

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к узлу и способу многоэтапного разделения текучей среды.

Во многих скважинах для добычи нефти и/или газа жидкость и газы, поступающие в скважину, могут содержать сложные смеси, включающие сырую нефть, природный газ (метан), воду, морскую воду, конденсаты, серу, сероводород и другие компоненты.

При добыче поступающие в скважину газы и жидкости расширяются и обычно охлаждаются от температуры месторождения, которая может составлять от 100 до 200°C, до значительно более низких значений температуры атмосферы или подводной температуры.

Это приводит к конденсации и/или отверждению различных компонентов и формированию гидратных, парафиновых и/или асфальтовых осадений на эксплуатационных трубопроводах и оборудовании.

Уровень техники

Из американского патента 4,026,120 известно удаление конденсата и/или отвердевающих компонентов из жидкостей и газов, поступающих в эксплуатационную скважину, в устье скважины путем охлаждения поступающих в скважину текучих веществ в устьевом штуцере скважины с последующим их впрыском в охлажденном состоянии в так называемый резервуар "РНТ" (LTX) (расширения при низкой температуре), в котором сжиженные и/или отвердевшие компоненты, такие как вода, парафин, асфальтены и гидраты, выпадают на дно, где их нагревают до температуры приблизительно 20°C для получения пригодного для перекачки жидкого шлама, который затем перекачивают в трубопровод для отвода жидкости, установленный в нижней части резервуара РНТ. Газообразные компоненты удаляют из резервуара РНТ через трубопровод выпуска газа, установленный в районе верхнего торца резервуара РНТ.

В американском патенте 4,208,196 описан резервуар РНТ, в который впрыскивают текучие компоненты, поступающие в скважину, без предварительного расширения их в устьевом штуцере скважины. Известный резервуар РНТ содержит вертикально ориентированную трубчатую входную секцию, в которую производят впрыск текучих компонентов, поступающих в скважину, в тангенциальном направлении, для улучшения отделения сжиженных и/или отвердевших компонентов от газообразных компонентов с использованием центробежных сил. Трубчатая входная секция выполнена закрытой и содержит решетчатую структуру на нижнем конце, предотвращающую распространение вихря, индуцируемого во входной секции, в область сбора жидкости на дне резервуара РНТ. Трубчатая входная секция расположена внутри цилиндрического, установленного горизонтально разделительного резервуара, в котором воду и нефть собирают и разделяют друг от друга под действием силы тяжести и затем сливают через отдельные трубы выпуска воды и нефти, расположенные рядом с донной частью резервуара. Газообразные компоненты принудительно прогоняют через решетку вниз из трубчатой входной секции в разделительный резервуар и удаляют из верхней части разделительного резервуара на значительном расстоянии от входной секции.

В заявке на международный патент PCT/NL 00/00382 описан разделительный резервуар для отделения тяжелых жидких или твердых компонентов от газовой смеси, причем в этом резервуаре индуцируют направленные в противоположных направлениях внутренний и внешний вихри, создаваемые с помощью лопастей, расположенных ближе к центру, и по внешнему контуру резервуара. Недостаток такого известного устройства состоит в том, что лопасти, создающие вихрь, проявляют склонность к засорению.

В заявке на международный патент PCT/EP 98/04178 описан сверхзвуковой циклонный инерционный сепаратор, в котором добываемые текучие компоненты, поступающие в скважину, сильно охлаждаются с помощью адиабатического расширения в результате их ускорения до сверхзвуковой скорости в сверхзвуковом сопле. В сверхзвуковом сопле образуется вихрь, предназначенный для отделения сконденсировавшихся и/или отвердевших в результате охлаждения тяжелых компонентов от более легких газообразных компонентов. Газообразные компоненты, от которых отделены конденсируемые компоненты, отводят из сепаратора через центральный первичный выходной трубопровод для газа, в то время как компоненты, обогащенные конденсатами, выпускают из сепаратора через один или несколько вторичных выходных трубопроводов, которые проходят от центральной оси сопла.

Было определено, что выходное отверстие для вторичной текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, сверхзвукового циклонного инерционного сепаратора можно подавать в резервуар РНТ, но тогда высокая скорость впрыскиваемой смеси текучей среды, обогащенной сжижаемыми и/или отверждаемыми конденсируемыми компонентами, приводит к снижению эффективности разделения под действием силы тяжести резервуара РНТ. Узел и способ многоэтапного разделения текучей среды в соответствии с вводной частью пп.1 и 17 формулы изобретения известны из американского патента 2,825,423. В известном узле текучую среду впрыскивают в трубчатую секцию вторичного разделительного резервуара через одиночный вторичный трубопровод впрыска текучей среды, что может привести к нестабильности вихря во втором разделительном резервуаре и к ухудшению его разделительных возможностей, если давление и скорость впрыскиваемой текучей среды будут изменяться.

Настоящее изобретение направлено на гибридный узел многоэтапного разделения текучей среды, в котором разделительный резервуар типа РНТ соединен с выходным отверстием для текучей среды, обогащенной сжижаемыми и/или отверждаемыми конденсируемыми компонентами, одного или нескольких

устройств охлаждения газа, таких как сверхзвуковые и/или дозвуковые циклонные инерционные сепараторы, так что получают эффект согласованного взаимодействия между работой устройства охлаждения газа, такого как циклонный инерционный сепаратор, и разделительного резервуара РНТ.

Настоящее изобретение, кроме того, направлено на гибридный узел многоэтапного разделения текучей среды, который выполнен более компактным, чем комбинация устройства для охлаждения газа, такого как циклонный инерционный сепаратор, и обычного резервуара РНТ.

Кроме того, настоящее изобретение направлено на гибридный узел многоэтапного разделения текучей среды, в котором множество устройств охлаждения газа, таких как циклонные инерционные сепараторы, могут быть соединены с одним компактным резервуаром РНТ с помощью относительно коротких выходных трубопроводов, обогащенных сжиженными и/или конденсируемыми компонентами, так, что риск осаждения твердых веществ, парафина и/или гидрата в этих вторичных выходных трубопроводах будет минимальным.

