

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202390920 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2023.09.20

(51) Int. Cl. F16L 55/045 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2021.09.09

(54) НОВАЯ ПАССИВНАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ОТ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА ПРИ СКАЧКЕ ДАВЛЕНИЯ

(31) 202021040070

(71)(72) Заявитель и изобретатель:
ДЖЕХЛОТ АШОК (IN)

(32) 2020.09.16

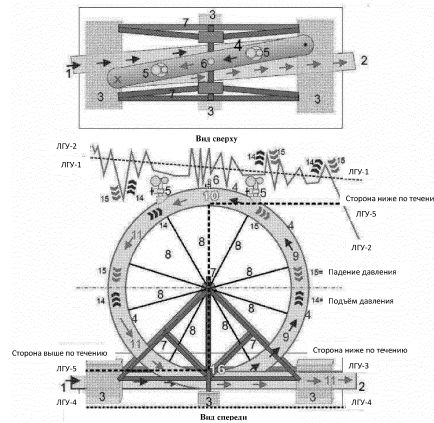
(33) IN

(74) Представитель:
Можайский М.А. (RU)

(86) PCT/IN2021/050881

(87) WO 2022/059020 2022.03.24

(57) Новая пассивная система защиты от гидравлического удара, которая применима для автоматического контроля, защиты и предотвращения внезапных гидравлических ударов, в водяном трубопроводе и насосной установке. БССД по настоящему изобретению создает две разные ЛГУ в одном и том же месте/узле: уровень потока выше по течению (16) и уровень потока ниже по течению (10) - внутри кольцевой вертикальной петли (4) - (1, 16, 9, 10, 11, 2) возникает неравный разрыв столбов - вертикальный дифференциал (16, 10); данный простой пассивный способ принудительно поднимает минимальное отрицательное давление от значения ниже инверсного уровня трубы до минимального положительного давления (16, 10), значение которого значительно выше инверсного уровня трубы (ЛГУ-3).



A1

202390920

202390920

A1

НОВАЯ ПАССИВНАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ОТ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА ПРИ СКАЧКЕ ДАВЛЕНИЯ

ОБЛАСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Настоящее изобретение относится к новой пассивной системе защиты от гидравлического удара при скачке давления, предназначенной для автоматического подавления неустойчивости, вызванной гидравлическим ударом при скачке давления в протяженных напорных магистральных, а также в самотечных магистральных. Предлагаемая башня для сдерживания скачка давления (БССД) относится к конструкции для предотвращения гидравлического удара, предназначенной для предотвращения неустойчивости из-за гидравлического удара в водяном трубопроводе.

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В трубопроводе для подачи любой ньютоновской жидкости (включая воду), по которому перемещают жидкость/воду насосной установкой (далее для простоты именуемой насосом) и т.п., когда насос останавливается или когда скорость вращения насоса внезапно изменяется из-за внезапного отключения/восстановления подачи электроэнергии, или когда внезапно открывается/закрывается любой выпускной клапан ниже по потоку, выходит из строя обратный клапан, внезапно опускается вышедший из строя шлюзовый затвор, или быстро используют/отбирают воду из линии водоснабжения, скорость потока быстро изменяется, и в трубопроводе может возникнуть большое давление (давление гидравлического удара). Это явление известно как явление гидравлического удара, которое, в зависимости от его силы, может привести к повреждению трубопровода или водяного насоса, а также вызвать вибрацию или шум.

В частности, когда расход водяного насоса внезапно уменьшается из-за его внезапной остановки и т.п., давление на выходе такого насоса быстро падает из-за инертности воды в трубопроводе, и создается отрицательное давление. Когда отрицательное давление становится ниже давления насыщенного пара воды, возникают пузырьки водяного пара/пар, и происходит кавитация. По мере увеличения этих пузырьков происходит разделение жидкости на две отдельные части жидкости. Это явление называется разрывом водяного столба. При разрыве водяного столба и позже, когда давление в трубопроводе возвращается к нормальному, пузырьки водяного пара/пар (образующиеся за счет разрыва водяного столба) конденсируются, полость сплющивается/заполняется, возникает скачок волны давления, и может произойти разрушение насоса и трубопровода.

Для предотвращения явления гидравлического удара были предложены и внедрены различные устройства, такие как маховик, воздушная камера и т.п. Маховик представляет собой диск, соединенный с вращающейся частью насоса, увеличивающий силу инерции при остановке насоса подачи воды для уменьшения последствий изменения скорости вращения и предотвращающий резкое падение давления в трубе. Воздушная камера, которую размещают в том месте в трубе, где создается отрицательное давление, предотвращает внезапное опускание воды, выталкивая воду в трубу, когда давление в трубе уменьшается.

НЕДОСТАТКИ ИМЕЮЩИХСЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Известно несколько устройств и установок для сдерживания скачка давления, которые можно разделить на две основные категории, а именно «пассивные устройства для сдерживания скачка давления» и «активные устройства для сдерживания скачка давления».

1. Пассивные устройства для сдерживания скачка давления, такие как однонаправленный уравнивательный резервуар, двунаправленный уравнивательный резервуар, трубный стояк и т. д., являются устройствами/конструкциями для защиты от скачка давления. Все эти пассивные устройства для защиты от скачка давления должны устанавливаться выше уровня максимального подъёма линии гидравлического уклона (ЛГУ), чтобы избежать переполнения при неустойчивости из-за внезапного отказа насоса.

Недостатки Пассивных Устройств для сдерживания скачка давления:

Несмотря на то, что пассивные устройства эффективны для защиты от скачка давления, изначальный их недостаток заключается в том, что для них необходим благоприятный рельеф местности вдоль трассы трубопровода, позволяющий избежать использования очень высоких конструкций для защиты от скачка давления однонаправленного типа, а если местность не позволяет, то обычно приходится использовать активные устройства.

