

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **044752**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.09.28**

(51) Int. Cl. *F22B 1/18* (2006.01)  
*E21B 43/24* (2006.01)

(21) Номер заявки  
**202290522**

(22) Дата подачи заявки  
**2020.08.06**

---

(54) **ПАРОГЕНЕРИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО**

---

(31) **62/885,078**

(56) US-A1-20150198025  
WO-A1-2013053048

(32) **2019.08.09**

(33) **US**

(43) **2022.06.30**

(86) **PCT/CA2020/051071**

(87) **WO 2021/026638 2021.02.18**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ДЖЕНЕРАЛ ЭНЕРДЖИ РИКАВЕРИ  
ИНК. (СА)**

(72) Изобретатель:  
**Томпсон Даниэль, Кэй Брайан, Сопко  
Уэсли, Вибе Кевин, Демаре Андриан,  
Дари Брэдли (СА)**

(74) Представитель:  
**Хмара М.В. (RU)**

---

(57) Изобретение относится к парогенерирующему устройству, выполненному с возможностью приема топлива, окислителя, воды и электроэнергии/управляющих сигналов, а также с возможностью сжигания указанного топлива и генерирования пара из воды. Устройство выполнено с возможностью внутрискважинного или поверхностного применения. Устройство включает в себя соединительный компонент, выполненный с возможностью приема исходных ресурсов в виде воды, топлива, окислителя и электроэнергии/управляющих сигналов; компонент отвода потока, соединенный с соединительным компонентом и направляющий исходные ресурсы в устройство; и запальный компонент, выполненный с возможностью воспламенения топлива с образованием пламени. Устройство также включает в себя камеру сгорания, охватывающую пламя; и группу водяных сопел на наружной поверхности устройства, выполненных с возможностью выброса воды на наружную поверхность камеры сгорания, при этом в процессе работы устройства вода переходит в пар. Соединительный компонент устройства образует первый конец, который можно считать верхним концом парогенерирующего устройства, при этом камера сгорания расположена на втором конце устройства, противоположном первому.

---

**B1**

**044752**

**044752**

**B1**

### Область техники

Изобретение относится к парогенерирующему устройству, в частности к парогенерирующему устройству и способу генерирования пара, исходными ресурсами для которых являются вода, топливо и кислород.

### Уровень техники

В мире много нефтяных залежей, содержащих вязкие углеводороды, во многих случаях именуемые "битум", "смола", "тяжелая нефть" или "сверхтяжелая нефть" (собираательно называемые в настоящем документе термином "тяжелая нефть"), причем вязкость тяжелой нефти может составлять от 3000 до более чем 1000000 сП. Высокая вязкость затрудняет добычу нефти, так как она не может свободно течь из пласта.

Наиболее распространенным способом добычи, позволяющим сделать ее экономически целесообразной, является нагрев тяжелой нефти, например, путем нагнетания пара, для снижения вязкости. Обычно при разработке залежей тяжелой нефти применяют циклическую паростимуляцию (ЦПС), вытеснение паром ("вытеснение") и парогравитационный дренаж (ПГД), при которых пар нагнетают с поверхности в пласт для нагрева нефти и, тем самым, снижают ее вязкость до уровня, достаточного для эффективной добычи.

Нагнетание пара с поверхности имеет ряд ограничений, обусловленных низкой эффективностью поверхностных испарителей, потерей энергии в поверхностных линиях и потерей энергии в скважине. Стандартные нефтепромысловые испарители преобразуют от 85 до 90% энергии топлива в пар, при этом потеря энергии топлива в поверхностных трубопроводах составляет от 5 до 25% в зависимости от протяженности трубопроводов и качества изоляции, и наконец, на теплотери в стволе скважины могут приходиться 5-15% энергии топлива в зависимости от глубины скважины и способов изоляции внутри скважины. Таким образом, суммарные потери энергии могут превышать 50% энергии топлива до того, как пар дойдет до пласта. В случае глубоких залежей тяжелой нефти, в результате теплотери при нагнетании пара с поверхности, до пласта зачастую доходит не пар, а горячая вода.

Кроме того, многие залежи тяжелой нефти не реагируют на традиционное нагнетание пара, поскольку давление естественного вытеснения в них является низким или вообще отсутствует. Даже если пластовое давление изначально является достаточным для осуществления добычи, оно по мере добычи, очевидно, начинает падать. Следовательно, известные способы парообработки в данных случаях имеют низкую эффективность, так как генерируемый пар имеет низкое давление, например, несколько атмосфер. Поэтому непрерывное нагнетание пара или "вытеснение паром", как правило, исключается. В связи с этим, во многих случаях эксплуатации с нагнетанием пара применяют циклическую технологию, известную как "пароциклическая обработка скважины". Данная технология предусматривает нагнетание пара в течение заранее определенного периода времени с последующим прекращением нагнетания пара и закрытием скважины на заранее определенный период времени, именуемый "период пропитки". Затем осуществляют насосную эксплуатацию скважины до заранее определенного уровня истощения и повторяют цикл. Однако пар проникает только в очень малую часть пласта, окружающего ствол скважины, в частности, потому что нагнетание пара происходит под относительно низким давлением.

Еще одним недостатком известных технологий генерирования пара является образование загрязняющих воздух веществ, а именно  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  и выбросов твердых частиц. В ряде регионов установлены максимально допустимые пределы выбросов для таких операций парообработки, обычно действующие на обширных территориях, где имеются большие месторождения тяжелой нефти и где операции парообработки осуществляются в промышленных масштабах. Поэтому количество операций парообработки на отдельно взятом месторождении может быть строго ограничено, и в некоторых случаях приходится осуществлять раздельную эксплуатацию для ограничения загрязнения воздуха.

Также были предложены системы сжигания топлива высокого давления для применения на поверхности. В таких системах для превращения воды в пар используют отработанные газы из камеры сгорания, при этом и отработанный газ, и пар нагнетают вниз по стволу скважины. Это позволяет по существу устранить или по меньшей мере сократить потребность в мерах по борьбе с загрязнением воздуха в результате процесса сгорания, так как все продукты сгорания нагнетают в пласт, при этом большая часть попавших таким образом в нефтяной пласт загрязнителей остается блокированной в нем. Нагнетаемая смесь обычно имеет следующий состав: приблизительно 60-70% пара, 25-35% азота, приблизительно 4-5% диоксида углерода, менее 1% кислорода, в зависимости от того, применяют ли избыток кислорода для полного сгорания, и следовые количества  $\text{SO}_2$  и  $\text{NO}_x$ . Известно, что  $\text{SO}_2$  и  $\text{NO}_x$  образуют кислые вещества. Однако потенциальные коррозионные воздействия от этих веществ можно существенно уменьшить или вообще устранить за счет соответствующей подготовки воды, применяемой для создания пара, и разбавления кислых соединений нагнетаемой водой.

Известно, что применение для данной операции комбинации пара, азота и диоксида углерода обеспечивает дополнительное преимущество по сравнению с применением только пара. Помимо нагрева пласта и нефти за счет конденсации пара, диоксид углерода разжижает нефть, в частности в зонах пласта перед паром, где нефть является холодной, а азот повышает или восстанавливает пластовое давление.

Очень серьезным недостатком известной на текущий момент наземной системы высокого давления является то, что она содержит сложное компрессорное оборудование и крупный резервуар сгорания, работающий под высокими давлениями и высокими температурами. Данное сочетание требует присутствия квалифицированных механиков и электриков для безопасной эксплуатации оборудования.

Одно решение, позволяющие преодолеть недостатки, связанные с генерированием пара на поверхности, состоит в размещении внутри скважины, вблизи подлежащего паровой обработке пласта, парогенератора, нагнетающего в пласт смесь пара и отработанных газов. Данное решение обеспечивает вышеуказанные преимущества, состоящие в увеличении глубины, на которой паровая обработка может быть экономически целесообразной и практически осуществимой, а также в повышении дебита и объема добычи за счет нагнетания смеси пара с отработанными газами.

Было предложено множество скважинных парогенераторов, однако известные конструктивные решения являются очень сложными, что приводит к возникновению проблем при их изготовлении и эксплуатации. Кроме того, известные конструктивные решения требуют частого техобслуживания в связи с образованием отложений из-за жесткой воды или отказами запальника, обусловленными предельно тяжелыми условиями внутри скважины. Долговечность имеет большую важность, так как всякий раз, когда нужно выполнить техобслуживание, устройство необходимо извлечь из скважины, что требует больших временных и финансовых затрат.

С учетом вышесказанного, существует потребность в долговечном парогенерирующем устройстве. Такое устройство можно применять как на поверхности, так и внутри скважины.

### **Сущность изобретения**

Согласно своему первому аспекту, изобретение относится к устройству генерирования пара и газов сгорания для добычи нефти из нефтяной скважины, содержащему: первый конец, выполненный с возможностью приема исходных ресурсов, включающих воздух, топливо и воду; запальный компонент, расположенный внутри устройства и выполненный с возможностью воспламенения топлива и воздуха с образованием пламени; камеру сгорания, охватывающую пламя, которая расположена на втором конце, противоположном первому концу, и ограничена стенкой и выходом, выполненным с возможностью выпуска продуктов сгорания; и канал для воды, который проходит от первого конца основного корпуса и оканчивается в сопле на наружной поверхности устройства, при этом указанное сопло направляет поток воды по меньшей мере частично в аксиальном направлении вдоль наружного участка стенки, причем вдоль этого наружного участка стенки происходит по меньшей мере частичное испарение воды с образованием пара.

