

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **036360**

(13) **B1**

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

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2020.10.30**

**(21)** Номер заявки  
**201790681**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2015.02.09**

**(51)** Int. Cl. *F42D 1/055* (2006.01)  
*F42D 3/04* (2006.01)  
*F42D 3/06* (2006.01)  
*F42B 3/00* (2006.01)  
*C06C 5/00* (2006.01)

---

**(54) СПОСОБ МЕЖСКВАЖИННОГО ВЗРЫВА С КОРОТКИМ ИНТЕРВАЛОМ ЗАДЕРЖКИ И СРЕДСТВО ДЛЯ ПОДРЫВА**

---

**(31)** 201413003305

**(32)** 2014.09.23

**(33)** КР

**(43)** 2017.09.29

**(86)** PCT/KP2015/000035

**(87)** WO 2016/047812 2016.03.31

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:  
**РЮ ИН МУ (КР)**

**(56)** WO-A1-2008138070  
AU-B2-2002224660  
US-A-5714712

**(72)** Изобретатель:  
**Рю Ин Му, Рю Нам Сок (КР)**

**(74)** Представитель:  
**Ловцов С.В., Левчук Д.В., Саленко  
А.М. (RU)**

---

**(57)** Способ взрыва горных пород, в котором взрывные скважины подрывают по рядам с коротким межскважинным интервалом задержки, варьирующимся от 0,1 до 4,5 мс, таким образом, что поле напряжения распространяется внутри поля напряжения, предварительно распространившегося из предыдущей соседней взрывной скважины, таким образом, усиливая разрушение и предотвращая высвобождение энергии взрыва в выпуск детонационного газа, и воздействие на окружающую среду, вызванное выработкой излишнего звука. Короткий межскважинный интервал задержки получают при помощи длины ударной трубки, которая является необходимой для передачи сигналов инициирования во взрывные скважины, и используется в неэлектрических двунаправленных системах взрывания, таких как система PULKKOT. Сама ударная трубка представляет собой точное средство подрыва, которое может обеспечить короткий интервал задержки при наименьшей себестоимости производства, предотвратить огромный экономический ущерб из-за использования детонаторов замедленного действия с межскважинными замедлениями в 9, 17, 25 и 42 мс и увеличить воздействие энергии взрыва более чем в 1,5 раза. Короткий межскважинный интервал задержки можно также обеспечить путем управления электронной системой инициирования, но в этом случае стоимость будет выше более чем в 5 раз. Настоящее изобретение основано на более чем 50-летнем производственном опыте и используется в технике взрывных работ более 20 лет.

---

**B1**

**036360**

**036360**

**B1**

### Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к способу взрыва и, в особенности, связано с иницированием взрывных скважин с коротким интервалом задержки. Изобретение дополнительно относится к средству подрыва.

### Предпосылки создания изобретения

В обычных способах взрыва горных пород взрывные скважины пробуривают во взрываеваемой горной породе. Взрывные скважины, по меньшей мере, частично снаряжают взрывчаткой, и к каждому взрывному заряду присоединяют одно или более средств иницирования. Сигналы иницирования передают одному или более средств иницирования во взрывных скважинах на месте взрывных работ, чтобы вызвать разрушение.

До настоящего времени разработаны различные способы взрыва, однако, выпуск детонационного газа и выработка излишнего звука считаются неизбежными явлениями, сопровождающими взрывные работы. Такие явления явно подразумевают потерю энергии взрывчатки, загруженной в каждую из взрывных скважин, принося серьезное уstrашение и потрясение окружающей местности.

Эффективность взрыва можно измерить по степени разрушения горных пород.

Способ замедленного взрыва, который замедляют с определенными интервалами при взрыве в забое, обладает несколькими преимуществами в усилении качества разрушения горной породы, в производстве меньше вибрационных разрушений строений и улучшении эффективности взрыва.

Способ межрядного замедленного взрыва широко используется в уровне техники, а межскважинный взрыв с коротким интервалом задержки все еще находится на стадии изучения, и для достижения разумного межскважинного интервала задержки проводится большое количество экспериментов и исследований.

Наиболее важным фактором является определение разумного межскважинного интервала задержки по длине ряда при взрывах в забое, которое будет влиять на комбинацию полей напряжения, распространяющихся от каждой из взрывных скважин.

Важно определить межрядный и межскважинный интервал задержки подрыва, который обеспечивает максимальное качество разрушения и также для создания замедляющего устройства, также как и средства взрыва, которые обеспечивают точный интервал задержки.

В уровне техники известны многочисленные способы, в которых описано расположение взрывных зарядов и управление интервалом задержки подрыва, в которых предпринимаются попытки оптимизировать разрушение горной породы без необходимости в использовании избыточного количества взрывчатого материала.

В одном примере, патенте США US 390379, выданном 5 сентября 1975 г., раскрыт способ взрыва, в котором образование разлома происходит в течение 0-10 мс после иницирования взрыва, распространение трещины продолжается приблизительно от 10 до 60 мс после подрыва, и выпуск и последующее удаление горной породы начинается после приблизительно 100 мс после подрыва.

Множество зарядов расположено в рядах, находящихся на расстоянии друг от друга с подрывами внутри ряда, происходящими с интервалами задержки в 10 мс или более, и с подрывами между последовательными рядами, происходящими с интервалами задержки от 25 до 150 мс.

В документе WO 2005/124272 группы ORICA, опубликованном 29 декабря 2005 г., предложен способ взрыва, в котором подрывы между соседними взрывными скважинами в группе 2-7 скважин приводили в действие с интервалом задержки менее 5 мс, чтобы вызвать столкновение полей напряжения, в результате чего качество разрушения горной породы улучшалось с ослаблением вибрации взрыва.

