

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **201791730** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки  
**2017.11.30**

(22) Дата подачи заявки  
**2016.01.29**

(51) Int. Cl. *E02B 9/06* (2006.01)  
*F16L 1/036* (2006.01)  
*F15D 1/00* (2006.01)

---

(54) **ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ**

---

(31) **2014216**

(32) **2015.01.30**

(33) **NL**

(86) **PCT/NL2016/050071**

(87) **WO 2016/122326 2016.08.04**

(71) Заявитель:  
**ПРОГЕНЕСИС (NL)**

(72) Изобретатель:  
**Харрис Гёй Гарднер (NL)**

(74) Представитель:  
**Баталин А.В., Фелицына С.Б. (RU)**

(57) Настоящее изобретение относится к гидроэлектростанции, содержащей источник воды и генераторную установку, причем источник воды находится на более высоком уровне, чем генераторная установка; и канал, проходящий между источником и генераторной установкой, при этом генераторная установка гидроэлектростанции сконфигурирована на основе высокой скорости воды и низкого давления. Канал может содержать пластиковые трубы. Канал может быть расположен на опоре из пеноматериала и может быть заключен в прослойку из пеноматериала. Канал может содержать по меньшей мере две секции канала, причем между секциями канала расположена промежуточная генераторная установка. Канал может содержать проходящие внутрь выступы, такие как выемки, предназначенные для того, чтобы способствовать ламинарному течению жидкости через трубу. Канал может сужаться. Давление воды внутри канала может удерживаться на уровне атмосферного давления. Предложенные признаки вносят свой вклад в переход от систем на основе давления к системам на основе скорости, по сути, без давления.

**A1**

**201791730**

**201791730**

**A1**

## ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

Энергия, вырабатываемая гидроэлектростанциями, является важным источником устойчивой энергии и станет даже более важной в будущем. Скандинавские страны решили инвестировать в развитие гидроэнергетики в виде субсидирования природосберегающей возобновляемой энергетики. Тем не менее, затраты на строительство гидроэлектростанций исторически были очень высокими, делая этот рынок непривлекательным для инвестирования. Задача настоящего изобретения заключается в том, чтобы оптимизировать время строительства и дополнительно сократить затраты на строительство. Изобретение относится к различным техническим решениям для строительства канала для гидроэлектростанции, иногда также называемого напорным трубопроводом, и такое название применено ниже в этом документе для обозначения этого канала.

Напорный трубопровод представляет собой один из самых дорогих компонентов гидроэлектростанции, и обычно на него приходится около 25% общих затрат на строительство.

Хотя имеет место тенденция к переходу на более новые технологии, в большинстве существующих гидроэлектростанций напорный трубопровод выполнен из высокопрочного чугуна. Высокопрочный чугун является долговечным, прочным и экономичным. Тем не менее, в использовании высокопрочного чугуна имеются некоторые серьезные недостатки. Во-первых, высокопрочный чугун очень тяжелый, что делает сложной его транспортировку в те удаленные и крутые области, в которых строят гидроэлектростанции. Во-вторых, высокопрочный чугун нуждается в тщательной защите от коррозии и должен быть заземлен. В-третьих, из-за жесткости, давление гидравлического удара может стать в напорных трубопроводах из высокопрочного чугуна очень большим, вплоть до точки разрыва канала, что приводит к сокращению ресурса и полной потере работоспособности. Неисправный напорный трубопровод не дает какого-либо полезного предупреждения – он просто разрушается. Неисправности напорного трубопровода стремительны и опасны, и их редко обнаруживают до возникновения, так что потеря структурной целостности трубы, в общем, происходит моментально, и определенно не в течение такого временного интервала, когда можно осуществить полезное вмешательство человека, чтобы предотвратить неисправность. Наконец, коэффициент трения высокопрочного чугуна является сравнительно высоким, создавая потерю напора из-за трения потока воды, проходящего через канал. На самом деле, все такие проблемы непосредственно относятся к основному принципу гидроэлектростанций существующего уровня техники, которые основаны на применении давления для приведения в действие турбин на нижнем конце

направленного вниз канала. Чтобы создать требуемое давление, необходимо собрать в направленном вниз канале огромное количество воды. Под действием такого преобладающего давления любой дефект или усталость материала могут привести к вышеописанным катастрофическим последствиям.

В "классическом" агрегате турбина/генератор энергию падающей воды преобразуют в крутящий момент, который заставляет вращаться ось турбины/генератора, тем самым вырабатывая электрическую энергию в роторно-статорном блоке. Одно из неудачных последствий этой системы заключается в том, что на подшипники агрегата турбина/генератор оказывают большую нагрузку, так как ось обычно перпендикулярна либо потоку воды в активной турбине, либо изменениям давления в напорно-струйной гидротурбине, хотя в этой системе могут быть изменения.

В DE-U1-20 2006 016550 описана (небольшая) основанная на давлении гидроэлектростанция, в которой наклонный верхний канал для воды проходит между впуском воды в дамбу и колесом турбины для приведения в действие электрогенератора или генератора мощности, который расположен ниже уровня впуска воды. Верхний канал для воды содержит армированную или усиленную трубу из слоистого пластика, коэффициент шероховатости внутренней поверхности которой меньше, чем у бетонной или железной трубы, что сокращает динамические потери давления, связанные с трением, в верхнем канале для воды. Скорость воды в этой основанной на использовании давления гидроэлектростанции лежит в диапазоне 1-2 м/с, т.е. 3,6-7,2 км/ч.

Настоящее изобретение относится к гидроэлектростанции, содержащей источник воды и генераторную установку, где источник находится на более высоком по вертикали уровне, чем генераторная установка, и канал, проходящий между источником и генераторной установкой, при этом генераторная установка гидроэлектростанции сконфигурирована исходя из высокой скорости воды и низкого давления. Высокая скорость и низкое давление снижают нагрузки, оказываемые на подшипники в агрегате турбина/генератор и, следовательно, увеличивают срок службы и повышают надежность.

Генераторная установка гидроэлектростанции в соответствии с настоящим изобретением сконфигурирована исходя из скоростей воды в диапазоне 40-50 м/с, т.е. 144-180 км/ч, при обычной высоте напора, равной 100 м.

Чтобы проиллюстрировать разницу значений давления с использованием настоящего изобретения, существующие системы оказывают гидростатическое давление в соответствии со следующим уравнением:

$$p = h * \rho * g,$$

где:

$p$  – давление,

$h$  – высота напора или высота столба воды,

$\rho$  – плотность воды,

$g$  – гравитационная постоянная.

Обычной практикой является измерение гидростатического давления относительно атмосферного давления, обычно обозначаемого как атм или бар, с линейной скоростью роста на 1 атм или бар на каждые 10 м высоты напора. В связи с этим, так как настоящее изобретение препятствует увеличению гидростатического давления, позволяя воде свободно ускоряться, то давление воды остается близким к 1 атм при высоте напора 100 м, в то время как в существующих системах гидростатическое давление составило бы 10 атм.

Существующий уровень техники применяли для прокладки подземного напорного трубопровода в течение многих лет, и было подтверждено, что он является сравнительно адекватным, но предрасположенным к возникновению неисправностей. На международном уровне наиболее используемым способом является "надземный напорный трубопровод", выполненный из высокопрочного чугуна. Напорный трубопровод обычно располагают на (усиленных) бетонных опорах с лотковыми опорами, которые поддерживают саму трубу. В качестве альтернативы применяют подземную прокладку. Для подземной прокладки могут использовать решения с анкерровкой и без анкерровки. В Норвегии напорный трубопровод должен быть закопан там, где это возможно, по эстетическим причинам. Органы власти других государств могут предъявлять аналогичные требования. Здесь правообладатель настоящего изобретения иногда может быть назван изобретателем для простоты приведенного ниже раскрытия и описания, даже не смотря на то, что изобретатель не является правообладателем.

Для подземной установки, как требуется в некоторых странах, например, исходя из эстетических причин, копают траншею, а нижележащую породу при необходимости разрушают с использованием взрывчатки. Дно траншеи выравнивают и используют фракционированный заполнитель, чтобы создать подушку для трубы. В подушку также вставляют дренажную трубу. В материале подушки делают выемки в области сочленения, чтобы гарантировать, что вес трубы поддерживают по всей ее длине. В Норвегии и/или в других странах из-за транспортных соображений в обычных условиях трубы могут иметь длину не более 6 метров. Участки трубы длиной 6 м состыковывают друг с другом внутри траншеи, применяя различные типы соединений, например соединение муфтой.

После корректного расположения трубы траншею заполняют "фракционированным заполнителем" в несколько слоев. Каждый слой уплотняют прежде, чем добавлять следующий слой. Этот процесс продолжают до тех пор, пока траншея не будет заполнена

до уровня около 20 см либо больше, либо меньше, в зависимости от обстоятельств и требований, над верхней частью трубы. Затем может быть добавлен слой геотекстиля, чтобы не позволить более мелкозернистому материалу из материала конечной засыпки смешиваться с фракционированным материалом, лежащим ниже, и препятствовать дренажу. Сверху на геотекстиль помещают материал засыпки, предпочтительно используя материал из выкопанной траншеи.

Сравнительно новым и инновационным материалом является GRP, полиэфирный стеклопластик. Трубы, выполненные из этого материала, намного легче и поэтому дешевле в транспортировке и проще в установке. При транспортировке трубы можно вставить друг в друга, если они являются сужающимися, что невозможно сделать с трубами из высокопрочного чугуна, имеющим равномерный диаметр. Пластиковые трубы более гибкие, что позволяет им лучше поглощать напряжения, вызванные, например, геологической активностью или гидроударом. Пластиковые трубы не нужно чем-либо покрывать. Трубы из стеклопластика обладают меньшим коэффициентом трения, и потери напора из-за трения внутри трубы меньше, чем для трубы из высокопрочного чугуна, что дает более эффективный поток внутри трубы, дополнительно сокращая гидроудар и турбулентность, позволяя осуществлять сегментацию канала с промежуточными турбинами и генераторами.

Трубы из полиэфирного стеклопластика (GRP) обладают преимуществами по сравнению с трубами из высокопрочного чугуна, и эти преимущества делают применение высокопрочного чугуна необязательным и нежелательным во многих приложениях малых гидроэлектростанций (SHP). В основном, из-за максимального рабочего давления труб из стеклопластика, которое обычно ниже, чем у труб из высокопрочного чугуна, но из-за нормативных требований и требований к лицензированию Норвежского управления водными ресурсами (NVE) или органов других стран, инженеры-конструкторы SHP ограничены в возможности применять какие-либо трубы, отличные от труб из высокопрочного чугуна. В результате исследований, проведенных в последние два года, изобретатель уверен, что там, где можно применять трубы из стеклопластика, следует их использовать. Были исследованы способы изготовления и/или использования труб из стеклопластика, относительно которых предполагают, что они пригодны для приложений с очень высоким давлением, для которых NVE и/или органы власти других стран настаивают в настоящее время на использовании высокопрочного чугуна.

В настоящее время в области гидроэлектростанций, NVE (Норвежское управление водными ресурсами) и органы власти других стран даже не рассматривают стеклопластик в качестве альтернативы для высокопрочного чугуна в установках с очень высоким напором,

свыше 30 бар. Все еще может иметься некоторый способ обосновать концепцию применения труб из стеклопластика в различных технических решениях, так что хотелось бы надеяться и/или ожидать, что в будущем трубы из стеклопластика будут допускать с большей легкостью, и они найдут более широкое применение. Успех в большей степени будет зависеть от способа установки труб из стеклопластика и применяемых технических решений. Ожидается, что национальные органы власти, такие как Норвежский NVE, можно убедить, что трубу из стеклопластика можно безопасно и успешно применять во многих обстоятельствах, и это поможет удерживать низкими затраты при строительстве SHP.