Раскрытие изобретения

В соответствии с настоящим изобретением предложен узел многоэтапного разделения текучей среды, содержащий

первичное устройство охлаждения газа, содержащее выходное отверстие для текучей среды, обогащенной сжиженными и/или отвердевшими конденсируемыми компонентами; и

резервуар для вторичного разделения текучей среды, содержащий трубчатую секцию, центральная ось которой имеет, по существу, вертикальную или наклонную ориентацию, причем этот резервуар соединен с указанным выходным отверстием для текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, по меньшей мере, одного из указанных устройств охлаждения газа, в котором при нормальной работе резервуара из текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, индуцируется вихрь вокруг центральной оси трубчатой секции резервуара так, что индуцируется третичный поток сжиженных и/или отвердевших конденсируемых компонентов под действием силы тяжести и центробежных сил, в виде вихря, направленного вниз, вдоль внутренней поверхности трубчатой секции резервуара, поступающего в резервуар для сбора жидкости, расположенный рядом с донной частью резервуара, для сбора третичной смеси сжиженных и/или отвердевших конденсируемых компонентов, причем этот резервуар содержит один или несколько нагревателей, предназначенных для нагрева третичной смеси, для снижения количества отвердевших конденсируемых компонентов, и одно или несколько выходных отверстий, предназначенных для выпуска третичной смеси из резервуара, в котором множество вторичных трубопроводов впрыска жидкости множества первичных устройств охлаждения газа присоединены через правильные интервалы по окружности к трубчатой секции резервуара вторичного разделения, причем через эти трубопроводы при работе устройства производят впрыск текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, по меньшей мере, в частично тангенциальном направлении внутрь резервуара вторичного разделения.

Трубчатая секция резервуара вторичного разделения предпочтительно оборудована выходным трубопроводом для третичного газа, вход которого расположен по центральной оси трубчатой секции и рядом с ней, и такой третичный газоотвод проходит через верхний торец трубчатой секции резервуара вторичного разделения.

Предпочтительно, что резервуар вторичного разделения имеет куполообразную вершину или вершину в форме диска, которая установлена поверх трубчатой секции, и трубопровод выходного отверстия третичного газа установлен, по существу, коаксиально по отношению к центральной оси трубчатой секции и проходит через центр верхней части.

Предпочтительно, что выходное отверстие текучей среды, обогащенной сжиженными и/или отвердевшими, конденсируемыми компонентами, по меньшей мере, одного первичного устройства охлаждения, такого как циклонный разделитель текучей среды, соединено с вторичным трубопроводом впрыска текучей среды, который впрыскивает текучую среду, обогащенную конденсируемыми компонентами, по меньшей мере, в частично тангенциальном направлении в трубчатую секцию резервуара вторичного разделения.

Также предпочтительно, что центральная ось или трубчатая секция резервуара вторичного разделения имеет, по существу, вертикальную ориентацию и через вторичные трубопроводы впрыска текучей среды при работе устройства производят впрыск текучей среды, обогащенной сжиженными и/или отвердевшими конденсируемыми компонентами, по меньшей мере, в частично тангенциальном направлении и частично в направлении вниз внутрь резервуара вторичного разделения.

Предпочтительно, резервуар сбора жидкости сформирован из чашеобразной трубчатой нижней части резервуара вторичного этапа разделения, которая, по существу, коаксиальна по отношению к центральной оси и имеет такую же или большую внутреннюю ширину, что и верхняя часть резервуара, и прерыватель вихря установлен внутри резервуара вторичного разделения между нижним торцом трубчатой секции и резервуаром сбора жидкости.

Узел может содержать один или несколько ультразвуковых вибрационных преобразователей, предназначенных для приложения ультразвуковых вибраций на частоте от 20 до 200 кГц к одному или нескольким компонентам узла, таким как вторичные трубопроводы впрыска текучей среды, и к прерывате-

лю вихря для предотвращения осаждения отверждаемых конденсируемых компонентов, таких как лед, парафин и/или гидраты, внутри узла.

В резервуаре для сбора жидкости может быть установлена решетка из труб нагрева, которая предназначена для нагрева смеси текучей среды из жидкости и твердых веществ в резервуаре до температуры, по меньшей мере, 15°C.

Одно или несколько первичных устройств охлаждения газа может содержать циклонные инерционные сепараторы, которые содержат расширительное сопло, в котором смесь текучих сред охлаждается до температуры ниже 0°C в результате, по существу, адиабатического расширения и в котором одна или несколько лопастей, создающих вихрь, приводят текучую среду в вихревое движение в секции расширяющегося выходного отверстия, по центру которого установлен выходной трубопровод для текучей среды, обедненной первичными конденсируемыми элементами, и внешний выходной трубопровод для текучей среды, обогащенной вторичными конденсируемыми компонентами.

Предпочтительно каждое первичное устройство охлаждения газа, такое как циклонный инерционный сепаратор, содержит расширительное сопло, которое предназначено для ускорения текучей среды в сопле до сверхзвуковой скорости, в результате чего она охлаждается при работе до температуры текучей среды, проходящей через сопло, ниже -20°C.

Узел разделения текучей среды в соответствии с настоящим изобретением может содержать множество первичных циклонных инерционных сепараторов, в которых расширительные сопла установлены, по существу, параллельно и на равном расстоянии по отношению к центральной оси трубчатой секции резервуара вторичного разделения, в котором выходные отверстия для текучей среды, обогащенной вторичными конденсируемыми компонентами, соединены с вторичными трубопроводами впрыска текучей среды, которые пересекают стенку трубчатой секции резервуара вторичного разделения через правильные интервалы вдоль окружности и расположены, по меньшей мере, частично в тангенциальном направлении, и в котором вторичные трубопроводы впрыска текучей среды имеют длину менее 4 м.

Устройства охлаждения газа могут содержать штуцеры, известные как клапаны Джоуля-Томпсона, в которых газ ускоряется и охлаждается в результате расширения так, что образуется текучая среда, обогащенная сжиженными и/или отвердевшими, конденсируемыми компонентами, которые затем поступают в резервуар вторичного разделения текучей среды.

