобным графику 1300. Затем, после подгонки результатов в соответствии с полиномом оценки откладывают на оси y. Для оценки результатов плана буровзрывных работ система расчета паспорта буровзрывных работ может производить оценку на основе одного из следующих способов: 1) наименьшее число ярусов, 2) наименьшее число скважин, 3) отношение расстояния между рядами скважин и жесткости или 4) оценка колебания. В первых трех способах результаты сортируют в соответствии с выбранными критериями.

Фиг. 14 иллюстрирует способ 1400 редактирования расстояния между рядами скважин и расстояния между скважинами в ряду. В некоторых вариантах осуществления пользователь может использовать этот способ для редактирования расстояния между рядами скважин и расстояния между скважинами в ряду. Пользователь может вводить желательные расстояние между рядами скважин и/или расстояние между скважинами в ряду.

Например, этот способ 1400 могут использовать для редактирования расстояния между рядами скважин и расстояния между скважинами в ряду, определенных способами, описанными на фиг. 8А-9. Поскольку расстояние между рядами скважин и расстояние между скважинами в ряду рассчитывают как этап формирования паспорта буровзрывных работ, регулировка этих параметров может потребовать частичного выполнения способа формирования паспорта буровзрывных работ (например, способом на фиг. 7 могут формировать 704 детали уровня скважины для данных расстояния между рядами скважин и расстояния между скважинами в ряду, выполнять 706 проверки правильности (например, проверку энергии, проверку отношения расстояния между рядами скважин и жесткости и проверку колебания) и рассчитывать 708 характеристики правильных буровзрывных работ (например, вес взрывчатого вещества, вес материала, объем материала, число скважин, крупность дробления)).

Система, использующая этот способ 1400, проверяет 1402, блокирована ли площадь ячейки сетки скважин. Блокированная площадь ячейки сетки скважин указывает, что после редактирования расстояния между рядами скважин или расстояния между скважинами в ряду площадь ячейки сетки скважин должна остаться неизменной. Если площадь ячейки сетки скважин блокирована, система получает 1412 входной сигнал, указывающий либо расстояние между рядами скважин, либо расстояние между скважинами в ряду. Если вводится расстояние между скважинами в ряду, система рассчитывает 1414 расстояние между рядами скважин на основе расстояния между скважинами в ряду. Если вводится расстояние между рядами скважин, система рассчитывает 1416 расстояние между скважинами в ряду на основе расстояния между рядами скважин. Если площадь ячейки сетки скважин не блокирована, система получает 1404 входной сигнал, указывающий расстояние между рядами скважин и расстояние между скважинами в ряду и выдает 1406 площадь ячейки сетки скважин.

Система может дополнительно выполнять 1408 проверку площади ячейки сетки скважин. Например, система может дополнительно проверять, что площадь ячейки сетки скважин больше или равна первоначальной площади ячейки сетки скважин и меньше или равна 110% первоначальной площади ячейки сетки скважин.

Система может дополнительно выполнять 1410 проверку коэффициента сетки скважин. Например, система может проверять, что расстояние между скважинами в ряду больше или равно произведению 1,5 и диаметра скважины, и что расстояние между скважинами в ряду меньше или равно произведению 1,5 и расстояния между рядами скважин.

Примеры и варианты осуществления, раскрытые в настоящем описании, должны интерпретироваться как чисто иллюстративные и примерные, а не как ограничение объема настоящего изобретения каким-либо образом. Специалистам в данной области техники и извлекающим выгоду из настоящего изобретения будет понятно, что в детали вышеописанных вариантов осуществления могут вноситься