2. К активным устройствам для сдерживания скачка давления в системе для защиты от скачка давления, относятся такие устройства как воздушный резервуар, гидробаки, эластичные сосуды давления, специальные устройства раннего предупреждения скачка давления с системой клапанов, противоударные перепускные клапаны и т. д. Будучи активными устройствами, они должны сдерживать гидроударные волны до того, как эти волны приобретут разрушительную силу. Время срабатывания таких устройств составляет доли секунды, сбой срабатывания оборудования активных устройств для сдерживания скачка давления недопустим, это оборудование должно безотказно поддерживаться в

режиме полной готовности для предотвращения неисправностей в трубопроводе и насосе при гидроударе.

Недостаток активных устройств для сдерживания скачка давления:

Любая неисправность/задержка срабатывания перечисленных выше активных устройств для сдерживания скачка давления может привести к разрушению системы насоса и трубопровода. Активные устройства для сдерживания скачка давления/клапаны эффективны, но должны поддерживаться в активном и рабочем состоянии в режиме 24x7, подвержены износу, требуют дорогостоящего обслуживания, и любые непредвиденные отклонения от нормы будут иметь катастрофические последствия для трубопровода.

ИЗВЕСТНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

В системе для защиты от скачка давления уже используются пассивные устройства для защиты от скачка давления, такие как однонаправленный уравнильный резервуар, двунаправленный уравнильный резервуар, трубный стояк и т. д., и активные устройства для защиты от скачка давления, такие как воздушный резервуар, гидробаки, эластичные сосуды давления, специальные устройства раннего предупреждения скачка давления с системой клапанов, противоударные перепускные клапаны и т. д.

Кроме вышеупомянутого, для эффективного решения этой постоянно существующей проблемы сдерживания скачка давления на водопроводных сооружениях может быть доработано мое более раннее изобретение: новый инновационный способ регулирования ЛГУ с помощью гравитационных башен для сдерживания (ГБС).

Сильное повышение давления приведет к разрыву трубопровода, а понижение с образованием вакуума разрушат и раздавят трубопровод большого диаметра, особенно трубопровод из низкоуглеродистой стали, за доли секунды, если из-за отказа оборудования для защиты от скачка давления не будет реакции на отказ насоса/подачи питания или неустойчивость, вызванную импульсом из-за закрытия клапана.

Недостаток гравитационных башен для сдерживания (ГБС):

Несмотря на то, что ГБС является эффективным пассивным устройством регулирования ЛГУ, изначальный их недостаток (так же как и других пассивных устройств для защиты от скачка давления: однонаправленного уравнильного резервуара, двунаправленного уравнильного резервуара, трубного стояка и т. д.) заключается в том, что для них необходим благоприятный рельеф местности вдоль трассы трубопровода, так как конструкции для защиты от скачка давления на основе очень высоких ГБС подвержены чрезвычайно большим растягивающим усилиям из-за неустойчивых процессов в верхней

части ГБС, и это может сделать ГБС нежизнеспособной системой для защиты от скачка давления.

Башня для сдерживания скачка давления (БССД) по настоящему изобретению представляет собой конкретное решение, преодолевающее основной недостаток всех существующих пассивных устройств для защиты от скачка давления (включая известную гравитационную башню для сдерживания), «которые должны устанавливаться выше уровня максимального подъёма линии гидравлического уклона (ЛГУ), чтобы избежать переполнения», а «их изначальным недостатком является то, что для них необходим благоприятный рельеф местности вдоль трассы трубопровода, что обычно позволяет избежать очень высоких конструкций однонаправленного типа для защиты от скачка давления».

ЦЕЛЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Основной целью настоящего изобретения является дальнейшее усовершенствование предшествующего изобретения, гравитационных башен для сдерживания (ГБС) и устранение ограничений, указанных выше. В результате создана новая пассивная система защиты от гидравлического удара при скачке давления, которая предназначена для автоматического подавления неустойчивости, вызванной гидравлическим ударом при скачке давления в протяженных напорных магистральных, а также в самотечных магистральных. Предлагаемая башня для сдерживания скачка давления относится к конструкции защиты от гидравлического удара, предназначенной для предотвращения неустойчивости из-за гидравлического удара в водяном трубопроводе и насосе.

Устройство для сдерживания скачка давления способно сдерживать скачки давления, не используя доступные в настоящее время дорогие и сложные активные устройства для сдерживания скачка давления, такие как воздушные резервуары, специальные клапаны для сдерживания скачка давления, а также преодолевая соответствующие ограничения по расположению на местности/высоте существующих пассивных устройств для сдерживания скачка давления, таких как однонаправленный уравнильный резервуар, двунаправленный уравнильный резервуар, трубный стояк и т. д.

БССД по настоящему изобретению выполняет дополнительную критически важную функцию промежуточных поддерживающих башен/опор, сохраняющих понижение ЛГУ в допустимых расчетных пределах, тем самым предотвращая аварийное

возникновение субатмосферного вакуума в трубопроводе (особенно в трубах из низкоуглеродистой стали).

ПРЕИМУЩЕСТВА БАШНИ ДЛЯ СДЕРЖИВАНИЯ СКАЧКА ДАВЛЕНИЯ (БССД)

Преимуществом конструкции для защиты от гидроудара на основе БССД по настоящему изобретению является использование системы установленных последовательно небольших по размеру башен для сдерживания скачка давления в качестве пассивного устройства для сдерживания скачка давления, не требующего никакого/требующего минимального обслуживания и не требующего источника питания, т.е. полностью энергонезависимого.

Кроме того, изобретение не требует рабочей силы для своего функционирования и минимальной рабочей силы только во время планового/ежегодного технического обслуживания для проверок воздушного клапана/клапана срыва вакуума; таким образом, БССД представляет собой полностью автоматическую систему защиты.

БССД по изобретению сама по себе является отказоустойчивой техникой. При правильной разработке, отладке и доводке система БССД после монтажа не нуждается в дальнейшем вмешательстве человека, БССД будет безотказно пассивно сдерживать все типы экстремальных скачков давления; поскольку в ней нет движущихся частей (за исключением необслуживаемых стационарных поплавков в воздушных клапанах (которые уже имеют 10-летнюю гарантию)), то нет никакого износа, а благодаря отсутствию электрических/электронных/сложных приборов, нет потребности в электропитании. Таким образом, БССД по настоящему изобретению можно назвать технологией «установил и забыл».

