

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **044537**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.08.31**

(51) Int. Cl. *E21D 9/00* (2006.01)  
*E21D 9/06* (2006.01)

(21) Номер заявки  
**202192429**

(22) Дата подачи заявки  
**2020.03.20**

---

(54) **СПОСОБ И СИСТЕМА СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНОГО ТОННЕЛЯ**

---

(31) **1903979.1**

(56) CN-A-106089174  
US-A-5505558  
JP-A-S62273392

(32) **2019.03.22**

(33) **GB**

(43) **2021.12.13**

(86) **PCT/GB2020/050756**

(87) **WO 2020/193960 2020.10.01**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ХАЙПЕРТАННЭЛ АйПи ЛИМИТЕД  
(GB)**

(72) Изобретатель:  
**Джордан Стивен (GB)**

(74) Представитель:  
**Носырева Е.Л. (RU)**

(57) Длинные тоннели многокилометровой протяженности по всей вероятности будут проходить через разные геологические условия, что может вызвать проблемы. Обычные способы предусматривают отбор проб геологического строения вдоль предлагаемой протяженности тоннеля и экстраполирование на основании этих проб. Целью настоящего изобретения является преодоление недостатков известного уровня техники следующим образом: бурение первой скважины 10 вдоль первого предварительно определенного пути, причем первая скважина имеет длину по меньшей мере 25 м; бурение множества вторых скважин 20 вдоль соответствующих вторых предварительно определенных путей, каждый из которых является по существу параллельным первому предварительно определенному пути, для образования по существу призматической области между ними; и выемка материала в по существу призматической области для образования тоннеля. Таким путем данные, полученные при бурении первой скважины 10 и множества вторых скважин 20, могут записываться и использоваться для информирования машинистов о типах материала, через который они будут производить выемку. Таким образом, перед началом выемки можно получить более полное представление о нижележащей геологии.

**044537**  
**B1**

**044537**  
**B1**

Настоящее изобретение относится в общем к способу и системе строительства подземного тоннеля и имеет конкретную, хотя не исключительную практическую ценность в строительстве тоннелей многокилометровой протяженности.

В дополнение к стоимости и скорости основные проблемы при строительстве тоннеля обусловлены геологическими условиями, которые могут встретиться. В относительно коротких тоннелях геологические условия могут быть довольно постоянными и легкими для планирования. Однако длинные тоннели многокилометровой протяженности по всей вероятности будут проходить через разные геологические условия, вызывающие значительные и даже потенциально катастрофические проблемы. В идеальном случае строительство тоннеля будет осуществляться в благоприятных и/или постоянных геологических условиях на всей его длине. Однако обычные способы предусматривают просто отбор проб геологического строения вдоль предлагаемой протяженности тоннеля сверху (где возможно) и экстраполирование на основании этих проб.

Известны тоннелепроходческие машины (ТВМ), содержащие большой металлический цилиндрический щит, спереди которого находится вращающийся режущий диск, и содержащие камеру, куда помещается извлеченный грунт (и необязательно смешивается со шламом, подлежащим отделению, в зависимости от типа геологических/грунтовых условий). Сзади этой камеры расположен комплект гидравлических домкратов, которые используются для проталкивания ТВМ вперед относительно бетонной стены тоннеля сзади. Стена тоннеля устанавливается в виде сегментов по мере перемещения ТВМ вперед. После того как ТВМ произвела выемку на длину сегмента, она останавливается, и при помощи эректора сооружают новое кольцо тоннеля с использованием сборных железобетонных сегментов. Сзади щита внутри законченной части тоннеля могут находиться дополнительные рабочие механизмы, которые обычно считаются частью системы ТВМ: для удаления грязи, шламопроводы, если применимо, диспетчерские, рельсы для транспортировки сборных сегментов и т.д. Однако ТВМ имеют различные недостатки, включая старт-стопный характер их проходки тоннелей и то, что одна ТВМ не может легко переходить с одного типа породы/грунта на другой (особенно в случае слоев сильно трещиноватой и сколотой породы).

Кроме того, в горной, нефтегазовой и строительной промышленности используются различные технологии направленного бурения. Например, для прокладки труб и т.д. используется горизонтальное направленное бурение (HDD). HDD позволяет бурить достаточно точные скважины длиной лишь до приблизительно 800 м диаметром лишь 100-1200 мм. Альтернативно в нефтегазовой промышленности используется направленное бурение, позволяющее бурить намного более длинные скважины.

Целью настоящего изобретения является преодоление недостатков известного уровня техники путем предоставления системы и способа, описанных ниже. Настоящее изобретение может использоваться при строительстве новых тоннелей, а также в процессе расширения, и/или замены крепи, и/или ремонта существующих тоннелей.

В соответствии с первым аспектом настоящего изобретения предлагается способ строительства подземного тоннеля, причем способ включает следующие этапы:

бурение первой скважины вдоль первого предварительно определенного пути через нижележащую геологию, причем первая скважина имеет длину по меньшей мере 25 м;

бурение множества вторых скважин вдоль соответствующих вторых предварительно определенных путей через нижележащую геологию, причем каждый из соответствующих вторых предварительно определенных путей является по существу параллельным первому предварительно определенному пути, для образования по существу призматической области между ними; и

выемка материала в по существу призматической области для образования тоннеля.

Таким путем данные, полученные при бурении первой скважины и множества вторых скважин, могут записываться и использоваться для информирования машинистов о типах материала, через который они будут производить выемку. Таким образом, перед началом выемки можно получить более полное представление о нижележащей геологии.

Бурение может включать направленное бурение, например HDD, или виды направленного бурения, используемые в нефтегазовой промышленности.

Операции бурения могут выполняться из предварительно построенного входа в тоннель и/или выхода из него, промежуточно расположенной шахты и/или с поверхности.

Каждая скважина из первой скважины и/или множества вторых скважин может включать скважину и/или шахту, которая является по существу круглой в поперечном сечении и имеет длину, которая на порядок величины больше, чем ее диаметр. Например, каждая скважина может иметь диаметр 100-1200 мм; каждая скважина может иметь длину по меньшей мере 25 м, по меньшей мере 50 м, по меньшей мере 100 м, по меньшей мере 200 м или более.

Способ может включать определение первого предварительно определенного пути (и необязательно вторых предварительно определенных путей); однако это следует выполнять общепринятыми способами.

По существу призматическая область может быть образована самостоятельно множеством вторых скважин или может быть образована совместно комбинацией множества вторых скважин и первой сква-

жиной. Например, первая скважина в комбинации с двумя вторыми скважинами могут образовывать треугольную призматическую область. В качестве другого примера три вторые скважины могут самостоятельно образовывать треугольную призматическую область, причем первая скважина расположена внутри треугольной призматической области; альтернативно три вторые скважины вместе с первой скважиной могут образовывать кубовидную (квадратную призматическую) область при соответствующем расположении относительно друг друга.