Соединение труб из стеклопластика можно выполнить различными способами. Наиболее часто в качестве соединений применяют муфты с прокладкой высокого давления. Как вариант, может использоваться фланцевое соединение, либо трубы могут быть "сварены" на месте с использованием волокнистого материала и/или смолы.

В качестве альтернативы или в дополнение к обычным трубам из стеклопластика также имеются предварительно изолированные полиуретаном трубы. Эти трубы широко доступны, и их можно применять в варианте осуществления в соответствии с настоящим изобретением, но в настоящее время предпочтительны трубы из стеклопластика.

Еще одна идея для повышения стабильности и надежности заключается в том, чтобы покрыть обычную напорную трубу из высокопрочного чугуна или трубу из стеклопластика пеноматериалом. Этот пеноматериал будет выполнять несколько функций: он защитит и стабилизирует трубу, сократить необходимость в тяжелом и дорогом материале засыпки, и стабилизирует грунт и траншею, при этом требуется намного меньше времени для выполнения всего процесса прокладки напорного трубопровода. В частности, когда трубы из стеклопластика залиты пеноматериалом, достигают намного большего сцепления пеноматериала с трубой из стеклопластика, чем в случае использования стального канала. Трубы из высокопрочного чугуна обычно покрывают цинковым покрытием или иным покрытием, к которому пеноматериал может прилипнуть намного слабее, чем к стеклопластику. В частности, этот эффект имеет место в случае, когда напорный трубопровод из стеклопластика и пеноматериал в этой связи содержит соответствующие элементы/аспекты, где пеноматериал и пластик канала являются близкими для получения большего сцепления, например, при использовании пенополиуретана и напорного трубопровода из стеклопластика в качестве канала из материала, пригодного для склеивания. Напорный трубопровод из стеклопластика и пеноматериал эффективно образуют сильно связанное целое, тем самым повышая устойчивость, прочность и надежность в сочетании с повышенной гибкостью и устойчивостью к гидроудару.

В этой связи отметим, что состав материала засыпки фактически находится в

ведении инженера-конструктора и изготовителя трубы; например, норвежские нормы и правила, определяющие материал засыпки, основаны на рабочих характеристиках, и не предписывают применение какого-либо материала в качестве материала засыпки. Исторически сложилось, что пытаются применять материал, извлеченный при рытье траншеи, чтобы поместить в него канал или напорный трубопровод. Тем не менее, любой альтернативный материал должен быть изучен, на предмет того, обладает ли материал засыпки удовлетворительными свойствами касательно дренажа и вымывания и удовлетворяет ли любым другим законным требованиям. Для достижения этого материал засыпки не должен содержать очень мелкозернистый грунт (песок), и обычно для минимально допустимого размера частиц устанавливают нижнюю границу, равную 8 мм. Таким образом, хотя обычно используют щебень или натуральный гравий с размером частиц 8-32 мм, где максимально допустимый размер камней зависит от таких факторов, как материалы трубы и обработка поверхности, и его обычно определяет изготовитель труб, отсутствуют соображения, препятствующие использованию альтернативных материалов, таких как пеноматериал.

Задача настоящего изобретения также заключается в том, чтобы оптимизировать общий процесс строительства гидроэлектростанций; настоящее изобретение охватывает случай установки напорного трубопровода. В связи с этим, был исследован новый способ укладки трубы без очень дорогого процесса существующего уровня техники, в котором используют фракционированный материал засыпки.

В стандартном процессе установки трубу кладут на ровную подушку из фракционированного заполнителя, а затем окружают дополнительными слоями уплотненного заполнителя. Материал, который извлекают при рытье исходной траншеи, в которую укладывают трубу, обычно представляет собой смесь гравия, камня, грунта и песка. Этот материал не подходит для применения ни в качестве подушки для трубы, ни в качестве прослойки. В настоящее время существует два решения этой задачи; изобретатель не удовлетворен способами и решениями, основанными на:

1. измельчении камня и просеивании материала засыпки для получения нужной фракции, и/или
2. заказе большого количества фракционированного гравия.

Оба способа требуют очень больших затрат, в основном связанных с логистикой и временными требованиями. При таком способе установки риск неисправности напорного трубопровода также значителен из-за невозможности проведения исследования после установки.

Риск неисправности напорного трубопровода, установленного в соответствии с

вышеупомянутой процедурой, сравнительно высокий по сравнению с другими рисками. Когда это было обнаружено, были начаты исследования вариантов усовершенствования установки напорного трубопровода, сокращающие и риск, и затраты.

Начальная идея заключалась в том, чтобы покрыть трубы из стеклопластика предварительно вспененным полистиролом, строительным материалом, который широко применяют в строительстве подземных сооружений. Хотя были получены полезные результаты, и эта новая разработка включена в настоящее раскрытие, применение этого материала оказалось сравнительно сложным для установки вокруг труб и не давало заметной дополнительной механической или химической защиты от материала засыпки, а также не приносила желаемой коммерческой выгоды.

Предварительно изолированные трубы изготовлены с использованием внешнего корпуса из труб из полиэтилена высокой плотности (ПЭВП) с заполнением пространства между двумя трубами пенополиуретаном. Так как эти трубы обычно используют для тепловой изоляции, то процесс укладки труб при таком решении не изменится. Также, стоимость труб такого типа очень высока, и поэтому нет смысла в дальнейших исследованиях. Этот способ был быстро отклонен.

В результате исследования был выбран один только пенополиуретан, который применяют либо в виде предварительно подготовленного продукта, либо в виде решения "распыления на месте". Рассмотренные предварительно изготовленные варианты представляли собой секции труб или опоры для труб, которые необходимо было устанавливать в то же время, когда осуществлялась прокладка трубы. Что касается предварительно вспененного полистирола, установка включает в себя много работы, должна быть очень точной и не делает процесс установки трубы более легким или более дешевым.

Пенополиуретан получают путем объединения полиольной смолы и полимерного MDI для создания быстросхватывающейся пены с плотностью, равной обычно от 30 до 70 кг/м<sup>3</sup>, в зависимости от использованного продукта. Пена может представлять собой пеноматериал с открытыми ячейками (гибкая) или с закрытыми ячейками (жесткая). Часто применяют добавки, чтобы улучшить свойства пены, в зависимости от требований, например огнезащитные средства или ускорители реакций.

Стало очевидно, что оптимальный, но не исключительно единственный выбор из доступных пеноматериалов, представляет собой жесткий пенополиуретан в приложениях "распыление на месте" или "наливание". Вследствие технического развития пенополиуретана в последние годы, теперь стало возможным с применением основанного на использовании воды "процессе вспенивания" производить такую пену на месте, которая



будет стабильной, быстрой в установке, долговечной, прочной, водонепроницаемой и не оказывающей негативного воздействия на окружающую среду. В то время как в прошлом в качестве вспенивающего вещества требовались ГФУ (гидрофтороуглероды), теперь доступны пеноматериалы, которые вспенивают с использованием воды, и поэтому они намного более экологически безопасные.

Вот два основных отличия между пенополиуретанами, вспенивание которых производят с использованием воды и ГФУ:

Коммерческое: В Норвегии обычно устанавливают высокие пошлины на импорт продуктов, имеющих высокий "потенциал глобального потепления" (GWP). ГФУ, применяемый обычно в коммерчески доступных пеноматериалах, имеет потенциал глобального потепления примерно в 1300 раз больше углекислого газа. Вычисления показывают, что имеется небольшая разница в цене, но изобретатель полагает, что применение ГФУ, вероятно, приведет к ненужным проблемам с движением в защиту окружающей среды в Норвегии, а также хотел бы не загрязнять окружающую среду настолько, насколько это возможно.

Техническое: Вспененный с использованием ГФУ пеноматериал обычно легче, застывает при более низких температурах и обладает более хорошими изоляционными свойствами. Например, вспененный с использованием ГФУ пеноматериал имеет эталонное значение плотности примерно  $30 \text{ кг/м}^3$ , в то время как вспененный с использованием воды материал существенно плотнее –  $45 \text{ кг/м}^3$ . Эта увеличенная плотность служит причиной того, что два приложения приблизительно равны по цене на норвежском рынке – пошлина на ГФУ компенсирована повышенным применением материалов, использующих вспененный водой пеноматериал.

Пенополиуретан устанавливают на месте с использованием распылителя, который можно заказать у многих производителей, таких, например, как Graco Ohio Inc.

Нанесение пены сравнительно простое: насос нагревает и создает давление в двух компонентах пеноматериала, подает их по параллельным шлангам к системе распылителя с регулируемым потоком и сопла.

Бытующее в настоящее время мнение заключается в том, что в нормальных условиях один распылитель будет работать с бригадой прокладки трубы, чтобы создать разделители траншеи, проложить трубу, а затем заполнить траншею пеноматериалом. Обучение бригад применению распылительного оборудования и обучение процедурам установки займет несколько недель. Пропускная способность типичного Graco HFR составляет  $\pm 20 \text{ кг}$  в минуту, что означает, что распылительный насос может создать приблизительно  $0,5 \text{ м}^3$  пены в минуту.

Преимущества пенополиуретана по сравнению с материалом засыпки по своей сути являются как техническими, так и коммерческими:

Более хорошая защита трубы. Пена оказывает намного более равномерное и предсказуемое усилие на поверхность трубы. Кроме того, адгезионные свойства пены означают, что отсутствует трение о поверхность стеклопластика, что со временем неизбежно ослабляет целостность трубы.

Более хорошая изоляция трубы. Пена обладает хорошо известной изолирующей способностью. Механика этого свойства должна быть очевидной читателю, но увеличенная изоляция является следствием относительной удельной теплоемкости гранита и молекул пенополиуретана в сочетании с захваченным газом  $\text{CO}_2$  в ячеистой структуре пенополиуретана.

Более хорошая геотехническая устойчивость. Так как труба приклеена и находится внутри большой однородной массы пены, она эффективно обездвижена. Это означает, что элементы трубы не могут сместиться в какой-либо плоскости: это очень важно при использовании незаанкеренных труб. Любое смещение элементов трубы друг относительно друга и систем стыковки приводит к негативному изменению свойств текучести (кавитация и неламинарное течение), так как внутренняя поверхность трубы становится неравномерной и менее плоской. С течением времени некоторые системы труб, в которых не используют ограничители/прокладки между концами труб, также деградируют: этого полностью избегают при использовании пены.

Околонулевое отклонение/овальность: касательно общей геотехнической устойчивости, применение пены означает, что усилия, оказываемые весом верхних слоев в целом каменистого материала засыпки более равномерно передают на поверхность траншеи, благодаря прочности пены на сжатие и на разрыв. Вкратце, применение пены в качестве материала засыпки сокращает число элементов в машине с фактически бесконечного (множество каменных частиц взаимодействующих более или менее непредсказуемо и в соответствии с изменяющимися условиями) до трех: траншея, пена (содержащая трубу) и материал засыпки, который равномерно воздействует на пеноматериал с точки зрения механики, благодаря единой поверхности контакта. Одна эта предсказуемость в наибольшей степени снижает риск неисправности в системе напорного трубопровода, благодаря применению пенополиуретана. Вычисления, выполненные с использованием доступных данных от Fluntsman, Covestro и Lapolla, дали следующие приблизительные результаты, когда пену распыляли вокруг труб из стеклопластика при  $10^\circ\text{C}$ , что является вероятной температурой в горной местности в Норвегии летом:

Диаметр трубы (мм)	кгс/м <sup>2</sup> (включая вес всего содержимого траншеи)	кПА (округленные до целых значений)	Допустимая нагрузка пены в кПА (ISO 844)	Коэффициент безопасности
500	1533	15	173	11,3
800	1751	17	173	9,9
1400	2208	22	173	7,84
3000	3462	34	173	5

В этой таблице приведено сравнение различных размеров труб с соответствующей нагрузкой на дно траншеи после установки, а также коэффициенты безопасности.