Согласно другому аспекту, изобретение относится к способу генерирования пара посредством парогенерирующего устройства для добычи нефти из нефтяного пласта, включающему в себя следующие этапы: подача воздуха, воды, топлива и электроэнергии или сигнал управления в парогенератор; выброс воды из сопла на наружной поверхности парогенератора; розжиг пламени с помощью запального компонента; испарение воды, выброшенной из сопла, путем пропускания потока воды вдоль участка наружной поверхности стенки камеры сгорания к выходу из камеры сгорания, в то время, как продукты сгорания, вызванного пламенем, текут внутри камеры сгорания к выходу из камеры сгорания; и направление пара и продуктов сгорания в нефтяной пласт.

Согласно другому аспекту, изобретение относится к устройству генерирования пара и газов сгорания для добычи нефти из нефтяной скважины, содержащему: первый конец, выполненный с возможностью приема исходных ресурсов, включающих воздух, воду и топливо, причем воздух поступает в устройство в зоне отверстия на верхней части первого конца, при этом указанное отверстие не содержит каких-либо соединений и обеспечивает возможность сообщения устройства с наружной поверхностью; участок на первом конце устройства, выполненный с возможностью присоединения линий подвода воды и топлива к устройству; запальный компонент, расположенный в основном корпусе и выполненный с возможностью воспламенения воздуха и топлива с образованием пламени; камеру сгорания, охватывающую пламя, которая расположена на втором конце, противоположном первому концу и ограничена стенкой и выходом, выполненным с возможностью выпуска продуктов сгорания в скважину; и канал, проходящий в устройстве от указанного отверстия к камере сгорания, предназначенный для пропускания потока воздуха от отверстия в камеру сгорания.

### **Краткое описание чертежей**

Для лучшего понимания изобретения, оно проиллюстрировано следующими фигурами.

Фиг. 1 в поперечном сечении изображает парогенерирующее устройство и пламя в нем.

Фиг. 2А в поперечном сечении изображает другое парогенерирующее устройство, расположенное в нефтяном пласте и оснащенное дополнительными соплами и наружным кожухом.

Фиг. 2В в поперечном сечении изображает другое парогенерирующее устройство, расположенное в нефтяном пласте и оснащенное опорами смесителя и необязательными вариантами переходного конуса.

Фиг. 2С в изометрии изображает парогенерирующее устройство, оснащенное опорами смесителя и переходным конусом с удлинителем.

Фиг. 3А в аксонометрии изображает парогенерирующее устройство с соплами на его наружной поверхности.

Фиг. 3В в аксонометрии изображает парогенерирующее устройство, сопла которого находятся в процессе работы.

Фиг. 3С в аксонометрии изображает парогенерирующее устройство, сопла и удлинительные водяные трубки которого находятся в процессе работы.

Фиг. 4А сверху изображает установленное парогенерирующее устройство, соединенное с поверхностью посредством составного шлангокабеля.

Фиг. 4В сверху изображает установленное парогенерирующее устройство, соединенное с поверхностью посредством многоканального шлангокабеля.

Фиг. 4С сверху изображает установленное парогенерирующее устройство, соединенное с поверхностью посредством составного шлангокабеля и кольцевого перепускного канала для подвода окислителя.

Фиг. 4D в поперечном сечении изображает парогенерирующее устройство, содержащее кольцевой перепускной воздушный канал.

### Осуществление изобретения

Последующий раздел "Осуществление изобретения" и приведенные в нем примеры раскрывают различные варианты настоящего изобретения, которые, тем не менее, не являются единственно возможными вариантами, предусмотренными автором изобретения. В этом разделе приведены некоторые частные детали, позволяющие составить исчерпывающее представление об изобретении. Однако специалистам в данной области техники должно быть понятно, что изобретение может быть реализовано и без указанных частных деталей.

Изобретение в целом относится к парогенерирующему устройству и способу генерирования пара внутри скважины или на поверхности, предназначенным для нагнетания пара и отработанного газа в нефтяной пласт.

Нагнетание пара часто используют для добычи тяжелой нефти, однако настоящее изобретение не ограничено случаем добычи тяжелой нефти и может находить свое применение для генерирования пара вообще. В число вариантов применения изобретения входит, помимо прочего, генерирование пара для цели добычи тяжелой нефти или для иных промышленных целей, водоочистки и т.п. Кроме того, применение парогенерирующего устройства для целей добычи тяжелой нефти предусматривает возможность его использования во множестве конфигураций, например, на поверхности или в скважинах с вертикально, горизонтально или иным образом направленным стволом.

На фиг. 1, 3А и 3В показано парогенерирующее устройство 100, выполненное с возможностью приема топлива и воды и с возможностью сжигания указанного топлива и генерирования пара из указанной воды. Устройство выполнено с возможностью внутрискважинного или поверхностного применения. В варианте, проиллюстрированном на фиг. 1, устройство 100 включает в себя: соединительный компонент 2, выполненный с возможностью приема исходных ресурсов в виде воды, топлива и окислителя; компонент 4 отвода потока, соединенный с соединительным компонентом и направляющий исходные ресурсы через устройство; и запальный компонент 5, выполненный с возможностью воспламенения топлива для образования пламени F. Устройство 100 также включает в себя камеру 74 сгорания, выполненную с возможностью вмещения пламени; и группу водяных сопел 6 на наружной поверхности устройства. Каждое из сопел содержит отверстие и выполнено с возможностью выброса воды на наружную поверхность камеры 74 сгорания. В процессе работы устройства 100 происходит преобразование воды в пар. Соединительный компонент 2 образует первый конец, который можно считать верхним концом парогенерирующего устройства, при этом камера сгорания расположена на втором конце устройства, противоположном первому.

Соединительный компонент, компонент 4 отвода потока, запальный компонент 5 и т.п. могут представлять собой либо обособленные, но соединенные друг с другом части устройства, либо функциональные участки устройства, связанные с ним без возможности отсоединения, например, выполненные за одно целое с ним.

Во время работы может быть задействована по меньшей мере одна подводящая линия 1, выполненная с возможностью соединения с устройством для подачи исходных ресурсов. Линии 1 поступают в соединительный компонент 2 устройства. Соединительный компонент 2 выполнен с возможностью приема любых линий 1 и соединения с ними. Исходные ресурсы могут приниматься компонентом 2 через соединения, которые могут быть надлежаще уплотнены и выполнены с возможностью удобной замены, ремонта и видоизменения. Например, соединительный компонент 2 может включать в себя один или несколько соединителей, образующих связующее звено между группой вводов и каналов, ведущих к компоненту 4 отвода потока. Линии 1 выполнены с возможностью подачи под давлением исходных ресурсов, например, окислителя (например, воздуха), топлива и воды, или сигналов управления воспламенением к соединительному компоненту 2.

Компонент 4 отвода потока подает топливо и воздух от компонента 2 к запальному компоненту 5 и подает воду от компонента 2 в сопла 6. Компонент 4 отвода потока содержит первый конец 41, принимающий подаваемые материалы от соединительного компонента 2. Компонент 4 отвода потока направляет подаваемые материалы в пределах устройства для их применения и потребления. Подача топлива и воздуха в устройство может происходить по линиям 1 с возможностью их отведения через устройство посредством компонента 4 отвода потока и выпуска в камеру 74 сгорания, где происходит их сгорание. Вода может поступать в устройство из линии 1 с возможностью ее отвода компонентом 4 отвода потока в водяные сопла 6, из которых происходит выпуск воды, при этом во время работы происходит частичное испарение воды с образованием пара при ее протекании вдоль наружной стенки камеры сгорания или поступлении в горячие газы сгорания, выходящие из камеры сгорания.

В частности, компонент 4 отвода потока включает в себя группу каналов 4а, 4б, 4с, по которым текут исходные ресурсы в виде топлива, воды и окислителя. В число каналов входят: канал 4а окислителя, проходящий от первого конца устройства, например, от входа в устройство, к камере сгорания, канал 4б для воды, проходящий от соединительного компонента 2 устройства к соплам 6а, и топливный канал 4с, проходящий от соединительного компонента 2 устройства к камере 74 сгорания. Компонент 4 отвода потока также может вмещать силовые/управляющие линии или каналы, проходящие между верхним концом 41 и различными зонами устройства, например, запальным компонентом 5.

Запальный компонент 5 выполнен с возможностью воспламенения топлива и окислителя, текущих в камеру сгорания. Например, в типовых вариантах изобретения запальный компонент 5 содержит часть, открытую к камере 74 сгорания. Будучи воспламененными, потоки топлива и окислителя продолжают течь в камере 74 сгорания и горят в ней. Запальный компонент может представлять собой генератор искры, нагреваемую поверхность и т.п. В другом варианте осуществления запальный компонент может содержать систему подачи пирофорной или самовоспламеняющейся жидкостей.

Запальным компонентом 5 может управлять система управления, определяющая, когда запальный компонент должен быть приведен в действие. Система управления может осуществлять и иные операции, например, регулировать устойчивость пламени, степень сгорания топлива или измерять показатели стехиометрии, давление воздуха и топлива, подаваемых в устройство. Поэтому система управления может содержать датчики, расположенные, например, в компоненте 4 отвода потока, запальном компоненте 5 или камере 74 сгорания. Например, устройство может содержать линию управления воспламенением, связанную с линией 19 управления в линии 1. Для линии 19 управления воспламенением могут требоваться электрические соединения в компоненте 2.