Призматическая область может искривляться, т.е. область может иметь поперечное сечение геометрической формы (например, треугольное, квадратное и т.д.), правильной или иной, по всей своей длине (и эта геометрическая форма и размер этой формы могут быть постоянными по всей ее длине), однако путь, на котором основана область, может не быть прямой линией, а может быть кривой линией.

Первая скважина может представлять собой одиночную первую скважину или множество первых скважин (например, две или три первые скважины). Первая скважина может представлять собой направляющую скважину. Направляющая скважина может отстоять от периметра призматической области, будучи расположенной во внутренней части призматической области.

Данные, полученные для первой скважины, могут быть собраны для определения материала, через который выполнено бурение.

Множество вторых скважин могут образовывать профиль тоннеля, т.е. множество вторых путей могут проходить вдоль стен предлагаемого тоннеля.

Поперечное сечение тоннеля может быть круглым, однако возможны и другие поперечные сечения, такие как прямоугольное, полукруглое, дугообразное, плоскодонное и т.д. Круглые или криволинейные стены могут улучшить устойчивость конструкции тоннеля, образованной таким образом, однако, если это считается ненужным (например, исходя из данных, полученных из первой скважины/вторых скважин), для обеспечения легкого перемещения людей, оборудования для выемки и тележек для перевозки вынутого грунта может быть выбран плоский пол.

Первая скважина и/или вторые скважины могут быть укреплены, например (например, жертвенной), трубой или крепью. Таким путем может быть защищена целостность каждой скважины. Первую скважину могут укреплять до/после того, как начнут и/или завершат бурение множества вторых скважин. Аналогичным образом по меньшей мере одну из вторых скважин могут укреплять до/после того, как начнут и/или завершат бурение первой скважины. Крепь может представлять собой крепь всей скважины или лишь части скважины. Крепь любой скважины может быть удалена или частично удалена до выемки.

Все или некоторые из первой скважины и вторых скважин могут быть пробурены одновременно, или каждая скважина может быть пробурена отдельно. Это может быть особенно важным при бурении через песок/грунт, когда целостность каждой скважины подвергается риску.

Выемку материала в по существу призматической области для образования тоннеля могут выполнять из тоннелепроходческого щита, причем тоннелепроходческий щит содержит на своей передней кромке множество зондов, причем каждый зонд из множества зондов выровнен в одну линию с соответствующей скважиной и первой скважины и множества вторых скважин.

Форма щита соответствует профилю тоннеля, т.е. поперечному сечению области, подлежащей выемке. Зонды могут иметь такой размер, чтобы подходить под первую скважину и/или вторые скважины, в частности зонды могут иметь такой размер, чтобы допускалось некоторое отклонение расположения каждого зонда от его предварительно определенного пути, например, до 50 см, в частности до 30 см.

На участках, где произошло отклонение за пределы допуска, могут временно отводить назад/убирать соответствующий зонд (до момента, когда его можно будет повторно использовать) и производить выемку альтернативными средствами (например, установленными на стреле режущими головками, используемыми в проходческих комбайнах).

Зонды могут быть оснащены (необязательно съемными) инструментами, позволяющими им производить выемку из первой скважины и/или вторых скважин. В частности, для использования с разными материалами могут применять различные инструменты, например дисковые резцы, цилиндрические или конические вращающиеся фрезы, цепные пилы с зубьями, подходящими для вырабатываемого материала, вода под высоким давлением, ножи струга и гидравлические пробойники, которые могут прикладывать огромное давление, направленное надлежащим образом как по окружности тоннеля, так и внутрь, для дополнительного разрыхления и раздробления материала, подлежащего удалению.

Зонды могут быть выполнены с возможностью отведения назад, чтобы их можно было убирать или можно было осуществлять замену инструментов без необходимости в перемещении щита.

В отношении мягкого и/или рыхлого материала, подлежащего выемке, можно использовать технологии, основанные на обрушении/обвале. Для этого типа работ по мере продвижения щита зонды оснащают ножами струга.

По мере продвижения щита для постоянного сканирования вновь образованной наружной поверхности обнажения выемки могут использовать матричный лазер для обеспечения того, чтобы никакой материал, который будет затруднять продвижение щита или препятствовать ему, не был оставлен выступающим в тоннель из периферийной стены. В местах, где извлеченный грунт покрывает участки вновь образованной поверхности обнажения тоннеля, могут также использовать георадар.

Способ может дополнительно включать удаление таких участков при их обнаружении, например, с использованием робота(ов)-манипулятора(ов), на котором(ых) установлены пневматический бурильный молоток, или съемная режущая головка, или другой подходящий инструмент.

Технологию направленного бурения могут комбинировать с технологией, основанной на применении щита, таким образом, что бурение осуществляют перед каждым зондом на щите, тем самым позволяя щиту продвигаться до завершения бурения.

Щит может иметь наклонную переднюю кромку, угол которой может быть выбран общепринятыми способами, исходя из характера материала, подлежащего выемке. В частности, наклонная передняя кромка наклонена вверх и в сторону тоннеля, подлежащего выемке.

Щит может проталкиваться гидравлическими цилиндрами.

Щит может представлять собой канатно-скреперный щит, и способ может дополнительно включать протягивание канатно-скреперного щита через материал. Канатно-скреперный щит может быть сочетанием тоннелепроходческого щита и технологии канатно-скреперного экскаватора. Канатно-скреперный экскаватор может содержать ковш канатно-скреперного экскаватора, подвешенный на стреле, чтобы он мог устанавливаться в положение стрелой. Для волочения ковша и тем самым черпания материала, подлежащего выемке, в ковш используют канаты/тросы/цепи (обычно управляемые лебедками). Канатно-скреперный щит аналогичным образом волочат канатами, управляемыми лебедками (которые будут проходить через первую скважину и/или вторые скважины), но устанавливающая в положение стрела не требуется, поскольку канатно-скреперный щит расположен в тоннеле и в установке в положение нет необходимости.

Канатно-скреперный щит может быть протянут через материал множеством канатов, причем каждый канат из множества канатов проходит через соответствующую скважину из первой скважины и множества вторых скважин.

Благодаря этому продвижение щита может быть надежным и непрерывным. Каждый канат может быть прикреплен к соответствующему зонду. Лебедка или лебедки могут действовать на соответствующий канат из множества канатов или на несколько канатов из множества канатов для протягивания щита вперед. Лебедки могут быть предусмотрены на противоположном конце (например, открытом конце) скважин.

Каждый канат из множества канатов может проходить вниз через свою соответствующую скважину из первой скважины и множества вторых скважин к канатной возвратной каретке, закрепленной внутри скважины, и проходит обратно вверх через соответствующую скважину к канатно-скреперному щиту.

Таким путем лебедки могут быть предусмотрены сзади или внутри щита и могут обеспечивать работу щита до завершения каждой скважины.