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Предлагаемая башня для сдерживания скачка давления (БССД) - новая пассивная система защиты от гидроудара при скачке давления - представляет собой устройство, состоящее из установленных последовательно невысоких (обычно высотой от 6 до 12 м) БССД, значительно ниже рабочей ЛГУ, для создания ступенчатого разделения таким образом, чтобы полностью купировать как подъём, так и понижение давления каждый раз, когда в системе насос-трубопровод возникает гидроудар.

БССД обеспечивает минимальное сопротивление рабочему прямому потоку за счет использования кольцевой вертикальной петли большого радиуса (потеря напора в фитингах эквивалентна четырем изгибам по 90 градусов). Благодаря вертикальному расположению петли сбрасывается скорость волн скачка давления в обратном потоке.

Вся пассивная система для защиты от гидравлического удара при скачке давления на основе БССД разработана и протестирована с использованием коммерчески доступных профессиональных компьютерных приложений «SAP2R» для анализа и моделирования скачка давления и программного обеспечения «Bentley-Hammer». Выполнены все возможные сценарии моделирования для того, чтобы оптимизировать местоположение БССД/высоту БССД/тип воздушных клапанов (одинарные клапаны/двойные клапаны/клапаны срыва вакуума /комбинированные клапаны/вентильные клапаны/перепускная труба и т. д.)/впускные и выпускные отверстия и т. д., в результате чего получена безотказная надежная пассивная система защиты от гидроудара при скачке давления на основе БССД.

После того, как все параметры установлены и все БССД соответствующим образом смонтированы, пассивная система защиты от гидроудара при скачке давления на основе БССД не требует никакого дополнительного оборудования: пассивных устройств для защиты от скачка давления/активных устройств для защиты от скачка давления/энергоснабжения/рабочей силы/периодических затрат, диспетчерского контроля и анализа данных (ДКАД), выделенной инфраструктуры для эксплуатации и технического обслуживания (ТО).

Известны по меньшей мере пять вариантов ГБС. Эта, шестая, версия конструкции ГБС в виде башни для сдерживания скачка давления (БССД) была разработана специально для пассивного купирования гидроудара в трубопроводе, с меньшими высотами башен и как технология «установил и забыл».

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Конструкция и технические средства, применяемые в настоящем изобретении для достижения вышеуказанной и других целей, лучше всего понятны из нижеследующего подробного описания предпочтительных вариантов осуществления и прилагаемых чертежей.

На фиг.1 проиллюстрировано явление гидравлического удара без системы защиты от скачка давления.

На фиг.2 проиллюстрировано явление гидравлического удара после установки последовательно четырех устройств для сдерживания скачка давления БССД.

На фиг.3 представлена типичная структурная схема башни для сдерживания скачка давления для функционирования в качестве пассивной системы защиты от гидроудара.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ (СО ССЫЛКОЙ НА ЧЕРТЕЖИ/ФИГУРЫ)

Перед подробным рассмотрением настоящего изобретения следует отметить, что в своем применении изобретение не ограничено деталями конструкции и расположением частей, показанными на прилагаемых чертежах. Как описано выше, изобретение допускает другие варианты осуществления, показанные на различных чертежах, и может быть использовано на практике или реализовано различными способами. Следует отметить, что фразеология и терминология, используемые здесь, предназначены для описания, а не для ограничения.

Как показано на фиг.1, типичная восходящая магистраль была исследована на неустойчивость в результате гидравлического удара при скачке давления. Весь трубопровод оказался под воздействием субатмосферного вакуумного падения давления ниже уровня трубопровода до -10,4 м вод. ст. (метра водяного столба). Выход из строя трубопровода под вакуумом гарантирован, если не используется защита от скачка давления или если традиционное оборудование для защиты от скачка давления, такое как воздушный резервуар, уравнительный резервуар, воздушные стравливающие клапаны, клапаны предотвращения скачка давления, клапаны нулевой скорости и т. д., требующее регулярного обслуживания, выходит из строя или работает со сбоями.

На фиг.2 реализация БССД для для защиты от скачка давления осуществляется путем физического уменьшения падения уровня с -10,4 м вод. ст. ниже уровня трубопровода до примерно 12 м выше уровня трубопровода, в результате чего сдерживается падение давления, а воздушные клапаны срыва вакуума, расположенные над БССД, осуществляют дальнейшее гашение скачка давления. Таким образом, скачок давления полностью сдерживается без каких-либо дополнительных устройств для сдерживания скачка давления. Для сравнительной оценки приведены максимальные подъёмы и максимальные падения давления в насосных магистралях с защитой от скачка давления в виде БССД с отсечками на временной шкале от 0 до 600 секунд (десяти минут).

На фиг.3 изображена типичная конструкция башни для сдерживания скачка давления (БССД). Защита от скачка давления осуществляется путем физического повышения падения давления. Показана вертикальная кольцевая петля, устроенная для того, чтобы выдерживать большие мгновенные растягивающие усилия в верхней части конструкции, но там, где такие усилия малы, можно также использовать более простую схему БССД.

Несмотря на то, что изобретение описано в отношении данного конкретного варианта осуществления, следует отметить, что возможно много других вариантов, модификаций и применений изобретения. Однако важно, что такие модификации и варианты входят в объем настоящего изобретения.

ПАССИВНАЯ ЗАЩИТА ОТ СКАЧКА ДАВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ БАШНИ ДЛЯ СДЕРЖИВАНИЯ СКАЧКА ДАВЛЕНИЯ (БССД)

Понять явление гидравлического удара можно по фиг.1. (Типичные скачки давления в восходящей магистрали без оборудования для защиты от скачка давления). Это типичная схема восходящей магистрали, где (12) обозначает исходный насос, от которого начинается эта восходящая магистраль (ЛГУ-3 обозначает инверсный уровень трубы). Эта восходящая магистраль оканчивается во входном патрубке на границе Свободная Поверхность Воды (СПВ)/Верхний Сервисный Резервуар (ВСР), обозначенном как (13).