В *Blasting engineering hand book*, kyorits-pub.co.jp, 2001.8.1., printed in Japan также предполагается, что интервал задержки подрыва по длине ряда, который обеспечивает эффективное качество разрушения, можно установить при помощи следующей формулы (1).

$$t=k \times w \quad (1)$$

k: фактор эксперимента, мс/м,

w: минимальная расчетная линия наименьшего сопротивления при взрывании;

k = 3~5 (Langefors, 1967), 5~8 (Gustafsson, 1981), 3.3-10 (Stagg, 1987).

U. Langefors сообщал, что интервал задержки составляет предпочтительно 3~5 мс на 1 м минимальной расчетной линии наименьшего сопротивления при взрывании, и когда интервал задержки рассчитывают по формуле (1), если w находится в диапазоне 3~12 м, интервал задержки находится в диапазоне 9~60 мс.

Подходящий интервал задержки сообщал R. Gustafsson как 5~8 мс/м, в котором, если минимальная расчетная линия наименьшего сопротивления при взрывании составляет 3~12 м, интервал задержки составляет 15~96 мс. M. S. Stagg и S. A. Rholl описывали, что подходящий интервал задержки определяют как 3.3~10 мс на 1 м минимальной расчетной линии наименьшего сопротивления при взрывании, в котором если минимальная расчетная линия наименьшего сопротивления при взрывании составляет 3~12 м, интервал задержки составляет 9,9~120 мс. Так как интервал задержки по длине рядов составляет 9~120 мс, а интервал задержки между рядами составляет 25~120 мс, диапазоны вышеприведенных интервалов задержки подобны друг другу.

Поверхностный соединительный элемент, раскрытый в "Non-Electric Initiation System User's Guide" (Austin, January 2014), обеспечивает интервалы задержки в 9, 17, 25, 33, 42, 67, 100 и 200 мс.

Orica на своем веб-сайте опубликовала данные о своем неэлектрическом поверхностном соединительном элементе с интервалами задержки в 9, 17, 25, 42, 65, 100, 150 и 200 мс и предложила способ взрыва в забоях с использованием электронного детонатора и цифровой взрывной системе, которая выделяет большое количество детонационного газа.

Dyno Nobel предложила поверхностный соединительный элемент, обеспечивающий интервалы задержки в 9, 17, 25, 42, 67 мс в 2014 г.

Поверхностные соединительные элементы для взрыва в забоях и подземных шахтах, которые обеспечивают интервал задержки в 9, 17, 25, 33, 42, 50, 67, 72, 100, 150, 200 и 250 мс, разработаны в США и во многих других странах. Однако, так как такие соединительные элементы, принадлежащие к неэлектрической системе инициирования NONEL, обеспечивают однонаправленное инициирование, надежность инициирования является низкой. Для увеличения надежности соединительных элементов для взрывных цепей в течение более 40 лет публиковались такие документы, как WO 2008/039484, Dyno Nobel, 3 апреля 2008 г. и WO 2010/046596, Davey Bickford, 29 апреля 2010 г. и так далее. Однако авторы настоящего изобретения явно указали в своем документе WO 2008/146954, 4 декабря 2008 г., что надежность тех однонаправленных систем никогда не сможет достичь таковой у двунаправленных систем.

В патентной заявке США US 7406918 5 августа 2008 г. опубликован способ взрыва, включающий в себя расположение взрывных скважин и точную регулировку интервала задержки электронных детонаторов, в котором перемещение навалов отбитой породы в желаемом направлении улучшают путем использования задержки межскважинных подрывов по длине рядов взрывных скважин, при этом ряды являются, в общем, перпендикулярными желаемому направлению перемещения, вплоть до 4 мс на 1 м разделения пробойн в таких рядах.

Конкретные геометрии взрывов для улучшения перемещения навала отбитой породы в определенном направлении включают в себя использование оптимизированной схемы взрывной скважины, которая предпочтительно является шахматной схемой, так, что соотношение межскважинных расстояний ( $a$ ) по длине рядов взрывных скважин (где ряды берутся перпендикулярно направлению требуемого перемещения) и перпендикулярного расстояния ( $w$ ) между рядами находится в диапазоне 1:2-3:2 и предпочтительно в диапазоне 7:10-6:5. Наиболее предпочтительно соотношение находится в диапазоне 7:10-1:1.

Увеличение и уменьшение перемещения навала отбитой породы достигают путем манипуляции геометрией взрыва и замедлением между взрывными скважинами.

В документе WO 2011/127540, ORICA, 20 ноября 2011 г. раскрыт взрыв высокой мощности, в котором номинальные интервалы задержки взрывных скважин составляют 150 мс, с межскважинным замедлением по длине рядов в 10 мс в ряду 1, 5 мс в рядах 2~6, 15 мс в ряду 7 и 25 мс в ряду 8.

В нем объективно показано, что в забоях энергию, затрачиваемую на горную породу, можно контролировать при помощи расположения взрывных скважин и, в особенности, путем регулировки интервалов задержки инициирования между взрывными скважинами по длине ряда.

Хотя за последние годы в способах взрыва произошел значительный прогресс, все еще остается потребность в разработке улучшенных способов взрыва, которые обеспечивают эффективное разрушение горной породы без необходимости в использовании избыточного количества взрывчатого материала.