изменения в пределах основных принципов настоящего изобретения, изложенных в настоящем описании.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ формирования плана буровзрывных работ, причем способ включает:
 - получение данных о буровзрывных работах, содержащих геометрические и геологические параметры уступа участка буровзрывных работ, подлежащего взрыванию, а также диаметр и взрывчатые свойства используемого взрывчатого продукта, при этом геометрические параметры уступа включают высоту забоя уступа;
 - определение площади ячейки сетки скважин, которая может надлежащим образом дробиться используемым взрывчатым продуктом во взрывной скважине, находящейся на уступе, причем площадь ячейки сетки скважин образует площадь, в которой должны быть расположены взрывные скважины плана буровзрывных работ, при этом определение площади ячейки сетки скважин включает определение зависимости между высотой забоя, удельной энергией используемого взрывчатого продукта и геологическими параметрами уступа;
 - определение расстояния между рядами скважин и расстояния между скважинами в ряду по площади ячейки сетки скважин; и
 - формирование плана буровзрывных работ с использованием расстояния между рядами скважин и расстояния между скважинами в ряду.
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что определение площади ячейки сетки скважин включает расчет геометрической зависимости между высотой забоя и диаметром используемого взрывчатого продукта, специфической для геологических параметров уступа, для определения черновой площади ячейки сетки скважин.
3. Способ по п.1, отличающийся тем, что определение площади ячейки сетки скважин включает введение отношения высоты забоя и диаметра используемого взрывчатого продукта как переменной в уравнение с геологическими константами, эмпирически подогнанными к данным о предыдущих буровзрывных работах, относящимся к предыдущим буровзрывным работам, давшим в результате надлежащее дробление материала конкретного уступа предыдущих буровзрывных работ, для определения черновой площади ячейки сетки скважин.
4. Способ по любому из пп.2, 3, отличающийся тем, что определение площади ячейки сетки скважин дополнительно включает корректировку черновой площади ячейки сетки скважин на основе разниц между удельной энергией используемого взрывчатого продукта и удельной энергией взрывчатого продукта, использовавшегося при предыдущих буровзрывных работах, данные о предыдущих буровзрывных работах относительно которых использовали при формировании уравнения.
5. Способ по любому из пп.2-4, отличающийся тем, что определение площади ячейки сетки скважин дополнительно включает корректировку черновой площади ячейки сетки скважин на основе объема используемого взрывчатого продукта.
6. Способ по п.1, отличающийся тем, что определение площади ячейки сетки скважин включает установление площади вокруг скважин на плане буровзрывных работ, при этом площадь ячейки сетки скважин представляет собой произведение первого множителя, основанного на геологических параметрах и высоте забоя, второго множителя, основанного на удельной энергии используемого взрывчатого продукта, и третьего множителя, основанного на диаметре используемого взрывчатого продукта.
7. Способ по п.6, отличающийся тем, что дополнительно включает расчет первого множителя путем расчета результата умножения первого геологического множителя на натуральный логарифм деления высоты забоя, деленного на диаметр используемого продукта; и уменьшения результата на второй геологический множитель.
8. Способ по п.7, отличающийся тем, что уступ содержит один или более ярусов, причем расстояние между ярусом и другим ярусом или концом взрывной скважины используют как высоту забоя.
9. Способ по любому из пп.6-8, отличающийся тем, что дополнительно включает расчет второго множителя путем добавления поправочного коэффициента к относительной энергии взрывчатого вещества, представляющего собой используемый взрывчатый продукт.
10. Способ по любому из пп.1-9, отличающийся тем, что геологические параметры участка буровзрывных работ включают плотность горной породы, тип горной породы, прочность горной породы, характеристики затухания или их комбинации; и
 - способы дополнительно включают получение параметров взрывных скважин, включающих высоту забоя, желательный тип сетки взрывных скважин, вероятность обводнения и/или потенциальное количество воды в любых проходимых бурением взрывных скважинах и диаметр используемого бура; и
 - получение информации об используемом взрывчатом продукте, включающей тип используемого взрывчатого продукта, вес и/или объем используемого взрывчатого продукта, поставленного на участок буровзрывных работ, вес материала, подлежащего взрыванию, объем материала, подлежащего взрыванию, и число скважин, которые можно заполнить используемым взрывчатым продуктом, поставленным

на участок буровзрывных работ.