Линия Гидравлического Уклона (ЛГУ-1) при нормальной работе обозначена как (12, ЛГУ-1, 13); здесь (12) обозначает исходный насос, от которого начинается эта восходящая магистраль (ЛГУ-3 обозначает инверсный уровень трубы); эта восходящая магистраль оканчивается во входном патрубке на границе Свободная Поверхность Воды (СПВ)/Верхний Сервисный Резервуар (ВСР), обозначенной как входной патрубком (13).

ЛГУ имеет наибольшую высоту в начале, благодаря насосу (12). Этот уровень (ЛГУ-1) сохраняется до тех пор, пока не происходят события, вызывающие скачок давления, такие как внезапный сбой питания, внезапные остановки насоса, быстрое закрытие клапанов и т. д.

Но если происходит какое-либо из этих событий, вызывающих скачок давления, оно запускает последовательность волн давления гидравлического удара при скачке давления (со скоростью около 1,5 км/с), и за доли секунды эти чрезвычайно высокие волны давления могут повредить насос, разорвать трубопровод, раздавить трубопровод и вызвать другие отказы. (ЛГУ-2) обозначает самый высокий скачок давления, называемый волной подъема, который является причиной разрывов труб и других отказов оборудования.

Если в трубопровод поступает достаточное количество воздуха и поверхность воды разделяется на две части, происходит разрыв водяного столба, и трубопровод подвергается воздействию давления субатмосферного вакуума, обычно называемого падением давления, которое обозначено как (ЛГУ-4). Это падение вызывает вдавливание трубопровода внутрь, особенно трубопровода из низкоуглеродистой стали. Таким

образом, трубопроводу приходится выдерживать частые подъемы и падения давления, и отказы вследствие скачка давления неизбежны, если в трубопроводной системе не предусмотрено оборудование для защиты от скачка давления.

Понять процесс предотвращения гидроудара, вызванного скачком давления, способ и изобретение в целом, можно по фиг.2. (Типичные скачки давления в восходящей магистрали с башней для сдерживания скачка давления (БССД) в качестве оборудования для защиты от скачка давления).

Трубопровод, представленный на фиг.1, не содержит оборудования для защиты от скачка давления, а на фиг.2 он оснащен четырьмя башнями для сдерживания скачка давления (БССД-1 - БССД-4).

Конструкции БССД спроектированы и установлены в критических местах в соответствии с оптимизированным отчетом, анализирующим скачок давления; здесь (12) обозначает исходный насос, от которого начинается восходящая магистраль (ЛГУ-3 обозначает инверсный уровень трубы). Эта восходящая магистраль оканчивается во входном патрубке на границе Свободная Поверхность Воды (СПВ)/Верхний Сервисный Резервуар (ВСР), обозначенной как входной патрубок (13).

Линия Гидравлического Уклона (ЛГУ-1) при нормальной работе обозначена как (12, ЛГУ-1, 13); здесь (12) обозначает исходный насос, от которого начинается эта восходящая магистраль (ЛГУ-3 обозначает инверсный уровень трубы). Эта восходящая магистраль оканчивается во входном патрубке на границе Свободная Поверхность Воды (СПВ)/Верхний Сервисный Резервуар (ВСР), обозначенной как входной патрубок (13). Этот уровень (ЛГУ-1) сохраняется до тех пор, пока не происходят события, вызывающие скачок давления, такие как внезапный сбой питания, внезапные остановки насоса, быстрое закрытие клапанов и т. д.

Встраивание вдоль линии трубопровода дополнительных четырех башен для сдерживания скачка давления (БССД) обозначено как (12, БССД-1, БССД-2, БССД-3, БССД-4, 13).

БССД, в силу своей способности физически удерживать ЛГУ на любой расчетной высоте, спроектирована так, что сначала падение давления физически подтягивается вертикально вверх от -10,4 м вод. ст. (метра водяного столба) до уровня от +10 м до +12 м выше поверхности земли. Тем самым отрицательные давления преобразуются в положительные давления, таким образом предотвращая образование субатмосферных вакуумных сдвливаний.

Последовательность башен для сдерживания скачка давления (БССД) создает искусственный ступенчатый подпор за счет контролируемого дифференцированного

разрыва столбов, использования эффекта воздушной подушки для гашения волн скачка давления, контролируемого столкновения столбов и т. д., эффективно сдерживая и ослабляя действие гидравлического удара. С идеально спроектированной БССД полностью достигается сдерживание скачка давления: подъём давления, обозначенный на фиг.2 как ЛГУ-2, намного слабее по сравнению с тем же подъёмом (ЛГУ-2) на фиг.1.

Аналогично, падение давления физически подтягивается от -10,4 м вод. ст. ниже субатмосферной зоны трубопровода до уровня заметно выше поверхности земли, сохраняя, таким образом, минимальный уровень ЛГУ выше инверсного уровня трубы (10). Это падение давления обозначено на фиг.2 как (ЛГУ-4=ЛГУ-5) и на фиг.3 как ЛГУ-5. При сравнении его с исходным падением давления (ЛГУ-4) на фиг.1, очевидны результаты с точки зрения защиты от скачка давления.

Оба графика представляют собой результаты гидравлического моделирования и выполнения различных сценариев в реальном времени (с микросекундным шагом) с помощью SAP2R и Bentley Hammer, что обеспечивает достаточное доказательство практической промышленной применимости БССД.

Понять структурный процесс, способ, типичную компоновку и функциональные возможности башни для сдерживания скачка давления (БССД) можно по фиг.3.1 и 3.2. (соответственно, виды сверху и спереди типичной башни для сдерживания скачка давления (БССД)).

Рассмотрена типичная башня для сдерживания скачка давления. К входу (1) БССД со стороны выше по течению присоединен водяной трубопровод, а к выходу (2) присоединен нижний по течению трубопровод, при этом конструкция БССД заделана в упорные блоки (3)/поддерживается упорными блоками (3) необходимой конструктивной прочности.

Протяженные изгибы помогают уменьшить потери на трение в трубопроводной системе. Вода от входа (1) к выходу (2) проходит по кольцевой вертикальной петле (4) - (1, 16, 9, 10, 11, 2), тем самым принудительно поднимая ЛГУ до необходимой расчётной высоты (10) БССД.