Более того, остается потребность в способах взрыва, где можно улучшить качество разрушения горной породы без избыточного воздействия на окружающую среду, например, при помощи большого количества выделяющегося газа, громкого взрыва и избыточных вибраций земли.

#### **Задача изобретения**

Авторы настоящего изобретения уделили большое внимание огромным экономическим потерям из-за использования детонаторов с миллисекундным замедлением для обеспечения межскважинных интервалов задержки подрыва и воздействия на окружающую среду путем выпуска детонационного газа и выработки излишнего звука, и раскрыли настоящее изобретение.

Задачей настоящего изобретения является создание способа взрыва горных пород, который предотвращает высвобождение энергии взрыва в выпуск детонационного газа и выработку избыточного звука.

Другой задачей настоящего изобретения является создание способа взрыва горных пород, который приводит к улучшенному разрушению горных пород путем приведения в действие взрывных зарядов с межскважинным интервалом задержки, с которым к горным породам прилагается максимальная энергия, и образуется усталостное разрушение.

Также другой задачей настоящего изобретения является создание средства подрыва, которое обеспечивает точный межскважинный интервал задержки при наименьшей стоимости.

### Описание изобретения

1) Способ межскважинного взрыва с коротким интервалом задержки в забоях.

Настоящее изобретение относится к способу взрыва горных пород, дающему значительно улучшенное разрушение горных пород с малым количеством детонационного газа и звука, который основан на более чем 50-летнем производственном опыте, и уже проявил свою эффективность в течение более 20 лет в забоях, при этом способ включает в себя:

бурение 2 или более рядов взрывных скважин в горной породе, где ряд состоит из 2-25 или более взрывных скважин, при этом каждая из взрывных скважин по длине ряда и между ними является соседней относительно другой взрывной скважины; загрузку взрывного заряда в каждую из взрывных скважин;

соединение каждого из взрывных зарядов со средством инициирования взрыва;

приведение в действие взрывных зарядов при помощи присоединенного средства инициирования взрыва таким образом, чтобы каждый взрывной заряд подрывался бы с коротким межскважинным интервалом задержки, таким образом, подрывая взрывную скважину внутри поля напряжения, предварительно распространявшегося от предыдущей соседней взрывной скважины.

Предпринималось много попыток предотвратить высвобождение энергии взрыва в выпуск детонационного газа и в выработку излишнего звука, которые лишь замедляли выпуск детонационного газа, но не могли предотвратить его полностью.

Авторы изобретения, во время проведения различных испытаний с взрывами, пришли к выводу, что даже высокостабильные забочные материалы (такие как быстро схватывающийся бетон) закрытые забочные заряды и ярусное зарядание не могли предотвратить детонационный газ; и в течение длительных исследований обнаружили, что подходящий межскважинный интервал задержки может решить эту задачу.

По этой причине авторы изобретения полагали, что выпуск детонационного газа связан со столкновением взрывных волн, распространяющихся от каждой из взрывных скважин. Например, если взрывные волны, распространяющиеся от двух соседних взрывных скважин, столкнутся друг с другом на прямой, где соединяются две взрывные скважины, и, таким образом вызовут концентрацию напряжения, то по указанной прямой образуется трещина перед образованием трещин в других частях. Газ высокого давления внутри взрывных скважин увеличивает трещины, и, наконец, выходит в атмосферу перед перемещением взрываемых горных пород.

Авторы изобретения взяли и проанализировали фотографии взрыва в забое с использованием детонирующего запала в качестве средства для взрыва, и подтвердили, что выпуск детонационного газа происходил немедленно после подрыва.

Касательно характеристик детонирующего запала и горной породы, и факторов взрыва в открытых карьерах, последовательное создание взрывных волн от каждой из взрывных скважин приводит к последовательной комбинации (столкновению).

При взрыве в открытом карьере, где соотношение межскважинных расстояний по длине рядов взрывных скважин и перпендикулярного расстояния между рядами у первого и второго рядов составляют 1:2 и 1:1 ( $m=a/w=0.5$  и 1) соответственно, и межскважинное(ые) расстояние(ия) (а) составляют 5~7 м (диаметр взрывных скважин составляет 265 мм), взрывные волны, распространяющиеся от взрывных скважин, являются интенсивными, и взрыв происходит с последовательной комбинацией (столкновением) взрывных волн.

Расположение взрывных скважин увеличивает комбинацию (столкновение) взрывных волн, например, 2 поля напряжения, распространяющиеся от первой и второй взрывной скважины, объединяются (сталкиваются) вокруг участка 0,5 м рядом со стенкой второй взрывной скважины, а 3 поля напряжения, распространяющиеся от второй и третьей взрывной скважины - вокруг участка 0,5 и 1 м соответственно рядом со стенкой второй взрывной скважины.

Предполагая, что ряд состоит из n числа скважин, последовательная комбинация (столкновение) возникающих напряжений, составляющих n-1 и отраженных напряжений, оставляющих n-5, приведет к локализованной концентрации напряжений, и, в то же время будет сопровождаться усталостным разрушением.

Обычно приложение усталостного разрушения к материалу снижает прочность материала на 1/2~1/5. Концентрация усталостного разрушения и образование трещин рядом со стенками взрывных скважин являются более сильными, чем в любой части, и по которым детонационный газ начинает выходить из взрывных скважин немедленно после инициирования детонирующего запала, где детонационный газ выпускается на высоту вплоть до 25~35 м.

По этой причине столкновения взрывных волн необходимо предотвращать, чтобы избежать выпуска детонационного газа.