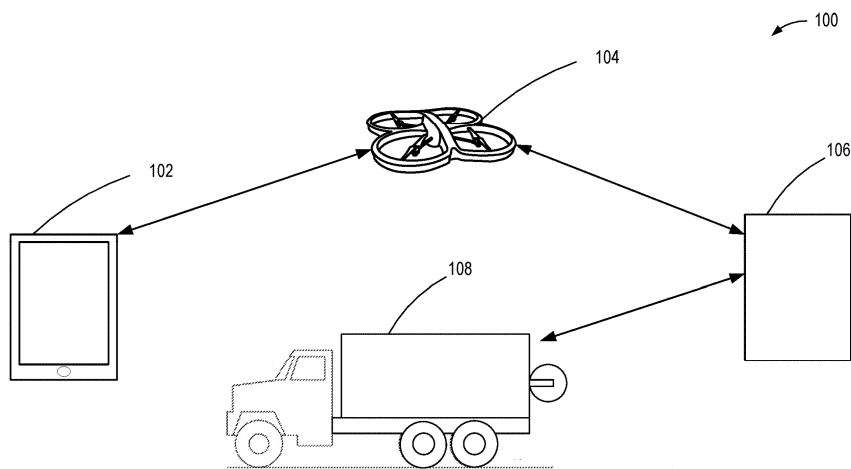
11. Способ по п.3, отличающийся тем, что параметры взрывных скважин включают желательный тип сетки взрывных скважин, и при этом константу дополнительно выводят на основе формы желательного типа сетки взрывных скважин.

12. Способ по любому из пп.1-11, отличающийся тем, что дополнительно включает формирование набора данных, содержащего несколько подстановок полученных данных о буровзрывных работах; и моделирование буровзрывных работ для каждой из нескольких подстановок для определения нескольких результатов моделирования,

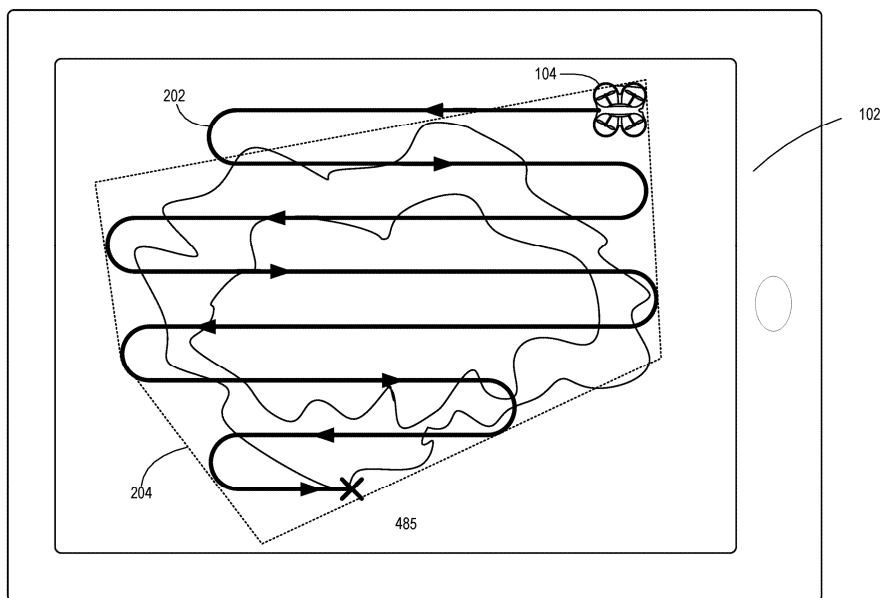
при этом план буровзрывных работ основывают на результате моделирования с самой высокой оценкой.

13. Способ по п.3, отличающийся тем, что данные о предыдущих буровзрывных работах включают данные о фактическом загруженном взрывчатом веществе из оборудования на участке, используемого для загрузки взрывчатых веществ в буровые скважины при предыдущих буровзрывных работах.

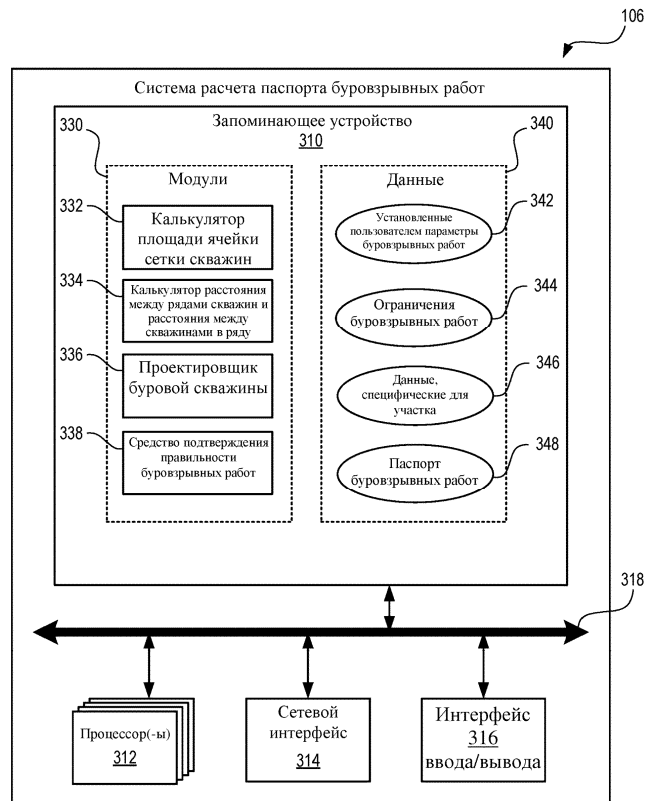
14. Способ по любому из пп.1-12, дополнительно включающий получение измерений, собранных при бурении, при этом собранные при бурении измерения используют для плана буровзрывных работ.