Нет необходимости в фракционированном материале засыпки: не требуется просеивания и фракционирования. Локально доступные массы можно разместить непосредственно на пеноматериал, обычно массы извлекают из траншеи.

В качестве коммерчески более привлекательных преимуществ: применение пены делает возможными более низкие затраты на инфраструктуру, так как нет необходимости совершенствовать дороги, чтобы можно было доставить сотни тонн фракционированного материала засыпки; существенно сокращается время на прокладку труб и проектные риски; более низкие затраты на рытье, так как технология подразумевает, что можно использовать траншеи с квадратным профилем (вследствие норвежских норм и правил); а также текущие вычисления показывают, что пена имеет приблизительно такую же стоимость при увеличенном объеме, что и фракционированный материал засыпки.

Предпочтительное решение заключается в том, чтобы установить трубу следующим образом: подушки из пеноматериала распыляют на дно траншеи, на которые укладывают кусок трубы. С помощью экскаватора трубу можно подтолкнуть к стыку трубопровода на конце ранее установленной части. Чтобы закрепить трубу на месте подушки расширяют до разделителей траншеи. Затем область между разделителями траншеи полностью заполняют пеной, начиная со дна траншеи, заполняя пространство до тех пор, пока труба не будет окружена по меньшей мере 20 сантиметровым слоем со всех сторон, либо до заданной производителем степени. Затем, можно установить следующую часть длины трубы, в то время как на предыдущую часть распыляют пену. Затем сверху пены можно поместить обратно обычный нефракционированный материал засыпки, завершая процесс установки.

В результате этого способа трубу, в основном, можно проложить без необходимости людям опускаться в траншею, что означает, что траншею можно выкопать с квадратным профилем, с углами 90 градусов, как показано на фиг. 4, где изображено поперечное сечение траншеи, в которой размещен канал на пенной подушке. На фиг. 3 и 6 показан рабочий, распыляющий пену, чтобы получить стенку из пены, образующую разделитель

траншеи в виде подпорной стенки, тем самым, предотвращая выкапывание большего количества материала, чем механически необходимо для размещения трубы и пены. Это дает огромную экономию трудозатрат и делает копание траншеи более простой операцией.

Сочетание использования пены в качестве материала засыпки и изменения процесса установки трубы дает огромную экономию с точки зрения трудозатрат, затрат на транспорт и материал.

На схеме на фиг. 2 показано изображение траншеи, выкопанной в соответствии с норвежскими правилами и нормами, с использованием пенополиуретана в качестве прослойки и нефракционированного материала засыпки сверху на нем. В ней опоры и/или стенки из пены, образующие разделители траншеи в виде подпорных стенок, могут присутствовать или отсутствовать в зависимости от конкретного варианта осуществления настоящего изобретения.

На основании тематических исследований изобретатели уверены, что реальная экономия будет близка к 50%. Для среднего проекта это даст сокращение затрат на строительство согласно вычислениям в соответствии с промышленным стандартом от 3,5 NOK/кВт до 3,0 NOK/кВт. Несомненно, что это достижение имеет очень сильное влияние на осуществимость SHP проектов в Норвегии или где-либо еще и их долгосрочную рентабельность, благодаря более низким финансовым затратам и более низкому долговому бремени при производстве станций.

Трубы, выполненные из высокопрочного чугуна, могут обладать более низкой ценой франко-завод, чем трубы из стеклопластика.

Однако, так как они тяжелее и их нельзя вложить друг в друга, то транспортные затраты существенно увеличиваются.

Другой недостаток заключается в том, что на месте перемещать трубы могут только машины, в то время как трубы из стеклопластика для большинства проектов являются достаточно легкими, чтобы их могли поднимать 2 или 3 человека в зависимости от диаметра трубы. Материал засыпки вокруг труб из высокопрочного чугуна должен состоять из фракционированного заполнителя; получение требуемого количества заполнителя, необходимого на месте, является и затратным, и трудоемким.

Если использование пены для покрытия труб из стеклопластика оправдывает себя, то мы также рассматриваем применение пеноматериала вокруг труб из высокопрочного чугуна там, где это предписывает NVE. Затраты в течение срока эксплуатации могут сделать трубы из стеклопластика дешевле, чем трубы из высокопрочного чугуна. Основная проблема, связанная с высокопрочным чугуном, – это коррозия, которую трудно обнаружить в рабочих условиях. Следует ожидать, что применение пеноматериала

существенно увеличит защиту от коррозии наружной поверхности.

На начальной стадии исследования возможностей более быстрой и более дешевой установки напорного трубопровода на ум пришла идея о том, что пену можно было бы использовать в качестве дешевой и легковесной альтернативы для материала засыпки. Пену уже применяют в качестве строительного материала, но обычно не использовали в качестве заполнителя. До сих пор главное ее применение заключалось в изоляции труб и зданий.

Существует множество различных типов пены, которые будут описаны в следующих разделах. Первым предложенным материалом был экструдированный полистирол, так как он широкодоступен, дешев и разрешен к применению в подземных сооружениях. Множество дорог и мостов установлено на фундаменте, выполненном из экструдированного полистирола. Дополнительные исследования показали, что пенополиуретан может быть более хорошей альтернативой экструдированному полистиролу, так как ее можно наносить на месте, но вследствие этого настоящее раскрытие никоим образом не следует интерпретировать как имеющее отношение исключительно к полиуретану. В качестве материала засыпки также можно использовать другие изоляционные материалы, которые могут представлять собой даже материалы, которые только появятся в будущем относительно настоящего раскрытия.

Предварительно изолированные трубы уже доступны. Вокруг трубы из стеклопластика имеется слой пенополиуретана, содержащийся внутри внешнего корпуса из ПВХ. Изолированные соединения применяют для непрерывной изоляции. Доступной альтернативой является пенополиуретан, нанесенный путем распыления на трубу после изготовления, но такой тип труб не пригоден для подземного прокладки.

Предварительно изолированные трубы спроектированы только для тепловой изоляции, что означает, что слой пеноматериала является довольно тонким, в то время как его плотность сравнительно высокая. Изобретатель ищет по возможности более объемное решение. Также, процесс установки предварительно изолированных труб такой же, что и для обычных труб. Это означает, что установка все еще трудоемкая, и что материал засыпки должен соответствовать высокому, определенному стандарту с точки зрения контакта материала засыпки с наружной поверхностью таких труб.

Ранние исследования показали, что предварительно изолированные трубы не предполагались экономически выгодным решением. Слишком высокой является не только цена франко-завод, но транспортные расходы также намного выше, потому что трубы также нельзя вставить друг в друга.

Экструдированный полистирол представляет собой полимер с закрытыми ячейками, обладающий плотностью в диапазоне около 28-45 кг/м<sup>3</sup>. Его обычно применяют в качестве

изоляционного материала в строительных проектах, в виде готового материала заданной формы и различной шириной, и его можно разрезать после изготовления. Экструдированный полистирол не является биологически разлагаемым и стабильным при использовании в окружающей среде.

Во время процесса производства добавляют вспенивающий агент, который обычно является гидрофтороуглеродом (ГФУ-134а), обладающий очень высоким потенциалом глобального потепления. Современные изготовители теперь производят экструдированный полистирол без использования гидрофтороуглерода, делая его экологически более безопасным.

Экструдированный полистирол, тем не менее, нельзя произвести на месте, и он не является идеальным для транспортировки из-за его большого объема, хотя вес при транспортировке не является проблемой. Его обычно применяют под землей с материалом засыпки для приложений, связанных с изоляцией водяных и канализационных труб. Текущее применение и приложение отличается от способа, изначально исследованного изобретателем. В текущих сооружениях полистирол не наносят непосредственно на трубу. Другие устанавливали его в виде муфты вокруг труб, а между трубами и пеной – материал засыпки. Слой XPS (экструдированного полистирола) используют на всех четырех сторонах трубы, создавая подземный короб, в котором содержатся трубы. Несколько производителей предоставляют готовые решения для изоляции такого типа.

Изобретатель исследовал применение в качестве заполнителя, защиты и изоляции пены "Jaskofoam" вокруг труб из стеклопластика. Пена Jaskofoam – продукт, производимый Jaskop. Рассмотренное решение заключалось в том, чтобы создать щели в плите толщиной 50 мм пены Jaskofoam 200, так чтобы плита стала гибкой, и установить ее вокруг трубы. Тем не менее, стоимость этого рассмотренного решения от Jaskop составила 45000 NOK для 750 м<sup>2</sup> пены Jaskofoam 200-50 мм. Показатель 200 указывает прочность на сжатие, равную 200 кН/м<sup>2</sup> в краткосрочном плане, и она обладает прочностью на сжатие, равной 90 кН/м<sup>2</sup> в долгосрочном плане.

Общее количество пены Jaskofoam, необходимой для одного слоя, толщиной 50 мм, составляет  $(0,25 + 0,05) \times \pi \times 262 \text{ м} = 0,94 \times 262 = 247 \text{ м}^2$ , не учитывая соединения. Это значительно ниже значения 750 м<sup>2</sup>, которое было указано изобретателю, но также тоньше, чем желаемое решение.

Тем не менее, практическое приложение пены Jaskofoam может оказаться чрезмерно сложным. На практике большие блоки необходимо будет разрезать до нужного размера, прорези необходимо будет разрезать, чтобы можно было расположить пену вокруг трубы, и пену необходимо приклеить к трубе. Другая проблема заключается в том, что диаметр

вокруг соединений больше, и отдельные части необходимо вырезать для соединений. Дополнительная работа делает это решение очень дорогим. Также этот пеноматериал не дает каких-либо преимуществ с точки зрения стабилизации подушки траншеи. Это означает, что все еще требуется тщательная установка материала засыпки с надлежащим дренажом, чтобы предотвратить вымывание и смещение материала засыпки. Другая проблема заключалась в том, что неизвестно, как долго будет держаться клей после подземной установки. Было обосновано, что имеет место риск поломки, если труба не прикреплена к пене и может перемещаться внутри нее.

После рассмотрения по нескольким причинам стало очевидно, что это решение скорее всего не даст оптимального решения, которое, тем не менее, не следует исключать из настоящего изобретения, даже эта концепция не была признана коммерчески и технически жизнеспособным вариантом на тот момент (до даты настоящего раскрытия) из-за сложностей получения разрезанных по размеру частей, дополнительных трудозатрат и необеспеченной поддержки трубы пеной.

Предварительно вспененный полиуретан делают различных форм и с различной плотностью. Его применяют во многих приложениях от упаковки еды до строительного материала. Предварительно вспененный полиуретан наливают в формы в непрерывном производственном процессе, либо его могут наливать между прокладками на конвейерной системе, чтобы формировать непрерывные блоки.