Так как столкновение взрывных волн происходит в то время, когда взрывные волны от 2 взрывных скважин встречаются друг с другом, столкновение можно предотвратить путем подрыва взрывной скважины после того, как взрывная волна, предварительно распространяющаяся от соседней взрывной скважины, пройдет мимо.

Чтобы полностью предотвратить высвобождение энергии взрыва в детонационный газ и излишний звук в геометриях взрыва, где соотношение межскважинного расстояния по длине рядов взрывных скважин и перпендикулярного расстояния между рядами находится в диапазоне 1:2~6:5 ( $m=a/w=0,5\sim 1,2$ ), для обеспечения оптимизированного разрушения следует применять короткий межскважинный интервал задержки.

Короткий межскважинный интервал задержки может зависеть от таких факторов, как тип горной породы и состояние, геометрия взрыва.

В предпочтительном варианте осуществления для большинства типов горных пород короткий межскважинный интервал задержки на 1 м межскважинного расстояния варьируется от 0,182 до 0,334 мс, и внутри этого диапазона является возможным приложить максимальную энергию для разрушения горной породы, и избежать высвобождения энергии взрыва в образование избыточного детонационного газа и звука.

Если межскважинное расстояние варьируется от 0,5 до 7 м, короткий межскважинный интервал задержки варьируется от 0,1 до 2,5 мс.

Короткий межскважинный интервал задержки от 0 до 0,181~0,333 мс на 1 м межскважинного расстояния вызывает воздействие на окружающую среду, такое, как выпуск детонационного газа и выработку излишнего звука, при котором, даже при использовании забоек, ярусного заряжания и закрытых забоечных зарядов лишь обеспечивает задержки в несколько или несколько десятков миллисекунд.

Использование высокоточной системы задержки, такой, как неэлектрическая система приведения в действие PULKKOT, или электронной системы инициирования позволяет контролировать эти задержки с погрешностью менее чем 0,1 мс.

Другим аспектом изобретения для областей, где следует улучшать разрушение горных пород, является использование 1~3 или более высокоточных детонаторов внутри каждой взрывной скважины с замедлением между ними в 1,5 мс или менее, предпочтительно ноль.

В соответствии с изобретением верхняя часть колонки взрывчатого вещества может содержать усилитель или детонаторы, которые тоже делают возможным высвобождение малого количества энергии взрыва в выпуск детонационного газа и звук.

Предпочтительно один из этих инициаторов расположен рядом с дном или верхней колонкой взрывчатого вещества взрывной скважины, а другие расположены далее вверх по колонке взрывчатого вещества с регулярными промежутками.

В дополнение, было обнаружено, что разрушение и перемещение навала отбитой породы усиливается при помощи использования выбранного соотношения межрядного интервала задержки и межскважинного интервала задержки. Обычно соотношение будет составлять свыше 6:1 и предпочтительно свыше 30:1.

В зависимости от типа горной породы и геометрии взрывной скважины межскважинный интервал задержки  $t_{pm}$  составляет:

$t_{pm} = 25\sim 65$  мс, если рассматривать максимальное улучшение разрушения горной породы и перемещение навала отбитой породы, но

$t_{pm} = 65\sim 300$  мс, если рассматривать минимальное перемещение навала отбитой породы.

Межскважинное замедление обычно является постоянным по длине каждого ряда; однако его можно варьировать.

Межскважинное замедление на 1 м расчетной линии наименьшего сопротивления при взрывании навала отбитой породы можно поддерживать постоянным или варьировать от ряда к ряду в зависимости от качества разрушения.

Положение иницирующих детонаторов внутри взрывных скважин и замедление между внутрискважинными усилителями внутри скважин может также варьироваться в течение взрыва, в соответствии с требуемым разрушением.

Если межскважинный интервал задержки составляет (0,182~0,334) мс/м $\times$ м, то является возможным избежать столкновение полей напряжения, распространяющихся от каждой взрывной скважины и обеспечить распространение нового поля напряжения внутри предварительно распространившегося поля напряжения. Например, поле напряжения, распространившееся после подрыва первой взрывной скважины, проходит через вторую взрывную скважину, после чего иницируется вторая взрывная скважина, таким образом, распространяя поле напряжения от второй взрывной скважины внутри поля напряжения от первой взрывной скважины.

Поле напряжения, распространившееся от второй взрывной скважины, проходит через третью взрывную скважину, после чего иницируется третья взрывная скважина, таким образом, распространяя поле напряжения от третьей взрывной скважины внутри полей напряжения от первой и второй взрывных скважин.

Подобным образом, поле напряжения, возникшее от n-й взрывной скважины, будет распространяться внутри n-1 количества возникших и отраженных полей напряжения.

Путем избегания столкновения полей напряжения, как описано выше, можно предотвратить выпуск детонационного газа и выработку излишнего звука, при помощи чего энергию взрыва можно распреде-

лить более равномерно по горной породе для улучшения разрушения.

В дополнение, образование новых полей напряжения внутри предварительно распространившегося поля напряжения оказывает воздействие на твердость горной породы.

Механически, если материал несет нагрузку или периодическую нагрузку, которая меняется со временем, прочность материала резко уменьшается (примерно в 2~5 раз меньше), чтобы сильно разрушиться.

Успешное распространение поля напряжения внутри предварительно распространившегося поля напряжения различных размеров приводит к резкому уменьшению твердости горной породы, таким образом улучшая разрушение с использованием той же самой энергии взрыва.

