

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202390942 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2023.07.24

(51) Int. Cl. E21D 9/00 (2006.01)  
E21D 9/06 (2006.01)  
E21D 9/08 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2021.09.14

(54) ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКИЙ ЩИТ

(31) 2014848.2

(72) Изобретатель:  
Джордан Стив, Микс Алан (GB)

(32) 2020.09.21

(33) GB

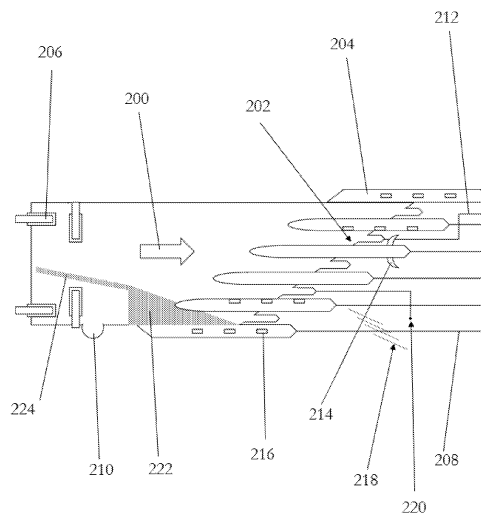
(74) Представитель:  
Кузнецова С.А. (RU)

(86) PCT/IB2021/058359

(87) WO 2022/058885 2022.03.24

(71) Заявитель:  
ХАЙПЕРТАННЭЛ АйПи ЛИМИТЕД  
(GB)

(57) 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 для извлечения, в зависимости от типа геологических/грунтовых условий). 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). В настоящем изобретении предусмотрен тоннелепроходческий щит, снабженный инструментами для струйной цементации, расположенными так, чтобы выступать из его передней кромки. Таким образом, качество геологического материала, в котором прокладываются тоннель, может быть динамически улучшено как часть процесса выемки.



A1

202390942

202390942

A1

## ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКИЙ ЩИТ

Настоящее изобретение относится в общем к тоннелепроходческому щиту и имеет конкретное, хотя не исключительное, применение в строительстве тоннелей многокилометровой протяженности.

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 для извлечения, 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).

В соответствии с первым аспектом настоящего изобретения предлагается тоннелепроходческий щит, содержащий: подвижную защитную конструкцию для использования во время выемки тоннеля, причем подвижная защитная конструкция выполнена с возможностью защиты ее внутренней области от обрушения тоннеля; по меньшей мере один направляющий зонд, расположенный так, чтобы выступать из передней кромки подвижной защитной конструкции в геологию, в которой необходимо прокладывать тоннель; и инструмент для струйной цементации, расположенный на по меньшей мере одном направляющем зонде, при этом инструмент для струйной

цементации выполнен с возможностью введения раствора в геологию для улучшения ее качества.

Таким образом, качество геологического материала, в котором прокладывают тоннель, может быть динамически улучшено как часть процесса выемки.

Цементация под давлением и струйная цементация являются известными технологиями, при которых раствор вводят в геологический материал (например, почву, песок и/или горную породу) для улучшения его качества, например для устранения дефектов, повышения его прочности и/или снижения потока воды через него. Такие технологии цементации часто используют вокруг фундаментов крупных сооружений (зданий, мостов и т.д.) и вокруг подземных сооружений, включая большие трубы и туннели. Как правило, при цементации под давлением раствор вводят в геологический материал для заполнения любых взаимосвязанных пор и пустот, чтобы стабилизировать его, не нарушая существующий материал. Напротив, струйная цементация обычно достигается с помощью относительно высокоскоростной струи раствора, которую используют для размывания и значительного перемешивания геологических материалов на месте и часто для образования конкретных форм (например, колонн и/или платформ).

Защитная конструкция может быть полой и/или может содержать наружную оболочку и внутреннюю пустоту, в которой может быть расположено оборудование (которое также может образовывать часть тоннелепроходческого щита). Защитная конструкция может быть по существу трубчатой; то есть иметь стенки, которые проходят по существу вдоль ее осевой длины. Стенки могут простираться на разные расстояния (вдоль этой осевой длины) в зависимости от их высоты. Например, верхняя часть конструкции может проходить дальше, чем нижняя часть конструкции, так что она нависает над нижней частью, чтобы обеспечить возможность работы под ней (или над ней, если верхняя часть проходит менее далеко, чем нижняя часть). Альтернативно стенки могут простираться на одинаковое расстояние, так что конструкция имеет по существу призматическую форму (но с открытыми концами для проведения работ).

Настоящее изобретение может использоваться при строительстве новых тоннелей, а также в процессе расширения и/или замены крепи и/или ремонта существующих тоннелей.