Эта кольцевая петля (4) - (1, 16, 9, 10, 11, 2) соединена с помощью поддерживающих спиц (8)/стальных оттяжек/предварительно изготовленных радиальных решёток и т. д. с центральной ступицей. Ось центральной ступицы поддерживается по центру шарнирным соединением, которое наверху присоединено к стальной предварительно изготовленной паре треугольных/решетчатых/коробчатых /трубчатых и т. д. ферм (7), а каждая ферма опирается на упорные блоки ниже уровня земли и заделана в них.

Такое расположение кольцевой вертикальной петли (4) с центральной шарнирной опорой в БССД специально предназначено для безопасного сдерживания неуравновешенных усилий, возникающих от скачка давления при падениях (15) и подъёмах (14) давления разорванных водяных столбов. Через короткое время разорванные водяные столбы снова устремляются друг к другу; столкновение двух водяных столбов в верхней части (10) вызывает дополнительные ударные волны, что называется эффектом гидравлического удара.

Поскольку возникает искусственный гребень, в верхней части (10) трубопровода должны быть предусмотрены воздушные клапаны. Таким образом, для обеспечения достаточного притока воздуха во время разрыва столба при падении давления в точке (5) установлен воздушный клапан или воздушные клапаны, такие как кинетические воздушные клапаны/клапаны срыва вакуума/клапаны одинарного действия/клапаны двойного действия/комбинация клапанов и т. д.

Для ограничения резкого выброса воздуха в верхней части также установлен клапан (6) для выпуска воздуха с меньшим проходным сечением.

Представленная компоновка башни для сдерживания скачка давления (БССД) является типичной; последовательность таких башен на рассчитанных расстояниях друг от друга, достаточной высоты с рассчитанными комбинациями воздушных клапанов, обеспечивает надежную отказоустойчивую, не требующую обслуживания, энергосберегающую, выполненную по технологии «установил и забыл», автоматическую пассивную систему предотвращения гидроудара.

ЛГУ при нормальной работе обозначена как (ЛГУ-1).

Нормальное направление потока воды, движущегося вперед/вверх, обозначено односторонними стрелками (9).

Разорванные водяные столбы, быстро сближающиеся и поднимающиеся вверх как волна скачка давления в трубопроводе, обозначены тройными стрелками (14), направленными вверх.

Нормальное направление потока воды, движущегося вперед/вниз, обозначено односторонними стрелками (11).

Разорванные водяные столбы, быстро удаляющиеся и опускающиеся вниз как волна скачка давления в трубопроводе, обозначены тройными стрелками (15), направленными вниз.

Максимальные давления, возникающие во время всего анализа и моделирования скачка давления, нанесены на график в виде формы волны подъёма давления и графически изображены как (ЛГУ-2).

Минимальные давления, возникающие во время всего моделирования скачка давления, нанесены на график в виде волны падения давления и графически изображены на фиг.3.2 как (ЛГУ-4) в случае без БССД / (ЛГУ-5) с установленной конструкцией БССД.

Инверсный уровень трубопровода обозначен как (ЛГУ-3), рабочее давление выше (ЛГУ-3) является положительным, любой уровень воды ниже (ЛГУ-3) является началом условий субатмосферного вакуума, таким образом (ЛГУ-4 без БССД) показывает минимальное давление, с которым должен работать трубопровод, (ЛГУ-2) указывает максимальное давление, с которым должен работать трубопровод. Установка БССД принудительно повышает ЛГУ от (ЛГУ-4 без БССД) до (ЛГУ-5 с БССД). Когда возникают пульсирующие скачки давления и рабочее давление (ЛГУ-1) начинает спадать, вода начинает падать ниже верхней точки (10) кольцевой петли, а клапаны (5) обеспечивают достаточный приток воздуха к быстро убывающим водяным столбам. Когда вода убывает ниже дна гребня (10) трубы, происходит разрыв водяного столба (15), после чего две отдельные части водяных столбов - часть со стороны выше по течению (1, 16, 9, 10) и часть со стороны ниже по течению (10, 11, 2) - двигаются в противоположных направлениях, волна падения давления (15) развивается далее, и тогда начинается обратный поток водяных столбов, и обе отдельные части водяных столбов - со стороны выше по течению (1, 16, 9, 10) и со стороны ниже по течению (10, 11, 2) - снова устремляются к вершине (10) кольцевой петли; этот быстрый колебательный процесс столкновения-разделения-столкновения продолжается до тех пор, пока вся энергия скачка волны давления не рассеется.

Чтобы предотвратить внезапное столкновение указанных водяных столбов, воздуху, попавшему между (1, 16, 9, 10) и (10, 11, 2), не позволяют выйти резко, тем самым воздушная подушка и демпфирующий эффект сдерживают подъем давления, а воздушный клапан (6) с малым отверстием позволяет воздух выпускать медленно, тем самым увеличивая эффект демпфирования скачка давления.

Поскольку конструкция БССД создает две разные ЛГУ: уровень потока (16) выше по течению и уровень потока (10) ниже по течению - внутри кольцевой вертикальной петли (4) - (1, 16, 9, 10, 11, 2) возникает неравный разрыв столбов с вертикальным дифференциалом (16, 10). Данный простой пассивный способ принудительно поднимает минимальное отрицательное давление от значения ниже инверсного уровня трубы до минимального положительного давления (16, 10), значение которого значительно выше инверсного уровня трубы (ЛГУ-3).

Нисходящий поток (ЛГУ-5) ограничен минимальным уровнем (10). Профиль восходящей магистральной трубы здесь поднимается, и БССД создает искусственный

гребень с минимумом в точке (16) и максимумом в точке (10). Таким образом, нисходящий поток (ЛГУ-5) не может опуститься ниже физического барьера (10), и, таким образом, ЛГУ нисходящего потока сохраняется значительно выше трубопровода, всегда поддерживая положительное давление в трубопроводе, что компенсирует субатмосферное давление во время падений давления.