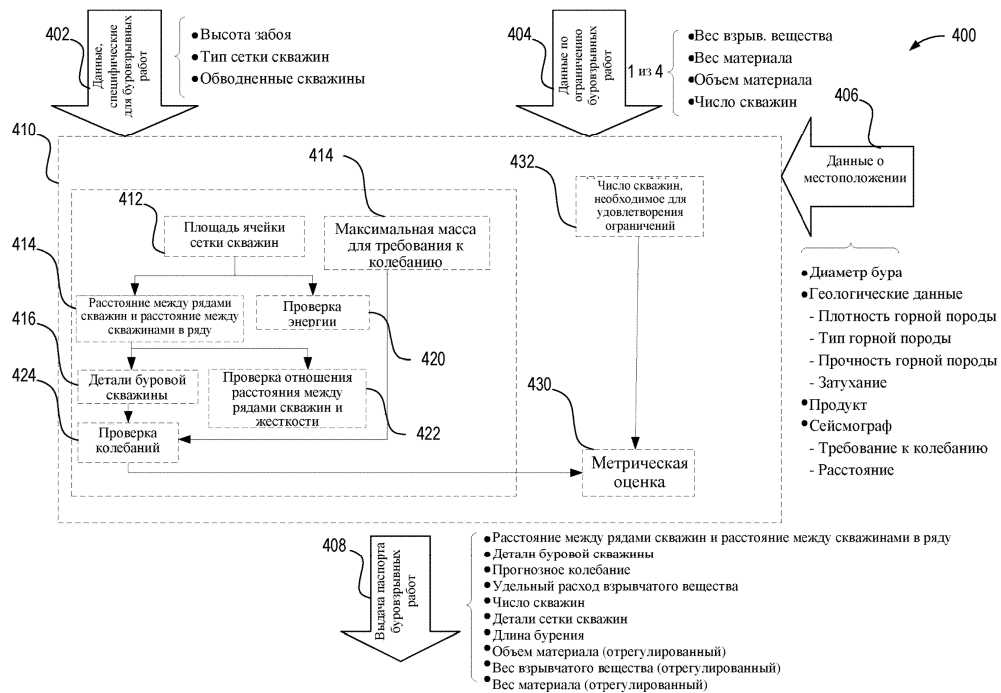
Фиг. 1



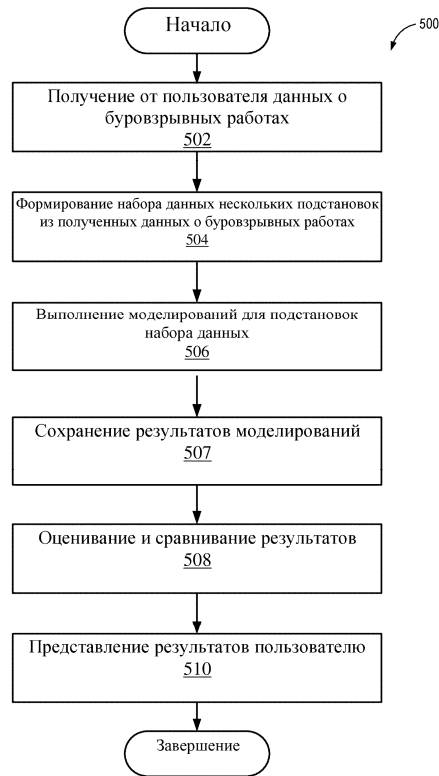
Фиг. 2



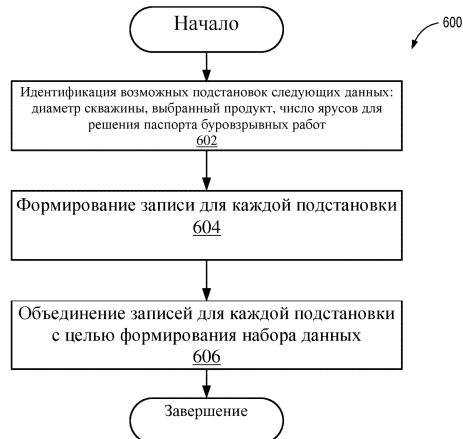