Распространение поля напряжения внутри предварительно распространившегося поля напряжения обеспечивает преимущества:

предотвращение столкновения взрывных волн, таким образом, избежание выпуска детонационного газа и выработки излишнего звука предотвращение концентрации напряжений, таким образом, обеспечивая равномерное распределение энергии взрыва по взрываемой горной породе,

снижение твердости горной породы путем последовательного приложения переменных динамических нагрузок, таким образом улучшая разрушение, максимизация воздействия растягивающего напряжения, разрушающая сила которого гораздо мощнее, чем таковая у напряжения давления, таким образом улучшая разрушение.

Авторы подтвердили на практике в технике взрывных работ в забоях на протяжении более 20 лет, что короткий интервал задержки в 0,182~0,334 мс/м, описанный выше, обеспечивает взрыв с малым выпуском детонационного газа и звука.

Как описано выше, взрыв с межскважинным замедлением обеспечивает улучшенное разрушение горной породы.

На точку 0 внутри минимальной расчетной линии наименьшего сопротивления при взрывании в открытом карьере влияют путем последовательного перекрывания напряжений, распространяющихся от соседних взрывных скважин.

Будучи зависимым от условий взрыва (таких, как масса заряда, высота колонки взрывчатого вещества, расположение взрывной скважины, геометрия взрывной скважины, расчетная линия наименьшего сопротивления при взрывании, межскважинное расстояние, высота забойки) лучшее разрушение горной породы можно обеспечить по мере увеличения числа полей напряжения, которое влияет на точку 0.

Интенсивность относительного напряжения ( $\delta_0$ ) второй взрывной скважины по длине ряда составляет 67%, а таковое у 9-й взрывной скважины по длине ряда составляет 3,1%. Вышеуказанные процентные доли показывают, что чем дальше взрывная скважина расположена от точки 0, тем слабее становится интенсивность напряжения, которая влияет на точку 0.

Более того, чем меньше межскважинные интервалы задержки по длине ряда, тем больше число полей напряжения, которые влияют на точку 0, таким образом, увеличивая интенсивность объединенных полей напряжения. Например, межскважинное замедление в 1,5 мс будет давать 7 полей напряжения, создающих нагрузку на точку 0, замедление в 0,5 мс - 3 поля напряжения, а замедление в 17 мс - 1 поле напряжения, отсюда эффективность энергии взрыва с замедлением в 5 мс является в более чем 1,5 раза большей, чем таковая с замедлением в 17 мс, а эффективность энергии взрыва с замедлением в 1,5 мс является более чем в 2 раза большей, чем таковая с замедлением в 17 мс.

Является важным обеспечить равномерное распределение энергии взрыва по горной породе для достижения лучшего разрушения и использованием того же самого количества взрывного заряда.

В общем, проще разрушить горную породу растягивающим напряжением, хотя его интенсивность составляет 1/10~1/15 таковой у напряжения давления. Следовательно, когда соотношение межскважинного расстояния по длине рядов взрывных скважин и перпендикулярного расстояния между рядами составляет 1:1 ( $m=a/w=1$ ), диапазон межскважинного задержки на 1 м расчетной линии наименьшего сопротивления при взрывании или расстояния между скважинами составляет 0,43~0,8 м в большинстве типов горных пород.

Отраженное поле напряжения, образованное отражением на свободной поверхности, распространяется и достигает второй взрывной скважины за (0.43-0.8) мс/м·а·м, внутри которого 100% областей разрушения, соответствующих первой и второй взрывным скважинам, лежат внутри возникшего и отраженного полей напряжения, распространяющихся от первой взрывной скважины.

Следовательно, интенсивность отраженного поля напряжения, хотя она и слабее, чем таковая у возникшего поля напряжения, оказывает большое влияние.

Эффективность воздействия отраженного поля напряжения на улучшение разрушения можно также доказать при помощи взрывов с большим межскважинным расстоянием.

Авторы изобретения изучили процесс распространения взрывных волн у взрывов с большим межскважинным расстоянием, и заключили, что, когда соотношение межскважинного расстояния по длине рядов взрывных скважин и перпендикулярного расстояния между рядами увеличивается от 1:1 до 4:1, область распространения возникших и отраженных напряжений увеличивается только в области разру-

шения на взрывную скважину, таким образом улучшая разрушение.

Испытания, проведенные U. Langefors, доказали лучшее разрушение у взрывов с большим межскважинным расстоянием. Это показывает, что отраженные поля напряжения дают возможность улучшенного разрушения горной породы.

Максимальное межскважинное замедление можно ограничить временем до перемещения горных пород после образования трещин.

Если размер трещин внутри треснувшей горной породы составляет более 10 мм, то можно считать эти трещины свободной поверхностью, в каком случае на самом деле невозможно распространять взрывные волны внутри горной породы.

Ссылаясь на результаты высокоскоростной фотографии (Quarry management 1992.3 25~27р) и другую информацию, где было раскрыто, что в открытых карьерах каждые 17, 33, 50 мс после подрыва взрывной скважины приводили к перемещению 45, 70, 90% горной породы соответственно, авторы настоящего изобретения ограничили максимальный интервал задержки до 17 мс.

Следовательно, межскважинный интервал задержки, которые делает возможным наилучшее разрушение для большинства типов горных пород и обеспечивает малые выпуск детонационного газа и звука, составляет

$$t=(0,182\sim 0,334), (0,43\sim 0,80) \text{ мс/м}\times\text{м}$$

## 2) Средство подрыва.

Многие авторы изобретений предлагали свои мнения, что внутрискважинный взрыв с замедлением может улучшить разрушение горной породы, но такой способ взрывных работ широко не использовался, в основном, из-за отсутствия практичного и эффективного по стоимости средства подрыва, которое могло бы обеспечить точный период задержки, и высоконадежной взрывной цепи.