Канатная возвратная каретка может содержать зажимную систему, зацепляющуюся за стенки скважин, в которые она помещена. Зажимная система может быть выполнена с возможностью дистанционного управления для зацепления и расцепления по команде с тем, чтобы при необходимости ее можно было переместить в новое место.

Извлеченный грунт могут непрерывно удалять, например, при помощи механического экскаватора на загрузочно-разгрузочный механизм. Однако в предпочтительных вариантах осуществления щит имеет такую форму, что перемещение щита вперед через прорытый тоннель поднимает извлеченный грунт из места выемки на загрузочно-разгрузочный механизм. В частности, действие по подъему извлеченного грунта подобно действию бульдозера или ковша канатно-скреперного экскаватора.

Извлеченный грунт удаляют из щита общепринятыми способами; его передают назад туда, где дно тоннеля способно принимать тяжелую технику. Тяжелая техника может включать автономные электрические или работающие на водородном топливе перевозочные транспортные средства, не выделяющие отработавших газов. Эти транспортные средства могут доставлять на участок производства работ материалы, например сборные сегменты крепи, если таковые используют, а также увозить извлеченный грунт. Транспортные средства могут быть выполнены с возможностью автоматического возвращения в пункт заправки при необходимости перед возобновлением работы.

Самые нижние скважины (например, проходящие вдоль дна тоннеля) могут очищать за точкой, где извлеченный грунт поступает в щит, чтобы ходовая часть щита (например, колеса/салазки) могла перемещаться в неровных полутрубах, оставшихся от жертвенной крепи. Благодаря этому укладывать или удлинять рельсы по мере продвижения щита не требуется.

Любая скважина или каждая скважина может быть укреплена крепью. Крепь может представлять собой жертвенную крепь. Крепь может представлять собой сплошную стенку. Альтернативно крепь может быть предварительно перфорирована; благодаря этому в ситуациях, в которых нижележащая геология хорошо понятна, можно избежать затрат времени и средств на месте производства работ. Предварительно перфорированная крепь может содержать наружный кожух, закрывающий перфорации; благодаря этому может быть предотвращено попадание материала или воды в скважину неконтролируемым образом.

Оборудование могут обычным образом пропускать через крепь для производства работ в нужном месте. Оборудование может включать возвратную каретку, головку бура и/или перфоратор. В частности, перфоратор (обычно используемый в области гидравлических разрывов) могут пропускать через крепь

для перфорирования крепи в нужном месте. Перфоратор может содержать множество фигурных зарядов взрывчатого вещества. Перфоратор может быть выполнен с возможностью ослабления материала снаружи крепи, т.е. взрывчатые вещества могут действовать для разрушения материала. Перфорации могут быть образованы в нужных местах на крепи, например, обращенных внутрь в сторону призматической области, обращенных наружу в сторону от призматической области и/или в боковом направлении вдоль профиля призматической области.

Способ может дополнительно включать этап обработки нижележащей геологии раньше выемки материала для повышения эффективности выемки материала.

Обработка может включать акустический и/или гидравлический разрыв материала в по существу призматической области.

В случаях когда материал в области является относительно твердым, могут подавать воду под высоким давлением, например через перфорации, и тем самым вызывать разрушение материала. В отличие от операций гидравлического разрыва пласта для извлечения природного газа или нефти, для сохранения разрывов в раскрытом состоянии не требуется вводить небольшие зерна расклинивающих веществ для гидравлического разрыва пласта (песок или оксид алюминия).

Применение технологий акустического и/или гидравлического разрыва через перфорации обеспечивает возможность образования разрывов только в конкретных predetermined направлениях, например внутрь области.

Впереди щита через скважину(ы) могут пропускать расширяющие инструменты для разрушения жертвенной крепи, что позволит материалу, подлежащему выемке, обрушиваться/обваливаться, тем самым помогая процессу удаления.

Обработка может включать стабилизацию нижележащей геологии снаружи по существу призматической области.

Таким путем, в случаях когда материал снаружи призматической области является относительно слабым, содержит пустоты, неустойчив или насыщен водой, материал может стабилизироваться. Для стабилизации нижележащей геологии оборудование может быть размещено в скважине.

Стабилизацию могут осуществлять посредством технологий замораживания грунта, например, охлаждающим веществом, закачиваемым через крепь и потенциально выходящим из крепи через перфорации. Технологии замораживания могут быть временными.

В качестве альтернативы постоянной стабилизации можно обеспечить путем закачивания химического стабилизатора, например, через сопла для подачи химических веществ (например, в телескопических руках). Количество и тип используемого стабилизатора будут определяться геологией, подлежащей стабилизации, управление ими может осуществляться по мере необходимости и стабилизатор может включать цемент или любой иной подходящий материал, такой как микроцементы, минеральные растворы (известные как коллоидный диоксид кремния), гидрофильные полиуретаны (быстрореагирующая пенящаяся смола для предотвращения проникания воды), быстрореагирующие и негидрофильные системы из полиуретана и силиката (монтажная пена для заполнения пустот), акриловые смолы, струйная цементация, т.е. выполнение отвержденного грунта на месте до требуемой характеристики, часто известный как "грунтобетон" (RTM), и т.д.

Стабилизация нижележащей геологии снаружи по существу призматической области может значительно уменьшить, а может и полностью предотвратить дальнейшее проникание воды. Любая грунтовая вода, остающаяся в пределах тоннеля, подлежащего выемке, может быть отведена через самую нижнюю из скважин.

Стабилизацию или ослабление, описанные выше, могут синхронизировать со щитом таким образом, чтобы подготовку грунта не требовалось полностью завершить до начала продвижения щита.

Стабилизацию нижележащей геологии снаружи по существу призматической области могут использовать для образования начальной наружной конструкции (оболочки) тоннеля перед выемкой.

Альтернативные и/или дополнительные варианты крепи тоннеля включают сборные железобетонные сегменты (с водонепроницаемой обкладкой или без нее), бетон, уложенный на месте производства работ (включая, например, модульную опалубку с использованием арматуры) и/или торкретбетон, например шоткрет-бетон (с напыляемыми водонепроницаемыми мембранами или без них и необязательно содержащий анкерную крепь, проволочную сетку или стальные ребра/арматуру).

Предположительно настоящее изобретение может также использоваться с крепью тоннеля из дерева, кирпича, блоков, камня, по способу "труба в тоннеле" и/или из литых стальных/чугунных сегментов.

Например, образование крепи тоннеля может включать напыление водонепроницаемой мембраны (например, напыляемые водонепроницаемые мембраны компании BASF (RTM) образуют непрерывную водонепроницаемую систему и разработаны для работы в комбинации с торкретбетоном и бетоном, уложенным на месте производства работ, для облегчения строительства составных конструкций) и внутреннее отделочное напыление фибробетона. Альтернативно, когда геология требует большей конструктивной целостности, предпочтительной может быть технология укладки на месте производства работ.