Фиг. 3



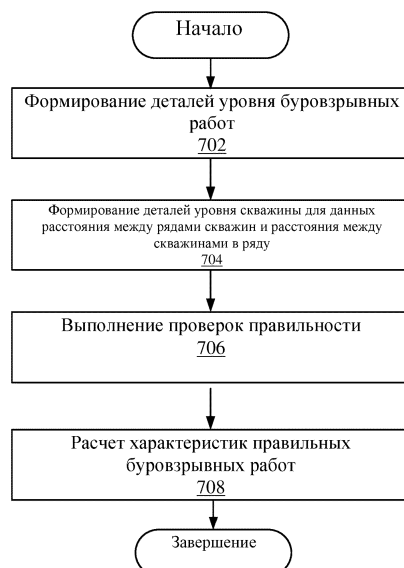
Фиг. 4



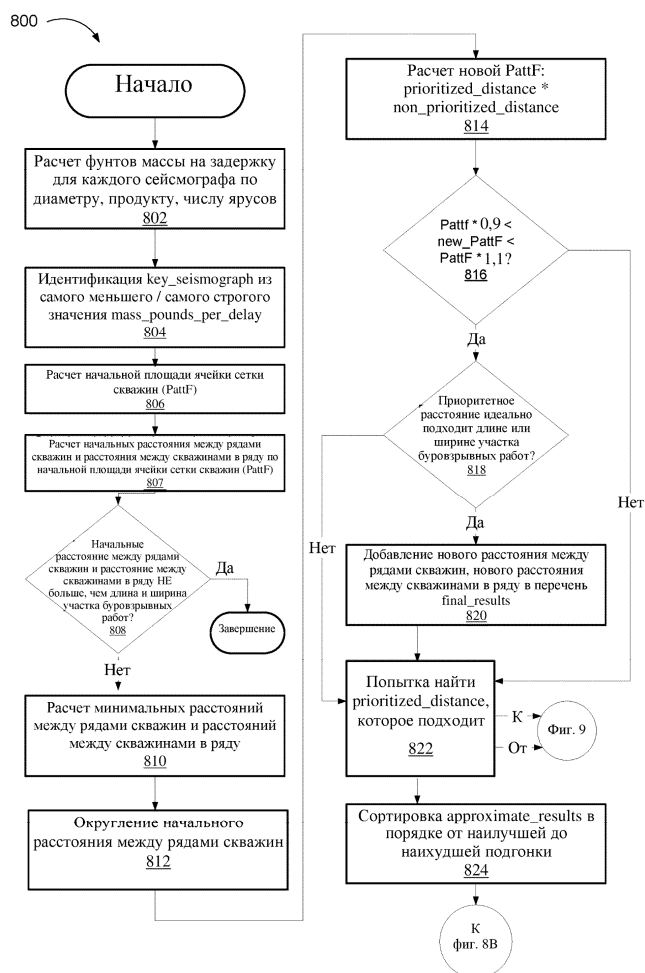
Фиг. 5