Настоящее изобретение также относится к способу отделения конденсируемых компонентов от смеси текучей среды в узле многоэтапного разделения текучей среды, включающему

впрыск смеси текучей среды в первичное устройство охлаждения газа, в котором смесь текучей среды расширяется и охлаждается, и конденсируемые компоненты сжижаются и/или отвердевают, и, в случае необходимости, их отделяют от газообразных компонентов под действием центробежной силы, и в котором поток компонентов текучей среды, обогащенный конденсируемыми компонентами, подают в выходное отверстие для вторичной текучей среды; и

впрыск потока компонентов текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, в резервуар вторичного разделения текучей среды, содержащий трубчатую секцию, центральная ось которой имеет, по существу, вертикальную или наклонную ориентацию и в которой из потока текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, образуют вихрь вокруг центральной оси трубчатой секции резервуара так, что под действием силы тяжести и центробежных сил индуцируется вихрь третичной смеси сжиженных и/или отвердевших конденсируемых компонентов, направленный вниз, вдоль внутренней поверхности трубчатой секции резервуара, в резервуаре для сбора жидкости, расположенный в донной части резервуара или рядом с ним, причем в этом резервуаре третичную смесь сжиженных и/или отвердевших, конденсируемых компонентов собирают и нагревают для уменьшения количества отвердевших конденсируемых компонентов, и из этого резервуара сжиженные и/или отвердевшие компоненты выпускают через одно или несколько выходных отверстий, в котором множество вторичных трубопроводов впрыска текучей среды множества первичных устройств охлаждения газа присоединены через правильные интервалы вдоль окружности к трубчатой секции резервуара вторичного разделения, причем через эти трубопроводы производят впрыск текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, по меньшей мере, в частично тангенциальном направлении внутрь резервуара вторичного разделения.

Краткое описание чертежей

Соответствующие варианты выполнения узла многоэтапного разделения текучей среды в соответствии с настоящим изобретением будут более подробно описаны ниже со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых

на фиг. 1 схематично показан вид в вертикальном разрезе первого соответствующего варианта выполнения узла многоэтапного разделения текучей среды в соответствии с настоящим изобретением, в котором из четырех первичных циклонных инерционных сепараторов смесь текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, выпускают в трубчатый резервуар вторичного разделения текучей среды, с вертикальной ориентацией;

на фиг. 2 показан вид сверху узла многоэтапного разделения текучей среды, изображенного на фиг. 1;

на фиг. 3 схематично показан вид в вертикальном разрезе другого соответствующего варианта выполнения узла многоэтапного разделения текучей среды в соответствии с настоящим изобретением, в котором из двух первичных циклонных инерционных сепараторов смесь текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, выпускают в резервуар вторичного разделения текучей среды с горизонтальной ориентацией;

на фиг. 4 показан вид в горизонтальном поперечном сечении узла многоэтапного разделения текучей среды, показанного на фиг. 3, вдоль первичных циклонных инерционных сепараторов в виде сверху;

на фиг. 5 схематично показан вид в горизонтальном сечении упрощенного узла многоэтапного разделения текучей среды, в котором первичные устройства охлаждения газа состоят из штуцеров, известных как клапаны Джоуля-Томпсона (Joule Thompson); и

на фиг. 6 схематично показан вид в вертикальном разрезе узла, представленного на фиг. 5.

Осуществление изобретения

На фиг. 1 показан первичный циклонный инерционный сепаратор 1, соединенный с резервуаром 2 вторичного разделения текучей среды типа РНТ с помощью трубопровода 3 впрыска текучей среды, обогащенной вторичными конденсируемыми компонентами.

Первичный циклонный инерционный сепаратор 1 содержит входное отверстие 4 для текучей среды, которое соединено с устьем скважины (не показано) для добычи природного газа, через которое получают смесь природного газа, паров воды, конденсатов, гидратов и других конденсируемых компонентов.

Смесь текучей среды, поступающую в первичный сепаратор 1, вначале ускоряют до высокой, предпочтительно ультразвуковой скорости в сопле 5 и, таким образом, охлаждают предпочтительно до температуры ниже -20°C , так, что пары воды и/или другие конденсируемые компоненты конденсируются и/или отвердевают в результате адиабатического расширения, и затем из этого потока образуют вихрь с помощью наклонного крыла 6 так, что охлажденная смесь текучей среды разделяется под действием центробежных сил на центральный поток природного газа, обедненного конденсируемыми компонентами, и кольцевой внешний поток текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами.

Центральный поток природного газа, обедненного конденсируемыми компонентами, выпускают через центральное выходное отверстие 7 для первичного газа, обедненного конденсируемыми компонентами, в трубопровод подачи газа (не показан), и кольцевой внешний поток текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, выпускают через кольцевую выходную камеру 8 для текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, во вторичный трубопровод 3 впрыска текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, как показано стрелкой 9.

По трубопроводу 3 впрыска текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, текучая среда, обогащенная конденсируемыми компонентами, поступает в вертикальную секцию 10 вторичного резервуара 2 типа РНТ разделения текучей среды для дальнейшего ее разделения на, по существу, сухой газ, воду и сжиженные углеводороды и гидраты.

Как показано на фиг. 2, текучая среда, обогащенная конденсируемыми компонентами, поступает через группу из четырех первичных инерционных сепараторов 1, 1В, 1С и 1D тангенциально в вертикальную трубчатую секцию 10 резервуара 2 вторичного разделения типа РНТ через группу из четырех трубопроводов 3, 3В, 3С и 3D впрыска текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами.

На фиг.1 схематично показан вид в вертикальном разрезе первого первичного инерционного сепаратора 1 и резервуара 2 вторичного разделения типа РНТ, а также контуры других трех первичных инерционных сепараторов 1В, 1С и 1D, которые представлены пунктирными линиями.

Как показано на фиг. 1, резервуар 2 вторичного разделения типа РНТ ниже вертикальной трубчатой секции 10 содержит донную секцию 11 большого диаметра, в которой собирается и дополнительно разделяется третичный поток жидкостей, прерыватель 12 вихря, который расположен между трубчатой и донной секциями 10 и 11, и куполообразную верхнюю часть 13, через которую выходной трубопровод 14 третичного газа проходит в трубчатую секцию 10.

Вход 15 выходного трубопровода 14 третичного газа расположен ниже уровня, на котором входной трубопровод 3 текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, выходит в трубчатую секцию 10 резервуара 2 вторичного разделения.

Текучая среда, впрыскиваемая через тангенциально установленные трубопроводы 3 впрыска текучей среды в трубчатую секцию 10, циркулирует, если смотреть сверху, в направлении против часовой стрелки, вдоль внутренней стенки трубчатой секции 10, как показано стрелками 17. Третичный поток жидких и/или твердых компонентов будет концентрироваться по краю внутренней стенки трубчатой секции 10 и под действием сил тяжести будет падать через кольцевой зазор 16 вдоль внешней окружности прерывателя 12 вихря в резервуар 19 сбора жидкости, находящийся в донной секции 11 с большим диаметром резервуара 2 вторичного разделения текучей среды.