Так как однонаправленные неэлектрические системы инициирования, такие, как системы NONEL, EXEL, SHOCK \*STAR и SINB с использованием детонаторов замедленного действия с межскважинным замедлением в 9, 17, 25, 42 и 67 мс обеспечивают меньшую надежность, чем двунаправленная система инициирования с детонирующим запалом, при взрывных работах в открытых карьерах первые не так часто используют, как последнюю.

Межскважинное замедление можно обеспечить при помощи электронной системы инициирования, где система является программируемой, так, чтобы контролировать точные интервалы задержки. Однако, производственная себестоимость такой системы более чем в 5 раз выше, и, кроме того, система подвержена воздействию внешних помех, таких как электрическое или электромагнитное поле.

У авторов изобретения, на основании их более чем 50-летнего производственного опыта, появилась простая идея, что вышеуказанные задачи можно решить при помощи длины ударных трубок в двунаправленных системах инициирования, более предпочтительно, в неэлектрической параллельной системе инициирования Pulkkot, в какой системе допускается двунаправленная передача сигналов инициирования ударными трубками, как это делают детонирующие запалы.

Детонирующие запалы имеют скорость детонации в 6000~6500 м/с, что в 1,2~2 раза быстрее, чем скорость распространения продольных взрывных волн (3000~5500 м/с) внутри горной породы, следовательно, невозможно избежать выпуска детонационного газа, образованного столкновением взрывных волн, распространяющихся от взрывных скважин, без помощи детонаторов замедленного действия, и, кроме того, производственная себестоимость выше более чем в 2 раза.

Ударную трубку, так как ее скорость детонации составляет 1600~2000 м/с, и величина отклонения составляет 1,09%, можно использовать как средство и для взрыва, и для задержки, которое может сделать возможным распространение поля напряжения внутри другого поля напряжения в большинстве типов горных пород.

В зависимости от скорости детонации (D) ударных трубок, интервалы задержки ( $t_{\text{замедл}}$ ) на 1 м ударной трубки составляют:

$$D = 1631 \pm 17,7 \text{ м/с}, t_{\text{замедл}} = 0,613 \pm 0,0063 \text{ мс/м};$$

$$D = 2000 \pm 21,7 \text{ м/с}, t_{\text{замедл}} = 0,50 \pm 0,0051 \text{ мс/м}.$$

Во взрывах в туннелях и шахтах предпочтительный диапазон интервала задержки на 0,5 м межскважинного расстояния составляет от 0,1 до 0,4 мс.

Интервал задержки, обеспечиваемый 0,5 м ударной трубки, составляет 0,25~0,30 мс.

Так как длина ударной трубки варьируется от 2~7,5 м, когда межскважинное расстояние при взрывах в открытых карьерах варьируется от 2 до 7,5 м, межскважинный интервал задержки варьируется от 1,0 до 4,5 мс.

Как видно выше, ударная трубка, которая передает сигналы инициирования от скважины к скважине, обеспечивает наиболее точный интервал задержки с ее длиной, погрешность которого не превышает  $\pm 0,0063$  мс.

Погрешность интервала задержки электронного детонатора составляет менее  $\pm 0,1$  мс.

Чтобы улучшить надежность взрывной цепи, 7-20 взрывных скважин по длине ряда могут иметь двунаправленный соединительный элемент задержки (как показано на фигурах ниже). Указанные двуна-

правленные межрядные соединительные элементы задержки обеспечивают противонаправленные и мгновенные действия, таким образом, давая возможность передавать сигналы инициирования от заднего ряда к переднему ряду, если, при взрыве в открытом карьере, передняя цепь окажется отрезанной, в котором межрядные соединительные элементы задержки расположены так, что последний сигнал инициирования достигает последней взрывной скважины переднего ряда за 100 мс или за время, не превышающее его.

Авторы изобретения, используя вышеприведенные принципы, раскрыли в своем документе WO 2008/146954 (4 декабря 2008 г.) новую систему инициирования (неэлектрическую параллельную систему инициирования Pulkkot) с многокольцевой цепью, содержащей параллельный (двунаправленный) соединительный элемент без детонатора, и ударную трубку; при этом систему использовали в открытых карьерах для массовой выемки с 1995 г. Производственная себестоимость системы составляет лишь 75% таковой однонаправленных систем NONEL или EXEL, и надежность открытой взрывной цепи является преимущественной относительно таковой у электронной системы. Способ взрыва с коротким межскважинным интервалом задержки, в котором используется неэлектрическая параллельная система инициирования Pulkkot, уже был введен в употребление в крупномасштабные взрывные работы на открытом пространстве много раз, и произвел более 1, % миллиона тонн руды и горной породы.

В настоящем изобретении предложено эффективное использование длины ударной трубки, которому придавалось меньше значения в обычных неэлектрических системах инициирования (таких как NONEL, EXEL, SHOCK \*STAR, SINB), управляющими межскважинным замедлением при помощи детонаторов замедленного действия. 0,1~4,5 мс, короткий межскважинный интервал задержки, обеспечиваемый длиной ударной трубки, вырабатывает мало детонационного газа и звука, таким образом, прилагая в 1,5 большую энергию, по сравнению со способом с использованием детонаторов замедленного действия с межскважинными задержками в 9, 17, 25, 42 и 67 мс, чтобы существенно улучшить разрушение.