Полиуретан получают путем объединения двух компонентов: изоцианат (компонента "А") объединяют с полиолом (компонент "В"), чтобы получить сложную ячеистую структуру. Для получения необходимого материала могут быть добавлены катализаторы и добавки, например пламягасящие добавки. Существует много различных видов изоцианатов и полиолов, дающих большой спектр полиуретанов, все с различными свойствами. Производители держат рецепты своих конкретных типов пены в строжайшем секрете, но они способны разработать формулу пены, удовлетворяющей всем требованиям.

Существует два основных типа полиуретанов: с открытыми ячейками и с закрытыми ячейками. Полиуретан с открытыми ячейками очень гибкий, и его применяют для изоляции, упаковки пищи, матрасов, мебели, подушек и т.д. Этот материал пригоден, в основном, для применения в помещениях. Полиуретан с закрытыми ячейками является жестким и имеет более 95% закрытых ячеек. Это делает его водонепроницаемым, плотным, долговечным и пригодным для использования вне помещений. При увеличенной плотности его прочность на сжатие увеличивается, и он становится менее гибким.

Так как полиуретан обладает свойством отлично связываться с большим числом пластиков и металлов, его часто применяют в качестве изоляционного слоя между слоями

других материалов. В качестве материалов прокладки часто используют ПВХ и другие пластики, алюминий, стекловолокно и камень.

Предварительно изолированные трубы также попадают в эту категорию, и они обсуждались в предыдущем разделе.

Можно получить такие продукты, как предварительно изолированные секции с предварительно заданной формой, задающие ограничивающий слой, или секции опор трубы с предварительно заданной формой, задающие опоры для канала. Эти секции изоляции доступны как с оболочкой, так и без нее. Доступные материалы оболочки следующие: ПВХ или другие пластики, алюминий или алюминиевая лента.

Установить пену таким способом не просто. Для секций опор труб подушка должна быть совершенно плоской и выровненной, чтобы обеспечить равномерную поддержку трубы по всей ее длине. Сами секции изоляции трубы в меньшей степени подвержены этой проблеме. Расположить пену вокруг трубы само по себе не сложно; проблема в области стыка между участками канала. Труба вокруг стыков толще, и пена вокруг стыков будет тоньше, чтобы получить одинаковый диаметр внешнего покрытия, либо, если используют одинаковую толщину пены, то подушку необходимо подогнать, чтобы вместить эти утолщения.

Так как эти продукты предназначались только для изоляции, а не для прочности, то применяют пену низкой плотности. Это означает, что покрытие должно быть достаточно прочным, чтобы можно было применять продукт под землей. Цена покрытия делает это решение не эффективным с точки зрения затрат. Другой недостаток заключается в том, что сама по себе пена не стабилизирует землю. Если труба приклеена к пене, это даст некоторую дополнительную защиту от смещения, но если вокруг трубы расположено покрытие без клея, то, вероятно, труба будет смещаться внутри своего рукава, создавая такой же риск, какой был описан касательно экструдированного полистирола.

Однако уникальные свойства полиуретановой пены позволяют создать пену на месте, где пена отлично будет расположена и заполнит уже имеющиеся структуры, например, вокруг трубы в траншее.

Имеется много преимуществ применения полиуретана на месте. Существует два способа нанесения: наливание и распыление. Преимущество наливания заключается в том, что это быстрее, и что риск оставить пустоты меньше. Распыление является более точным и создает меньшее давление при расширении. Для распыления агрегат высокого давления берет, например, равные количества компонентов "А" и "В" и смешивает их в сопле. Вспенивание начинается непосредственно после нанесения пены. Можно нанести несколько слоев, создавая требуемую толщину. При использовании этой технологии



возможно даже полное заполнение пеной. Тем не менее, выкопанный из траншеи материал предпочтительно снова используют по меньшей мере для частичного заполнения траншеи.

Имеется много других преимуществ нанесения на месте. Например, такое нанесение обеспечивает более простую транспортировку (сырье поступает в ведрах или бочках). Пена поможет стабилизировать дно траншеи, потому что она свяжется с осадочными породами и удержит их на месте. Также пена легко свяжется с самой трубой из стеклопластика, создавая наибольшую возможную стабилизирующую площадь. Пена найдет путь в зазоры, стыки не станут проблемой, и пену при желании можно наносить неравномерно (например, если на одном участке было доступно только немного материала засыпки, то можно нанести больше пены).

Труба хорошо защищена пеной несколькими способами. Напряжения, действующие на пену, создаваемые весом материала засыпки, будут передаваться на стороны пены, минимизируя сжатие трубы. Однако распределения напряжений в пене и вокруг пены с трубой, расположенной посреди нее, в настоящее время полностью неизвестны и могут быть предметом исследования.

В существующем на данный момент способе вес материала засыпки может привести к оваллизации трубы, которая, вероятно, будет усугубляться при использовании труб из стеклопластика. Такие деформации приводят к увеличению нелинейного потока внутри трубы, увеличивая энергетические потери и сокращая эффективность. Напряжения, которые должны быть поглощены стенкой трубы, также приводят к износу самой трубы и негативно влияют на ожидаемый срок ее службы. Все эти проблемы преодолевают при использовании пены вокруг трубы.

В последние годы, как известно, многие неисправности напорного трубопровода возникали из-за неправильной установки напорного трубопровода. На практике часто напорный трубопровод располагают некорректно, пытаются ускорить установку напорного трубопровода и снизить затраты. В результате, труба из высокопрочного чугуна поддерживается неравномерно. Когда через несколько лет грунт, окружающий напорный трубопровод, еще немного вымывается, например, из-за неправильного дренажа, то напорный трубопровод полностью теряет опору на большой площади, что, в конечном счете, приводит к неисправности трубы. Этого полностью избегают при заделывании трубы в пену.

Гибкость пены допускает тепловое расширение и сжатие трубы. Острые выступы и острые углы в материале засыпки не смогут повредить трубу внутри пены. Труба полностью защищена. Также, созданная тепловая изоляция будет препятствовать замерзанию воды внутри трубы и защитит трубу от разрывов в условиях оттаивания.

Наиболее важно, что вода внутри трубы всегда будет замерзать позднее, чем источник воды.

Технология подземного использования жесткого пенополиуретана может потребовать дополнительных исследований. Потенциальные экологические риски в долгосрочной перспективе должны быть лучше оценены и документированы, отчасти потому, что материал был разработан сравнительно недавно, а отчасти потому, что каждый тип пенополиуретана обладает разными свойствами. Тем не менее, проводимые в течение 30 лет исследования пенополиуретана, применяемого в качестве изоляционного материала, показали, что он не потерял каких-либо своих начальных свойств. Прочность пены в долгосрочной перспективе снижается лишь на 5% по сравнению с новой пеной. Это минимальный показатель по сравнению, например, с экструдированным полистиролом, который теряет 55% своей начальной прочности на сжатие.

Имеется несколько проблем, связанных с влиянием пенополиуретана на окружающую среду. Обычно пеноматериалы получали с использованием ГФУ в качестве вспенивающего агента. Озоноразрушающие ГФУ были запрещены и заменены озоноразрушающими ГФУ. Чаще всего применяют ГФУ-254fa в качестве вспенивающего агента, но это представляет большую проблему, так как он обладает потенциалом глобального потепления примерно в 1300 раз больше, чем  $\text{CO}_2$ , и имеет период полураспада 7,2 года. В последнее время были разработаны пенополиуретаны, вспениваемые водой, которые, очевидно, совсем не содержат ГФУ. Пеноматериалы, вспениваемые с использованием воды, являются немного более плотными, от 40 до 45  $\text{кг/м}^3$ , в то время как пеноматериалы, вспениваемые с использованием ГФУ, имеют плотность около 30  $\text{кг/м}^3$ . Также, пеноматериалы, вспениваемые с использованием ГФУ, обладают более хорошими изолирующими свойствами, и температура не растет в пеноматериалах, вспениваемых с использованием ГФУ, так сильно, как во вспениваемых с использованием водой.

Многие правительства в мире установили очень высокие пошлины на ГФУ, чтобы препятствовать их использованию, когда уровень пошлины связан с потенциалом глобального потепления (GWP), кратно по сравнению с GWP  $\text{CO}_2$ . В результате, имеется небольшая разница в цене между пеноматериалами, вспениваемыми ГФУ и водой. Следовательно, обычно следует выбирать пеноматериалы, вспениваемые водой, в основном, по двум причинам: более плотные пеноматериалы могут выдерживать более высокие сжимающие усилия (хотя в большинстве установок это не имеет значения), и общее решение лучше подходит для достижения цели обеспечения экологически безопасного производства.

Пенополиуретан применяют в отдельных или объединенных вариантах осуществления настоящего изобретения в качестве разделителей траншеи для стабилизации грунта и/или в качестве прослойки, поддерживающей трубу в корректном положении, и/или в качестве материала засыпки. Слой пены распыляют на дно траншеи до нужной высоты для установки трубы. Затем трубу кладут сверху на опору (она застывает в течение секунд) и добавляют пену, чтобы стабилизировать трубу в корректном положении. После того, как труба была уложена таким способом, между опорами можно разместить материал засыпки. Материал засыпки также может состоять из пены или даже из "обычного" заполнителя. Предполагается, что предпочтительнее использовать пеноматериал в качестве опоры для труб, разделителя траншеи и материала засыпки. Всю траншею заполняют пеной в этом способе до высоты примерно на 20 см выше трубы.

Могут быть распылены разделители траншеи. Распылить пену до корректной высоты занимает минуты. Для заполнения траншеи пеной выход можно увеличить до объема 20 кг/мин или меньше или больше, в зависимости от используемой распылительной установки. Указанного объема можно достичь с использованием вышеупомянутой распылительной установки от Graco. Альтернатива, которая также кажется подходящей, заключается в том, чтобы залить пену, применяемую в качестве материала засыпки, на дно траншеи, что делает установку быстрее, чем при распылении.

Так как имеется так много различных типов пеноматериалов, и так как трудно сравнивать продукты от различных производителей, мы приведем список минимальных требований к пеноматериалу. Он выглядит следующим образом: плотность от 30 до 45 кг/м<sup>3</sup>, прочность на сжатие при 10% деформации - минимум 170 кПа/м<sup>2</sup>, закрытые ячейки % > 90, водопоглощение < 5%, без ГФУ. Пеноматериал, удовлетворяющий эти требованиям, превосходит технические, механические требования, если канал имеет небольшой диаметр трубы, например 500 мм или меньше. Для других установок эта плотность необходима для поддержания веса трубы, заполненной водой, и материала засыпки сверху, например для трубопровода диаметром 1400 мм. Больше информации приведено в таблице

Диаметр трубы (мм)	кгс/м <sup>2</sup> (включая вес всего содержимого траншеи)	кПА (округленные до целых значений)	Допустимая нагрузка пены в кПА (ISO 844)	Коэффициент безопасности
500	1533	15	173	11,3
800	1751	17	173	9,9
1400	2208	22	173	7,84
3000	3462	34	173	5

В этой таблице приведено сравнение различных размеров труб с соответствующей нагрузкой на дно траншеи после установки, а также коэффициенты безопасности.

Риски для здоровья при использовании жесткого пенополиуретана, хорошо документированы, и основная проблема заключается в развитии астмы, фиброза легких и аллергических реакций на МДА у работников от вдыхания. Ожидается, что это можно предотвратить или преодолеть посредством осторожной установки и надевания соответствующих средств защиты во время установки. После застывания пены, она не выделяет частицы. В пенах, вспениваемых с использованием воды, ячейки содержат  $\text{CO}_2$ , поэтому выброс газа из ячеек не является опасным. Также, так как пена будет покрыта материалом засыпки, то отсутствует поверхность контакта с атмосферой, и поэтому этот риск незначителен.