Газообразные компоненты низкой плотности смеси текучей среды, впрыскиваемые через тангенциальные трубопроводы 3, 3В, 3С и 3D впрыска текучей среды в трубчатую секцию 10, концентрируются вблизи центра трубчатой секции 10 и вытекают в выходное отверстие 14 для третичного газа. Благодаря установке входа 15 выходного отверстия 14 для третичного газа ниже уровня, на котором по тангенциальным трубопроводам 3, 3В, 3С и 3D осуществляют впрыск текучей среды в трубчатую секцию 10, в

общем, образуется вихрь газообразных компонентов в виде вихревого потока 18, направленный противоположно, т.е. по направлению часовой стрелки, если смотреть сверху. Проходящий по направлению часовой стрелки вихревой поток 18, по существу, сухого газа, который циркулирует под действием эффекта Хирша-Ранкина (Hirsch-Rankin) в направлении, противоположном внешнему потоку 17 конденсируемых компонентов, дополнительно улучшает отделение сухого газа от жидких и/или твердых компонентов. Прерыватель 12 вихря имеет коническую форму, и верхняя часть прерывателя 12 вихря выполняет функцию элемента, стабилизирующего вихрь, для центрального вихревого потока 18 сухого газа, вращающегося в направлении часовой стрелки.

Трубчатая секция 10 выполнена в виде, по существу, открытого резервуара, без лопастей, образующих вихрь, для минимизации риска забивания и/или загрязнения внутренней поверхности резервуара.

Резервуар 19 сбора жидкости оборудован нагревательной спиралью 20, которая поддерживает, по существу, постоянную температуру собранных жидких и твердых компонентов, на уровне от 15 до 25°C. При этой температуре парафин и гидраты плавятся и всплывают на поверхности воды в резервуаре сбора жидкости так, что верхний слой 21 из парафина, гидратов, конденсата и других углеводородных жидкостей будет плавать над нижним слоем 22 воды.

Воду (H₂O) выпускают через трубопровод 23 выпуска воды в донной части резервуара 19 сбора жидкости, в то время как смесь парафина, гидратов, конденсата и других углеводородов будет перетекать через верхний край 24 резервуара 19 для сбора жидкости в кольцевую зону 25 для сбора углеводородной жидкости, которая оборудована трубопроводом 26 для выпуска углеводородных жидкостей. Трубопровод 23 для выпуска воды оборудован клапаном (не показан), которым управляют так, что поверхность 27 раздела воды/углеводородных жидкостей поддерживают на, по существу, постоянном уровне.

В случае необходимости прерыватель 12 вихря и стенки вертикальной трубчатой секции 10 резервуара 2 вторичного разделения и трубопроводов 3, 3B, 3C и 3D нагревают и/или они оборудованы ультразвуковыми вибрационными преобразователями (не показаны) для предотвращения осаждения на этих компонентах парафина, минеральных отложений и гидратов и других загрязнений. Ультразвуковые вибрационные преобразователи, предпочтительно, передают вибрацию на стенки этих компонентов, чувствительных к загрязнениям, с частотой от 20 до 200 кГц, для стряхивания возможных загрязнений.

Компактная конфигурация узла многоэтапного разделения в соответствии с настоящим изобретением делает ее в достаточной степени пригодной для использования на платформах, установленных на морском шельфе, где ограничено пространство на палубе, и малая площадь поверхностей коротких трубопроводов 3, 3B, 3C и 3D и резервуара 2 вторичного разделения, чувствительных к загрязнениям, которые можно подогревать и на которые можно передавать вибрацию для удаления возможных загрязнений, позволяет использовать первичные циклонные сепараторы, в которых влажный газ адиабатически охлаждается до очень низкой температуры, которая может быть ниже -20 или даже ниже -40°C, так, что максимальное количество воды, гидратов, парафина и/или других конденсируемых и/или отвердевающих компонентов конденсируются и/или отвердевает, без забивания соответствующих периферийных трубопроводов 3, 3B, 3C и 3D и резервуара 2 вторичного разделения типа РНТ.

На фиг. 3 и 4 показана другая предпочтительная конфигурация узла многоэтапного разделения жидкости в соответствии с настоящим изобретением, в котором из двух первичных циклонных инерционных сепараторов 31 и 31А выпускают смесь текучей среды, обогащенную конденсируемыми компонентами, через трубопроводы 33 и 33А тангенциально, в вертикальную трубчатую верхнюю секцию 30 резервуара 32 вторичного разделения текучей среды типа РНТ.

Два первичных циклонных инерционных сепаратора 31 и 31А имеют горизонтальную ориентацию, но в остальном они аналогичны первичным циклонным инерционным сепараторам 1-1D, показанным на фиг. 1 и 2, и также содержат входное отверстие 34 для влажного газа, сопла 35, 35А, в которых поток влажного природного газа ускоряют предпочтительно до сверхзвуковой скорости или до скорости, близкой к скорости звука, и в результате охлаждают его до температуры от -20 до -40°C так, что вода и другие конденсируемые и/или отвердевающие компоненты конденсируются и/или отвердевают, и из охлажденной смеси текучей среды образуют вихрь вокруг одной или нескольких лопастей 36, 36А, образующих вихрь, и разделяют под действием центробежных сил инерции на центральный поток, по существу, сухого газа, который выпускают через центральные выходные отверстия 37, 37А для газа, и кольцевой поток текучей среды, обогащенной конденсируемыми элементами, которая выходит через кольцевую зону 38, 38А сбора в трубопроводы 33 и 33А.

Резервуар 32 вторичного разделения типа РНТ содержит ниже вертикальной трубчатой верхней секции 30 удлиненную, ориентированную горизонтально трубчатую донную секцию 41, в которой жидкости собирают и подвергают дополнительному разделению, прерыватель 42 вихря, который расположен между трубчатой верхней и донной секциями 30 и 41, и куполообразный колпак 43, через который выходной трубопровод 44 третичного газа проходит в трубчатую верхнюю секцию 38.

Вход 45 выходного трубопровода 44 третичного газа расположен ниже уровня, на котором входные трубопроводы 33 и 33А текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, выходят в трубчатую верхнюю секцию 30 резервуара 32 вторичного разделения.