Таким образом, предлагаемая башня для сдерживания скачка давления (БССД) преодолевает недостатки существующих пассивных устройств для сдерживания скачка давления, таких как однонаправленный уравнильный резервуар, двунаправленный уравнильный резервуар, трубный стояк, гравитационная башня сдерживания и т. д., которые являются устройствами/конструкциями для защиты от скачка давления. Все эти пассивные устройства для сдерживания скачка давления должны устанавливаться выше уровня максимального подъёма ЛГУ, чтобы избежать переполнения во время внезапных отказов насоса.

Поскольку БССД представляет собой пассивную систему для защиты от скачка давления, она также преодолевает изначальные ограничения существующих активных устройств для сдерживания скачка давления, таких как воздушный резервуар, гидробаки, эластичные сосуды давления, специальные устройства раннего предупреждения о скачке давления с системой клапанов, противогидроударные клапаны и т. д. Любой отказ/задержка срабатывания (обычно микросекунды) перечисленных выше активных устройств для сдерживания скачка давления может привести к разрушению системы насоса и трубопровода.

НАИЛУЧШАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

Выше уже объяснено функционирование башни для сдерживания скачка давления (БССД).

Лучшей технологией, разработанной для этой цели, является создание гидравлической модели на коммерчески доступных профессиональных компьютерных приложениях «SAP2R» для анализа и моделирования скачка давления и программном обеспечении «Bentley-Hammer». Выполнены все возможные сценарии моделирования для того, чтобы оптимизировать расположение башен для сдерживания скачка давления (БССД) вдоль трассы трубопровода, высоту их гребня по вертикали, камеры давления клапана, тип воздушных клапанов (одинарные клапаны/двойные клапаны/клапаны срыва вакуума/ комбинированные клапаны /вентильные клапаны и т. д.)/впускные и выпускные отверстия и т. д. и, после разработки сценариев моделирования и последовательных оптимизаций модели, завершить разработку безотказной, надежной, пассивной системы

защиты от гидроудара на основе БССД и, соответственно, башни для сдерживания скачка давления (БССД).

Подходящее расположение башен для сдерживания скачка давления (БССД) вдоль трассы трубопровода, обычно выбирают в тех местах, где уже имеются опорные блоки/анкерные блоки или ответвления. Это позволяет безопасно останавливать и нейтрализовывать ниже уровня земли ударные воздействия при скачках давления. Типичное расположение башни для сдерживания скачка давления (БССД) показано на фиг.3.1 (Вид сверху) и фиг.3.2 (Вид спереди).

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. НОВАЯ ПАССИВНАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ОТ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА, содержащая водяной трубопровод, который со стороны выше по течению присоединен к входу (1) башни для сдерживания скачка давления (БССД), а к выходу (2) присоединен нижний по течению трубопровод, при этом конструкция БССД заделана в упорные блоки (3)/поддерживается упорными блоками (3); при этом поток от входа (1) к выходу (2) проходит по кольцевой вертикальной петле (4) - (1, 16, 9, 10, 11, 2), тем самым принудительно поднимая линию гидравлического уклона (ЛГУ) до необходимой расчётной высоты (10) БССД;

при этом, поскольку возникает искусственный гребень, в верхней части трубопровода (10) должны быть предусмотрены воздушные клапаны для обеспечения достаточного притока воздуха во время разрыва столба при падении давления, причём в точке (5) установлен воздушный клапан или установлены воздушные клапаны нескольких типов, такие как кинетические воздушные клапаны/клапаны срыва вакуума/клапаны одностороннего действия/клапаны двойного действия/комбинация клапанов и т. д., а для ограничения резкого выброса воздуха в верхней части также установлен клапан (6) для выпуска воздуха с меньшим проходным сечением.

2. СИСТЕМА по п.1, в которой кольцевая петля (4) - (1, 16, 9, 10, 11, 2) соединена поддерживающими спицами (8)/стальными оттяжками/предварительно изготовленными радиальными решётками и т. д. с центральной ступицей; ось указанной центральной ступицы поддерживается по центру шарнирным соединением, которое наверху присоединено к стальной предварительно изготовленной паре треугольных/решетчатых/коробчатых/трубчатых и т. д. ферм (7), а каждая ферма опирается на упорные блоки ниже уровня земли и заделана в них.

3. СИСТЕМА по п.1, в которой последовательность башен для сдерживания скачка давления (БССД) создает искусственный ступенчатый подпор за счет контролируемого дифференцированного разрыва столбов, использования эффекта воздушной подушки для гашения волн скачка давления, контролируемого столкновения столбов и т. д. эффективно сдерживая и ослабляя действие гидравлического удара.

4. СИСТЕМА по п.1, в которой для ограничения резкого выброса воздуха в верхней части установлен клапан (6) для выпуска воздуха с меньшим проходным сечением.

5. СИСТЕМА по п.1, в которой падение давления физически подтягивается от -10,4 м вод. ст. ниже субатмосферной зоны трубопровода до уровня заметно выше поверхности земли, и таким образом сохраняется минимальный уровень ЛГУ выше инверсного уровня (10) трубы.

6. СИСТЕМА по п.1, содержащая типичную компоновку башни для сдерживания скачка давления (БССД) и последовательность таких башен на рассчитанных расстояниях друг от друга, достаточной высоты, с рассчитанными комбинациями воздушных клапанов.

7. СИСТЕМА по п.1, в которой когда возникают пульсирующие скачки давления и рабочее давление (ЛГУ-1) начинает спадать, вода начинает падать ниже верхней точки (10) кольцевой петли, а клапаны (5) обеспечивают достаточный приток воздуха к быстро убывающим водяным столбам; когда вода убывает ниже дна гребня (10) трубы, происходит разрыв водяного столба (15), после чего две отдельные части водяных столбов - часть со стороны выше по течению (1, 16, 9, 10) и часть со стороны ниже по течению (10, 11, 2) - двигаются в противоположных направлениях, волна падения давления (15) развивается далее, и тогда начинается обратный поток водяных столбов, и обе отдельные части водяных столбов - со стороны выше по течению (1, 16, 9, 10) и со стороны ниже по течению (10, 11, 2) - снова устремляются к вершине (10) кольцевой петли; этот быстрый колебательный процесс столкновения-разделения-столкновения продолжается до тех пор, пока вся энергия скачка волны давления не рассеется.