Риски для здоровья, связанные с ГФУ-24af, вспенивающим агентом, применяемым в некоторых продуктах, также были изучены, и он, фактически, не является токсичным. Риск развития раковых заболеваний и тератогенность (в основном, возможность вызывать врожденные дефекты и т.п.) также очень низки. Он почти не разлагается биологически и имеет период полураспада 7,2 года. Маловероятно, это вещество нарушит водную среду, благодаря тому, что имеет высокую температуру кипения и низкую токсичность. Тем не менее, потенциал глобального потепления ГФУ-24fa очень высокий, и с точки зрения экологически чистого производства продукт, не содержащий ГФУ-24fa, был бы предпочтительным.

Благодаря присущей ему инертности, жесткий пенополиуретан можно использовать в областях питьевой воды. Существуют различные национальные стандарты, касающиеся безопасности областей питьевой воды, и большинство производителей следуют своим национальным стандартам. В этих стандартах имеется много сходств, что позволяет сравнительно просто обосновать соответствие в различных странах.

Также были исследованы другие типы изоляционного материала. Например, исследовались стекловата (ProRox и Rocktight) и пенорезина (Kaiflex с Kaiflex protect). Цены на эти материалы сравнительно высоки, и стало очевидно, что эти материалы можно применять в подземных сооружениях только с наружным покрытием. Суммарные цены изоляционных материалов и покрытий выходят за пределы диапазона рентабельных цен. Несмотря на эти соображения, рассматриваемый пеноматериал может представлять собой любой изоляционный материал в качестве альтернативы пенополиуретану.

В идеальном решении нет необходимости доставлять большие количества материала засыпки. В траншею после установки трубы будет положено обратно столько грунта, сколько возможно. Остальное пространства будет заполнено пеной. Возможная

проблема, которая может возникнуть, заключается в том, что имеется много материала, который нельзя использовать для заполнения траншеи. Этот материал, в общем, будет использован сверху траншеи, образуя кучу. Если остается еще больше материала, то он может быть распределен вокруг, устраняя необходимость в транспортировке его от места строительства с большими затратами.

Производители труб установили стандарты для подушки и засыпки. Так как трубы будут покрыты пеноматериалом и, поэтому, будут защищены от непосредственного воздействия на них, то качества материала засыпки не будет играть существенной роли.

Для некоторых установок может быть необходима анкеровка, а может быть не нужна, в зависимости от стабильности земли, и труба не будет проложена на крутых участках. NVE требует, чтобы коэффициент безопасности составлял по меньшей мере 1,1, и это требование очень легко выполнить, даже при слое пеноматериала вокруг трубы, имеющем толщину 30 см. В местах, где труба из стеклопластика стыкуется с трубой из высокопрочного чугуна, будут бетонные анкерные блоки, а анкеровка на крутых частях канала будет состоять из бетонных блоков.

Для других установок должна быть необходимость в анкеровке, и для каждого проекта необходимо найти индивидуальную форму анкеровки. Анкеровку можно выполнить с использованием (армированных) бетонных или каменных анкерных болтов. Бетонные анкера дешевы, но их долго устанавливать. Анкерные болты представляют собой либо анкера с распорной головкой, которые обладают немедленной способностью выдерживать нагрузку, либо цементируемые анкерные болты, заливаемые либо смолой, либо бетоном. Цементируемые анкера дольше устанавливать, но они обладают большей способностью выдерживать нагрузку. Сложность анкерения заключается в том, что требования на установку и даже на каждый анкерный болт отличаются, так что нет готового решения, которое подойдет для каждого случая.

Текущие обоснования заключаются в том, что пеноматериал обеспечит такой сильный захват и устойчивость, то анкеровка может вообще больше не потребоваться, даже на крутых спусках. Ожидается, что правильно выбранные пеноматериалы, задающие только разделители траншеи в виде подпорных стенок, уже способны стабилизировать трубу при значительном наклоне канала, так что от них ожидают сравнимые и даже более хорошие результаты в сооружениях, в которых всю траншею заполняют пеной.

Использование распыления пенополиуретана представляет собой еще одно дополнительное преимущество: персоналу нет необходимости опускаться в траншею во время процесса установки напорного трубопровода. В Норвегии и в других странах нормы и правила для использования выкопанных траншей, известные в Норвегии как

"GrØfteforskriften", устанавливая, что если людям приходится спускаться в траншею, а вертикальная глубина траншеи больше 2 метров, то стенки траншеи следует выкапывать под углом 45 градусов, как показано, например, на фиг. 2. Если траншею закрывают в течение 24 часов, и грунт стабилен, то допускается угол 53 градуса. Это означает большое количество дополнительного выкапывания. Это дополнительное выкапывание означает дополнительное влияние на окружающую среду двумя способами: во-первых, необходимо использовать дополнительное топливо и больше взрывчатых веществ, чтобы выкопать дополнительный материал, а во-вторых, намного сильнее воздействие на ландшафт и нарушение земляного покрова. Это означает, что по соображениям безопасности надо выкопать намного больше материала, чем необходимо для корректной установки трубы. Если рабочие не спускаются в траншею, как в случае наливания и распыления пены из места возле траншеи, то траншею можно копать со стенками, проходящими под углом 90 градусов. Это дает огромную экономию трудозатрат и упрощает копание траншеи.

С помощью большого экскаватора траншею можно выкопать до нужной глубины, не заботясь об угле расположения стенок траншеи. Затем распылитель сбоку от траншеи может распылить подушку из пены, которая будет служить в качестве опоры для трубы. Затем в траншею опускают следующий участок трубы. Экскаватор можно использовать для того, чтобы подтолкнуть трубу в муфту. Затем распылители могут заполнить пространство под трубой, возле трубы и, наконец, заполнить траншею на 20 см выше трубы. Затем можно установить следующую часть длины трубы, в то время как на предыдущую часть распыляют пену. Все это можно выполнить, когда рабочий стоит на краю траншеи.

Следовательно, как только траншею выкопали на достаточную глубину, распылитель может начать установку разделителя траншеи, механически стабилизируя систему. Время, необходимое для выкапывания траншеи с вертикальными стенками, будет намного меньше по сравнению с обычным процессом копания. Также можно выбрать ширину ковша экскаватора, так чтобы создать траншею нужной ширины с минимальными усилиями. Это экономит время на измерение и предотвращает лишнее копание.

Предполагается, что новая технология потребует специального обучения для специализированных бригад, строящих напорный трубопровод, чтобы совместная работа была очень эффективной. Консервативные оценки показывают, что с такой новой технологией будет возможно проложить 100 метров напорного трубопровода в день бригадой из четырех рабочих. При использовании имеющейся в настоящее время процедуры можно проложить 12-18 метров трубы за рабочий день при такой же численности бригады. Даже можно рассмотреть возможность использования двух распылительных машин для одной установки для более быстрого возведения. В частности,

для больших строек может быть необходимо использовать две распылительные машины, чтобы не отставать от прокладки трубы.

В общем, этот способ установки поможет сэкономить много времени, создаст безопасное рабочее окружение и сохранит трудовые затраты низкими. Он снизит выбросы  $\text{CO}_2$ , потому что необходимо меньше копать и потому что не требуется транспорт на транспортировку тяжелого материала засыпки. Подъездные дороги не должны соответствовать весам заполнителя, доставляемого на место, а также воздействие на ландшафт и нарушение земляного покрова остаются минимальными. Время, необходимое для установки, будет существенно сокращено, также как и шумовое загрязнение. Все эти факторы, объединенные вместе, делают это решение огромным шагом вперед в деле прокладки напорных трубопроводов.

Национальные органы власти, в общем, очень строги касательно влияния на окружающую среду. Это создает задачу, заключающуюся в том, чтобы обосновать, что подземное применение полиуретана безопасно и не вредит окружающей среде. Как было изложено выше, это было проблемой, когда в качестве вспенивающего агента еще использовали ГФУ.

В настоящее время, при наличии вспениваемого водой пеноматериала воздействие на окружающую среду стало очень низким и, определенно, ниже, чем при традиционном способе прокладки труб. Более того, пониженный риск неисправности напорного трубопровода, полученный в результате представленной новой технологии строительства, также служит для защиты окружающей среды на более поздних стадиях.

Ниже будет приведено описание примеров и/или предпочтительных вариантов осуществления настоящего изобретения, которые ни в коем случае не следует интерпретировать как какие-либо ограничение объема защиты настоящего изобретения, заданного в прилагаемой формуле изобретения и которые дополнительно пояснены со ссылкой на чертежи, на которых одинаковые или аналогичные элементы, компоненты и/или функциональные узлы могут быть обозначены одними и теми же ссылочными позициями даже для отдельных вариантов осуществления.

На фиг. 1 показан вид в перспективе гидроэлектростанции в соответствии с настоящим изобретением;

на фиг. 2 – вид в поперечном сечении трубы гидроэлектростанции, показанной на фиг. 1;

на фиг. 3 – вид в перспективе конструкции во время установки, показанной на фиг. 2;

на фиг. 4 – вид в поперечном сечении трубы гидроэлектростанции в траншее с прямоугольным сечением;

на фиг. 5 – вид в поперечном сечении гидроэлектростанции в соответствии с еще одним вариантом осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 6 – вид в перспективе конструкции во время установки, показанной на фиг. 5;  
и

на фиг. 7 – подробный вид внутренней стенки трубы гидроэлектростанции в соответствии с настоящим изобретением, показывающий внутренние выемки.

В варианте осуществления изобретения, показанном на фиг. 1, гидроэлектростанция 1 содержит источник 2 воды, канал 3 и сочетание турбины 4 и генератора 5. Генератор 5 соединен с электрической сетью 6 для передачи выработанной электроэнергии в электрическую сеть 6. Воду сливают через выпуск 7 после прохождения через турбину 4. Канал 3 охватывает перепад высоты между источником 2 воды и турбиной 4. Следовательно, вода может проходить через турбину 4 с увеличенной скоростью, благодаря гравитации.

Канал 3 закопан. Потенциальные схемы зарывания канала 3 показаны на фиг. 2 и 4. Варианты осуществления изобретения, показанные на фиг. 2 и 4, схожи тем, что траншея 8 или траншея 9 выкопана до того, как в ней расположили канал 3. Траншея 8 имеет наклонные боковые стенки 10, в то время как у траншеи 9 на фиг. 4 практически вертикальные боковые стенки 11. Схема в соответствии с фиг. 4 может применяться, если персоналу нет необходимости спускаться в траншею 9. Другое сходство между схемами, показанными на фиг. 2 и 4, заключается в том, что канал 3 находится в изолирующем материале, в частности в пеноматериале 12.

Пеноматериал 12 представляет собой пеноматериал, например, из группы, в состав которой входят: пенополиуретан с открытыми ячейками; пенополиуретан с закрытыми ячейками; пенополиуретаны, вспениваемые с использованием воды; и пенополиуретаны, вспениваемые с использованием ГФУ.

Пеноматериал 12 наносят вокруг канала 3 от дна траншеи 8, 9 до уровня на некотором расстоянии над каналом 3. Пеноматериал 12 можно нанести так, чтобы полностью заполнить траншею 8, 9. Поверх пеноматериала 12 расположен разделительный элемент 13, например, в виде геотекстиля. Как следствие свойств пеноматериала 12, особенно в отношении проницаемости для жидкости, в частности, если пеноматериал представляет собой пеноматериал с закрытыми ячейками, поверх или выше разделительного элемента 13 располагают дренажную трубу 15. В известных схемах такую дренажную трубу 15 необходимо было укладывать на дно траншеи 8. Материал 14 засыпки, например землю, камни, грязь, песок и т.п., извлеченный из траншеи 8, 9, располагают поверх разделительного элемента 13, чтобы закрыть дренажную трубу 15.