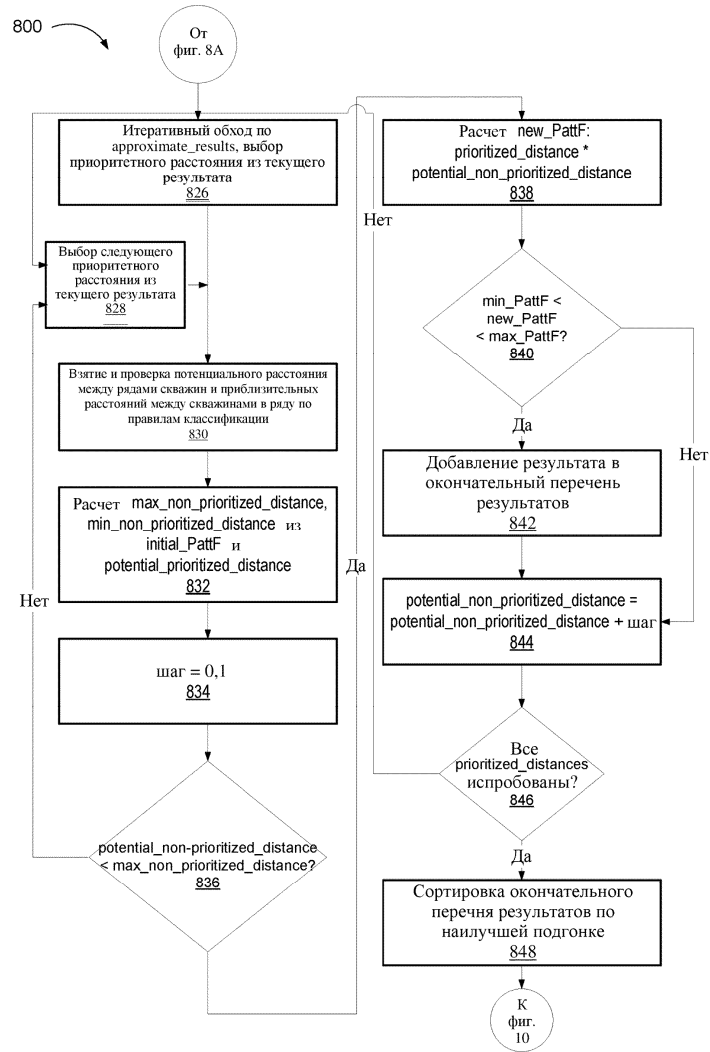
Фиг. 6



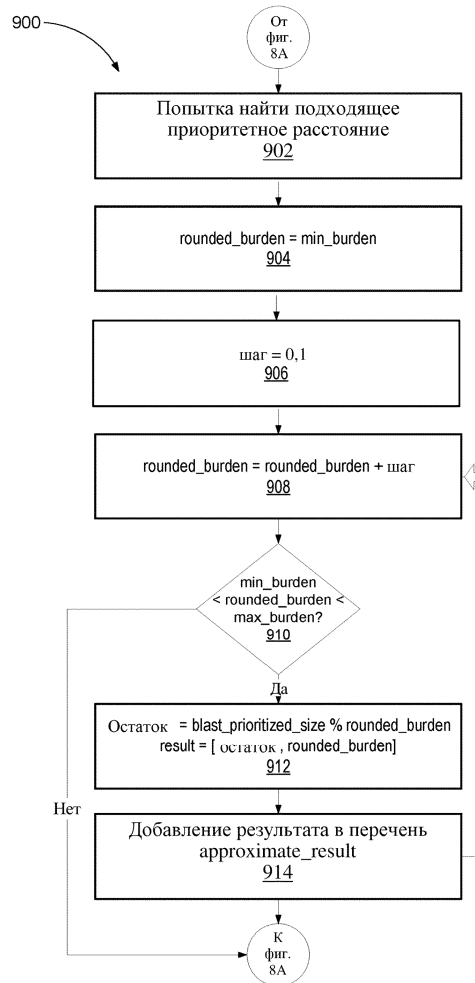
Фиг. 7



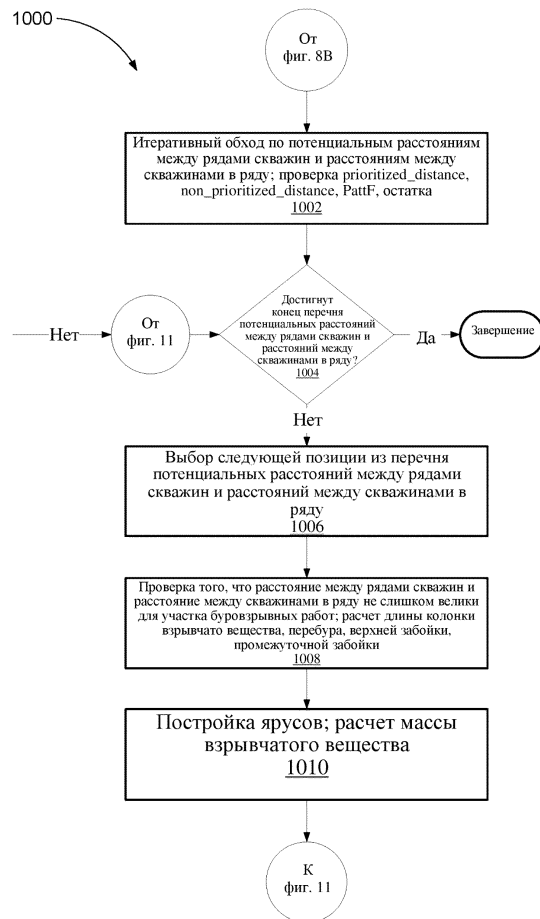