Тоннелепроходческий щит может быть использован в ситуациях, в которых через геологию может быть пробурена первая скважина вдоль первого предварительно определенного пути. Первая скважина может иметь диаметр, существенно меньший, чем диаметр тоннеля, который необходимо прокладывать, например в по меньшей мере десять раз меньше, в частности в по меньшей мере двадцать пять раз меньше, более конкретно в по меньшей мере сто раз меньше. Множество вторых скважин могут быть пробурены вдоль соответствующих вторых предварительно определенных путей через геологию, причем каждый из соответствующих вторых предварительно определенных путей может быть по существу параллелен первому предварительно определенному пути, для образования по существу призматической области между ними. То есть, если предусмотрены воображаемые плоскости, которые соединяют каждую скважину с каждой другой скважиной, самые внешние воображаемые плоскости могут взаимодействовать с образованием ограничивающей поверхности, образующей призматическую область. Все поперечные сечения призматической области, перпендикулярные направлению бурения, могут быть идентичными. Если такое поперечное сечение взято в любой точке вдоль длины призматической области и предусмотрены воображаемые линии, которые соединяют каждую скважину с каждой другой скважиной, то самые внешние воображаемые линии могут взаимодействовать с образованием ограничивающего многоугольника.

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

Операции бурения могут выполняться из предварительно построенного входа в тоннель и/или выхода из него, промежуточно расположенной шахты и/или с поверхности. Альтернативно или дополнительно операции бурения могут быть выполнены из тоннелепроходческого щита. Технологию направленного бурения могут

комбинировать с технологией, основанной на применении щита, таким образом, что бурение осуществляют с каждого направляющего зонда на щите, тем самым позволяя щиту продвигаться до завершения бурения.

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 призмovidная область может быть образована самостоятельно множеством вторых скважин или может быть образована совместно комбинацией множества вторых скважин и первой скважиной. Например, первая скважина в комбинации с двумя вторыми скважинами могут образовывать треугольную призмovidную область. В качестве другого примера, три вторые скважины могут самостоятельно образовывать треугольную призмovidную область, причем первая скважина расположена внутри треугольной призмovidной области; альтернативно три вторые скважины вместе с первой скважиной могут образовывать кубовидную (квадратную призмovidную) область при соответствующем расположении относительно друг друга.

Призмovidная область может искривляться; то есть 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 призмovidной области, будучи расположенной во внутренней части призмovidной области.

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

Множество вторых скважин могут образовывать профиль тоннеля; то есть множество вторых путей могут проходить вдоль стен предлагаемого тоннеля. Во избежание сомнений, во время строительства могут быть образованы другие скважины, которые не влияют на профиль тоннеля или способствуют созданию дополнительных и/или отличных профилей тоннеля.

Поперечное сечение тоннеля может быть круглым; однако возможны и другие поперечные сечения (предпочтительны некруглые поперечные сечения), такие как прямоугольное, полукруглое, дугообразное, плоскoдонное 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 и/или для соответствия с конечным использованием тоннеля (например, в качестве дорожной поверхности или для железнодорожных путей) 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 выполняют из тоннелепроходческого щита.

Форма щита соответствует профилю тоннеля; то есть поперечному сечению области, подлежащей выемке. Направляющий зонд (зонды) может иметь такой размер, чтобы подходить под первую скважину и/или вторые скважины; в частности, направляющий зонд (зонды) может иметь такой размер, чтобы допускалось некоторое отклонение расположения каждого зонда от его предварительно определенного пути, например до 50 см, более конкретно до 30 см.

Направляющие зонды могут быть выполнены с возможностью направлять щит на место. В частности, направляющие зонды могут быть расположены так, чтобы выступать в скважины таким образом, что расположение щита можно контролировать и/или отслеживать.

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

Направляющий зонд (зонды) может быть выполнен с возможностью отведения назад, чтобы его можно было убирать или можно было осуществлять замену инструментов без необходимости в перемещении щита.

По меньшей мере один направляющий зонд может содержать только один направляющий зонд или множество направляющих зондов, например два, три, четыре, пять, шесть или более направляющих зондов.

Некоторые или все направляющие зонды могут быть расположены на защитной конструкции так, что они выровнены с соответствующей скважиной первой скважины и множеством вторых скважин.

Направляющие зонды могут выступать наружу из защитной конструкции. Передняя кромка защитной конструкции может быть кромкой конструкции в ее передней части, когда ее используют и перемещают в тоннель и/или геологию, подлежащую выемке.

Геология или геологический материал может представлять собой любую форму подземного (например, почвенного) материала, в котором прокладывают (и/или необходимо прокладывать) тоннель, например горную породу, почву, песок, гравий и/или другие аллювиальные отложения.

Инструмент для струйной цементации может быть выполнен с возможностью подачи материала, который может содержать раствор и/или корректирующие вещества, такие как эпоксидная смола, полиуретановая пена, полиуретановые смолы, акриловые смолы, цементирующие растворы и водные растворы. Раствор может представлять собой цементную, смолистую или растворяющую химическую смесь. Раствор может представлять собой цементную, смолистую или растворяющую химическую смесь.

Тоннелепроходческий щит может быть выполнен с возможностью нанесения армирующего компонента на материал, который был введен во время струйной цементации, который может включать область внутри скважины. Следовательно, тоннелепроходческий щит может дополнительно содержать вставное устройство для введения армирующего компонента. Армирующий компонент может быть выполнен так, чтобы действовать в качестве натяжного устройства внутри раствора для укрепления и оказания помощи раствору под натяжением. Армирующий компонент может содержать арматуру, то есть металлический (например, стальной) прут (например, с резьбой или без) и/или сетку из проволок. Альтернативно или дополнительно армирующий компонент может содержать канат (канаты) и/или канатный анкер (анкеры).