Текучая среда, впрыскиваемая через тангенциально установленные трубопроводы 33 и 33А впрыска текучей среды в трубчатую верхнюю секцию 30, будет циркулировать, если смотреть сверху, в направлении по часовой стрелке, вдоль внутренней стенки трубчатой верхней секции 30, как представлено стрелками 47. Жидкие и/или твердые компоненты будут концентрироваться на внутренней стенке трубчатой секции 30 и в результате действия силы тяжести будут падать через кольцевой зазор 46 вдоль внешней окружности прерывателя 42 вихря в резервуар 49 для сбора жидкости, в удлиненную трубчатую донную секцию 41 резервуара 32 для вторичного разделения текучей среды.

Газообразные компоненты низкой плотности, входящие в состав смеси текучей среды, впрыскиваемой через тангенциальные трубопроводы 33 и 33А впрыска текучей среды в трубчатую верхнюю секцию 30, будут концентрироваться около центра трубчатой верхней секции 30 и протекать в выходное отверстие 44 третичного газа. Расположение входа 45 выходного отверстия 44 для третичного газа ниже уровня, на котором через тангенциальные трубопроводы 44 впрыска текучей среды производят впрыск текучей среды в трубчатую верхнюю секцию 30, будет, в общем, индуцировать вихрь газообразных компонентов в виде вихревого потока 48 в противоположном направлении, если смотреть сверху, т.е. в направлении против часовой стрелки. Вихревой поток 48 в направлении против часовой стрелки, по существу, сухого газа, который циркулирует в направлении, противоположном внешнему потоку 47 конденсируемых компонентов, дополнительно улучшает отделение сухого газа от жидких и/или твердых компонентов. Прерыватель 42 вихря имеет коническую форму, и верхняя часть прерывателя 42 вихря выполняет функцию элемента, стабилизирующего вихрь, для центрального вихревого потока 48 сухого газа, вращающегося против часовой стрелки.

Резервуар 49 сбора жидкости оборудован спиралью 50 нагрева, с помощью которой поддерживают, по существу, постоянную температуру собранной жидкости и твердых компонентов, на уровне от 15 до 45°C. При такой температуре парафины и гидраты плавятся и всплывают поверх воды в резервуаре сбора жидкости так, что верхний слой 51 из парафина, гидратов, конденсата и других углеводородных жидкостей будет плавать над нижним слоем 52 воды. Вспененный верхний слой 51 также минимизирует повторное испарение жидких углеводородов и поэтому будет поддерживать низкую температуру конденсации углеводородов в верхней части внутреннего пространства резервуара 2 типа РНТ.

Воду (H₂O) выпускают через трубопровод 53 выпуска воды в нижней части резервуара 49 для сбора жидкости, в то время как смесь парафина, гидратов, конденсата и других углеводородов будет перетекать через верхний край 54 разделительной стенки 58 с правой стороны резервуара 49 сбора жидкости в зону 55 сбора углеводородных жидкостей, которая оборудована трубопроводом 56 выпуска углеводородных жидкостей. Трубопровод 53 выпуска воды оборудован клапаном (не показан), которым управляют для поддержания поверхности 57 раздела воды/углеводородных жидкостей на, по существу, постоянном уровне.

В случае необходимости, прерыватель 42 вихря, и стенки вертикальной трубчатой верхней секции 30 резервуара 32 вторичного разделения, и трубопроводы 33 и 33А подогревают и/или они могут быть оборудованы ультразвуковыми вибрационными преобразователями (не показаны) для предотвращения осаждения на перечисленных устройствах парафина, минеральных отложений и гидратов и других загрязнений. Ультразвуковые вибрационные преобразователи, предпочтительно, передают вибрацию на стенки этих компонентов, чувствительных к загрязнениям, на частоте от 20 до 200 кГц, для стряхивания возможных загрязнений.

Большой объем и площадь горизонтальной поверхности резервуара 49 для сбора жидкости обеспечивают низкие скорости потока разделяемых воды и сжиженных углеводородных компонентов так, что в резервуаре 49 происходит оптимальное разделение водной и углеводородной фаз под действием силы тяжести.

Следует понимать, что разделительная перегородка 58 может быть удалена из трубчатой донной секции 41 резервуара 32 и что выходное отверстие 56 углеводородной жидкости может проходить через боковую стенку указанной трубчатой донной секции 41 только ниже верхней поверхности вспененного верхнего слоя 51 углеводородных жидкостей.

На фиг. 5 и 6 показан набор из четырех первичных устройств 61, 61В, 61С и 61D охлаждения, которые соединены с резервуаром 62 вторичного разделения текучей среды типа РНТ с помощью набора из четырех тангенциальных вторичных трубопроводов 63, 63В, 63С и 63D впрыска текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами.

Каждое первичное устройство охлаждения содержит входное отверстие 64 для текучей среды, которое соединено с устьем скважины (не показано) для добычи природного газа, через которое добывают смесь природного газа, паров воды, конденсатов, гидратов и других конденсируемых компонентов.

Смесь текучей среды, поступающая в каждое первичное устройство 61, 61В, 61С и 61D охлаждения, ускоряют до высокой, предпочтительно, сверхзвуковой скорости в ограничителе 65 потока, таком как трубка Вентури, штуцер или клапан Джоуля-Томпсона, и, таким образом, охлаждают, предпочтительно, до температуры ниже -20°C так, что пары воды и/или другие конденсируемые компоненты конденсируются и/или отвердевают в результате адиабатического расширения, после чего смесь текучей среды, обогащенной сжиженными и/или отвердевшими конденсируемыми компонентами, протекает в узкие вторичные трубопроводы 63, 63В, 63С и 63D впрыска текучей среды.

Через каждый из трубопроводов 63, 63В, 63С и 63D впрыска текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, текучая среда, обогащенная сжиженными и/или отвердевшими конденсируемыми компонентами, с высокой скоростью поступает в вертикальную секцию 70 резервуара 62 типа РНТ разделения вторичной текучей среды для разделения на, по существу, сухой газ, воду и сжиженные углеводороды и гидраты.

Как показано на фиг. 5, смесь текучей среды, обогащенной сжиженными и/или отвердевшими компонентами, тангенциально подают через группу из четырех первичных инерционных сепараторов 61, 61В, 61С и 61D в вертикальную трубчатую секцию 70 резервуара 62 вторичного разделения типа РНТ, через группу из четырех трубопроводов 63, 63В, 63С и 63D впрыска текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами.

На фиг. 6 схематично представлен вид в вертикальном разрезе первичного инерционного сепаратора 61 и 61С и резервуара 62 вторичного разделения типа РНТ.