#### Описание чертежей

На фиг. 1 показана взрывная цепь с коротким межскважинным интервалом задержки в открытых карьерах с межскважинным интервалом задержки в 2, % мс и межрядным интервалом задержки в 45 мс.

На фиг. 2 показан процесс разрушения.

На фиг. 3 показана взрывная цепь с коротким межскважинным интервалом задержки внутри туннелей с межскважинным интервалом задержки в 0,1 мс и межрядным интервалом задержки в 30 мс.

На фиг. 4 показана взрывная цепь с коротким межскважинным интервалом задержки в открытых и подземных шахтах с межскважинным интервалом задержки в 1 мс и межрядным интервалом задержки в 30 мс.

На фиг. 5 показана взрывная цепь с коротким межскважинным интервалом задержки в открытых карьерах с межскважинным интервалом задержки в 2 мс и межрядным интервалом задержки в 45 мс.

На фиг. 6 показана взрывная цепь с коротким межскважинным интервалом задержки в открытых карьерах с межскважинным интервалом задержки в 3 мс и межрядным интервалом задержки в 45 мс.

На фиг. 7 показана взрывная цепь с коротким межскважинным интервалом задержки в открытых карьерах с межскважинным интервалом задержки в 3,5 мс и межрядным интервалом задержки в 45 мс.

Перечень позиционных обозначений:

- 1 - двунаправленная ударная трубка;
- 2 - двунаправленный межрядный соединительный элемент задержки;
- 3 - параллельный соединительный элемент;
- 4 - интервал задержки в миллисекундах.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ взрыва горных пород, в котором взрывные скважины подрывают с кратчайшим межскважинным интервалом задержки, при этом способ содержит стадии

бурения 2 или более рядов взрывных скважин в горной породе, где ряд состоит из от 2 до 25 или более взрывных скважин, при этом каждая из взрывных скважин по длине ряда и между ними является соседней относительно другой взрывной скважины;

загрузки взрывного заряда в каждую из взрывных скважин;

соединения каждого из взрывных зарядов со средством подрыва; и

иницирования каждого взрывного заряда при помощи средства подрыва с кратчайшим межскважинным интервалом задержки с обеспечением отсутствия столкновения взрывных волн между скважинами по длине ряда,

при этом указанный кратчайший межскважинный интервал задержки, в пределах которого обеспечивается отсутствие столкновения волн напряжения между скважинами, составляет для большинства типов горных пород от 0,182 до 0,334 мс и от 0,43 до 0,80 мс на 1 м линии наименьшего сопротивления или межскважинного расстояния.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что, в зависимости от типа горной породы кратчайший межскважинный интервал задержки в 0,182-0,334 мс представляет собой короткий интервал задержки, кото-



рый максимизирует напряжение от воздействия давления на 1 м межскважинного расстояния, таким образом вызывая максимальное перемещение навала отбитой породы и усталостное разрушение, таким образом высвобождая максимальную энергию взрыва в разрушение горной породы.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что, если соотношение межскважинного расстояния по длине рядов взрывных скважин и перпендикулярного расстояния между рядами составляет 1:1 ( $m=a/w=1$ ), межскважинный интервал задержки в 0,43~0,80 мс на 1 м минимальной расчетной линии наименьшего сопротивления при взрывании представляет собой короткий интервал задержки, который максимизирует воздействие растягивающего напряжения.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что подрыв верхней части колонки взрывчатого вещества производит малое количество детонационного газа и излишнего звука, таким образом предотвращая потерю энергии взрыва.

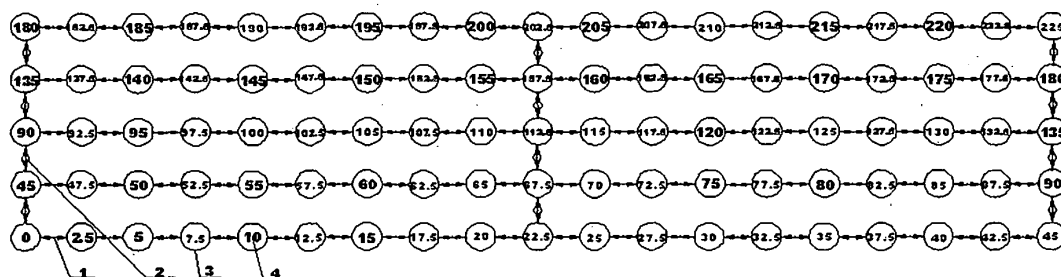
5. Способ по п.1, отличающийся тем, что 7-20 взрывных скважин по длине ряда соединены двунаправленным межрядным соединительным элементом задержки, таким образом улучшая надежность взрывной цепи.

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что в открытой взрывной цепи, где передняя цепь отрезана, и, таким образом сигнал инициирования передается от заднего ряда к переднему ряду, при этом межрядные соединительные элементы расположены так, что последний сигнал инициирования достигает последней взрывной скважины переднего ряда за 100 мс или за время, не превышающее его, где межрядные соединительные элементы задержки обеспечивают противонаправленные и мгновенные действия.

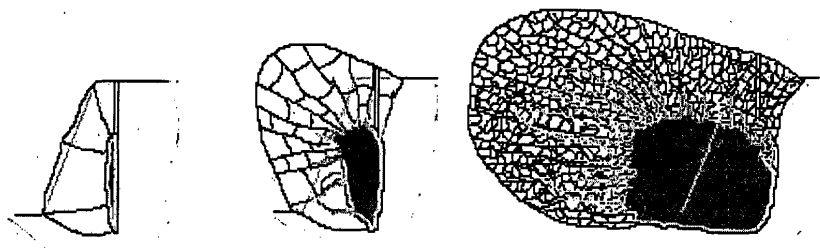
7. Способ по п.1, отличающийся тем, что соотношение межрядного интервала задержки и межскважинного интервала задержки больше чем 6:1 или больше чем 30:1.