Тоннелепроходческий щит может иметь такую форму, чтобы соответствовать (и/или приблизительно/по существу соответствовать) поперечному сечению призматической области. Например, если поперечное сечение призматической области было по существу правильным восьмиугольником, то тоннелепроходческий щит может иметь переднюю кромку в форме круга (или восьмиугольника, или любой промежуточной формы).

Защитная конструкция может быть подвижной, в том смысле, что она может перемещаться вдоль своей оси с помощью внутренних или внешних средств. То есть ее можно перемещать вдоль тоннеля, который необходимо прокладывать.

Тоннелепроходческий щит может содержать источник движения с внутренним/внешним приводом (например, колеса, приводимые в движение



двигателем, или гусеницы), который можно использовать при первоначальном выравнивании устройства с началом забоя тоннеля, перед началом выемки и/или во время выемки, если требуется изменить направление на противоположное и/или повторно выровнять тоннелепроходческий щит.

Щит может представлять собой канатно-скреперный щит, и способ может дополнительно включать протягивание щита через материал. Канатно-скреперный щит может быть сочетанием обычного тоннелепроходческого щита и технологии канатно-скреперного экскаватора, так что тоннелепроходческий щит содержит канаты/тросы/цепи (обычно управляемые лебедками), которые могут быть использованы для волочения защитной конструкции. Канаты/тросы/цепи могут 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 направляющему 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.

Каждым канатом можно управлять независимо так, чтобы разные величины натяжения в каждом канате позволяли управлять щитом. Соответствующие натяжения могут быть определены путем отслеживания положения соответствующего зонда относительно скважины, в которой он расположен; однако альтернативно или дополнительно могут быть использованы другие способы определения натяжения, такие как отслеживание положения опорной конструкции. Такое отслеживание может быть выполнено вручную и/или автоматически с использованием датчиков и/или системы управления.

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 может быть удален 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 (например, подметальными машинами) за точкой, где извлеченный грунт поступает в щит, чтобы ходовая часть щита (например, колеса/салазки) могла перемещаться в неровных полутрубах, оставшихся от расходуемой обсадной трубы. Благодаря этому укладывать или удлинять рельсы по мере продвижения щита не требуется.

Рыхлый мусор может быть собран и удален с помощью подметальных машин и конвейерных лент (которые могут образовывать часть тоннелепроходческого щита),

которые подают материалы в заднюю часть защитной конструкции для удаления из тоннеля. Тоннелепроходческий щит может содержать проходческие комбайны, экскаваторы с обратной лопатой и аналогичную технику, например встроенные в переднюю часть конструкции, для облегчения дробления и перемещения материалов на конвейерную систему. Данной техникой могут управлять операторы снаружи тоннеля, например с помощью камер, осветительных приборов и систем радарного/лидарного сканирования, которые взаимодействуют с диспетчерской, расположенной снаружи тоннеля, что позволяет эксплуатировать устройство без присутствия людей на месте в целях безопасности. Напыляемое бетонное укрепление может быть доставлено роботизированным способом с использованием машин, установленных в задней части защитной конструкции. Данные устройства могут быть прикреплены непосредственно к защитной конструкции и/или могут быть установлены на прицепе, который вплотную следует за задней частью защитной конструкции. Альтернативно или дополнительно тоннелепроходческий щит может содержать роботизированное устройство (устройства) для анкерования горных пород и/или устройство (устройства) для скользящей укладки бетона аналогичным образом.

Эксплуатация щита может включать укрепление тоннеля по мере его прокладывания; например, тоннель может быть укреплен непосредственно за щитом по мере его продвижения вперед.

Варианты крепи тоннеля включают сборные железобетонные сегменты (с водонепроницаемой обкладкой или без нее), бетон, уложенный на месте производства работ (включая модульную опалубку с использованием арматуры, например), и/или торкрет-бетон, 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.

Эксплуатация может дополнительно включать непрерывный процесс формирования бетона. В частности, по мере продвижения щита вперед последний в ряде последовательных металлических опалубок многократного 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 выпустят, 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.

Направляющий зонд (зонды) или дополнительный направляющий зонд (зонды) может быть оснащен (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, воду под высоким давлением, ножи струга, технологию акустического разрыва 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.

Некоторые или все инструменты (включая инструмент для струйной цементации) могут быть расположены на по меньшей мере одном направляющем зонде; то есть могут быть установлены на передней части направляющего зонда (т.е. на конце, противоположном передней кромке защитной конструкции). Альтернативно или дополнительно инструмент (инструменты) может быть установлен на боку направляющего зонда или может быть прикреплен к направляющему зонду так, что ими можно управлять дистанционно, подобно обычному оборудованию для бурения внутри скважины.

Инструмент(ы) могут быть активированы одновременно друг с другом или могут быть активированы независимо.

В отношении мягкого и/или рыхлого материала, подлежащего выемке, можно использовать технологии, основанные на обрушении/обвале. Для этого типа работ по

мере продвижения щита направляющие зонды могут быть оснащены ножами струга и/или расширяющими инструментами.

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 новообразованной поверхности тоннеля, могут также использовать георадар (или другие подобные методы дистанционного зондирования).

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

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.