Способ может дополнительно включать непрерывный процесс формовки бетона. В частности, по мере продвижения щита вперед последний в ряде последовательных металлических опалубок много-

кратного использования после схватывания более старого бетона может быть перемещен вперед и размещен впереди, где укладку будут продолжать в почти безостановочном процессе. На участок производства работ могут подавать воду и цемент, и перемешивание бетонной смеси могут осуществлять по месту выполнения операции по выемке, используя там, где это возможно, извлеченный заполнитель. Ожидается, что опалубки будут длиной приблизительно 10 м по 3 или 4 штуки на секционный комплект и с 10 или более комплектами сегментов в использовании. Это будет означать, что на отрезке тоннеля приблизительно 90 м сзади щита будут присутствовать установленные на месте опалубки с вновь уложенным бетоном спереди и схватившимся бетоном сзади, где комплекты опалубочных сегментов демонтированы и перенесены вперед в непрерывном цикле. Опалубки могут разминуться, и единицы, в которых бетон является самым старым и схватился, могут быть перемещены вперед для переустановки в начало процесса. Шов между опалубкой и поверхностью, где должен быть уложен бетон, может выполняться с пневматическими прокладками. После того как самая последняя опалубка будет установлена и прокладка будет надута, воздух из предыдущей прокладки выпускают, чтобы укладка оставалась непрерывной. Этот процесс может просто повторяться.

Извлеченный грунт после направленного бурения и выемки могут использовать для приготовления бетонной смеси, которую могут перекачивать в пространство между обшивкой тоннеля (при использовании сборной крепи) и оболочкой для заполнения пустоты между ними и дополнительной стабилизации конструкции. Альтернативно или дополнительно такой извлеченный грунт (например, осколки породы) могут использовать как часть заполнителя, требуемого для приготовления бетонной смеси по месту для формовки крепи тоннеля с использованием передвижных опалубок многократного использования или иных способов крепления, таких как напыляемый бетон.

Плоское дно могут заливать в непрерывном процессе по мере перемещения щита вперед с металлической плитой или конструкцией, защищающей бетонную смесь, пока она схватывается. Для щита могут использовать некоторые из направленно пробуренных скважин в полу тоннеля как пути или рельсы (их требуемое число определяется конструкцией щита). После того как проходка тоннеля завершена и щит убран, их могут заполнить или приспособить для другой цели.

В соответствии со вторым аспектом настоящего изобретения предлагается способ строительства подземного тоннеля, причем способ включает следующие этапы:

бурение первой скважины вдоль первого предварительно определенного пути через нижележащую геологию;

бурение множества вторых скважин вдоль соответствующих вторых предварительно определенных путей через нижележащую геологию, причем каждый из соответствующих вторых предварительно определенных путей является по существу параллельным первому предварительно определенному пути, для образования по существу призматической области между ними;

укрепление первой скважины и/или по меньшей мере одной из множества вторых скважин трубой и/или крепью; и

выемка материала в по существу призматической области для образования тоннеля.

Таким путем может быть защищена целостность каждой скважины.

Первая скважина и/или множество вторых скважин могут быть укреплены (например, жертвенной) трубой или крепью. Труба и/или крепь могут содержать полимерный материал, как хорошо известно в данной области техники.

Первая скважина может иметь длину по меньшей мере 25 м или менее 25 м. Например, первая скважина может иметь длину по меньшей мере 5, 10, 15 и/или 20 м. Однако другие признаки второго аспекта могут быть общими с признаками первого аспекта.

В соответствии с третьим аспектом настоящего изобретения предлагается система для строительства подземного тоннеля согласно способу в соответствии с первым аспектом или вторым аспектом, причем система содержит

оборудование для направленного бурения, выполненное с возможностью бурения первой скважины и множества вторых скважин; и

оборудование для выемки, выполненное с возможностью выемки материала в по существу призматической области, образованной первой скважиной и множеством вторых скважин, для образования тоннеля.

Описанные выше и другие характеристики, признаки и преимущества настоящего изобретения станут очевидными после ознакомления с последующим подробным описанием, рассматриваемым в сочетании с прилагаемыми графическими материалами, которые на примере иллюстрируют принципы настоящего изобретения.

Данное описание приведено исключительно в качестве примера без ограничения объема настоящего изобретения. Упомянутые ниже ссылочные позиции относятся к прилагаемым графическим материалам.

На фиг. 1 представлен вид профиля тоннеля, образованного скважинами круглого сечения.

На фиг. 2 представлен вид сбоку скважин, пробуренных в склон горы.

На фиг. 3 представлен вид части профиля тоннеля, показанного на фиг. 1, на котором показано направление взрывов из перфоратора.

На фиг. 4 представлен вид, подобный виду, представленному на фиг. 3, на котором показаны раз-

рывы, образовавшиеся в результате гидравлического разрыва.

На фиг. 5 представлен вид, подобный видам, представленным на фиг. 3 и 4, на котором показаны различные технологии стабилизации.

На фиг. 6 представлен вид законченного профиля тоннеля, подобного профилю на фиг. 1.

На фиг. 7 представлен вид сбоку канатно-скреперного щита.

На фиг. 8 представлен вид предварительно перфорированной жертвенной крепи для использования в скважинах.

На фиг. 9 представлен вид скважинной каретки для телескопической доставки химикатов.

На фиг. 10 представлен вид скважинной канатной возвратной каретки.

Настоящее изобретение будет описано в связи с определенными графическими материалами, но настоящее изобретение ограничивается не ими, а только формулой изобретения. Описываемые графические материалы являются лишь схематическими и являются неограничивающими. Каждый из графических материалов может не содержать всех признаков изобретения и поэтому не обязательно должен рассматриваться в качестве варианта осуществления изобретения. В графических материалах размер некоторых элементов может быть преувеличенным и не соответствовать масштабу из соображений наглядности. Размеры и относительные размеры не соответствуют действительному уменьшению для осуществления изобретения на практике.

Кроме того, термины "первый", "второй", "третий" и т.п. в описании и в формуле изобретения используются для проведения различия между подобными элементами и не обязательно для описания последовательности, будь то временной, пространственной, упорядочивающей или любой другой. Следует понимать, что при соответствующих обстоятельствах используемые таким образом термины являются взаимозаменяемыми и что работа возможна в последовательностях, отличных от описанных или проиллюстрированных в данном документе. Подобным образом этапы способа, описанные или заявленные в конкретной последовательности, могут пониматься как осуществляемые в другой последовательности.

Более того, термины "вверху", "внизу", "поверх", "под" и т.п. в описании и формуле изобретения используются в описательных целях и не обязательно для описания относительных положений. Следует понимать, что при соответствующих обстоятельствах используемые таким образом термины являются взаимозаменяемыми и что работа возможна в ориентациях, отличных от описанных или проиллюстрированных в данном документе.