В дополнение к изображению, показанному на фиг. 2, схема в соответствии с фиг. 4 представляет собой пример использования пеноматериала для обеспечения по меньшей мере одной опоры в виде, например, подушки 16. Такие подушки 16 могут быть расположены на дне траншеи 8, 9 перед укладкой канала 3 в траншею 8, 9, путем поддерживания канала 3 или участка канала в желаемом положении и распыления или наливания некоторого количества пеноматериала под канал 3.

Кроме того, в варианте осуществления изобретения, показанном на фиг. 3 и 4, траншея содержит разделители 17 траншеи в виде подпорной стенки, которые разделяют траншею на сегменты, причем разделители траншеи содержат стенку из пеноматериала, окружающую канал, с интервалами. Очевидно, что такие разделители 17 траншеи могут быть сформированы предварительно, но их предпочтительно выполняют на месте, как показано на фиг. 3. Как показано на данной фигуре, рабочий занят распылением или наливанием пеноматериала в траншею, чтобы окружить канал 3, лежащий на подушках 16, в одном из разделителей 17 траншеи. Подушки 16 могут пригодиться для того, чтобы обеспечить опору для канала 3 в желаемой ориентации, но они могут отсутствовать, если предусмотрено другое средство, поддерживающее желаемую ориентацию канала 3. Разделители 17 траншеи могут отсутствовать, но они помогают достичь сегментации траншеи, удержанию канала 3 на месте, соответствующем требуемой ориентации, и затем заполнению сегментов траншеи между разделителями 17 траншеи в виде подпорной стенки. Разделители 17 траншеи также можно использовать в схеме в соответствии с фиг. 4, даже не смотря на то, что на фиг. 4 разделители 17 траншеи не обозначены какой-либо ссылочной позицией.

Канал 3 состоит из пластиковых труб или секций 19 канала, имеющих длину, например 6 метров и т.п. Секции 19 канала могут быть соединены друг с другом в местах стыка, которые потенциально могут быть выполнены в виде муфты 18, наружной оболочки из фибролита и т.п.

Пластик канала 3 может содержать по меньшей мере один материал из группы, содержащей полиэфирный стеклопластик (GRP) и полиэтилен высокой плотности (ПЭВП). Объем прилагаемой формулы изобретения также охватывает другие подходящие материалы, даже материалы, которые только будут разработаны в будущем.

На фиг. 5 показан частный аспект и вариант выполнения гидроэлектростанции 22, в которой канал 3 разделен на секции 23, 24 и 25. Каждая секция может содержать несколько труб 19. Секции 23, 24 соединены посредством промежуточной генераторной установки 26. Генераторная установка 27 сопоставима с одной станцией, образованной турбиной 4 и генератором 5 в варианте осуществления изобретения, показанном на фиг. 1. Путем

разделения длины всего канала 3 на секции давление воды в секциях канала снижается, в то время как, неожиданно, общую эффективность можно сохранить или по меньшей мере приблизительно сохранить равной общей эффективности в случае одного канала 3 без промежуточной генераторной установки 26. Кроме того, если одна из секций внезапно прорвется, оставшиеся части сооружения останутся работоспособными.

Сочетание турбины/генератора можно реализовать так, что оно будет намного меньше и легче, чем в предыдущих станциях SHP, использующих основанные на давлении принципы и тяжелые устойчивые к давлению каналы из высокопрочного чугуна. В дополнение к тому, что турбины расположены "в ряд", как на фиг. 5, лопасти турбин могут иметь изменяемый наклон, обеспечивающий как управление потоком воды через систему, так и изменение получаемой энергии. Помимо ожидаемых более низких издержек для таких турбин, это также означает большее изменение "пригодных" расходов воды, и, таким образом, возможность использовать больше доступной воды. В результате это даст значительно более высокую выработку энергии в течение года, зависящего от погоды цикла осадков, когда предшествующее конструкторское решение обычно должно было вырабатывать энергию в зависимости от среднего потока воды. Это прямой результат способности регулировать скорость вместо давления.

Эффект представленного примера осуществления изобретения заключается в том, что он позволяет упростить установку и замену оборудования. Например, система с 1000 м напорным трубопроводом с напором 100 м, использующая напорный трубопровод с начальным диаметром 500 мм, обычно требует одной большой турбины/генератора со значительными инженерными сооружениями на конце напорного трубопровода. Установка будет весить много сотен килограммов и требовать "станционную постройку" объемом по меньшей мере  $75 \text{ м}^3$  с соответствующими сравнительно сложными инженерными конструкциями, такими как впускной клапан и корпус, чтобы выдерживать давление системы. Предложенная новая система имеет конечный диаметр, равный приблизительно 130 мм, и агрегат турбина/генератор будет менее  $1 \text{ м}^3$ , "быстросменным" и заменяемым. Установка напорного трубопровода, имеющего меньший диаметр, существенно дешевле, особенно в связи с применением вышеописанной технологии с пеноматериалом в качестве материала засыпки.

На фиг. 6 показан частный аспект и вариант выполнения гидроэлектростанции, имеющей канал 3 с сужающимися или коническими секциями 28 канала. Эти сужающиеся секции канала можно вкладывать друг в друга при транспортировке. Верхний по потоку конец секций 28 канала 3 имеет больший диаметр  $d_1$ , в то время как нижний по потоку конец секций 28 канала 3 имеет меньший диаметр  $d_2$ . В остальном изображение на фиг. 6

по сути такое же, что и на фиг. 3.

Стрелка VII явно показывает, что секции 28 канала содержат внутренние выемки 20, которые будут более подробно описаны ниже в отношении фиг. 7, но, в качестве альтернативы или в дополнение, они могут быть реализованы в любом другом аспекте или варианте осуществления настоящего изобретения. Тем не менее, отметим здесь, что выемки или любые другие альтернативные выступы и/или углубления, усиливающие ламинарный поток, позволяют ускорить поток воды через канал 3, чтобы допустить вышеописанную сегментацию канала 3 по меньшей мере с помощью одной промежуточной генераторной установки 26, и гарантируют, что установками 26, 27 генерируется достаточно энергии, чтобы была возможность генерации энергии по меньшей мере с той же эффективностью, что и при реализации одного канала без сегментации. Конические секции 28 трубы обеспечивают ускорение воды, протекающей через них. Так как секции трубы уменьшаются в диаметре в направлении потока воды через канал 3 и скорость увеличивается, то ожидается, что, вероятно, наступит момент, когда система достигнет регулируемой гидродинамической точки, когда возникает хаотический или неламинарный поток, либо скорость становится такой, что турбина такого диаметра не может эффективно извлечь энергию. До некоторой степени этому можно противодействовать, например, с помощью способствующих ламинарному течению признаков, таких как внутренние выступы и/или выемки, как описано ниже, но ожидается, что такой эффект хаотического неламинарного потока более вероятно возникнет, в конечном счете, на турбинах, так как канал длиннее. Это соображение непосредственно коррелирует с необходимостью ограничить – в варианте осуществления изобретения, показанном на фиг. 5 – длины секций 23, 24 канала. Эти секции 23, 24 канала ведут соответственно к промежуточной генераторной установке 26 или генераторной установке 27 на конце канала 3. Как следствие, длины секций 23, 24 каналов необходимо делать короче, чем расстояние, на котором начинает возникать хаотичный или неламинарный поток.

Более подробно о фиг. 7: на этой фиг. 7 показан отдельный аспект и вариант осуществления изобретения, в котором канал 3 содержит направленные внутрь выступы, ограничивающие выемки 20, выполненные на внутренней поверхности 21 пластика канала 3. Как вариант, может быть установлен канал из высокопрочного чугуна с внутренней оболочкой или покрытием, содержащим такие выемки. Выемки по форме, но не обязательно по размеру, соответствуют выемкам на внешней поверхности мяча для гольфа, и было установлено, что они существенно улучшают ламинарность потока воды через канал 3, тем самым сокращая турбулентность или даже возникновение гидроудара. Это способствует долговечности канала 3, в частности, в отношении ожидаемого срока

службы канала из высокопрочного чугуна.

Имеет место значительный рост эффективности, благодаря более низким энергетическим потерям в результате меньших изменений энергетического состояния и сниженного торможения основной массы воды в напорном трубопроводе вследствие повышенной ламинарности потока, вызванной выемками на внутренней поверхности трубы.

Кроме того, ожидается, что выемки будет легче реализовать в пластиковом канале 3, но также можно их выполнить в канале 3 из высокопрочного чугуна или стали, даже если это означает создание пластиковой оболочки или покрытия внутри канала 3 из высокопрочного чугуна, чтобы сделать наплывы/выемки, предназначенные для улучшения ламинарного течения. Более того, оболочку или покрытие для обеспечения способствующего ламинарному течению признака, можно заменить небольшой шероховатостью стали или высокопрочного чугуна изнутри, чтобы можно было нанести такую оболочку или покрытие, и при этом допускать ускорение потока воды через канал 3, чтобы сделать возможным предполагаемую степень улучшения потока, допуская промежуточные генераторы мощности, либо для улучшения конфигурации с одной турбиной и генераторным агрегатом на конце несегментированного канала 3. На самом деле, эти меры, связанные с коническими секциями канала и/или улучшением ламинарного потока, позволяют получить гидроэлектростанцию, основанную на ускорении, а не на давлении, как в системах с обычным каналом из высокопрочного чугуна и обычным материалом засыпки. Также, тем самым, вес напорного трубопровода при использовании, когда он заполнен водой, можно сократить, вследствие отказа от рабочих принципов на основе давления в пользу более легких сооружений на основе ускорения. Эти соображения, связанные с весом, непосредственно коррелируют с использованием стеклопластика для канала и пеноматериала для прослойки 12 и/или опоры 16, и/или разделителя 17 траншеи канала 3.

Можно получить особенно предпочтительный вариант осуществления изобретения, когда постепенное и рассчитанное уменьшение диаметра в соответствии с фиг. 6 и, таким образом, объема, сочетают с использованием труб, на внутренней поверхности которых имеются выемки, как показано на фиг. 7, чтобы обеспечить большее трение на границе вода/труба, но при этом увеличенный ламинарный поток во внутреннем водяном столбе. В результате, вытянутую трубу канала существующего уровня техники заменяют на очень длинный конус, внутренняя поверхность которого аналогична поверхности мяча для гольфа. Если труба не уменьшается в диаметре и, следовательно, в объеме, то будет иметь место рост давления пропорционально росту скорости: другими словами, труба сожмется

из-за вакуума. Это непосредственно связано с принципами на основе ускорения вместо принципов работы гидроэлектростанции на основе давления, чему также способствует пена и стеклопластик, так как они эффективны с точки зрения более низких ограничений на вес для систем на основе ускорения по сравнению с системами существующего уровня техники на основе давления, содержащими тяжелый высокопрочный чугун.

Одна из задач, связанная с прекращением работы старой основанной на давлении системы SHP, заключается в необходимости распределения во времени опустошения напорного трубопровода. Если используют уравнивающий резервуар, и имеется сопротивление воде в начале трубы, либо сопротивление воздуху при атмосферном давлении, поступающему в трубу для замены воды, то возникнет вакуум или давление менее 1 атмосферы. Вода является механически несжимаемой и нерасширяемой, так что механический эффект отрицательного давления в воде очень сильный. Это означает, что если опустошать напорный трубопровод, не позволяя поступать воздуху в систему, то это неизбежно приведет к неисправности трубы с катастрофическими последствиями из-за ее сжатия.