Камера 74 сгорания расположена на втором конце устройства, противоположном верхнему концу. Камера сгорания сформирована в виде пространства, ограниченного трубчатой стенкой 7, расположенной на втором конце. Трубчатая стенка имеет длину L, измеряемую в аксиальном направлении от закрытого конца (стенки 50 основания) к открытому концу, образующему выход 40 из камеры. Длина L может составлять от 300 до 1000 мм между закрытым концом и открытым концом в зависимости от рабочих параметров устройства и требований к производительности.

Стенка 7 камеры сгорания имеет внутреннюю поверхность 71, обращенную внутрь камеры сгорания, и наружную поверхность 72, которая в варианте, показанном на фиг. 1, представляет собой часть наружной поверхности устройства. Стенка 7 может быть по существу цилиндрической, например, иметь форму полого цилиндра, и в этом случае внутренняя поверхность 71 и наружная поверхность 72 могут быть в целом цилиндрическими, при этом внутренняя поверхность ограничивает внутренний диаметр стенки 7, а наружная поверхность 72 - наружный диаметр стенки 7 и образует ее наружную цилиндрическую поверхность.

Камера 74 сгорания ограничена стенкой 50 основания и внутренней поверхностью 71, а ее длина L является расстоянием между стенкой 50 основания и выходом 40 и задает продольную ось устройства и камеры 74. В процессе работы, пламя находится в камере 74 сгорания, а продукты сгорания выходят из камеры сгорания в зоне выхода 40.

Диаметр выхода 40 камеры сгорания может быть разным. В одном варианте изобретения диаметр выхода 40 меньше наибольшего диаметра камеры 74 сгорания. Иначе говоря, диаметр отверстия на выходе 40 может быть меньше наибольшего размера внутреннего диаметра стенки 7. Таким образом, стенка 7 может содержать сходящийся конусом конец, образующий суженный выход 40. Данный сходящийся конусом конец может упоминаться как "сопло 75 сгорания". Сопло 75 сгорания влияет на выходящие газы сгорания, сужая их поток при прохождении ими через суженный диаметр. Таким образом, сопло 75 сгорания создает противодавление в камере 74, тем самым влияя на удаление текучих сред из камеры и сокращая обратный поток текучих сред в камеру сгорания.

Следует понимать, что, поскольку топливо и окислитель поступают в камеру сгорания у стенки 50 основания или вблизи нее, пламя локализовано вблизи стенки основания и защищено стенкой 7. Пламя создает сильный жар в зоне, где оно локализовано, который распространяется вдоль пламени по ходу его распространения и вдоль пути движения продуктов сгорания, отходящего от пламени. Поэтому стенка 7 камеры сгорания становится чрезвычайно горячей в зоне, находящейся радиально снаружи того места, где пламя локализовано, а также далее от нее по потоку к выходу 40. Происходит передача тепла от внутренней поверхности 71 к наружной поверхности 72.

Сопла 6 закреплены на концах каналов 4б для воды. Сопла расположены на наружной поверхности компонента 4 вблизи стенки 7, ориентированы и выполнены с возможностью разбрызгивания воды вдоль наружной поверхности 72 стенки камеры сгорания в сторону выхода 40. Когда вода течет вдоль стенки 7 камеры сгорания в направлении выхода 40 камеры сгорания, то под действием нагретой наружной поверхности 72 камеры сгорания происходит по меньшей мере частичное испарение воды с образованием пара. В частности, тепло от пламени F у наружной поверхности 72 приводит к по меньшей мере частичному испарению выброшенной из сопел воды с образованием пара. Примечательно, что сопла расположены не с возможностью выброса воды в камеру сгорания, где вода может отрицательно повлиять на пламя, а за пределами камеры на наружной поверхности 72. Таким образом, отверстия сопел открыты к

обращенной радиально наружу поверхности стенки 72 камеры сгорания и в одном варианте осуществления выполнены с возможностью выброса воды по меньшей мере частично в аксиальном направлении вдоль наружной поверхности 72 стенки 7.

В дополнение к расположению на наружной поверхности устройства, сопла 6 могут быть расположены приблизительно в том месте, где топливо и окислитель поступают в камеру сгорания. Например, пламя локализуется в том месте, где происходит соединение и воспламенение воздуха и топлива в камере сгорания, или же немного ниже этого места по потоку. Таким образом, наряду с расположением сопел 6 на наружной поверхности устройства за пределами камеры сгорания, сопла могут быть расположены приблизительно в одном осевом положении с отверстиями каналов 4а воздуха и 4с топлива, ведущими в камеру 74. Это означает, что сопла расположены приблизительно в одном осевом положении с местом, где топливо и воздух поступают в камеру сгорания и непосредственно выше по потоку от места сгорания топлива и воздуха. Расположение сопел 6 приблизительно в одном осевом положении с отверстиями для каналов 4а воздуха и 4с топлива, ведущими в камеру 74, обеспечивает возможность выпуска воды из каналов 4b через сопла на более холодном участке наружной поверхности устройства с одновременным направлением воды для прохождения вдоль или падения на гораздо более горячую поверхность устройства, обращенную радиально наружу от места образования пламени.

В проиллюстрированном варианте изобретения отверстия для каналов 4а воздуха и 4с топлива, ведущие в камеру 74, расположены у стенки 50 основания, следовательно, сопла 6 расположены приблизительно в том месте стенки 50 основания, которое является верхним закрытым концом камеры сгорания. Сопла расположены вблизи наружной поверхности или на наружной поверхности стенки камеры сгорания, радиально снаружи от стенки 50 основания камеры 74 сгорания. В одном варианте осуществления сопла могут быть расположены на наружной поверхности компонента 4 отвода потока по существу на одном уровне, например, по существу в одной плоскости с запальным компонентом 5 и отверстиями для каналов 4а воздуха и 4с топлива в камере 74 сгорания, при этом все из них расположены у стенки 50 основания.

Расположение сопел в одном осевом положении со стенкой 50 основания гарантирует выпуск воды из каналов 4b через сопла до того, как вода поступит на самый горячий участок устройства, находящийся на стенке 7 между местом, где происходит локализация пламени, и выходным концом 40. Таким образом, каналы 4b для воды до достижения ими сопел 6 проходят только через соединительный компонент 2 и компонент 4 отвода потока, но не проходят через устройство вблизи или мимо самого горячего его участка. В одном варианте осуществления каналы 4b оканчиваются в соплах 6, но не проходят в пределах стенки 7.

Подача воды из сопел 6 на наружную поверхность 72 создает эффект охлаждения в зоне стенки 7, где происходит частичное испарение воды с образованием пара. Таким образом, указанное положение сопел позволяет защитить стенку 7 камеры сгорания от теплового разрушения и обеспечивает равномерное распределение температуры вокруг стенки 7 камеры сгорания. Кроме того, в отличие от устройств известного уровня техники, в отношении которых возникали проблемы, связанные с образованием накипи и закупориванием каналов для воды и сопел, в предлагаемом устройстве сопла расположены выше по потоку от самого горячего участка устройства во избежание образования накипи в каналах для воды и соплах. Образование накипи возможно на наружной поверхности устройства, например, на наружной поверхности 72 стенки 7, однако благодаря большой площади открытой поверхности накипь не будет препятствовать разбрызгиванию воды, при этом существует вероятность ее отпадения или скалывания. В отличие от некоторых устройств известного уровня техники, вода для которых должна быть умягченной, предлагаемое устройство с уникальным расположением сопел может работать с источниками неочищенной воды, например, технической воды, поверхностной воды, солоноватой воды и т.п.

В одном варианте осуществления наружная поверхность 72 стенки 7 обработана для придания ей резистивности к образованию накипи в результате испарения воды. Например, наружная поверхность по меньшей мере между соплами 6 и выходным концом 40 может быть отполирована или защищена антипригарным покрытием, например, из тефлона (Teflon™), титановых и керамических составов или аналогичных веществ. Такая подготовка поверхности облегчает удаление накипи во время эксплуатации и планового техобслуживания.

Сопла 6 могут быть установлены с промежутком по окружности устройства с возможностью подачи воды по всей окружности наружной поверхности 72. Количество сопел 6 зависит от расхода, ожидаемых потерь напора и длины камеры сгорания.

В варианте изобретения, представленном на фиг. 3А и фиг. 3В, сопла 6 могут быть предусмотрены в заплечике 65 на наружной поверхности устройства. Заплечик может быть образован в результате изменения наружного диаметра устройства от большего наружного диаметра на верхнем конце до меньшего наружного диаметра на нижнем конце. Заплечик может быть расположен между компонентом 4 отвода потока и стенкой 7 камеры сгорания. Заплечик образует кольцевую грань, по существу перпендикулярную продольной оси устройства. Заплечик 65 обращен вниз, вследствие чего наружный диаметр наружной поверхности по существу в зоне стенки 50 основания и над ней больше наружного диаметра, измеряемого по ширине наружной поверхности 72 стенки камеры сгорания. В одном варианте осуществления

сопла 6 установлены на кольцевой грани заплечика так, что их отверстия выходят в зону вблизи кольцевой грани и направлены к выходу 40 камеры сгорания. Поэтому выброс воды происходит аксиально в противоположную от заплечика сторону вдоль наружной поверхности устройства параллельно стенке 7 камеры сгорания. Сопла 6 могут быть расположены на равном расстоянии друг от друга по окружности заплечика для обеспечения достаточного покрытия водой стенки 7 камеры сгорания. На фиг. 3В сопла 6 изображены в процессе работы, причем выброс воды происходит концентрически из зоны вокруг устройства в направлении выхода 40. В результате происходит образование пленки воды на наружной поверхности 72 стенки 7 камеры сгорания.