Следует отметить, что термин "содержащий", применяемый в формуле изобретения, не следует интерпретировать как ограниченный средствами, перечисленными после него; он не исключает другие элементы или этапы. Таким образом, его следует интерпретировать как термин, определяющий присутствие указанных признаков, систем, этапов или компонентов, как указано, но не исключающий присутствия или добавления одного или более других признаков, систем, этапов или компонентов или их групп. Таким образом, объем выражения "устройство, содержащее средства А и В" не должен ограничиваться устройствами, состоящими только из компонентов А и В. Оно означает, что в отношении настоящего изобретения единственными соответствующими компонентами данного устройства являются А и В.

Аналогичным образом следует отметить, что выражение "соединенный", применяемое в описании, не должно интерпретироваться как ограниченное только непосредственными соединениями. Таким образом, объем выражения "устройство А, соединенное с устройством В" не должен ограничиваться устройствами или системами, в которых выход устройства А соединен непосредственно со входом устройства В. Оно означает, что между выходом устройства А и входом устройства В существует путь, который может представлять собой путь, включающий другие устройства или средства. Термин "соединенный" может означать, что два или более элемента находятся либо в прямом физическом, либо в электрическом контакте или что два или более элемента не находятся в прямом контакте друг с другом, но все равно действуют совместно или взаимодействуют друг с другом. Например, предполагается беспроводная связь.

Ссылка по всему тексту настоящего описания на "вариант осуществления" или "аспект" означает, что конкретные признак, структура или характеристика, описанные в связи с данным вариантом осуществления или аспектом, включены по меньшей мере в один вариант осуществления или аспект настоящего изобретения. Таким образом, все случаи использования фраз "в одном варианте осуществления", "в варианте осуществления" или "в аспекте" в различных местах по всему данному описанию не обязательно ссылаются на один и тот же вариант осуществления или аспект, но могут ссылаться на разные варианты осуществления или аспекты. Кроме того, конкретные признаки, конструкции или характеристики любого одного варианта осуществления или аспекта настоящего изобретения могут быть объединены любым подходящим образом с любым другим конкретным признаком, конструкцией или характеристикой другого варианта осуществления или аспекта настоящего изобретения, что будет очевидно специалисту в данной области техники из настоящего описания в одном или нескольких вариантах осуществления или аспектах.

Аналогичным образом следует понимать, что в настоящем описании различные признаки настоящего изобретения иногда сгруппированы вместе в одном варианте осуществления, на фигуре или их описании с целью упрощения раскрытия и облегчения понимания одного или нескольких различных аспектов изобретения. Однако этот способ раскрытия не следует интерпретировать как отражающий идею,

что заявляемому изобретению требуется больше признаков, чем явно перечислено в каждом пункте формулы изобретения. Более того, описание любого отдельного графического материала или аспекта не обязательно следует расценивать как вариант осуществления изобретения. Скорее, как видно из приведенной далее формулы изобретения, аспекты изобретения заключены менее чем во всех признаках одного раскрытого ранее варианта осуществления. Таким образом, формула изобретения, приводимая после подробного описания, явным образом включена в это подробное описание, причем каждый пункт формулы сам рассматривается как отдельный вариант осуществления изобретения.

Кроме того, хотя некоторые описанные в данном документе варианты осуществления включают некоторые признаки, включенные в другие варианты осуществления, сочетания признаков разных вариантов осуществления должны попадать в пределы объема изобретения и образовывать дополнительные варианты осуществления, как будет понятно специалистам в данной области техники. Например, в приведенной далее формуле изобретения любые из заявленных вариантов осуществления могут быть использованы в любом сочетании.

В приводимом здесь описании изложены многочисленные конкретные детали. Однако подразумевается, что варианты осуществления настоящего изобретения могут быть реализованы на практике без этих конкретных деталей. В других случаях широко известные способы, конструкции и приемы не показаны подробно, чтобы не усложнять понимание данного описания.

При обсуждении изобретения, если не указано обратное, раскрытие альтернативных значений верхнего или нижнего предела допустимого диапазона параметра в сочетании с указанием, что одно из указанных значений является гораздо более предпочтительным, чем другое, следует понимать как подразумеваемое утверждение о том, что каждое промежуточное значение указанного параметра, лежащее между более предпочтительной и менее предпочтительной из указанных альтернатив, само является предпочтительным по отношению к указанному менее предпочтительному значению, а также к каждому значению, лежащему между указанным менее предпочтительным значением и указанным промежуточным значением.

Использование термина "по меньшей мере один" при определенных обстоятельствах может означать "только один". Использование термина "любой" при определенных обстоятельствах может означать "все" и/или "каждый".

Принципы настоящего изобретения будут теперь описаны путем подробного описания по меньшей мере одного графического материала, касающегося примерных признаков. Понятно, что могут быть разработаны другие конструкции в соответствии со знаниями специалистов в данной области техники без отступления от основополагающей концепции или технической идеи, причем настоящее изобретение ограничивается лишь прилагаемой формулой изобретения.

На фиг. 1 представлен вид профиля тоннеля, образованного скважинами круглого сечения. Три центральные направляющие скважины 10 пробурены вдоль пути тоннеля. Вокруг них пробурены множество определяющих форму скважин 20 для образования профиля тоннеля арочной формы, имеющего плоское нижнее дно. Угол наклона тоннеля оптимизирован под конкретные требования рассматриваемого тоннеля и может быть, например, вертикальным.

На фиг. 2 представлен вид сбоку направляющих скважин 10 и определяющих форму скважин 20 при бурении в склон 30 горы, причем длина каждой из скважин 10, 20 меньше, чем их окончательная длина. Следует понимать, что некоторые из скважин могут быть пробурены одновременно с другими, бурение некоторых может быть завершено до того, как начнется бурение других, и/или некоторые могут быть частично пробурены и их бурение может быть прервано, в то время как бурение других продолжается.

На фиг. 3 представлен вид части профиля тоннеля, показанного на фиг. 1, в частности верхний левый квадрант, содержащий одну направляющую скважину 10 и шесть определяющих форму скважин 20. Скважины 10, 20 укреплены жертвенной крепью (не показана), в которую вставлены соответствующие перфораторы (также не показаны). Перфораторы позволяют фигурным зарядам пробивать отверстие в жертвенной крепи в предварительно определенных направлениях, приводя к направленным взрывам 40. Взрывы 40, показанные здесь, направлены внутрь области, подлежащей выемке, и лишь из трех скважин; вместе с тем одновременно или впоследствии могут образовываться дополнительные перфорации. В альтернативных вариантах осуществления перфораторы могут приводиться в действие пневматически для пробивания перфораций в жертвенной крепи.

На фиг. 4 представлен вид, подобный виду, представленному на фиг. 3, на котором показаны разрывы 50, образовавшиеся в результате гидравлического разрыва через перфорации, подобные показанным на фиг. 3.

На фиг. 5 представлен вид, подобный видам, представленным на фиг. 3 и 4, на котором показана стабилизация снаружи области, подлежащей выемке, посредством замораживания 60 и посредством закачивания 70 химикатов. Эти технологии требуют использования перфораций, направленных наружу от области, подлежащей выемке.