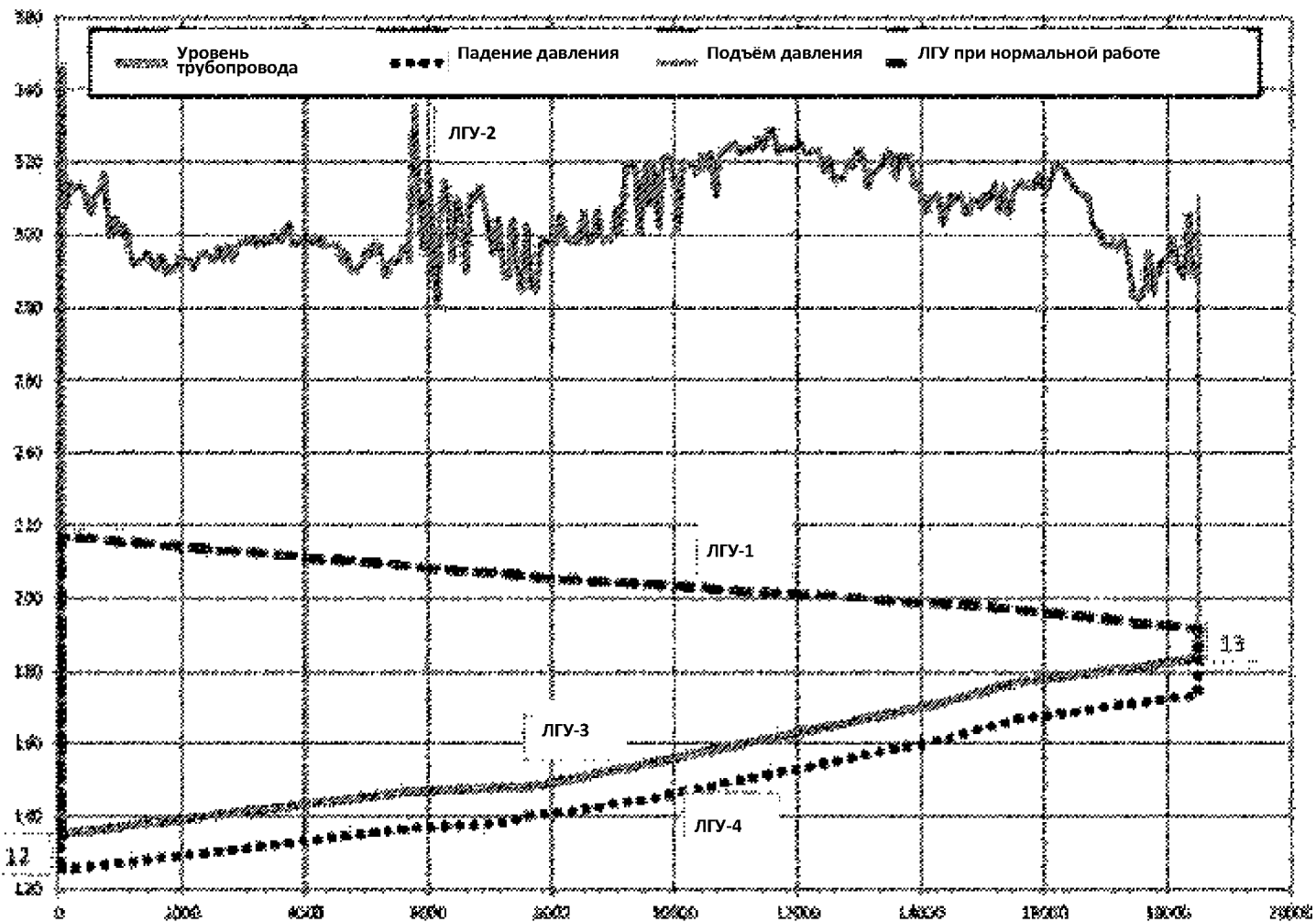
8. СИСТЕМА по п.1, в которой для предотвращения внезапного столкновения указанных водяных столбов воздухом, попавшему между (1, 16, 9, 10) и (10, 11, 2), не позволяя выйти резко, тем самым воздушная подушка и демпфирующий эффект сдерживают подъем давления, а воздушный клапан (6) с малым отверстием позволяет воздух выпускать медленно, тем самым увеличивая эффект демпфирования скачка давления.

9. СИСТЕМА по п.1, в которой конструкция БССД создает две разные ЛГУ: уровень потока (16) выше по течению и уровень потока (10) ниже по течению - внутри кольцевой вертикальной петли (4) - (1, 16, 9, 10, 11, 2) возникает неравный разрыв столбов с вертикальным дифференциалом (16, 10); данный простой пассивный способ принудительно поднимает минимальное отрицательное давление от значения ниже инверсного уровня трубы до минимального положительного давления (16, 10), значение

которого значительно выше инверсного уровня трубы (ЛГУ-3), нисходящий поток (ЛГУ-5) ограничен минимальным уровнем (10); профиль восходящей магистральной трубы здесь поднимается, и БССД создает искусственный гребень с минимумом в точке (16) и максимумом в точке (10); таким образом, нисходящий поток (ЛГУ-5) не может опуститься ниже физического барьера (10), и, таким образом, ЛГУ нисходящего потока сохраняется значительно выше трубопровода, всегда поддерживая положительное давление в трубопроводе, что компенсирует субатмосферное давление во время падений давления.