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, бур(ы), нож(и), иглу(-ы) и/или другие подходящие устройства для перфорации стенки трубы. 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.

Нижележащая геология может быть обработана 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 (скважины) могут пропускать расширяющие инструменты для разрушения жертвенной крепи, что позволит материалу, подлежащему выемке, обрушиваться/обваливаться, тем самым помогая процессу удаления. Расширяющие инструменты могут быть прикреплены к направляющим зондам или могут быть переданы вниз перед использованием щита.

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. Замораживание и другие технологии стабилизации могут быть временными.

Постоянную стабилизацию можно обеспечить путем закачивания химического стабилизатора, например через сопла для подачи химических веществ (например, в телескопических рукавах). Количество и тип используемого стабилизатора будут определяться геологией, подлежащей стабилизации, и 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, то есть выполнение отвержденного грунта на месте до требуемой характеристики; часто известный как «грунтобетон» (RTM), и т. д.

Стабилизация нижележащей геологии снаружи по существу призмической 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.

В частности, стабилизация (например, с помощью инструмента для струйной цементации) может быть направленной; то есть стабилизация может происходить по существу за пределами призмической области, а разрыв может происходить по существу внутри призмической области. Стабилизацию нижележащей геологии снаружи по существу призмической области могут использовать для образования начальной наружной конструкции (оболочки) тоннеля перед выемкой.



Прокладывание тоннеля может включать только этап выемки материала в пределах призматической области или может включать другие этапы, такие как бурение скважин и/или укрепление тоннеля.

В соответствии со вторым аспектом настоящего изобретения предлагается способ строительства тоннеля, причем способ включает следующие этапы: предоставление тоннелепроходческого щита в соответствии с первым аспектом; перемещение защитной конструкции внутри тоннеля, который необходимо прокладывать, для защиты его внутренней области от обрушения; прохождение по меньшей мере одного направляющего зонда от передней кромки подвижной защитной конструкции в геологию, в которой необходимо прокладывать тоннель; и введение раствора в геологию для улучшения ее качества с использованием инструмента для струйной цементации.

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. Упоминаемые 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 законченного профиля тоннеля, подобного профилю на фиг. 1.

На фиг. 4 представлен вид сбоку канатно-скреперного щита.

На фиг. 5 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 тому подобные 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 тому подобные 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 следует ограничивать устройствами, состоящими только из компонентов А и В. Оно означает, что относительно настоящего изобретения единственными значимыми компонентами устройства являются А и В.

Аналогичным образом, следует отметить, что выражение «соединенный», применяемое в описании, не должно интерпретироваться как ограниченное только непосредственными соединениями. Так, объем выражения «устройство А, соединенное с устройством В» не следует ограничивать устройствами или системами, в которых выход устройства А напрямую соединен со входом устройства В. Оно означает, что между выходом А и входом В существует путь, причем этот путь может содержать 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 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. 4 представлен вид сбоку канатно-скреперного щита. Стрелкой 200 показано направление движения канатно-скреперного щита при выемке. Профиль канатно-скреперного щита соответствует predetermined 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 направляющих зондов, перемещающихся по (укрепленным/неукрепленным) 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.

Направляющие зонды 204 на передней поверхности щита выровнены в одну линию с определяющими форму скважинами и проходят в них. Направляющие зонды 204 расположены с интервалами и имеют такой размер, что они зацепляются с определяющими форму скважинами, и канатно-скреперный щит перемещается вперед через predetermined теперь форму тоннеля. Хотя точность скважин является крайне высокой, направляющие зонды 204 могут выдерживать некоторые отклонения, если путь скважины отклонился от целевого курса. На коротких участках, где произошло отклонение за пределы допуска, направляющий 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.

Направляющие зонды 204 оснащены съемными инструментами, позволяющими им быть грубыми или тонкими 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 вырабатываемого материала, вода под высоким давлением, ножи 214 струга и гидравлические пробойники 216, которые могут прикладывать 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 направляющие 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. 5 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. Вторым концом 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. Тоннелепроходческий щит, содержащий:

подвижную защитную конструкцию для использования во время выемки тоннеля, причем подвижная защитная конструкция выполнена с возможностью защиты ее внутренней области от обрушения тоннеля;

по меньшей мере один направляющий зонд, расположенный так, чтобы выступать из передней кромки подвижной защитной конструкции в геологию, в которой необходимо прокладывать тоннель; и

инструмент для струйной цементации, расположенный на по меньшей мере одном направляющем зонде, при этом инструмент для струйной цементации выполнен с возможностью введения раствора в геологию для улучшения его качества.

2. Тоннелепроходческий щит по п. 1, отличающийся тем, что выполнен с возможностью нанесения армирующего компонента на материал, который был введен во время струйной цементации.

3. Тоннелепроходческий щит по п. 1 или п. 2, отличающийся тем, что по меньшей мере один направляющий зонд содержит множество направляющих зондов, причем каждый направляющий зонд снабжен установленным на нем инструментом для струйной цементации, при этом инструменты для струйной цементации выполнены с возможностью одновременной активации.

4. Тоннелепроходческий щит по п. 1 или п. 2, отличающийся тем, что по меньшей мере один направляющий зонд содержит множество направляющих зондов, причем каждый направляющий зонд снабжен установленным на нем инструментом для струйной цементации, при этом инструменты для струйной цементации выполнены с возможностью независимой активации.