Сопла 6 могут быть выбраны для разных типов подачи разбрызгиванием, в том числе веерного, в виде струи/потока, мелкокапельного распыления или разбрызгивания. Кроме того, напор воды и расход потока воды могут быть разными в зависимости от размера устройства, критериев его проектирования и потребляемой устройством мощности.

Если существует необходимость в повышении паросодержания или если установлено, что продукты сгорания, вытекающие из выхода, являются слишком горячими, то может быть целесообразно установить дополнительные удлинительные водяные трубки 12 с соплами 12а на их дальних концах, как это показано на фиг. 2А и 3С. Удлинительные трубки 12 могут сообщаться с некоторыми каналами 4b, например, с теми, что оканчиваются в заплечике 65. На фиг. 3С показано, что все цилиндрические удлинительные водяные трубки 12 могут быть соединены с компонентом 4, например, на заплечике 65, разнесены друг от друга и рассредоточены между соплами 6, и могут проходить по длине L стенки 7 камеры сгорания, оканчиваясь вблизи выхода 40 камеры сгорания. Удлинительные водяные трубки 12 могут служить дополнительным источником воды в дополнение к соплам 6. Поступающую в устройство воду можно подавать и в водяные сопла 6 у стенки 50 основания, и в водяные сопла 12а, установленные на удлинительных трубках 12, а также выбрасывать ее из них. На фиг. 3С показано, как может происходить одновременный выброс воды из сопел 12а на удлинительных водяных трубках и сопел 6.

Сопла 12а расположены вблизи выхода 40, где горячие газы сгорания выходят из устройства в пространство 21. Таким образом, сопла 12а удлинительных трубок 12 могут быть расположены с возможностью выброса воды вблизи газов сгорания или непосредственно в них. Подаваемую в устройство воду направляют в удлинительные водяные трубки 12 и осуществляют ее выброс посредством сопел 12а в пространство 21, где горячие газы сгорания вытекают из выхода 40 камеры сгорания, в результате чего происходит испарение воды с образованием пара. Как показано на фиг. 3С, в изобретении может быть предусмотрено множество удлинительных водяных трубок 12 и сопел 12а.

Удлинительные водяные трубки 12 выполнены с возможностью подачи воды непосредственно к выходу 40, откуда газы сгорания вытекают в пространство 21. Ввод воды непосредственно в вытекающие газы сгорания позволяет напрямую охлаждать газы сгорания. В частности, удлинительные водяные трубки 12 позволяют непосредственно охлаждать горячие газы 21 сгорания, проходящие через выход 40 камеры сгорания. Удлинительные водяные трубки 12 могут выбрасывать воду в аксиальном направлении относительно стенки или могут быть направлены под углом вовнутрь, к выходу 40 камеры сгорания. Таким образом, вода, выбрасываемая из сопел 12а, может быть направлена в аксиальном направлении или под углом радиально вовнутрь, в направлении выхода или под него. Например, дистальный конец удлинительных водяных трубок 12 может быть расположен к выходу 40 под углом  $\alpha$ , составляющим по меньшей мере  $45^\circ$ , обеспечивая выброс воды в пространство 21 ниже выхода, где горячие газы сгорания вытекают из камеры сгорания. Число удлинительных водяных трубок 12 может быть разным в зависимости от желаемого паросодержания, размера скважины, варианта применения и конструкции устройства. Например, если устройство предназначено для применения в скважине с внутренним диаметром менее 229 мм или менее 178 мм, может быть установлено от 4 до 8 удлинительных водяных трубок 12.

Удлинительные водяные трубки 12 с соплами 12а могут обеспечивать наибольший эффект при низкой заданной мощности, например, 5 миллионов БТЕ/ч (1465 кВт). В этом случае, выбрасываемая из сопел 12а вода способствует охлаждению горячих газов сгорания, вытекающих из выхода 40 камеры сгорания.

Соединение удлинительных водяных трубок 12 с устройством может быть механическим или сварным. На фиг. 2А показано, что удлинительные водяные трубки могут едва касаться наружной поверхности 72 камеры сгорания или отстоять от нее. В одном варианте осуществления между каждой трубкой 12 и поверхностью 72 предусмотрено пространство 66. Так удлинительные водяные трубки 12 могут быть изолированы от высокой температуры стенки 7 посредством пленки воды, которая поступает из сопел 6 и может течь в пространство 66 между удлинительными водяными трубками 12 и наружной поверхностью 72 камеры сгорания.

Как сказано выше, устройство выполнено с возможностью внутрискважинного или поверхностного применения. При внутрискважинном применении, устройство устанавливают так, что камера 74 сгорания и сопла 6 открыты в пространство скважины, например, в подлежащий парообработке пласт 11. На фиг. 2А и 2В показаны устройства 100, каждое из которых установлено внутри скважины. Изолирующий пакер 3 фиксирует устройство внутри стенки ствола скважины, в данном случае изображенной в виде обсадной трубы 9. Изолирующий пакер 3 изолирует нижний конец устройства, где происходит генерирование пара, от зоны скважины над пакером. Так

пакер 3 удерживает пар и тепло из камеры 74 сгорания внутри скважины и препятствует течению пара вверх вдоль кольцевого пространства в противоположную сторону от нефтяного пласта 11. Устройство может быть установлено вблизи перфорационных каналов 10 и нефтяного пласта 11 для снижения риска повреждения и потери энергии в обсадной трубе 9 скважины и других пластах над данным нефтяным пластом. Изолирующий пакер 3 содержит по меньшей мере один механический, гидравлический, надувной, разбухающий или противоскользкий пакерный элемент.

Изолирующий пакер 3 установлен концентрически относительно наружной поверхности устройства, над устройством на соединенном с ним, но обособленном устройстве, или на линиях 1. Пакер 3 изначально находится в убранном положении, когда он не эксплуатируется или во время спуска в скважину, при этом после его доставки в требуемую часть скважины, его устанавливают путем расширения пакерных элементов.

В одном варианте изобретения изолирующий пакер установлен по окружности устройства между соединительным компонентом 2 и соплами 6. То есть, находясь в скважине, соединительный компонент располагается выше пакера по стволу скважины, а сопла 6 и выход 40 располагаются ниже пакера 3 по стволу скважины. Пакер 3 препятствует какой-либо иной связи между соединительным компонентом 2 и соплами за исключением связи по каналам 4а, 4б, 4с.

После размещения устройства в скважине, выше устройства по стволу скважины над пакером 3 может быть размещена кольцевая система 23 охлаждения.

Фиг. 2А-2С иллюстрируют другие возможные особенности парогенерирующего устройства. Проиллюстрированное устройство имеет сужающую конструкцию для принудительного смешивания не перешедшей в пар воды, пара и газов сгорания в области ниже по потоку от выхода 40 камеры сгорания. Сужающая конструкция позволяет регулировать отдачу тепла и пара из устройства. Сужающая конструкция принудительно создает радиальный направленный к центру поток, тем самым вмешивая не перешедшую в пар воду и пар в отработанные газы, вытекающие из выхода 40, одновременно обеспечивая испарение воды и охлаждение отработанных газов. Сужающая конструкция может содержать переходный конус 14 на втором, нижнем, конце устройства ниже выхода 40 с пространством 21 между ними.

Переходный конус включает в себя конические воронкообразные боковые стенки, сходящиеся от входного открытого верхнего конца 14а к выходному открытому нижнему концу 14б. Диаметр отверстия нижнего конца конуса меньше, чем у его верхнего конца. Более широкий верхний конец расположен на устройстве ближе к выходу 40, чем нижний конец 14б.

В одном варианте изобретения диаметр открытого верхнего конца 14а переходного конуса 14 больше диаметра выхода 40, что способствует слиянию не перешедшей в пар воды и пара, проходящего вдоль наружной поверхности 72, с газами сгорания, вытекающими из выхода 40. В частности, верхний конец 14а принуждает смешиваться текучие среды в пространстве 21 и проходить через нижний выход 14б меньшего диаметра. В одном варианте осуществления диаметр верхнего конца переходного конуса 14 приблизительно равен диаметру обсадной трубы ствола скважины, в котором предполагается использовать рассматриваемое устройство, т.е. приблизительно равен диаметру пакера 3 в установленном состоянии. Поэтому все текучие среды в зоне 21 ниже выхода 40 должны проходить через переходный конус во время их движения от устройства. Нижний выход 14б меньшего диаметра может быть удлинен удлинителем в виде сплошной цилиндрической стенки соответствующего диаметра для регулирования динамики течения вытекающего пара и отработанных газов сгорания. Например, удлинитель может снижать образование вихревых потоков при выходе текучей среды из конуса 14.

Переходный конус 14 может быть соединен с устройством различными способами, например, расположен по существу концентрически относительно выхода 40 с образованием пространства под ним. При наличии опасений, касающихся управления устройством или повреждения обсадной трубы, сужающая конструкция может включать в себя по существу сплошной цилиндрический кожух 8 для присоединения конуса 14 в правильном положении на устройстве. Такое устройство показано на фиг. 2А. В таком устройстве наружный кожух 8 включает в себе нижний конец устройства, включая стенку 7, с соплами 6 между ними. На своем нижнем конце кожух 8 удерживает переходный конус 14 отстоящий вниз от выхода 40 камеры сгорания. Наружный кожух может представлять собой цилиндрическую сплошную стенку. Так как сопла 6 выходят в кольцевое пространство между наружным кожухом 8 и стенкой 7, наружный кожух 8 и переходный конус 14 удерживают воду из сопел 6, а также образующийся пар и отработанные газы, сначала в пределах устройства. Например, вода, выброшенная из сопел 6, образует поток между стенкой 7 камеры сгорания и внутренним пространством наружного кожуха 8. Устройство с наружным кожухом 8 можно эксплуатировать при более высоких показателях паросодержания (>80%) без повреждения обсадной трубы 9 скважины. Таким образом, кожух 8 становится расходным и защищает обсадную трубу 9 от высокой температуры, создаваемой у стенки 7. Кожух 8 может быть съемно прикреплен к устройству, например, к компоненту 4, с возможностью его замены при техобслуживании.