Фиг. 8A



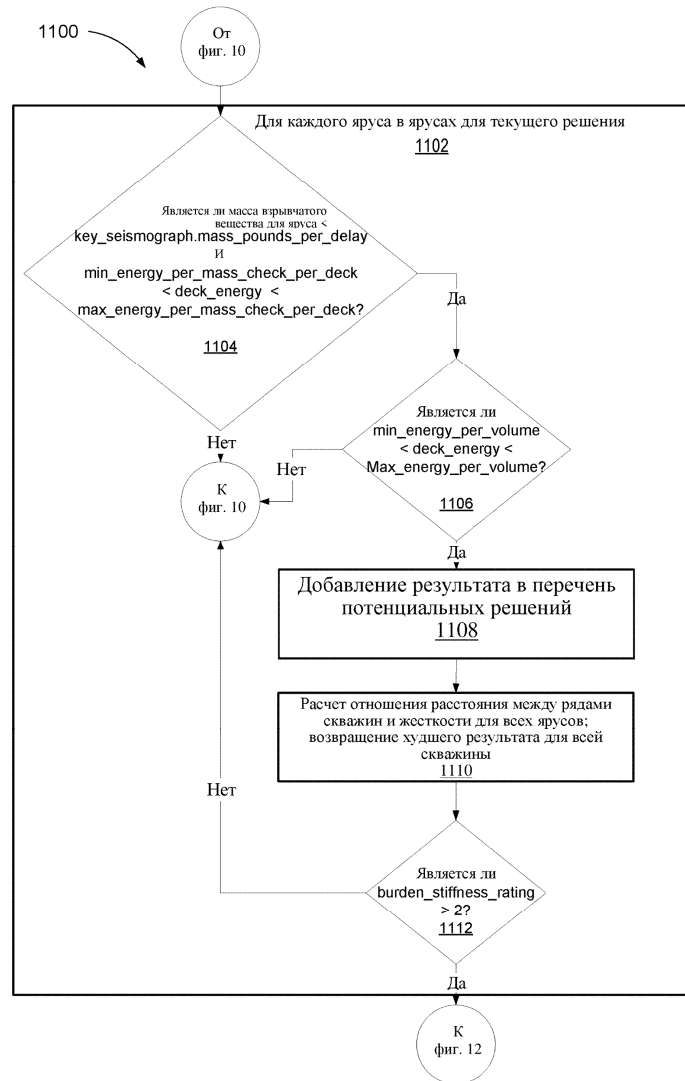
Фиг. 8В



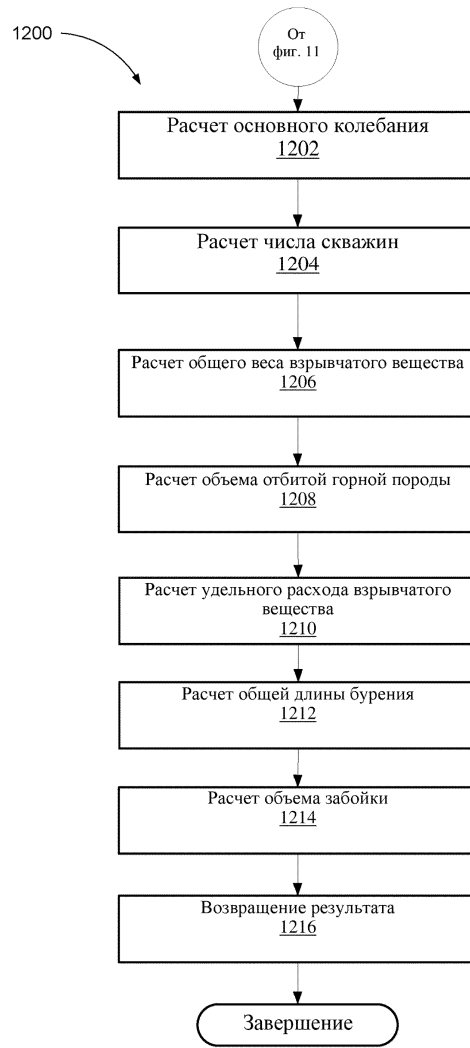
Фиг. 9