5. Способ строительства тоннеля, причем способ включает следующие этапы:

предоставление тоннелепроходческого щита в соответствии с любым предыдущим пунктом;

перемещение защитной конструкции внутри тоннеля, который необходимо прокладывать, для защиты его внутренней области от обрушения;

прохождение по меньшей мере одного направляющего зонда от передней кромки подвижной защитной конструкции в геологию, в которой необходимо прокладывать тоннель; и

введение раствора в геологию для улучшения ее качества с использованием инструмента для струйной цементации.

**ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

1. Тоннелепроходческий щит, содержащий:

подвижную защитную конструкцию для использования во время выемки тоннеля, причем подвижная защитная конструкция выполнена с возможностью защиты ее  
5 внутренней области от обрушения тоннеля;

по меньшей мере один направляющий зонд, расположенный так, чтобы выступать из передней кромки подвижной защитной конструкции в геологию, в которой необходимо прокладывать тоннель, при этом по меньшей мере один направляющий зонд выполнен с возможностью направлять щит на место; и

10 инструмент для струйной цементации, расположенный на по меньшей мере одном направляющем зонде, при этом инструмент для струйной цементации выполнен с возможностью введения раствора в геологию для улучшения его качества.

2. Тоннелепроходческий щит по п. 1, отличающийся тем, что выполнен с возможностью нанесения армирующего компонента на материал, который был введен  
15 во время струйной цементации.

3. Тоннелепроходческий щит по п. 1 или п. 2, отличающийся тем, что по меньшей мере один направляющий зонд содержит множество направляющих зондов, причем каждый направляющий зонд снабжен установленным на нем инструментом для струйной цементации, при этом инструменты для струйной цементации выполнены с  
20 возможностью одновременной активации.

4. Тоннелепроходческий щит по п. 1 или п. 2, отличающийся тем, что по меньшей мере один направляющий зонд содержит множество направляющих зондов, причем каждый направляющий зонд снабжен установленным на нем инструментом для струйной цементации, при этом инструменты для струйной цементации выполнены с  
25 возможностью независимой активации.

5. Способ строительства тоннеля, причем способ включает следующие этапы:

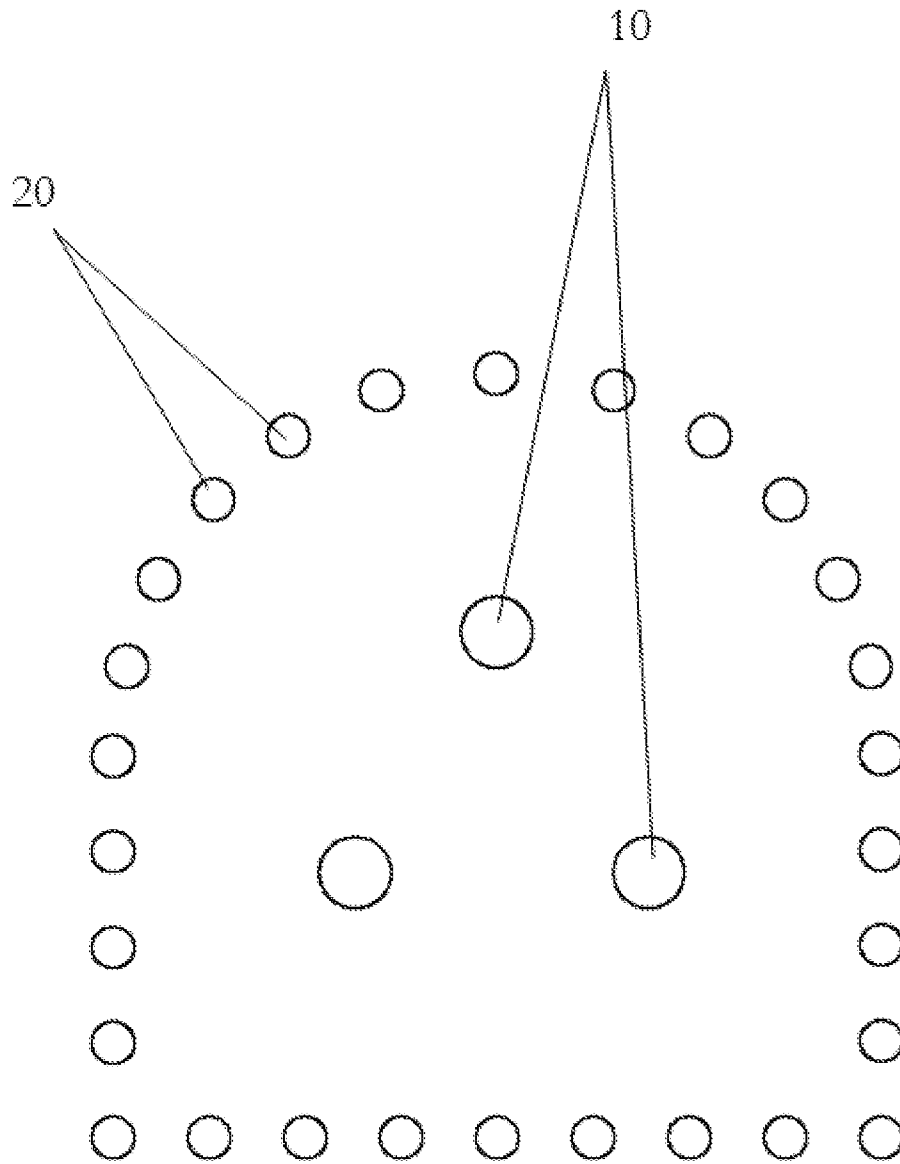
предоставление тоннелепроходческого щита в соответствии с любым предыдущим пунктом;