Тем не менее, такую динамику можно использовать с пользой: если доступной воды больше, чем может пропустить труба при "естественном" ускорении, то можно создать небольшой перепад давления путем создания меньшего сопротивления ускорению в нижнем участке трубы, тем самым, создавая "сифон" и увеличенную скорость на впуске, и следовательно, большой расход. Изменения давления не должны быть большими для увеличения скорости потока, но их надо очень тщательно контролировать; например, в наших начальных тестовых вычислениях для удвоения расхода от 650 л/с до 1300 л/с необходимо также удвоить начальную скорость с 1 м/с до 2 м/с. То есть высокое "абсолютное" увеличение, но в водной массе перед впуском со временем возникнет управляемое "реальное" физическое увеличение. Учитывая, что впуск определенно уже будет находиться под некоторым давлением из-за напора водохранилища, то это потенциальное увеличение потока должно быть управляемым, и, конечно, важно спроектировать верхние агрегаты турбина/генератор так, чтобы они выдерживали дополнительную нагрузку. Также, учитывая, что большинство труб из стеклопластика в SHP представляют собой по меньшей мере PN6-SN5000, то не должно быть проблем с изменением давления. Конечно, начальные признаки говорят о том, что возврат на капитал от гидроэнергии, которая может быть возобновляемой, должен компенсировать любые увеличения в спецификациях труб.

Дополнительное преимущество вышеописанного сифонного эффекта заключается в том, чтобы позволить воде "спокойно" поступать в напорный трубопровод путем

применения обращенного вниз впуска. Это очень важно в системе, основывающейся на скорости, чтобы предотвратить повреждение турбин твердым веществом, находящемся во взвешенном состоянии в источнике воды.

Генерация электроэнергии на гидроэлектростанциях в настоящее время обычно спроектирована так, чтобы обеспечивать подачу энергии в национальную энергосистему. Вследствие природы SHP, большинство сооружений находятся достаточно далеко, что требует затрат на прокладку дополнительных линий от источника генерации до национальной энергосистемы. Эта система подачи электричества требует сложного регулирования и преобразования электрического тока путем синхронизации и управления фазами. На практике это означает, что полезное электричество можно производить только в заданном, тщательно вычисленном диапазоне выходных параметров электрогенератора. Хотя система, описанная в этом документе, также может быть использована для поставки электричества в национальную энергосистему, способность системы извлекать больше энергии в более широком диапазоне потока воды, чем классические конфигурации гидроэлектростанций, означает, что такие приложения, как производство водорода путем гидролиза с использованием непосредственно поступающего электричества, становятся более реальными, так как для подачи электричества для гидролиза не требуется тщательного регулирования тока и фаз, в отличие от производства электричества для национальной энергосистемы. Помимо экономии на затратах, связанных с устранением необходимости регулирования и преобразования, такая система локального и немедленного потребления также экономит средства путем устранения потребности прокладки кабеля до национальной энергосистемы. Эта задача подключения к энергосистеме, которая имеет место на техническом, финансовом и нормативном уровне, является основной причиной решений о сокращении инвестиций или строительства SHP. Возможность предоставить технически более простую генерацию энергии для приложений, требующих немедленного и локального потребления, является важной при увеличивающемся числе реализуемых SHP проектов, и, таким образом, вносит вклад в рынок возобновляемых источников генерации энергии. Изобретатель полагает, что вышеописанные варианты осуществления изобретения упростят развитие SHP проектов для целей производства водорода.

Специалистам в области техники будет понятно, что применение прослойки из пеноматериала и/или опор из пеноматериала не зависит от того, основана ли гидроэлектростанция на использовании давления или скорости.

Хотя вышеописанные варианты осуществления изобретения относятся к предпочтительным вариантам, показанным на сопровождающих чертежах, предполагается,

что эти примеры осуществления только иллюстрируют изобретение, а не ограничивают каким-либо образом его объем, заданный прилагаемой формулой изобретения. Касательно требуемых признаков в соответствии с прилагаемой формулой изобретения, следует также отметить, что предполагается, что заданные признаки также включают в себя альтернативы, например недоступные еще в настоящее время изоляционные материалы, называемые в этом документе пеноматериалами. Аналогично, пластиковая труба может быть выполнена из других материалов, отличных от стеклопластика. Соответственно, следует понимать, что там, где после упомянутых в формуле изобретения признаков следуют ссылочные позиции, то такие ссылочные позиции включены в текст только для того, чтобы сделать формулу изобретения более понятной, а не в качестве ограничения объема формулы изобретения. Более того, отметим, что специалист может комбинировать технические меры различных вариантов осуществления изобретения. Поэтому объем изобретения задан только прилагаемой формулой изобретения.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Гидроэлектростанция, содержащая
  - источник воды и генераторную установку, причем источник расположен на более высоком по вертикали уровне, чем генераторная установка; и
  - канал, проходящий между источником и генераторной установкой, при этом генераторная установка гидроэлектростанции сконфигурирована на основе высокой скорости воды и низкого давления.
2. Гидроэлектростанция по п. 1, в которой канал содержит пластиковые трубы.
3. Гидроэлектростанция по п. 2, в которой пластик содержит по меньшей мере один материал из группы, содержащей полиэфирный стеклопластик (GRP), полиэтилен высокой плотности (ПЭВП).
4. Гидроэлектростанция по любому из пп. 1-3, в которой канал расположен на опоре и заключен в прослойку, причем по меньшей мере один элемент из опоры и прослойки содержит пеноматериал.
5. Гидроэлектростанция по п. 4, в которой пеноматериал, например, выбран из группы, содержащей пенополиуретан с открытыми ячейками; пенополиуретан с закрытыми ячейками; пенополиуретаны, вспениваемые с использованием воды; и пенополиуретаны, вспениваемые с использованием ГФУ.
6. Гидроэлектростанция по любому из пп. 1-5, в которой канал содержит по меньшей мере две секции канала, направленные вниз, причем между секциями канала расположена промежуточная генераторная установка.
7. Гидроэлектростанция по любому из пп. 1-6, в которой канал содержит проходящие внутрь выступы, предназначенные для того, чтобы способствовать ламинарному течению жидкости через внутреннюю часть трубы.
8. Гидроэлектростанция по п. 7, в которой выступы образуют форму, соответствующую выемкам на внутренней поверхности трубы.
9. Гидроэлектростанция по любому из пп. 1-8, в которой канал расположен на опорах, предпочтительно в траншее, на которые уложены секции трубы, соединенные между собой, причем опоры содержат подушку из пеноматериала.
10. Гидроэлектростанция по любому из пп. 1-9, в которой канал расположен в траншее, дополнительно содержащей разделители траншеи в виде подпорных стенок, разделяющие траншею на сегменты траншеи, причем разделители траншеи содержат стенку из пеноматериала, охватывающую канал с интервалами.
11. Гидроэлектростанция по любому из пп. 1-10, в которой канал является сужающимся.



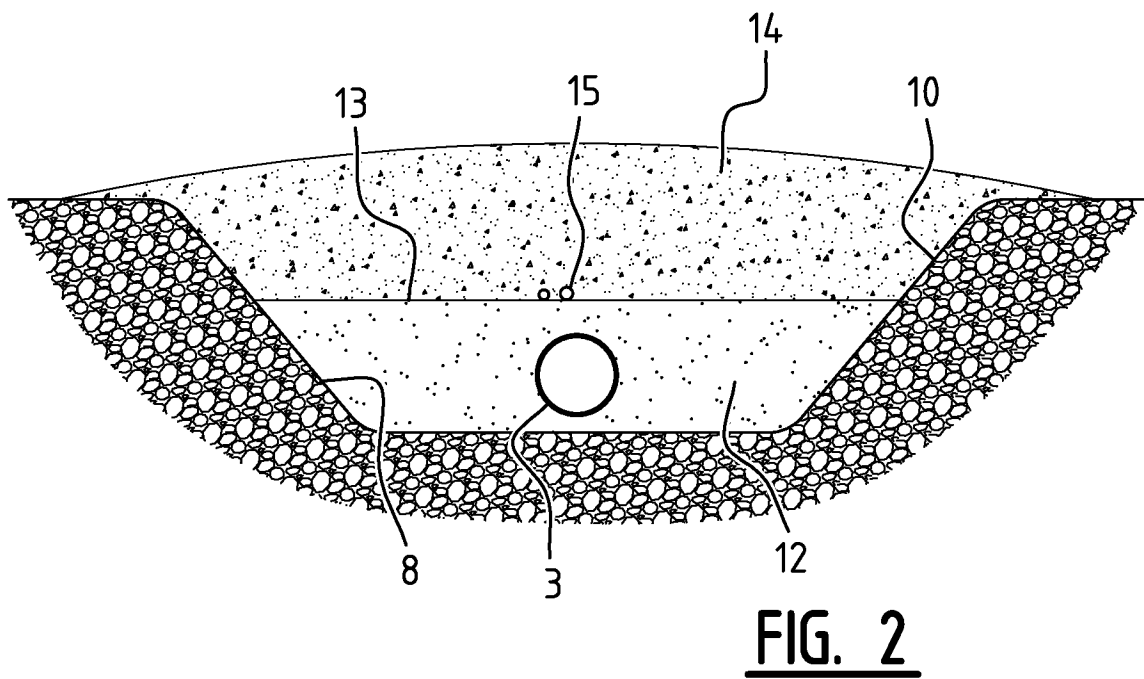
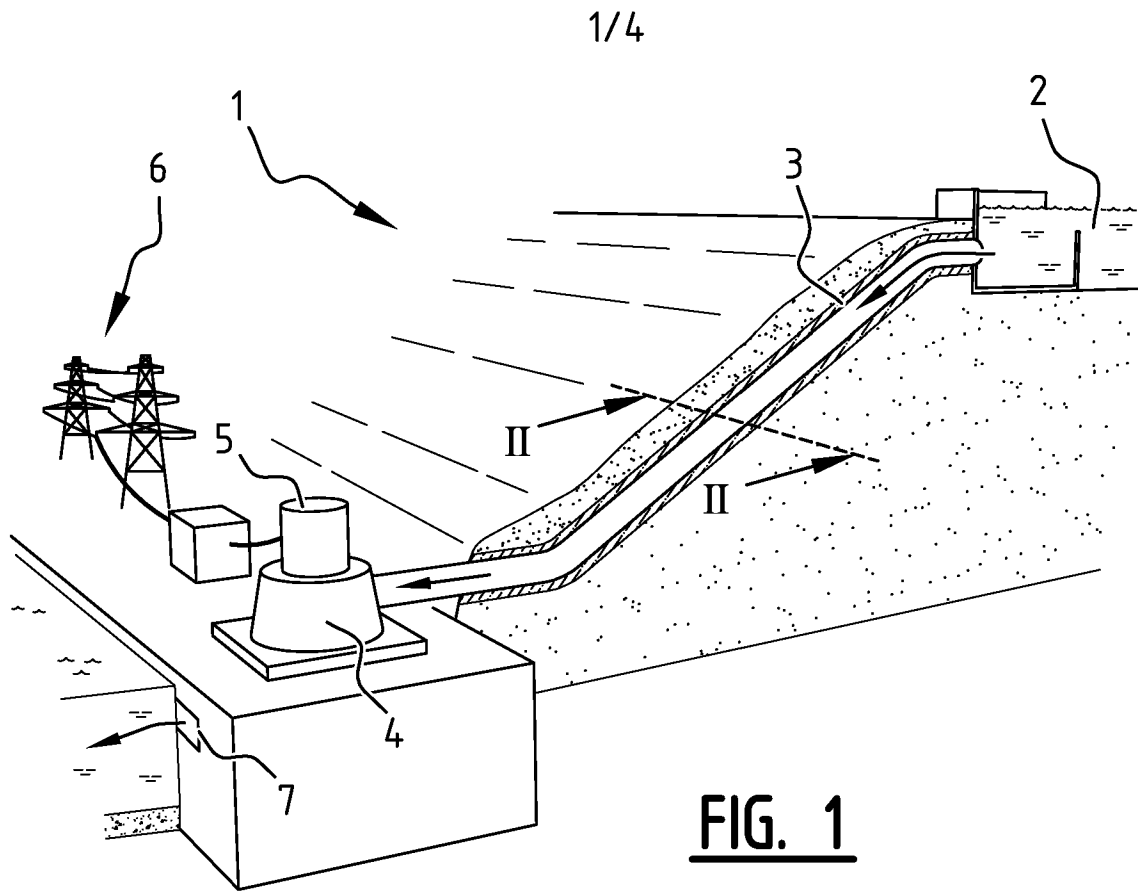
12. Гидроэлектростанция по п. 11, в которой последовательные секции канала сужаются по отдельности для образования непрерывного сужения канала, когда секции канала соединены друг с другом.