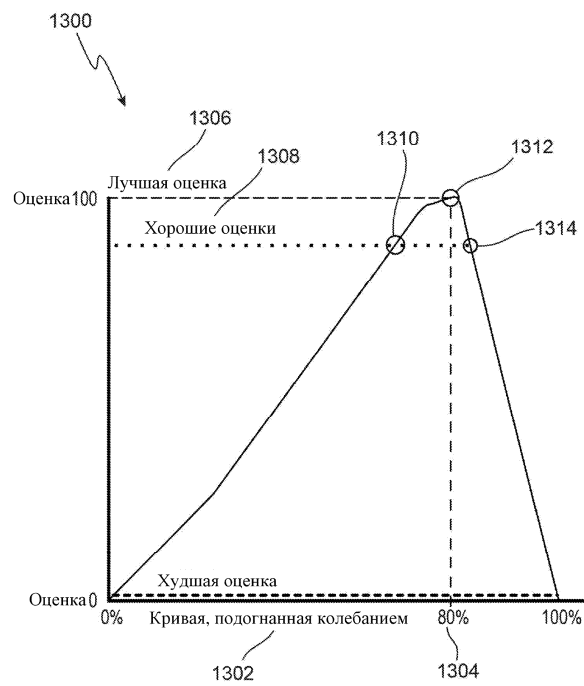
Фиг. 10



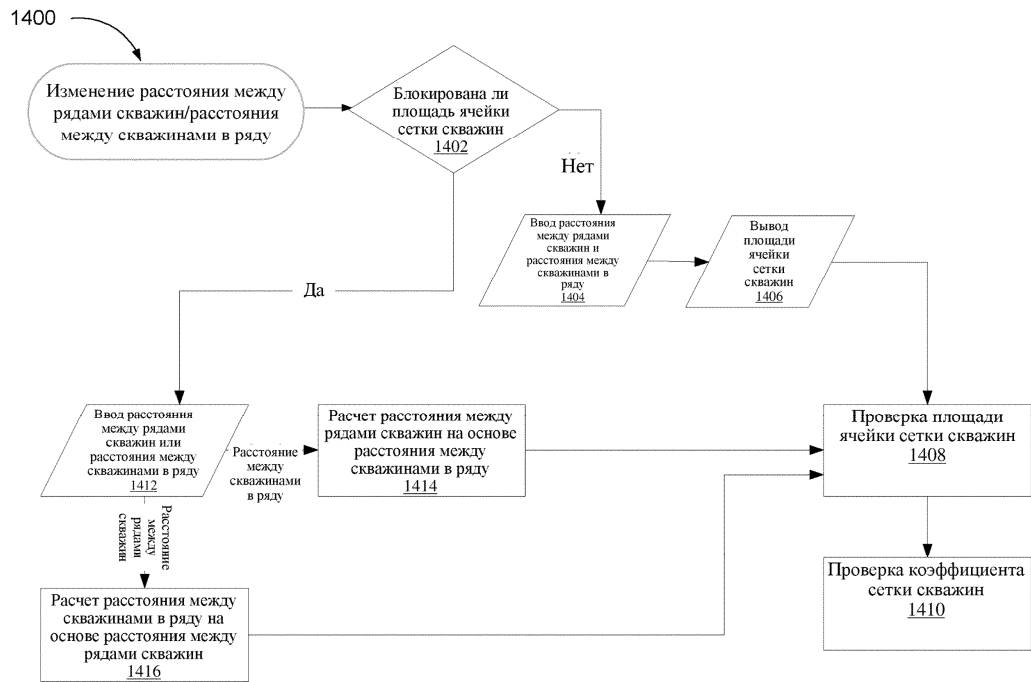
Фиг. 11



Фиг. 12



Фиг. 13



Фиг. 14