перемещение защитной конструкции внутри тоннеля, который необходимо прокладывать, для защиты его внутренней области от обрушения;

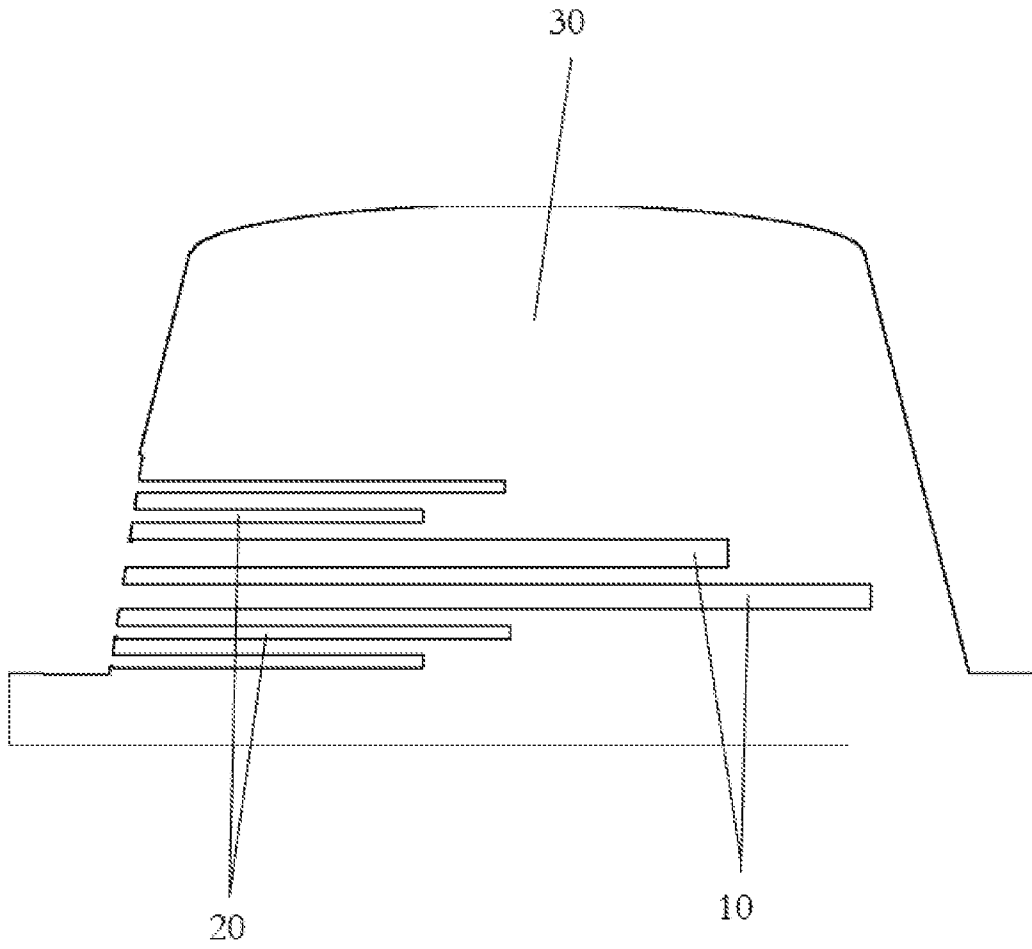
5 прохождение по меньшей мере одного направляющего зонда от передней кромки подвижной защитной конструкции в геологию, в которой необходимо прокладывать тоннель;

направление щита на место с использованием по меньшей мере одного направляющего зонда; и