На фиг. 6 представлен вид законченного профиля тоннеля 100, подобного профилю на фиг. 1, в склоне 30 горы, показанном на фиг. 2. Снаружи профиля 80, который образован определяющими форму скважинами 20 и из которого произведена выемка, нижележащая геология укреплена/стабилизирована с



образованием укрепленной области 90, окружающей тоннель. Пример вариантов крепи, которые могут применяться, изображен в виде наружной бетонной крепи 120, отделенной от внутренней бетонной крепи 110, если необходимо, водонепроницаемой мембраной 115.

Известны и многие другие способы укрепления и отделки тоннеля. Например, в тоннель могут помещаться временные металлические опалубки многократного использования и бетонная смесь 120 укладывается за опалубками для образования гладкой внутренней стенки тоннеля. После того как бетонная смесь 120 полностью затвердела, временные опалубки могут быть демонтированы и повторно использованы на другом участке тоннеля, причем гладкая бетонная смесь 120 остается в качестве внутренней стенки.

Необязательно при выемке две определяющие форму скважины 20 на полу тоннеля могут быть оставлены, чтобы выполнять функцию желобчатых рельсов/желобов 130, чтобы помогать направлять технику (в частности, канатно-скреперный щит) по тоннелю. Эти желобчатые рельсы/желоба 130 позже по завершении выемки тоннеля могут быть заполнены.

На фиг. 7 представлен вид сбоку канатно-скреперного щита. Стрелкой 200 показано направление движения канатно-скреперного щита при выемке. Профиль канатно-скреперного щита соответствует предопределенной наружной форме тоннеля. Угол наклона передней кромки 202 щита оптимизирован под конкретные требования рассматриваемого тоннеля и может быть, например, вертикальным.

Продвижение щита по тоннелю может осуществляться гидравлическими цилиндрами 206, толкающими канатно-скреперный щит, и/или посредством канатов 208, прикрепленных к концам зондов, перемещающихся по укрепленным скважинам к лебедкам, тянущим канатно-скреперный щит вперед. Последний способ будет предпочтительным, поскольку он обеспечивает непрерывное перемещение.

Нижние определяющие форму скважины, проходящие вдоль дна тоннеля, могут очищать за точкой, где извлеченный грунт поступает в щит, чтобы колеса 210 (или альтернативно ходовая часть) канатно-скреперного щита могли затем перемещаться в неровных полутрубах, оставшихся от жертвенной крепи. Укладывать или удлинять рельсы по мере продвижения канатно-скреперного щита не требуется.

Зонды 204 на передней поверхности щита выровнены в одну линию с определяющими форму скважинами и проходят в них. Зонды 204 расположены с интервалами и имеют такой размер, что они зацепляются с определяющими форму скважинами, и канатно-скреперный щит перемещается вперед через предопределенную теперь форму тоннеля. Хотя точность скважин является крайне высокой, зонды 204 могут выдерживать некоторые отклонения, если путь скважины отклонился от целевого курса. На коротких участках, где произошло отклонение за пределы допуска, зонд может быть отведен назад до того момента, когда его можно будет повторно использовать после периода выемки другими средствами, такими как установленные на стреле режущие головки 212, используемые в проходческих комбайнах.

Зонды 204 оснащены съемными инструментами, позволяющими им быть грубыми или чувствительными в зависимости от того, чего требует ситуация. Эти инструменты включают, помимо прочего, дисковые резцы, цилиндрические или конические вращающиеся фрезы, цепные пилы с зубьями, подходящими для выработываемого материала, вода под высоким давлением, ножи 214 струга и гидравлические пробойники 216, которые прикладывают огромное давление, направленное надлежащим образом как по окружности/периметру профиля тоннеля, так и/или внутрь (в сторону внутренней части тоннеля) для дополнительного разрыхления и раздробления материала, подлежащего удалению (в дополнение к удалению жертвенной крепи определяющих форму скважин).

В отношении мягкого и/или рыхлого материала, подлежащего выемке, можно использовать технологии, основанные на обрушении/обвале, в частности, если область снаружи периметра тоннеля стабилизирована с образованием самоподдерживающейся оболочки. Для этого типа работ зонды оснащают ножами 214 струга по мере продвижения канатно-скреперного щита.

Матричный лазер (не показан) будет постоянно сканировать 218 вновь образованную наружную поверхность обнажения выемки для обеспечения того, чтобы никакой материал, который будет затруднять продвижение канатно-скреперного щита или препятствовать ему, не был оставлен выступающим внутрь. В местах, где извлеченный грунт покрывает участки вновь образованной поверхности обнажения тоннеля, могут также использовать георадар. В случае обнаружения любого такого участка он будет немедленно приведен в порядок без задержки продвижения одним или несколькими роботами-манипуляторами 212, на которых установлены пневматический бурильный молоток или съемная режущая головка или другой подходящий инструмент.

При работе под защитой канатно-скреперного щита извлеченный грунт непрерывно погружается (с помощью, если требуется, механического экскаватора 220) на загрузочно-разгрузочный механизм 222 внутри щита. Загрузка на загрузочно-разгрузочный механизм 222 может происходить главным образом под действием канатно-скреперного щита, движущегося вперед через извлеченный грунт во многом подобно бульдозеру. Удаление извлеченного грунта осуществляется общепринятыми способами; он перемещается назад на конвейере 224 обратно туда, где вновь уложенное дно тоннеля способно принимать тяжелую технику.

На фиг. 8 представлены аксиальный вид в поперечном разрезе и косой вид предварительно перфорированной жертвенной крепи для использования в скважинах, причем крепь имеет по существу цилиндри-

дрическую форму с рядом перфорированных скважин 230 снаружи внутрь нее.

На фиг. 9 представлен вид скважинной каретки 236 для телескопической доставки химикатов, выполненной с возможностью перемещения вниз по отдельной скважине 238 в участок, требующий химической обработки. Каретка содержит 5 телескопических зондов 240 доставки, расположенных вокруг корпуса 242 каретки, хотя предусматриваются другие количества. После того как каретка переместится в положение, используемый химикат под давлением перекачивается в каретку общепринятыми средствами. Это давление заставляет телескопические зонды выдвигаться и выступать вперед в материал снаружи скважины через соответствующие предварительно перфорированные отверстия (или отверстия, выполненные, когда крепь установлена на месте) в жертвенной крепи. Количество доставляемого химиката и область, в которую его доставляют, выбирают для каждого случая исходя из знаний о геологии, полученных в процессе бурения, и требуемой предельной прочности конструкции тоннеля.