Как показано на фиг. 6, резервуар 62 вторичного разделения типа РНТ содержит ниже вертикальной трубчатой секции 70 донную секцию 71, в которой третичный поток жидкостей собирают и дополнительно разделяют, прерыватель 72 вихря, который расположен между трубчатой и донной секциями 70 и 71, и куполообразную верхнюю часть 73, через которую выходной трубопровод 74 третичного газа проходит в трубчатую секцию 70.

Вход 75 выходного трубопровода 74 третичного газа расположен ниже уровня, на котором входные трубопроводы 63, 63А, 63В и 63С текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, выходят в трубчатую секцию 70 резервуара 62 вторичного разделения.

Текучая среда, впрыскиваемая через тангенциальные трубопроводы 63 впрыска текучей среды в трубчатую секцию 70, будет циркулировать в виде сверху в направлении против часовой стрелки, вдоль внутренней стенки трубчатой секции 70, как показано стрелками 77. Третичный поток жидких и/или твердых компонентов будет концентрироваться на внутренней стенке трубчатой секции 70 и в результате действия силы тяжести будет падать через кольцевой зазор 76 вдоль внешней окружности прерывателя 72 вихря в резервуар 79 сбора жидкости, находящийся в донной секции 71 резервуара 62 вторичного разделения текучей среды.

Газообразные компоненты низкой плотности, такие как метан (CH_4) и т.д., смеси текучей среды, впрыскиваемой через тангенциальные трубопроводы 63, 63В, 63С и 63D впрыска текучей среды в трубчатую секцию 70, будут концентрироваться в центральной части трубчатой секции 70 и будут протекать в выходное отверстие 74 третичного газа. Расположение входа 75 выходного отверстия 74 третичного газа ниже уровня, на котором через тангенциальные трубопроводы 63, 63В, 63С и 63D впрыска текучей среды осуществляют впрыск текучей среды в трубчатую секцию 70, будет, в общем, индуцировать вихрь из газообразных компонентов в виде вихревого потока 78 в противоположном направлении, в виде сверху в направлении по часовой стрелке. Вихревой поток 78, вращающийся по часовой стрелке, по существу, сухого газа, который циркулирует под действием эффекта Хирша-Ранкина в направлении, противоположном внешнему потоку 77 конденсируемых компонентов, дополнительно улучшает отделение сухого газа от жидких и/или твердых компонентов. Прерыватель 72 вихря имеет коническую форму, и верхняя часть прерывателя 72 вихря выполняет функцию элемента, стабилизирующего вихрь, для центрального вихревого потока 78 сухого газа, вращающегося по часовой стрелке.

Донная секция 71 резервуара 62 оборудована спиралью 80 нагрева, с помощью которой поддерживают, по существу, постоянную температуру собранных жидких и твердых компонентов в диапазоне от 15 до 25°C. При такой температуре парафины и гидраты плавятся и всплывают на поверхность воды в резервуаре сбора жидкости, при этом верхний слой 81 из парафина, гидратов, конденсата и других углеводородных жидкостей (C_xH_y) будет плавать над нижним слоем 82 воды.

Воду (H_2O) выпускают через трубопровод 64 выпуска воды в донной части резервуара 62, в то время как смесь парафина, гидратов, конденсата и других углеводородов (C_xH_y) выпускают через центральный трубопровод 83 выпуска углеводородных жидкостей. Трубопроводы 83 и 84 выпуска могут быть оборудованы клапанами (не показаны), которыми можно управлять для поддержания поверхности 87 раздела воды/углеводородных жидкостей на, по существу, постоянном уровне.

Если необходимо, воду и углеводороды можно выпускать из резервуара 62 через одно выходное отверстие для жидкости в донной части резервуара 62 для дальнейшего разделения в блоке разделения (не показан), установленном далее по потоку после резервуара 62.

В случае необходимости, прерыватель 72 вихря и стенки вертикальной трубчатой секции 70 резервуара 62 вторичного разделения, а также трубопроводы 63, 63В, 63С и 63D нагревают и/или они могут быть оборудованы ультразвуковыми вибрационными преобразователями (не показаны) для предотвращения осаждения на этих компонентах парафина, минеральных отложений и гидратов и других загрязнений. Ультразвуковые вибрационные преобразователи, предпочтительно, передают вибрацию на стенки этих компонентов, чувствительных к загрязнениям, на частоте от 20 до 200 кГц для стряхивания возможных загрязнений.

Узел многоэтапного разделения текучей среды в соответствии с настоящим изобретением также можно использовать для отделения твердых частиц от газообразного потока текучей среды. В устройствах охлаждения газа твердые частицы будут выполнять функцию источников нуклеации, которые спо-

способствуют росту капелек сжижаемых конденсирующихся компонентов. Твердые частицы будут протекать вместе с сжиженными конденсируемыми компонентами в резервуар сбора жидкости резервуара вторичного разделения текучей среды и, таким образом, отделяться от, по существу, сухого газа, обедненного третичным потоком конденсируемых компонентов, который выходит через верхнюю часть резервуара вторичного разделения текучей среды.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Узел многоэтапного разделения среды, содержащий первичное устройство (1, 31, 61) охлаждения газа, содержащее выходное отверстие (3, 33, 63) для текучей среды, обогащенной сжиженными и/или отвердевшими, конденсирующимися компонентами; и резервуар (2, 32, 62) для вторичного разделения текучей среды, содержащий трубчатую секцию (10, 30, 70), центральная ось которой имеет, по существу, вертикальную или наклонную ориентацию, причем этот резервуар соединен с указанным выходным отверстием (3, 33, 63) для текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, указанного первичного устройства (1, 31, 61) охлаждения газа, в котором при нормальной работе резервуара (2, 32, 62) из текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, индуцируется вихрь вокруг центральной оси трубчатой секции (10, 30, 70) резервуара так, что индуцируется третичный поток (17, 77) сжиженных и/или отвердевших, конденсируемых компонентов под действием силы тяжести и центробежных сил, в виде вихря, направленного вниз, вдоль внутренней поверхности трубчатой секции (10, 30, 70) резервуара, поступающего в резервуар (11, 41, 71) для сбора жидкости, расположенный в донной части резервуара или рядом с ней, для сбора третичной смеси сжиженных и/или отвердевших конденсируемых компонентов, причем резервуар (11, 41, 71) содержит один или несколько нагревателей (20, 52, 80), предназначенных для нагрева третичной смеси, для снижения количества отвердевших, конденсируемых компонентов, и одно или несколько выходных отверстий (23, 26, 53, 56, 83, 84), предназначенных для выпуска третичной смеси из резервуара (11, 41, 71);

отличающийся тем, что множество вторичных трубопроводов (3, 33, 63) впрыска текучей среды множества первичных устройств (1, 31, 61) охлаждения газа присоединены через правильные интервалы по окружности к трубчатой секции (10, 30, 70) резервуара (2, 32, 62) вторичного разделения, причем через эти трубопроводы (3, 33, 63) при работе устройства производят впрыск текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, по меньшей мере, в частично тангенциальном направлении внутрь резервуара (2, 32, 62) вторичного разделения.