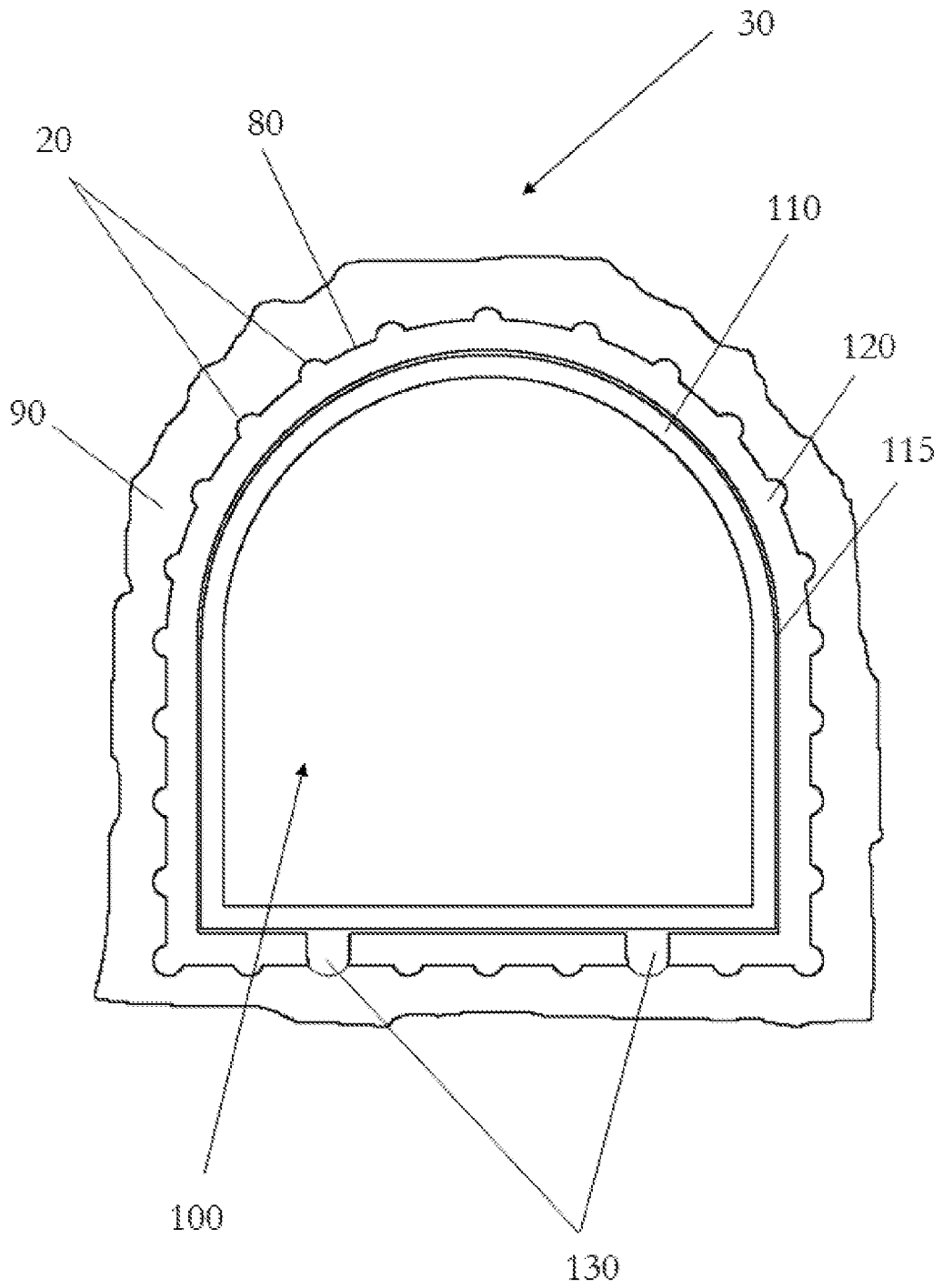
введение раствора в геологию для улучшения ее качества с использованием инструмента для струйной цементации.