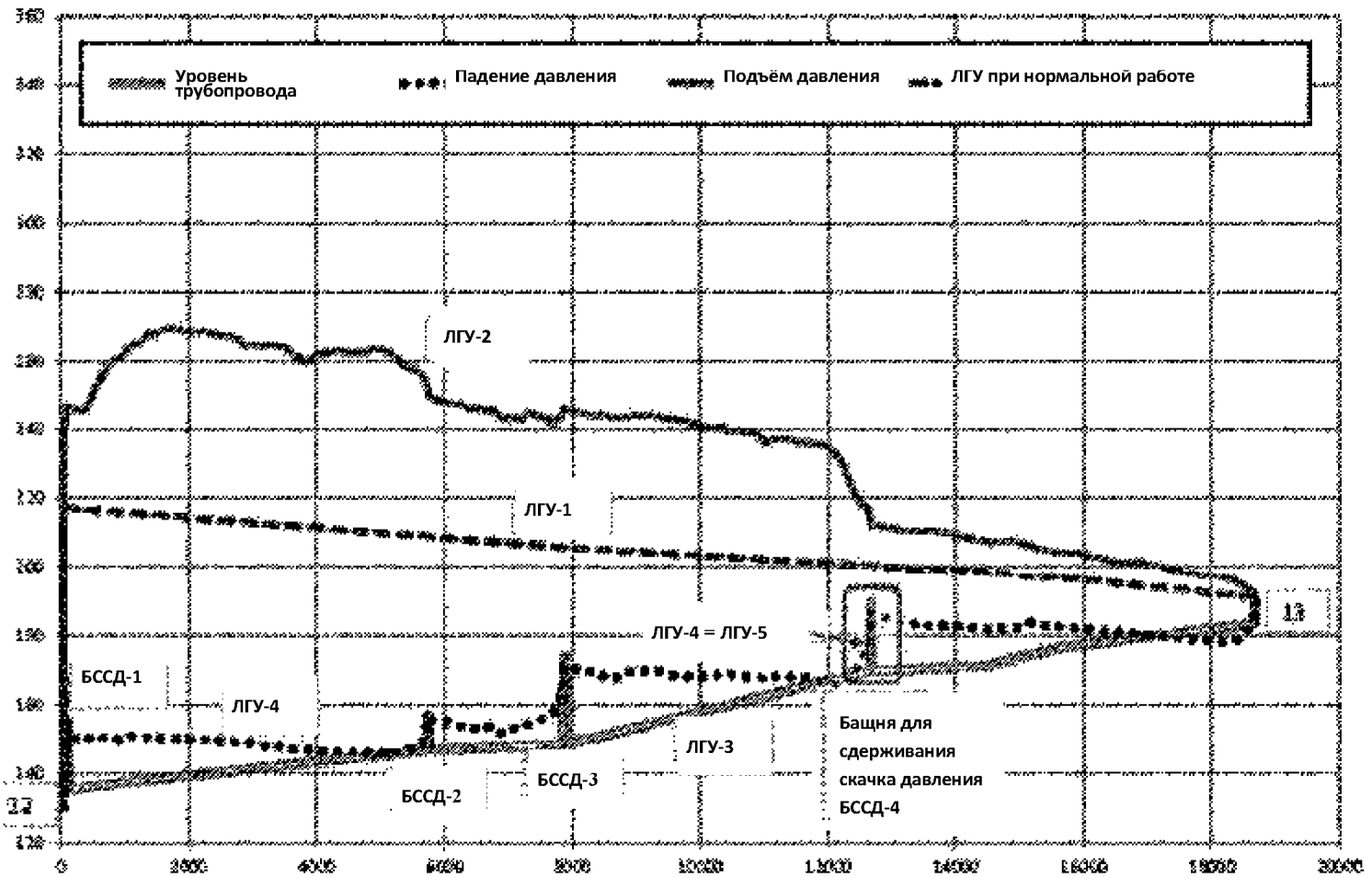
10. СИСТЕМА по п.1, в которой с помощью компьютерных приложений для анализа гидроудара при скачке давления и сценариев гидравлического моделирования оптимизируют различные параметры: расположение башен для сдерживания скачка давления (БССД) вдоль трассы трубопровода, высоту их гребня (10) по вертикали, клапаны (5, 6), тип воздушных клапанов (одинарные клапаны/двойные клапаны/клапаны срыва вакуума/комбинированные клапаны/вентильные клапаны и т. д.)/впускные и выпускные отверстия и т. д. - и которая, после разработки сценариев моделирования и последовательных оптимизаций модели, становится безотказной, надежной, пассивной системой защиты от гидроудара при скачке давления на основе БССД.

Фиг. 1

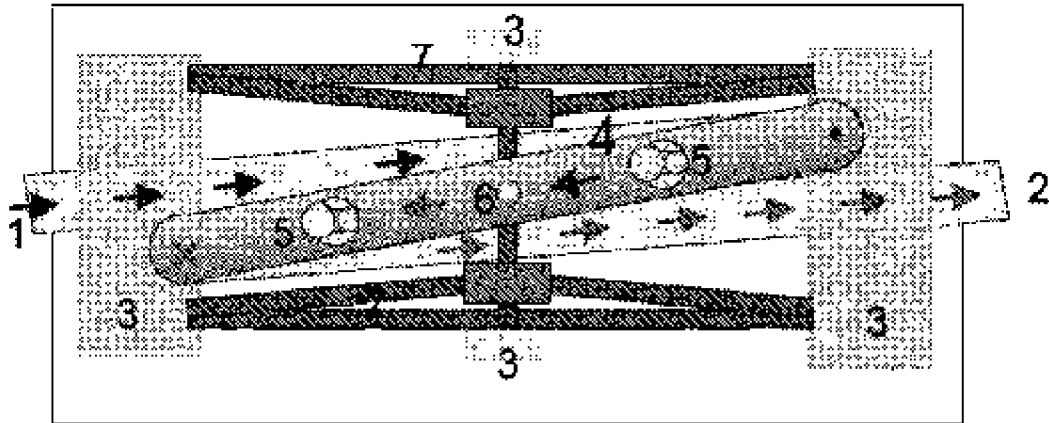


Типичные скачки давления в восходящей магистрали без оборудования для защиты от скачка давления

Фиг.2



Типичные скачки давления в восходящей магистрали с башней для сдерживания скачка давления (БССД) в качестве оборудования для защиты от скачка давления



Фиг.3.1. Вид сверху



Фиг.3.1. Вид спереди

Фиг.3