2. Узел разделения текучей среды по п.1, в котором резервуар (11, 41, 71) сбора жидкости содержит верхнее выходное отверстие (26, 56, 83) для жидкости, предназначенное для жидких компонентов с малой плотностью, и нижнее выходное отверстие (23, 53, 84) для жидкости, предназначенное для жидких компонентов с высокой плотностью.

3. Узел разделения текучей среды по п.1 или 2, в котором трубчатая секция (10, 30, 70) резервуара (2, 32, 62) вторичного разделения оборудована выходным трубопроводом (14, 44, 74) для третичного газа, вход которого расположен на центральной оси или рядом с ней трубчатой секции (10, 30, 70).

4. Узел разделения текучей среды по п.3, в котором резервуар (2, 32, 62) вторичного разделения имеет куполообразную или выполненную в форме диска верхнюю часть (13, 43, 73), которая установлена поверх трубчатой секции (10, 30, 70), и выходной трубопровод (14, 44, 74) для третичного газа расположен, по существу, коаксиально по отношению к центральной оси трубчатой секции и проходит через указанную верхнюю часть.

5. Узел разделения текучей среды по п.1, в котором выходное отверстие (3, 33, 63) текучей среды, обогащенной сжиженными и/или отвердевшими, конденсируемыми компонентами, по меньшей мере одного первичного устройства (1, 31, 61) охлаждения газа соединено с вторичным трубопроводом (3, 33, 63) впрыска текучей среды, через который во время работы выполняют впрыск текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, по меньшей мере, в частично тангенциальном направлении в трубчатую секцию (10, 30, 70) резервуара (2, 32, 62) вторичного разделения.

6. Узел разделения текучей среды по п.5, в котором центральная ось трубчатой секции (10, 30, 70) резервуара (2, 32, 62) вторичного разделения имеет, по существу, вертикальную ориентацию и во время работы через указанное множество вторичных трубопроводов (3, 33, 63) впрыска текучей среды выполняют впрыск текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, по меньшей мере, в частично тангенциальном направлении и частично в направлении вниз внутрь резервуара (2, 32, 62) вторичного разделения.

7. Узел разделения текучей среды по п.1, в котором резервуар (11, 41, 71) для сбора жидкости сформирован в чашеобразной трубчатой нижней части резервуара (2, 32, 62) второго этапа разделения, которая установлена, по существу, коаксиально к центральной оси и имеет большую внутреннюю ширину, чем верхняя часть (10, 30, 70) резервуара.

8. Узел разделения текучей среды по п.1, в котором прерыватель (12, 42, 72) вихря установлен внутри резервуара (2, 32, 62) вторичного разделения между нижним торцом трубчатой секции (10, 30, 70) и резервуаром (11, 41, 71) для сбора жидкости.

9. Узел разделения текучей среды по п.1, содержащий один или несколько ультразвуковых вибрационных преобразователей, предназначенных для приложения ультразвуковых вибраций к одному или нескольким компонентам узла, для предотвращения осаждения отвердевших конденсируемых компонентов, таких как лед, парафин и/или гидраты, внутри узла.

10. Узел разделения текучей среды по пп.5, 8 и 9, в котором, по меньшей мере, вторичные трубопроводы (3, 33, 63) впрыска текучей среды и прерыватель (12, 42, 72) вихря оборудованы ультразвуковыми вибрационными преобразователями.

11. Узел разделения текучей среды по п.9 или 10, в котором ультразвуковые вибрационные преобразователи установлены для передачи вибрации на один или несколько компонентов узла на частоте в диапазоне от 20 до 200 кГц.

12. Узел разделения текучей среды по п.1, в котором резервуар (11, 41, 71) для сбора жидкости содержит решетку из труб (20, 52, 80) нагрева, которая предназначена для нагрева смеси текучей среды, содержащей жидкие и твердые компоненты, в резервуаре до температуры, по меньшей мере, 15°C.

13. Узел разделения текучей среды по любому из предыдущих пунктов, в котором каждое устройство охлаждения газа содержит первичный циклонный инерционный сепаратор (1, 31), содержащий сопло (5, 35) расширения, в котором смесь текучей среды охлаждают до температуры ниже 0°C в результате, по существу, изотропного расширения и в котором с помощью одной или нескольких лопастей (6, 36), создающих вихрь, индуцируют вихрь из потока жидкости в расходящейся выходной секции (8, 38), которая оборудована центральным выходным трубопроводом (7, 37) первичной текучей среды, обедненной конденсируемыми компонентами, и внешний выходной вторичный трубопровод (3, 33) текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами.

14. Узел разделения текучей среды по п.13, в котором каждый первичный циклонный инерционный сепаратор (1, 31) содержит расширительное сопло (5, 35), которое предназначено для ускорения смеси текучей среды в сопле до сверхзвуковой скорости, в результате чего при работе текучая среда, проходящая через сопло, охлаждается до температуры ниже -20°C.

15. Узел разделения текучей среды по п.13 или 14, содержащий множество первичных циклонных инерционных разделителей (1, 31), расширительные сопла (5, 35) которых расположены, по существу, параллельно и на равном расстоянии по отношению к центральной оси трубчатой секции (10, 30) резервуара (2, 32) вторичного разделения и в которых выходные отверстия вторичной текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, соединены с вторичными трубопроводами (3, 33) впрыска текучей среды, которые пересекают стенку трубчатой секции (10, 30) резервуара (2, 32) вторичного разделения через правильные интервалы по окружности и расположены, по меньшей мере, частично в тангенциальном направлении, в котором каждый из вторичных трубопроводов (3, 33) впрыска текучей среды имеет длину меньше 4 м.

16. Узел разделения текучей среды по п.1, в котором устройство охлаждения газа содержит штуцеры (65), такие как клапаны Джоуля-Томпсона.