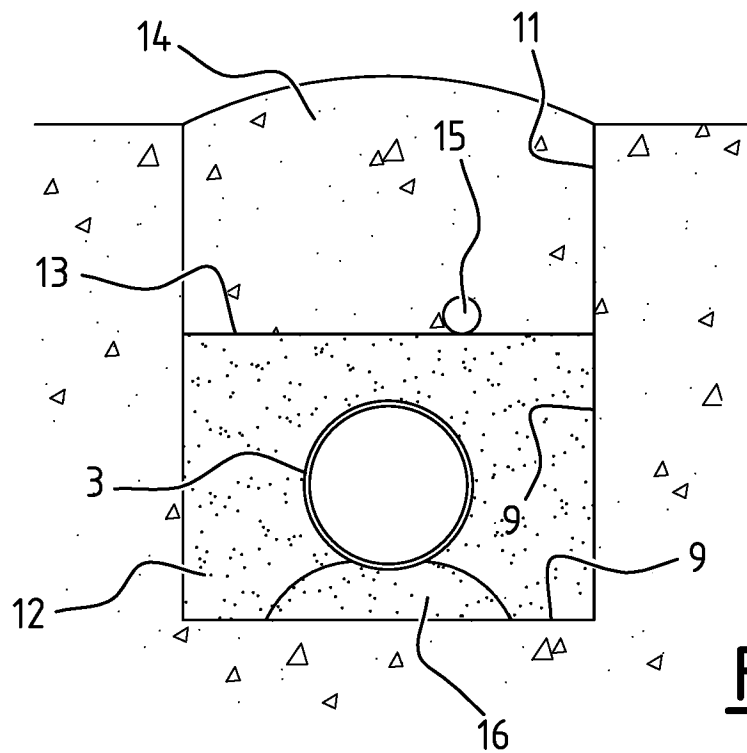
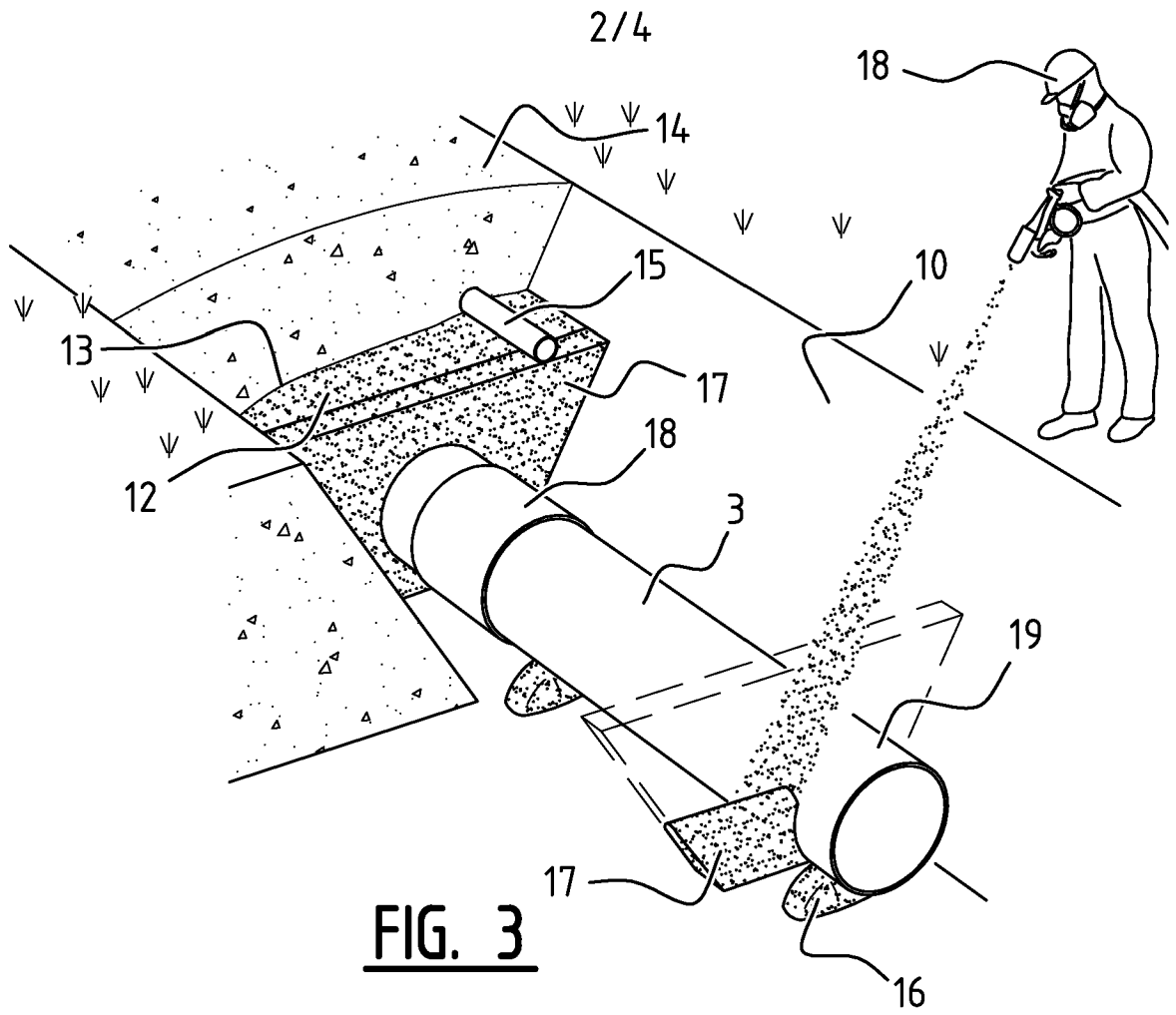
13. Гидроэлектростанция по п. 11, в которой последовательные секции канала сужаются идентично друг другу.

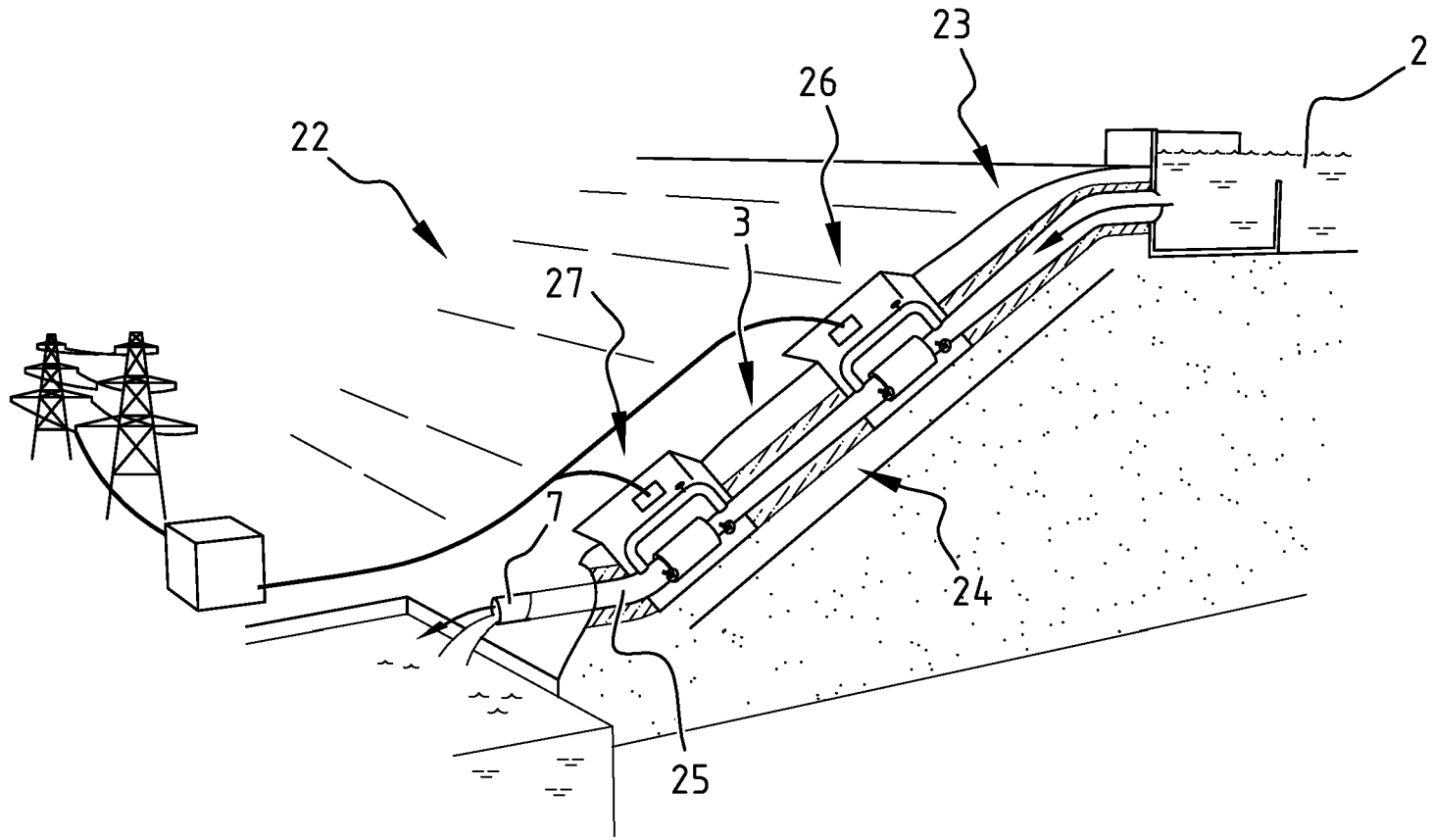
14. Гидроэлектростанция по любому из пп. 11-13, в которой секции канала сужаются и выполнены так, чтобы во время транспортировки их можно было вкладывать друг в друга.

15. Гидроэлектростанция по любому из пп. 1-14, в которой давление воды внутри канала по существу равно атмосферному давлению по всей длине канала.

16. Гидроэлектростанция по любому из пп. 1-15, в которой генераторная установка содержит турбину, в которой лопасти имеют переменный наклон, зависящий от мгновенной скорости воды в турбине, чтобы предотвратить перепад давления.







**FIG. 5**