При необходимости, внутренняя поверхность наружного кожуха может быть подвергнута антипригарной обработке, например, путем нанесения покрытия, речь о котором шла выше.

В другом варианте изобретения, проиллюстрированном на фиг. 2В и 2С, устройство включает в себя кронштейны 13, закрепляющие переходный конус 14 на втором конце, отстоящем вниз от выхода 40.

Кронштейны 13 проходят за пределы нижнего конца стенки 7. Существует множество вариантов для кронштейнов 13. Опоры 13 могут быть выполнены с возможностью более полного охвата наружного выхода 40 и зоны 21, при этом в одном варианте осуществления опоры 13 представляют собой группу разнесенных тонких продолговатых аксиально проходящих стержней с открытыми участками между ними, как это показано на фиг. 2С. Наличие группы разнесенных стержней вместо сплошной цилиндрической стенки снижает вес, сложность и материалоемкость устройства и оставляет настолько открытым кольцевое пространство вокруг стенки 7 под соплом 6, насколько это возможно.

В одном варианте осуществления кронштейны 13 соединены кольцом 13а, закрепленным в концентрическом положении на устройстве над соплами 6, например, на наружной поверхности компонента 4 под пакером 3. В этом случае опоры 13 проходят вниз вдоль основного корпуса и стенки камеры сгорания и аксиально выходят за пределы выхода 40. Таким образом, длина кронштейнов 13 превышает длину L стенки 7, за счет чего они проходят из области над соплами 6 и оканчиваются ниже выхода 40.

Кроме того, кронштейны 13 и/или кольцо 13а могут быть выполнены с возможностью функционирования в качестве средств центрирования устройства относительно обсадной трубы, в которой устройство установлено. Например, опоры и/или кольцо 13а могут выступать в диаметральном направлении за пределы диаметра основного корпуса устройства и компонентов 2 и 4 с образованием номинального наружного диаметра, по существу равного диаметру обсадной трубы ствола скважины, для применения в котором предназначено устройство. Вариант с применением кронштейнов в качестве средств центрирования может содержать по меньшей мере три разнесенных опорных стержня, проходящих аксиально из области на запялке 65 или над ним и разнесенных по окружности с образованием номинального наружного диаметра, по существу равного диаметру обсадной трубы ствола скважины, в котором предполагается размещать устройство, причем указанный диаметр по существу равен диаметру верхнего конца конуса 14 и пакера 3 в установленном положении, т.е. больше наружных диаметров каждого из компонентов 2, 4 устройства и стенки 7.

Верхний конец 14а переходного конуса испытывает опору вблизи обсадной трубы 9 скважины или на нее, поскольку, как сказано выше, диаметр верхнего конца по существу равен диаметру обсадной трубы, в которой установлено устройство. В одном варианте осуществления на верхнем конце переходного конуса 14 предусмотрено уплотнение 15. Уплотнение может представлять собой кольцо, проходящее по всей окружности верхнего конца 14а, диаметр которого выбран так, чтобы обеспечить поджатие к обсадной трубе 9 скважины. Уплотнение 15 может быть выполнено из самых разных устойчивых к высокой температуре гибких материалов, например, из высокотемпературных резиновых смесей, тефлона или аналогичных материалов.

В данном варианте осуществления обсадная труба 9 скважины служит для удержания воды, пара и продуктов сгорания в пределах участка скважины ниже сопел. Например, вода из сопел 6 и образующаяся в результате пар текут вдоль пространства между обсадной трубой 9 скважины, кронштейнами 13 и стенкой 7 до уплотнения 15 и конуса 14, где происходит сужение их потока к центру и сливание с потоком отработанных газов из выхода 40.

Фиг. 4А-4С сверху изображают группу устройств, установленных в обсадной трубе 9 скважины. Данные фигуры иллюстрируют опциональные конфигурации линий 1 подвода, например, линий 17 воздуха, 18 топлива, 19 управления воспламенением/электроснабжения и 20 воды. В варианте, показанном на фиг. 4А, все линии сгруппированы в пучки, при этом трубная проводка большего диаметра вмещает трубы меньшего диаметра. Линии 18 топлива, 19 воды и 20 управления представляют собой линии меньшего диаметра, а линия 17 воздуха занимает по существу остальное пространство в пределах трубы большего диаметра. Соединительный компонент 2 устройства содержит участок соединения для трубы большего диаметра, по которой течет воздух, и участки соединения для каждой из линий 20 воды, 18 топлива и 19 управления воспламенением.

В другом варианте осуществления множество линий могут быть сгруппированы в пучки, например, в виде многоканального шлангокабеля 1а, как это показано на фиг. 4В. Многоканальный шлангокабель 1а может быть соединен с устройством в соединительном компоненте 2. Многоканальный шлангокабель может быть сформирован на основе трубной проводки, концентрических длинномерных гибких труб, гибкого оплетенного шланга, оболочек. Один пример многоканального шлангокабеля известен как трубная система "Атмопрак™" и раскрыт в патенте США № 10273790.

Наружный диаметр линий 1, 1а может зависеть от требуемого давления в конкретном случае применения устройства. Например, для добычи тяжелой нефти наружный диаметр трубной проводки может составлять от 60 до 114 мм и от 15 до 60 мм для трубной системы "Атмопрак". Линии подвода, например, линия 17 воздуха или линия 18 топлива, могут подавать в устройство наибольшие объемы исходных ресурсов по сравнению с каналом 20 для воды и поэтому могут быть выполнены с возможностью жесткого соединения устройства 100 с поверхностью в случаях внутрискважинного применения.

В альтернативном варианте осуществления, показанном на фиг. 4С и 4D, устройство выполнено с возможностью приема воздуха из окружающей среды через отверстие 90 в наружной поверхности устройства, а не путем его подачи через линию. В таком варианте осуществления устройство 100 имеет отверстие 90 впуска окислителя на верхнем конце, например, в компонентах 2 или 4 устройства. Линия 18

топлива, канал 20 для воды и линия 19 управления соединены с устройством в местах индивидуального или группового соединения, при этом воздух поступает через кольцевое пространство скважины и входит в устройство через отверстие 90. Отверстие 90 может не содержать соединений какого-либо типа для линий подвода, например, быстродействующих соединений, резьбовых соединений, соединений типа "Армопак", соединений для длинномерных гибких труб или групповых соединений. Отверстие 90 сообщается с каналом, ведущим в камеру сгорания. Канал может быть выполнен с возможностью пропуска потока воздуха из отверстия 90 в камеру сгорания. На отверстии 90 может быть установлен улавливатель твердых частиц или воды, например, сетчатый фильтр 92, для предотвращения закупорки отверстия 90 и соответствующего канала твердыми частицами или посторонними примесями. В данном варианте осуществления отсутствует линия подвода воздуха в устройство, при этом втягивание воздуха в устройство может происходить из области ствола скважины, расположенной выше от устройства по стволу. Окислитель, например, воздух может быть закачан в область ствола скважины, расположенную выше устройства по стволу. Отверстие 90 образует кольцевой перепускной канал через устройство. Применение кольцевого перепускного канала возможно, например, в случаях, когда требуются большие объемы воздуха. В данных случаях применение кольцевого перепускного канала позволяет снизить давление на поверхности и давление нагнетания для регулирования суммарного давления, действующего на систему.

Воздух из области в пределах обсадной трубы 9 скважины может течь в отверстие 90 с последующим отведением, посредством компонента 4 отвода потока, в камеру 74. Благодаря наличию кольцевого перепускного канала через отверстие 90, рабочие давления на поверхности скважины во время внутрискважинных работ могут быть ниже, чем в случае подачи окислителя по линии, так как площадь сечения потока в кольцевом пространстве в несколько раз больше площади сечения потока в линии 1 подвода. Таким образом, отверстие 90 может обеспечивать преимущество в случае узкой обсадной трубы 9 скважины, состоящее в возможности создания оптимальных рабочих давлений на поверхности устройства. Кроме того, возможно применение более экономичных компрессоров для подачи исходных ресурсов внутрь скважины в случае подачи воздуха через отверстие 90. Подача воздуха по кольцевому пространству через отверстие 90 позволяет подавать дополнительное топливо 17 и воду 20 по линии 1 подвода.

Согласно другому аспекту изобретения, показанному на фиг. 4С, устройство содержит датчик 24 температуры, мониторинг которого можно осуществлять по линиям 1 или дистанционно. Возможно применение и иных датчиков, например, датчика давления или химического датчика. Датчики могут измерять параметры, характеризующие ход операций или свидетельствующие о нарушениях, например, перегреве или утечках. Датчики могут быть расположены выше (как показано) и ниже пакера 3.

Наружный диаметр парогенерирующего устройства 100 может зависеть от внутреннего диаметра обсадной трубы 9 скважины. Наружный диаметр парогенерирующего устройства должен быть меньше внутреннего диаметра обсадной трубы 9 скважины. Обычно внутренний диаметр скважины может быть меньше 200 мм или меньше 125 мм, и в этих случаях максимальный наружный диаметр устройства может составлять приблизительно 190-120 мм для обеспечения возможности его размещения в обсадной трубе 9 скважины.