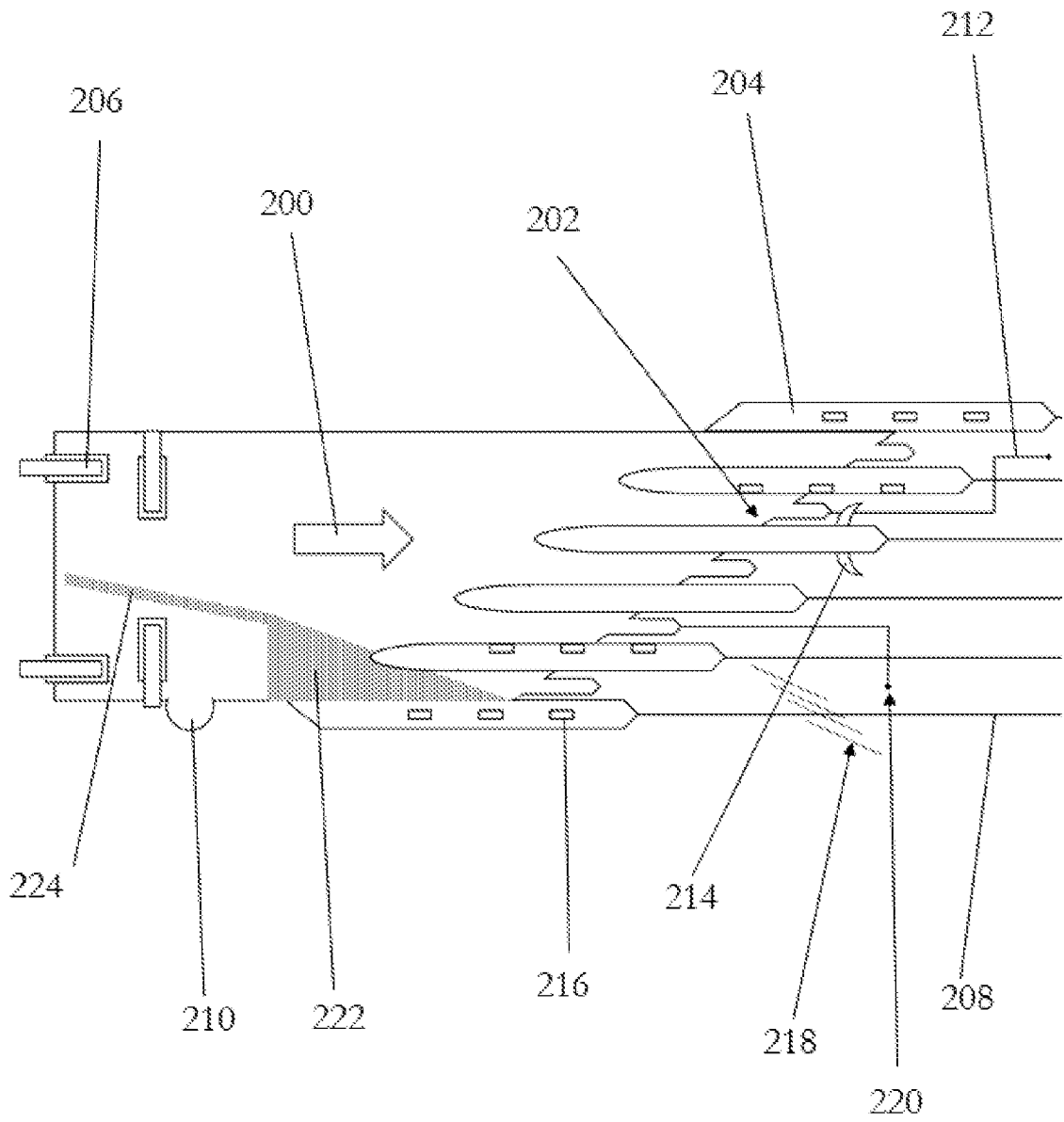
Фиг. 1



Фиг. 2

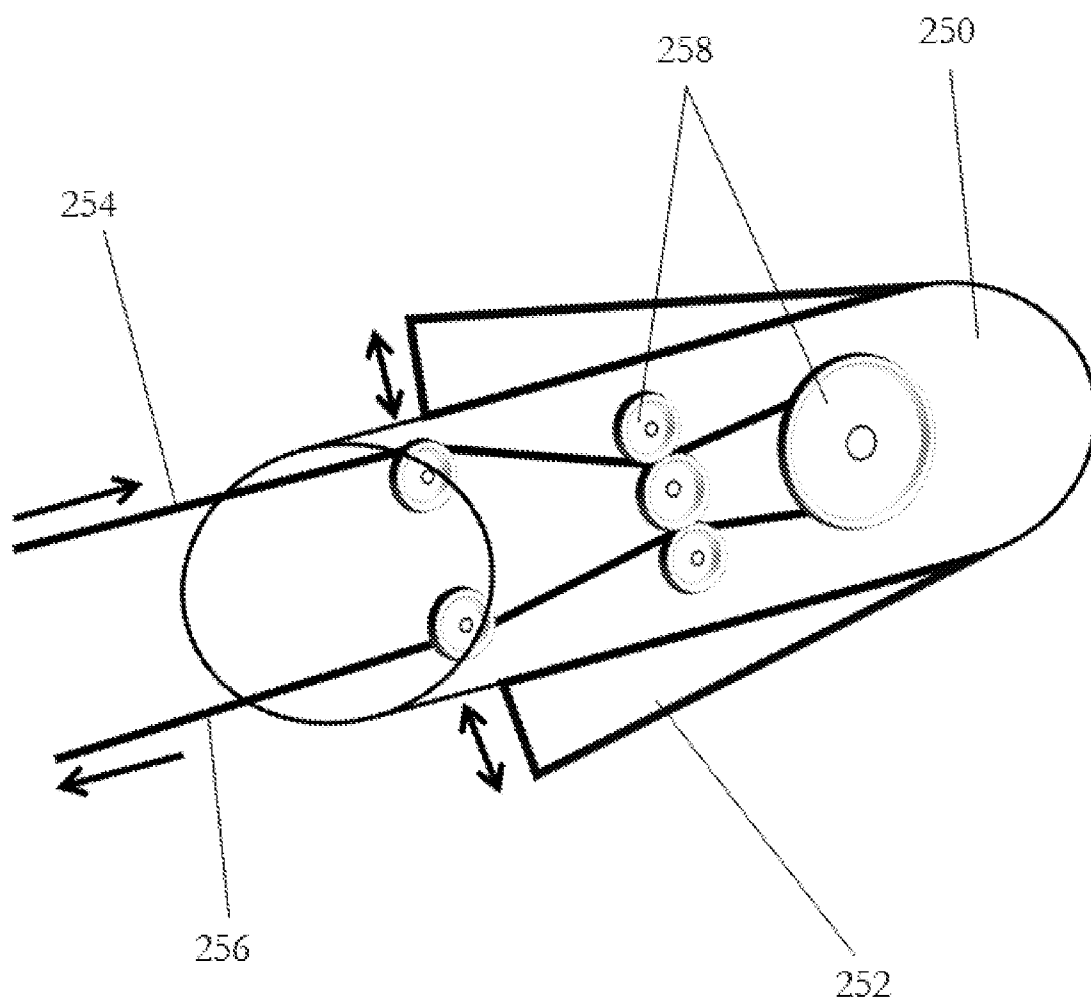


Фиг. 3



Фиг. 4





Фиг. 5