8. Способ по п.1, отличающийся тем, что средство подрыва, обеспечивающее кратчайший межскважинный интервал задержки, является двунаправленной системой инициирования, а кратчайший межскважинный интервал задержки обеспечивается длиной ударной трубки, необходимой для передачи сигналов инициирования взрывным скважинам.

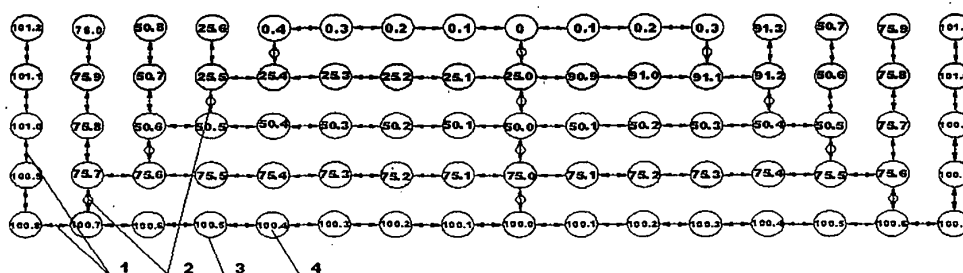
9. Способ по п.1, отличающийся тем, что средство подрыва, обеспечивающее кратчайший межскважинный интервал задержки, является электронной системой инициирования.



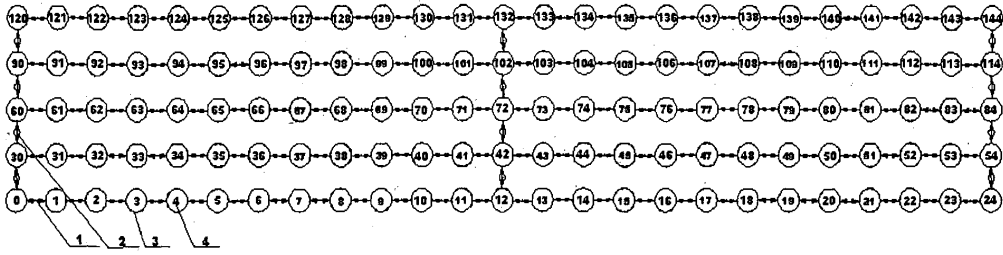
Фиг. 1



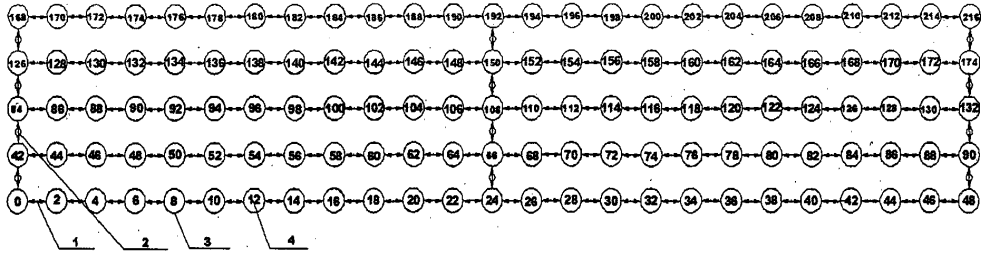
Фиг. 2



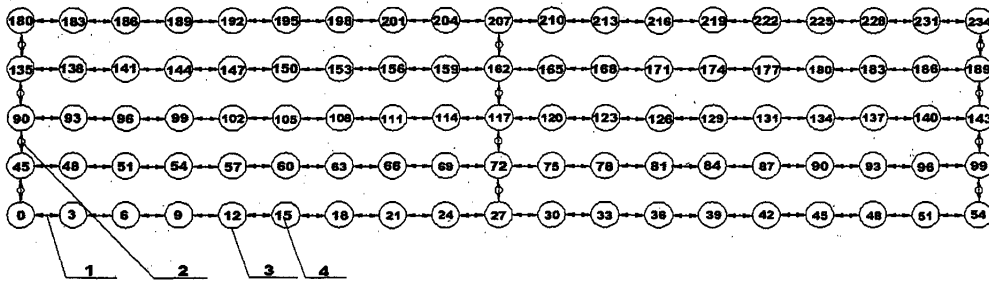
Фиг. 3



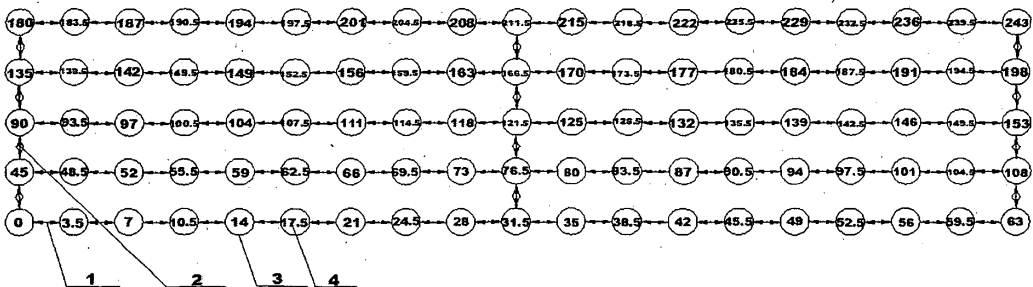
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7