На фиг. 10 представлен вид скважинной канатной возвратной каретки, показанной с корпусом 250 каретки как прозрачным. На корпусе 250 расположена зажимная система 252, зацепляющаяся за стенки укрепленной скважины, в которой она находится. Зажимная система 252 может зацепляться или отцепляться оператором, чтобы каретку можно было перемещать в скважине, и может быть закреплена в своем месте, будучи готовой к подъему с помощью лебедки. Первый конец 254 каната подсоединен к щиту. Второй конец 256 каната прикреплен к лебедке. При наматывании лебедкой второго конца 256 каната ряд шкивов 258 в каретке изменяют направление каната на противоположное, так что щит тянется первым концом 254 каната.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ строительства подземного тоннеля, причем способ включает следующие этапы:

бурение первой скважины вдоль первого предварительно определенного пути через нижележащую геологию, причем первая скважина имеет длину по меньшей мере 25 м;

бурение множества вторых скважин вдоль соответствующих вторых предварительно определенных путей через нижележащую геологию, причем каждый из соответствующих вторых предварительно определенных путей является по существу параллельным первому предварительно определенному пути для того, чтобы множество вторых скважин самостоятельно или множество вторых скважин и первая скважина в комбинации вместе образовывали по существу призматическую область, имеющую поперечное сечение геометрической формы вдоль всей длины первой скважины и вторых скважин, причем геометрическая форма и размер этой формы являются постоянными вдоль всей длины;

сбор данных, полученных для первой и второй скважин, для определения материала, через который выполнено бурение;

укрепление любой из первой скважины и множества вторых скважин крепью, причем крепь имеет отверстия в заданных местах на крепи, причем заданные места включают обращенные внутрь в сторону призматической области, обращенные наружу в сторону от призматической области, и/или в боковом направлении вдоль профиля призматической области;

обработка нижележащей геологии путем акустического разрыва, гидравлического разрыва и/или путем стабилизации нижележащей геологии через отверстия в по меньшей мере одном заданном месте раньше выемки материала для повышения эффективности выемки материала; и

выемка материала в по существу призматической области для образования тоннеля.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что выемку материала в по существу призматической области для образования тоннеля выполняют из тоннелепроходческого щита, причем тоннелепроходческий щит содержит на своей передней кромке множество зондов, причем каждый зонд из множества зондов выровнен в одну линию с соответствующей скважиной из первой скважины и множества вторых скважин, каждый зонд оснащен необязательно съемными инструментами, которые позволяют каждому зонду производить выемку из первой скважины и/или вторых скважин.

3. Система для строительства подземного тоннеля согласно способу по любому предыдущему пункту, причем система содержит

оборудование для направленного бурения, выполненное с возможностью бурения первой скважины вдоль первого предварительно определенного пути через нижележащую геологию, причем первая скважина имеет длину по меньшей мере 25 м;

оборудование для направленного бурения, выполненное с возможностью бурения множества вторых скважин вдоль соответствующих вторых предварительно определенных путей через нижележащую геологию, причем каждый из соответствующих вторых предварительно определенных путей является по существу параллельным первому предварительно определенному пути для того, чтобы множество вторых скважин самостоятельно или множество вторых скважин и первая скважина в комбинации вместе образовывали по существу призматическую область, имеющую поперечное сечение геометрической формы вдоль всей длины первой скважины и вторых скважин, причем геометрическая форма и размер этой формы являются постоянными вдоль всей длины;

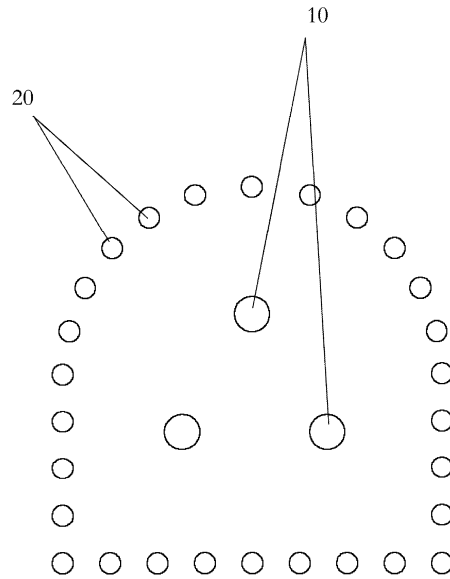
средства для сбора данных, полученных для первой и второй скважин, для определения материала,

через который выполнено бурение;

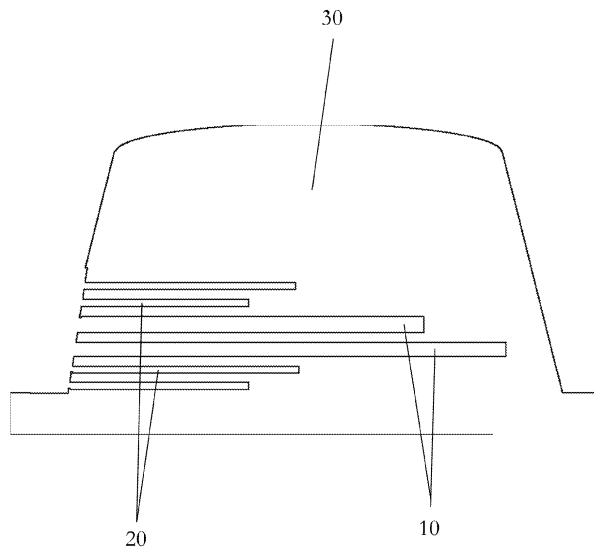
крепь, расположенные в любой из первой скважины и множества вторых скважин, причем крепь имеет отверстия в заданных местах на крепи, причем заданные места включают обращенные внутрь в сторону призматической области, обращенные наружу в сторону от призматической области и/или в боковом направлении вдоль профиля призматической области;

оборудование для обработки, выполненное с возможностью обработки нижележащей геологии путем акустического разрыва, гидравлического разрыва и/или путем стабилизации нижележащей геологии через отверстия в по меньшей мере одном заданном месте раньше выемки материала для повышения эффективности выемки материала; и

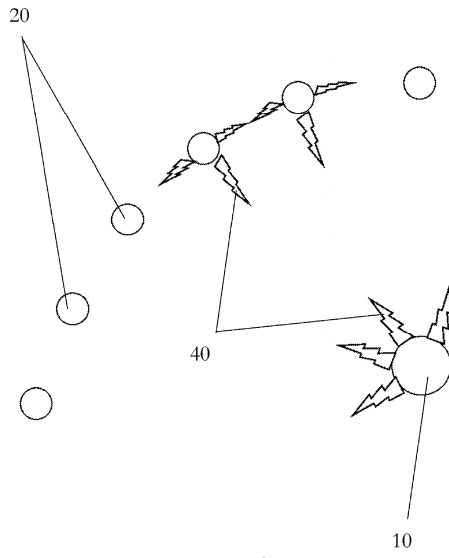
оборудование для выемки, выполненное с возможностью выемки материала в по существу призматической области, образованной первой скважиной и множеством вторых скважин, для образования тоннеля.