В случаях внутрискважинного применения парогенерирующего устройства, наружный диаметр устройства может быть ограничен размером обсадной трубы 9 скважины, однако в случаях поверхностного применения ограничение по размеру отсутствует.

Согласно другому аспекту изобретения предложен способ генерирования пара, например, для нагнетания его в пласт 11 с целью добычи нефти из нефтяного пласта. Способ включает в себя следующие этапы: подача воздуха, воды и топлива в парогенерирующее устройство; воспламенение топлива с образованием пламени в камере 74 сгорания; выброс воды из сопел 6 вдоль наружной поверхности стенки 7 камеры сгорания, в результате чего происходит частичное испарение воды с образованием пара и возникает поток вдоль наружной поверхности 72 стенки 7 камеры сгорания, при этом газы сгорания под действием пламени в камере сгорания текут через внутренний проход, ограниченный внутренней поверхностью 71 стенки; и смешивание пара и газов сгорания на выходе 40 камеры сгорания. Смесь пара и газов сгорания может быть передана в пласт.

Подачу воздуха, воды и топлива в устройство можно обеспечить разными способами. Например, исходные ресурсы могут поступать в устройство по многоканальному шлангокабелю. В качестве альтернативы, пространство между устройством и обсадной трубой 9 скважины, в частности кольцевое пространство, может образовывать путь для таких исходных ресурсов, как воздух, если устройство имеет отверстие 90. С помощью запального компонента 5 можно вызывать горение поданного топлива и воздуха с образованием пламени во внутреннем пространстве камеры сгорания. Можно осуществлять выброс воды, текущей в устройство по многоканальному шлангокабелю, через водяные сопла 6, расположенные за пределами камеры сгорания, где локализовано пламя. Сопла 6 могут быть ориентированы с возможностью выброса воды по меньшей мере частично аксиально в сторону выхода 40 камеры сгорания. Вода, текущая продольно по длине L нагретой стенки 7 камеры сгорания, охлаждает стенку и переходит в пар. Только когда пар и вся не перешедшая в пар вода достигают нижнего конца стенки, они входят в соприкосновение с обработанными газами, вытекающими из выхода 40.

Пар, газы сгорания и вся не перешедшая в пар вода могут быть направлены на смешивание, напри-

мер, за счет их прохождения через переходный конус 14, с последующим поступлением в нефтяной пласт 11. Переходный конус придает потоку форму конуса и форсирует смешивание пара и/или воды после прохождения вдоль стенки 7 камеры сгорания и газов сгорания, вытекающих из выхода 40 камеры сгорания. Это повышает паросодержание и снижает температуру отработанных газов на выходе.

Поскольку испарение воды в устройстве происходит на его наружной поверхности, подаваемая в устройство 100 вода может не быть чистой и может представлять собой, например, пресную воду, солоноватую воду или морскую воду. Пар, генерируемый устройством 100, может включать в себя перегретый пар.

Возможно применение самых разных видов топлива, например, природного газа, синтетического газа, пропана, водорода или жидких топлив.

Для применения в типовых нефтяных пластах, давление воздуха или газов можно регулировать в пределах от приблизительно 20 атмосфер (2000 кПа) до приблизительно 70 атмосфер (7000 кПа), а выходную мощность устройства можно регулировать для приведения ее к уровню выше 10 ММ БТЕ/ч (2930 кВт).

Устройство выполнено из материалов, выбранных с учетом суровых внутрискважинных условий, например, высоких температур, наличия пара и коррозионно-активных текучих сред.

Компоненты парогенерирующего устройства 100 являются простыми и легко приспособляемыми, что обеспечивает удобство применения, контроля, ремонта и доработки. Устройство и способ применения устройства генерирования пара позволяют уменьшить или замедлить загрязнение окружающей среды. За счет конструкции и конфигурации компонентов, устройство способно выдерживать высокие температуры и давления при многократном применении. Кроме того, устройство способно повышать и/или восстанавливать повышенное давление в нефтяном пласте благодаря тому, что газы сгорания и пар можно нагнетать в скважину под различными давлениями. Благодаря высокой выходной мощности, устройство может найти широкое применение во многих областях.

Пункты.

а. Устройство генерирования пара и газов сгорания для добычи нефти из нефтяной скважины, содержащее: основной корпус с первым концом, выполненным с возможностью приема исходных ресурсов, включающих воздух, топливо и воду; запальный компонент, расположенный внутри устройства и выполненный с возможностью воспламенения топлива и воздуха с образованием пламени; камеру сгорания, охватывающую пламя, которая расположена на втором конце основного корпуса, противоположном указанному первому концу, и ограничена стенкой и выходом, выполненным с возможностью выпуска продуктов сгорания; и канал для воды, который проходит через основной корпус от первого конца и оканчивается в сопле на наружной поверхности устройства, при этом указанное сопло выполнено с возможностью направления потока воды по меньшей мере частично в аксиальном направлении вдоль наружного участка стенки за пределами камеры сгорания, причем вдоль этого наружного участка стенки происходит по меньшей мере частичное испарение воды с образованием пара.

б. Устройство по предыдущему пункту, в котором сопло расположено приблизительно в том месте, где воздух и топливо поступают в камеру сгорания.

с. Устройство по любому из предыдущих пунктов, в котором сопло расположено снаружи в диаметральной направленности от запального устройства, находящегося в камере сгорания.

д. Устройство по любому из предыдущих пунктов, в котором указанный первый конец имеет соединительный участок, выполненный с возможностью приема линии подвода.

е. Устройство по любому из предыдущих пунктов, в котором первый конец имеет отверстие, выполненное с возможностью приема воздуха со стороны наружной поверхности устройства независимо от линии подвода.

ф. Устройство по любому из предыдущих пунктов, в котором исходные ресурсы дополнительно включают в себя электроэнергию или сигнал управления воспламенением.

г. Устройство по любому из предыдущих пунктов, в котором исходные ресурсы сгруппированы в пучок.

h. Устройство по любому из предыдущих пунктов, дополнительно содержащее переходный конус, отстоящий вниз от выхода камеры сгорания, при этом переходный конус имеет открытый верхний конец и открытый нижний конец, который уже верхнего конца, при этом переходный конус выполнен с возможностью сбора и объединения пара и отработанных газов под указанным выходом.

i. Устройство по любому из предыдущих пунктов, дополнительно содержащее упругое уплотнение, охватывающее открытый верхний конец переходного конуса.

j. Устройство по любому из предыдущих пунктов, дополнительно содержащее наружный кожух, соединяющий переходный конус с устройством, при этом наружный кожух содержит сплошную стенку, окружающую стенку камеры сгорания, при этом сопло расположено в кольцевом пространстве между сплошной стенкой и указанной стенкой.

к. Устройство по любому из предыдущих пунктов, дополнительно содержащее кронштейны, соединяющие переходный конус с устройством, при этом каждый из кронштейнов представляет собой стержневидную конструкцию, проходящую за пределы выхода камеры сгорания.

l. Устройство по любому из предыдущих пунктов, дополнительно содержащее изолирующий пакер,

окружающий устройство между указанным первым концом и соплом.

m. Устройство по любому из предыдущих пунктов, в котором сопло представляет собой одно из группы сопел, расположенных по окружности внешнего периметра устройства.

n. Устройство по любому из предыдущих пунктов, дополнительно содержащее удлинительную водяную трубку, имеющую цилиндрическую конструкцию, которая проходит вдоль указанного наружного участка стенки и оканчивается отверстием вблизи выхода из камеры сгорания, при этом указанное отверстие выполнено с возможностью выброса воды по ширине выхода камеры сгорания.

o. Устройство по любому из предыдущих пунктов, в котором дистальный конец удлинительной водяной трубки оканчивается под углом внутрь к указанному наружному участку стенки и направлен в сторону выхода камеры сгорания.

p. Способ генерирования пара посредством парогенерирующего устройства для добычи нефти из нефтяного пласта, включающий в себя следующие этапы: сжигание воздуха и топлива в камере сгорания парогенерирующего устройства; выброс воды из сопла на наружной поверхности парогенерирующего устройства с возможностью испарения воды и генерирования пара за пределами камеры сгорания; и обеспечение возможности смешивания пара и отработанных газов из камеры сгорания только после того, как отработанные газы выйдут из камеры сгорания, но до того, как пар и отработанные газы войдут в соприкосновение с нефтяным пластом.

q. Способ по предыдущему пункту, в котором этап выброса воды включает направление воды на наружную поверхность стенки камеры сгорания.

r. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором камера сгорания ограничена трубчатой боковой стенкой и дополнительно содержит входы для топлива и воздуха в камеру сгорания, при этом этап сжигания включает локализацию пламени сгорания в пределах боковой стенки ниже по потоку от входов для топлива и воздуха, причем этап выброса воды включает подачу воды через устройство и выпуск воды из устройства на наружную поверхность боковой стенки.

s. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором указанный выпуск происходит между верхним концом парогенерирующего устройства и местом, расположенным снаружи в диаметральном направлении от зоны локализации пламени сгорания.

t. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором этап выброса воды дополнительно включает разбрызгивание воды по ширине выхода камеры сгорания в отработанные газы, выходящие из камеры сгорания.

u. Способ по любому из предыдущих пунктов, дополнительно включающий этап форсирования пропускания пара и отработанных газов через сужающий конус, расположенный ниже по потоку от камеры сгорания.

v. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором воздух для парогенерирующего устройства поступает из области скважины, расположенной над устройством, независимо от линии подвода.

w. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором воздух поступает в парогенерирующее устройство через отверстие на наружной поверхности устройства независимо от линии подвода.

x. Устройство генерирования пара и газов сгорания для добычи нефти из нефтяной скважины, содержащее:

основной корпус с первым концом, содержащим соединительный участок для присоединения линий подвода топлива и/или воды и отверстие впуска воздуха, выполненное с возможностью приема воздуха из атмосферы, окружающей устройство;

запальный компонент, расположенный в основном корпусе и выполненный с возможностью воспламенения воздуха и топлива с образованием пламени;

камеру сгорания, охватывающую пламя, которая расположена на втором конце основного корпуса, противоположном указанному первому концу, и ограничена стенкой и выходом, выполненным с возможностью выпуска продуктов сгорания из камеры сгорания;

и канал, проходящий в устройстве от отверстия впуска воздуха к камере сгорания, предназначенный для пропускания потока воздуха от указанного отверстия в камеру сгорания, а также при необходимости содержащее по меньшей мере одно следующего: изолирующий пакер, окружающий устройство, причем указанное отверстие впуска воздуха расположено между верхним концом первого конца и изолирующим пакером, при этом отверстие впуска воздуха содержит фильтрующий компонент, препятствующий попаданию воды или твердых частиц в указанный канал.

y. Способ генерирования пара посредством парогенерирующего устройства, включающий в себя следующие этапы: прием в парогенерирующее устройство воздуха из атмосферы в пределах зоны скважины, которая открыта к наружной поверхности парогенерирующего устройства; сжигание воздуха и топлива в камере сгорания парогенерирующего устройства с образованием тепла; и выброс воды для ее испарения с образованием пара под действием указанного тепла, выработанного парогенерирующим устройством, при этом в случае необходимости этап приема воздуха включает отфильтровывание воды и твердых частиц из воздуха на наружной поверхности устройства.

Описание и чертежи предназначены для облегчения понимания изобретения специалистом в данной области техники. Однако следует понимать, что описание и чертежи не ограничивают объем правовой охраны изобретения и должны толковаться в расширительном смысле.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство генерирования парогазовой смеси для добычи нефти из нефтяной скважины, содержащее

основной корпус с первым концом, выполненным с возможностью приема исходных ресурсов, включающих воздух, топливо и воду;

запальный компонент, расположенный внутри устройства и выполненный с возможностью воспламенения топлива и воздуха с образованием пламени;

камеру сгорания, охватывающую пламя, которая расположена на втором конце основного корпуса, противоположном указанному первому концу, и ограничена стенкой и выходом, выполненным с возможностью выпуска продуктов сгорания; и

канал для воды, который проходит через основной корпус от первого конца и оканчивается в сопле на наружной поверхности устройства, при этом указанное сопло выполнено с возможностью направления потока воды, по меньшей мере, частично в аксиальном направлении вдоль наружного участка стенки за пределами камеры сгорания, причем вдоль этого наружного участка стенки происходит, по меньшей мере, частичное испарение воды с образованием пара.

2. Устройство по п.1, в котором сопло расположено приблизительно в том месте, где воздух и топливо поступают в камеру сгорания.

3. Устройство по п.1, в котором сопло расположено снаружи в диаметральной направленности от запального устройства, находящегося в камере сгорания.

4. Устройство по п.2, в котором указанный первый конец имеет соединительный участок, выполненный с возможностью приема линии подвода.

5. Устройство по п.1, в котором первый конец имеет отверстие, выполненное с возможностью приема воздуха со стороны наружной поверхности устройства независимо от линии подвода.

6. Устройство по п.1, в котором исходные ресурсы дополнительно включают в себя электроэнергию или сигнал управления воспламенением.

7. Устройство по п.1, в котором исходные ресурсы сгруппированы в пучок.

8. Устройство по п.1, дополнительно содержащее переходный конус, отстоящий вниз от выхода камеры сгорания, при этом переходный конус имеет открытый верхний конец и открытый нижний конец, который уже верхнего конца, при этом переходный конус выполнен с возможностью сбора и объединения пара и отработанных газов под указанным выходом.

9. Устройство по п.8, дополнительно содержащее упругое уплотнение, охватывающее открытый верхний конец переходного конуса.

10. Устройство по п.8, дополнительно содержащее наружный кожух, соединяющий переходный конус с устройством, при этом наружный кожух содержит сплошную стенку, окружающую стенку камеры сгорания, при этом сопло расположено в кольцевом пространстве между сплошной стенкой и указанной стенкой.

11. Устройство по п.8, дополнительно содержащее кронштейны, соединяющие переходный конус с устройством, при этом каждый из кронштейнов представляет собой стержневидную конструкцию, проходящую за пределы выхода камеры сгорания.

12. Устройство по п.1, дополнительно содержащее изолирующий пакер, окружающий устройство между указанным первым концом и соплом.

13. Устройство по п.1, в котором сопло представляет собой одно из группы сопел, расположенных по окружности внешнего периметра устройства.

14. Устройство по п.1, дополнительно содержащее удлинительную водяную трубку, имеющую цилиндрическую конструкцию, которая проходит вдоль указанного наружного участка стенки и оканчивается отверстием вблизи выхода из камеры сгорания, при этом указанное отверстие выполнено с возможностью выброса воды по ширине выхода камеры сгорания.

15. Устройство по п.14, в котором дистальный конец удлинительной водяной трубки оканчивается под углом внутрь к указанному наружному участку стенки и направлен в сторону выхода камеры сгорания.

16. Способ генерирования парогазовой смеси для добычи нефти из нефтяного пласта, включающий использование устройства по п.1, содержащий следующие этапы: сжигание воздуха и топлива в камере сгорания парогенерирующего устройства; выброс воды из сопла на наружной поверхности парогенерирующего устройства с возможностью испарения воды и генерирования пара за пределами камеры сгорания; и обеспечение возможности смешивания пара и отработанных газов из камеры сгорания только после того, как отработанные газы выйдут из камеры сгорания, но до того, как пар и отработанные газы войдут в соприкосновение с нефтяным пластом.

17. Способ по п.16, в котором этап выброса воды включает направление воды на наружную поверхность стенки камеры сгорания.

18. Способ по п.16, в котором камера сгорания ограничена трубчатой боковой стенкой и дополнительно содержит входы для топлива и воздуха в камеру сгорания, при этом этап сжигания включает ло-

кализацию пламени сгорания в пределах боковой стенки ниже по потоку от входов для топлива и воздуха, причем этап выброса воды включает подачу воды через устройство и выпуск воды из устройства на наружную поверхность боковой стенки.

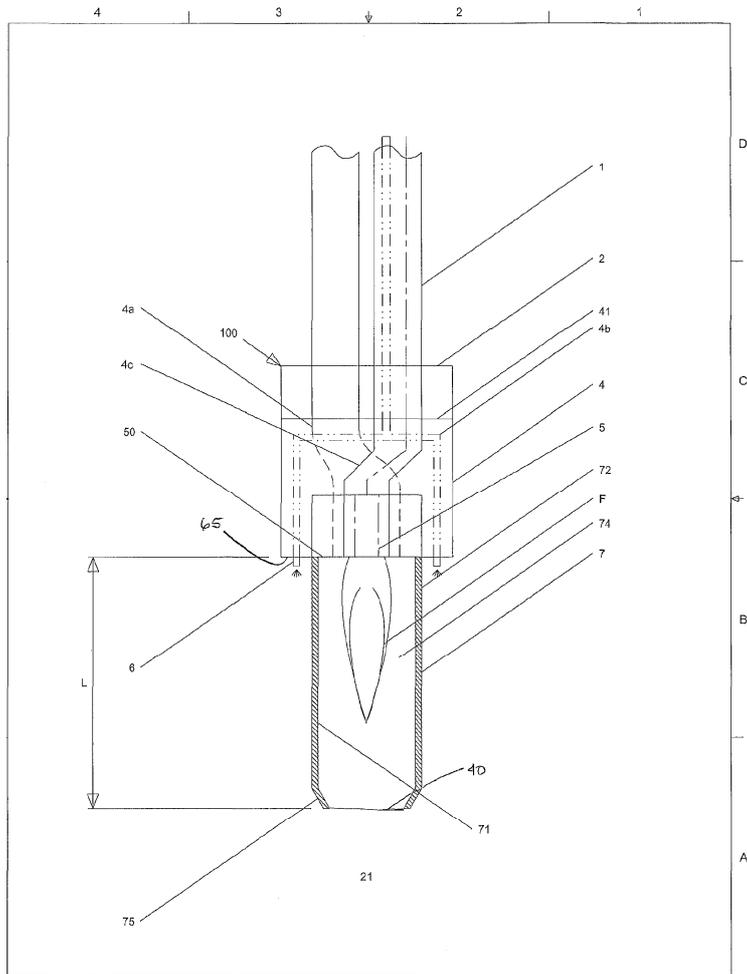
19. Способ по п.18, в котором указанный выпуск происходит между верхним концом парогенерирующего устройства и местом, расположенным снаружи в диаметральном направлении от зоны локализации пламени сгорания.

20. Способ по п.17, в котором этап выброса воды дополнительно включает разбрызгивание воды по ширине выхода камеры сгорания в отработанные газы, выходящие из камеры сгорания.