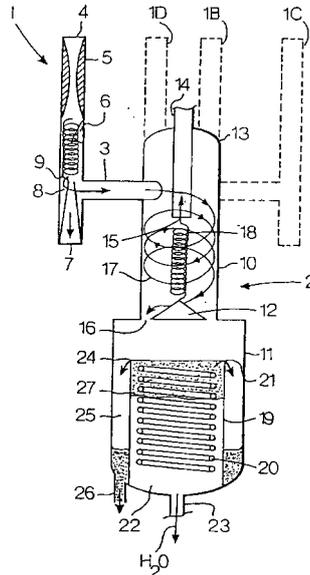
17. Способ отделения конденсируемых компонентов от смеси текучей среды в узле многоэтапного разделения текучей среды, включающий

впрыск смеси текучей среды в первичное устройство (1, 31, 61) охлаждения газа, в котором смесь текучей среды расширяется и охлаждается и конденсируемые компоненты сжижаются и/или отвердевают, и, в случае необходимости, их отделяют от газообразных компонентов под действием центробежной силы, и в котором поток компонентов текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, подают в выходное отверстие (3, 33, 63) для вторичной текучей среды; и

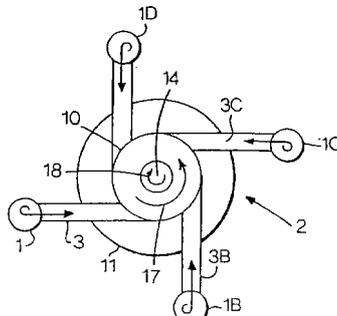
впрыск потока компонентов текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, в резервуар (2, 32, 62) вторичного разделения текучей среды, содержащий трубчатую секцию (10, 30, 70), центральная ось которой имеет, по существу, вертикальную или наклонную ориентацию и в которой из потока текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, образуют вихрь вокруг центральной оси трубчатой секции резервуара так, что под действием силы тяжести и центробежных сил индуцируется вихрь третичной смеси сжиженных и/или отвердевших конденсируемых компонентов, направленный вниз, вдоль внутренней поверхности трубчатой секции резервуара, в резервуар (11, 41, 71) для сбора жидкости, расположенный в донной части резервуара, причем в этом резервуаре третичную смесь сжиженных и/или отвердевших конденсируемых компонентов собирают и нагревают для уменьшения количества отвердевших конденсируемых компонентов и из этого резервуара сжиженные и/или отвердевшие компоненты выпускают через одно или несколько выходных отверстий (23, 26, 53, 56, 83, 84);

отличающийся тем, что множество вторичных трубопроводов (3, 33, 63) впрыска текучей среды множества первичных устройств (1, 31, 61) охлаждения газа присоединены через правильные интервалы вдоль окружности к трубчатой секции (10, 30, 70) резервуара (2, 32, 62) вторичного разделения, причем через эти трубопроводы (3, 33, 63) производят впрыск текучей среды, обогащенной конденсируемыми компонентами, по меньшей мере, в частично тангенциальном направлении внутрь резервуара (2, 32, 62) вторичного разделения.

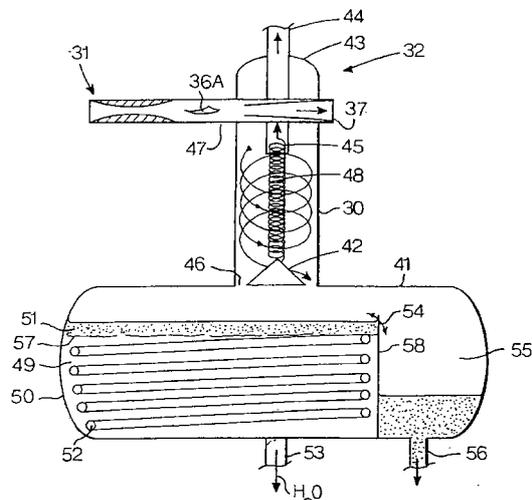
18. Способ по п.17, в котором смесь текучей среды представляет собой поток природного газа, который охлаждают в устройствах охлаждения газа, содержащих один или несколько первичных циклонных инерционных сепараторов (1, 31), до температуры ниже 0°C , в результате чего происходит конденсация и/или отверждение водных и углеводородных конденсируемых компонентов и гидратов газа, и третичная смесь текучей среды содержит воду, лед, углеводородные конденсируемые компоненты и гидраты газа, и ее нагревают в резервуаре (11, 41, 71) сбора третичной текучей среды до температуры выше 15°C для снижения количества гидратов газа, и из этого резервуара углеводородные конденсата малой плотности выпускают через верхнее выходное отверстие (26, 56, 83) для жидкости и водные компоненты с высокой плотностью выпускают через нижнее выходное отверстие (23, 53, 84) для жидкости.



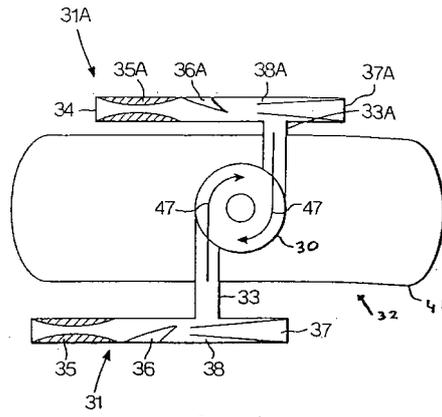
Фиг. 1



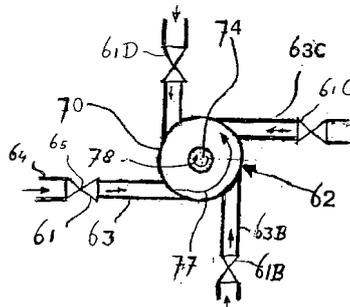
Фиг. 2



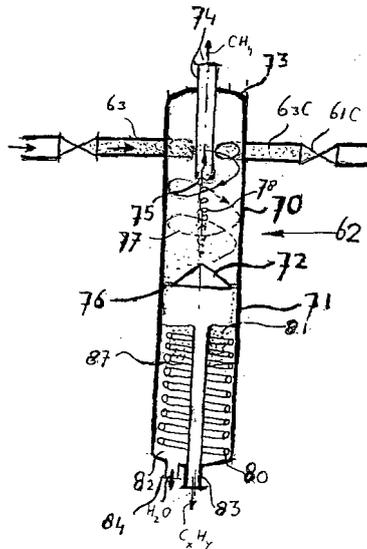
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6