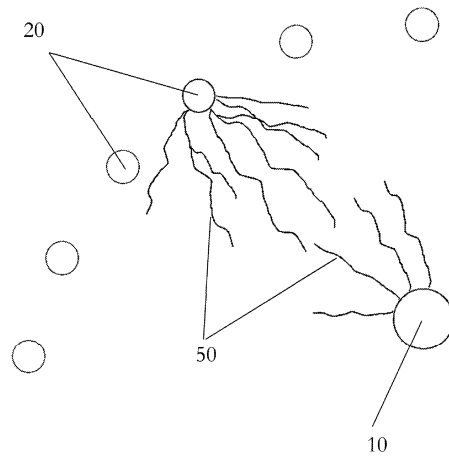
Фиг. 1



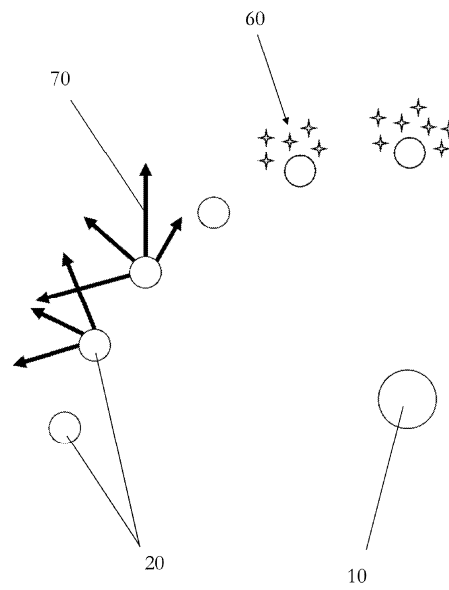
Фиг. 2



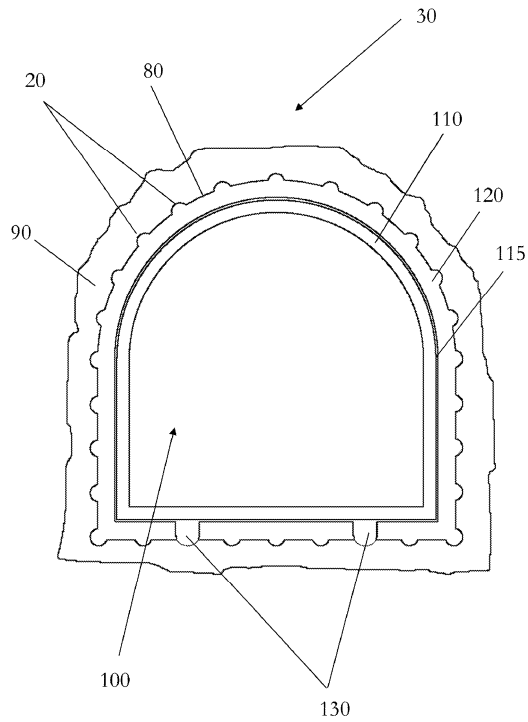
Фиг. 3



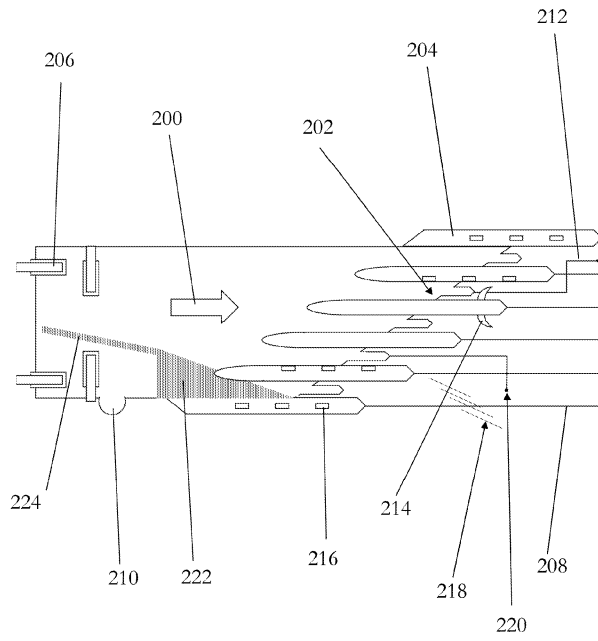
Фиг. 4



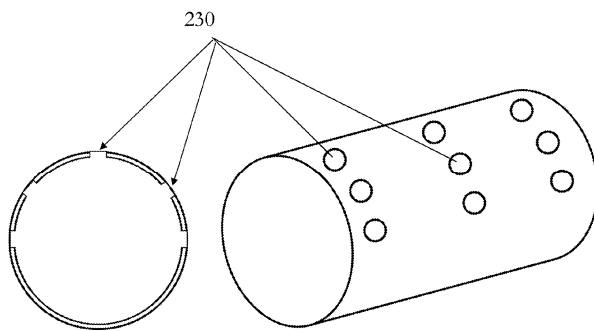
Фиг. 5



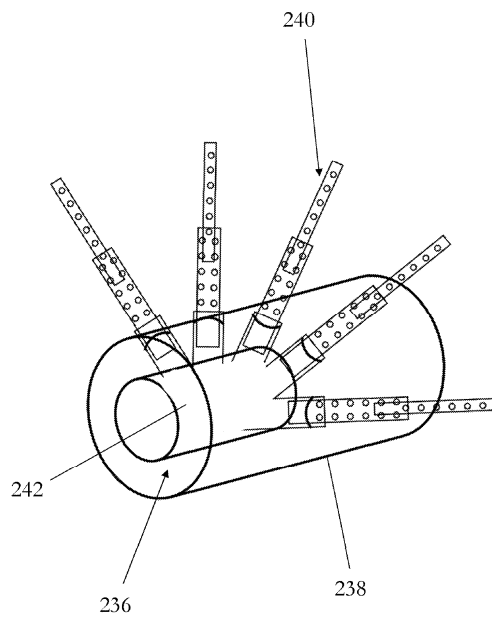
Фиг. 6



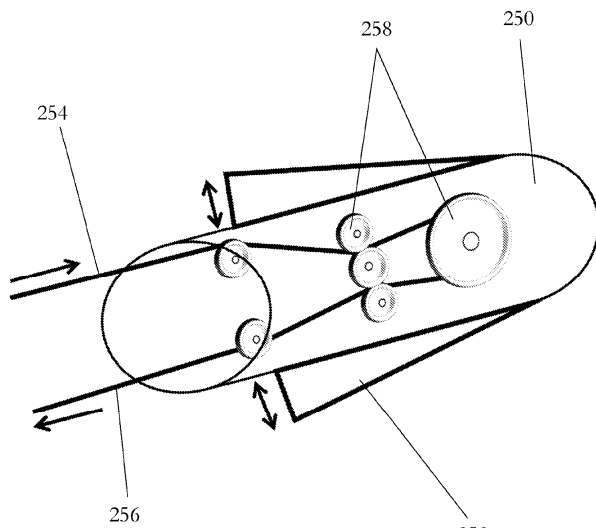
Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10