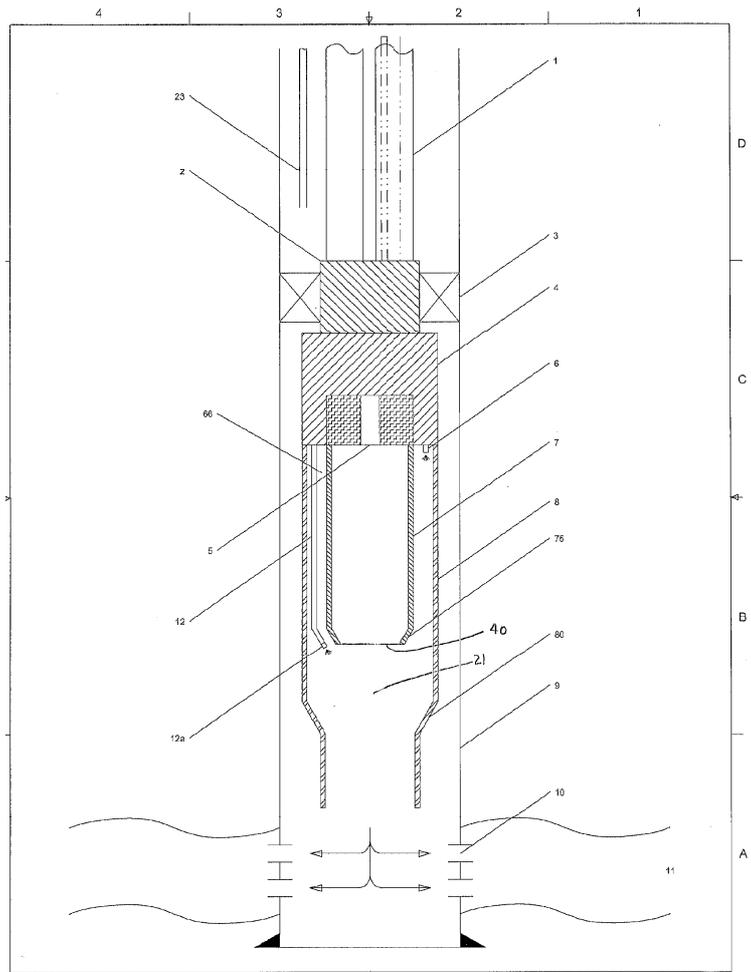
21. Способ по п.16, дополнительно включающий этап форсирования пропускания пара и отработанных газов через сужающийся конус, расположенный ниже по потоку от камеры сгорания.

22. Способ по п.16, в котором воздух для парогенерирующего устройства поступает из области скважины, расположенной над устройством, независимо от линии подвода.

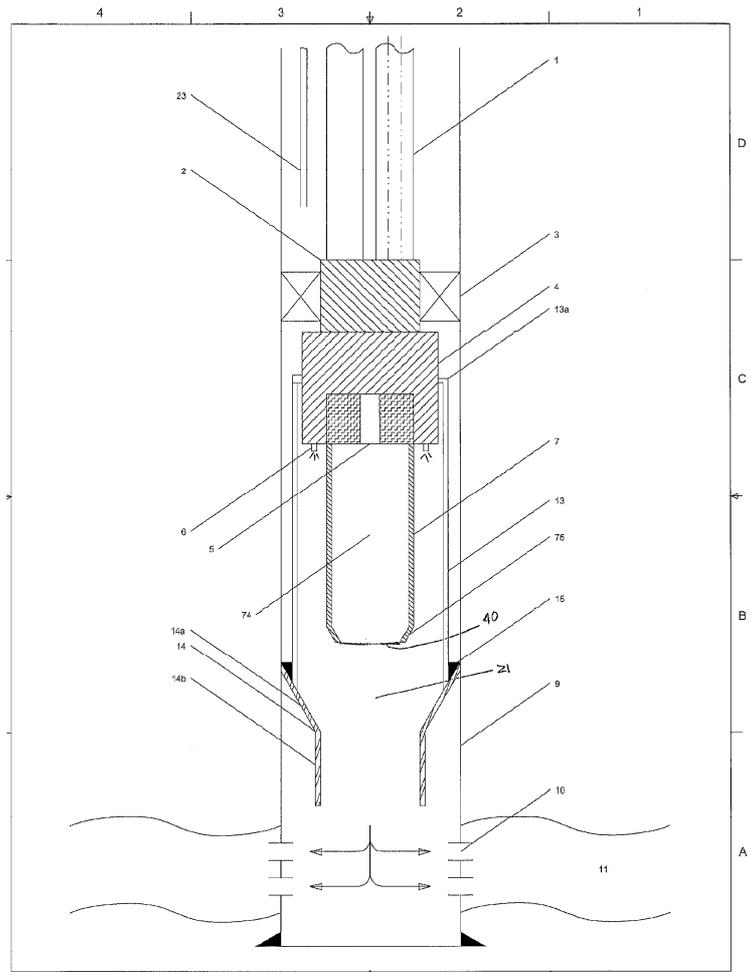
23. Способ по п.22, в котором воздух поступает в парогенерирующее устройство через отверстие на наружной поверхности устройства независимо от линии подвода.



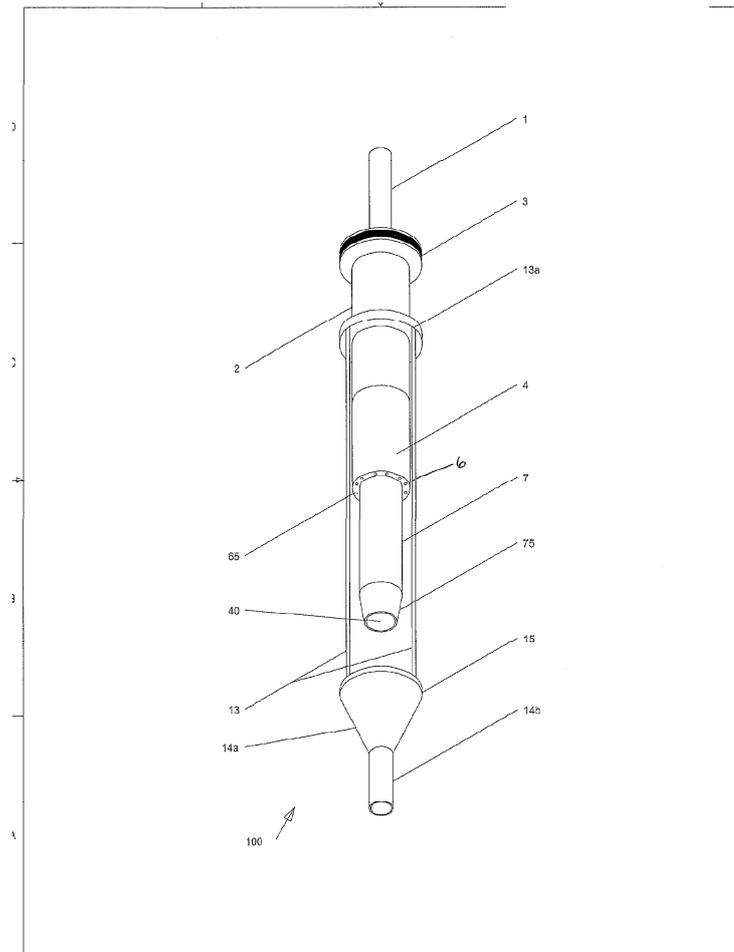
Фиг. 1



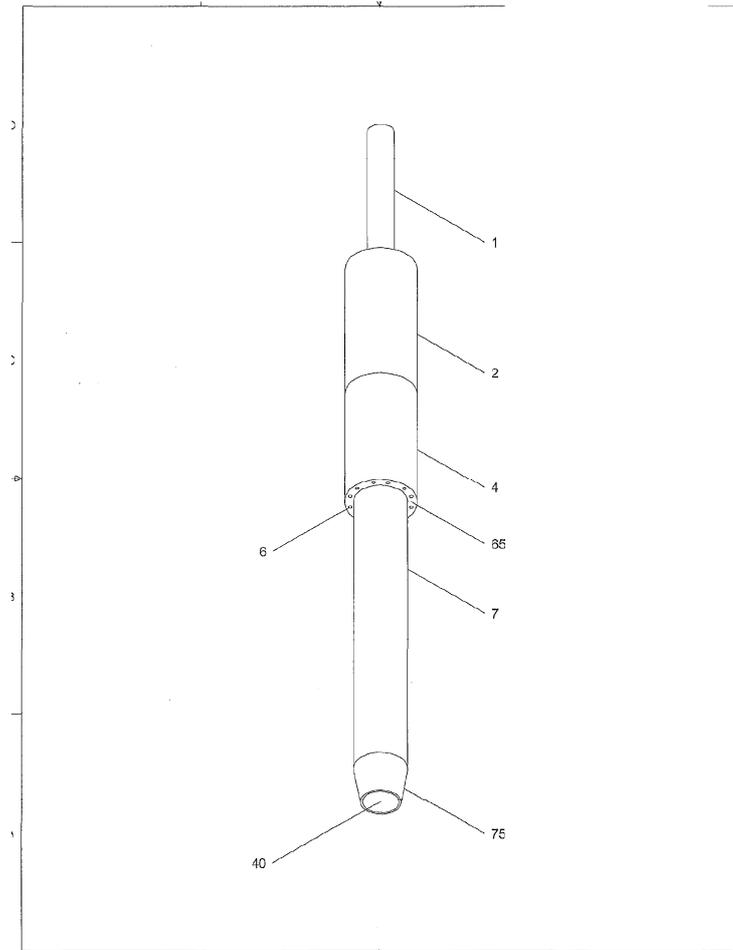
Фиг. 2А



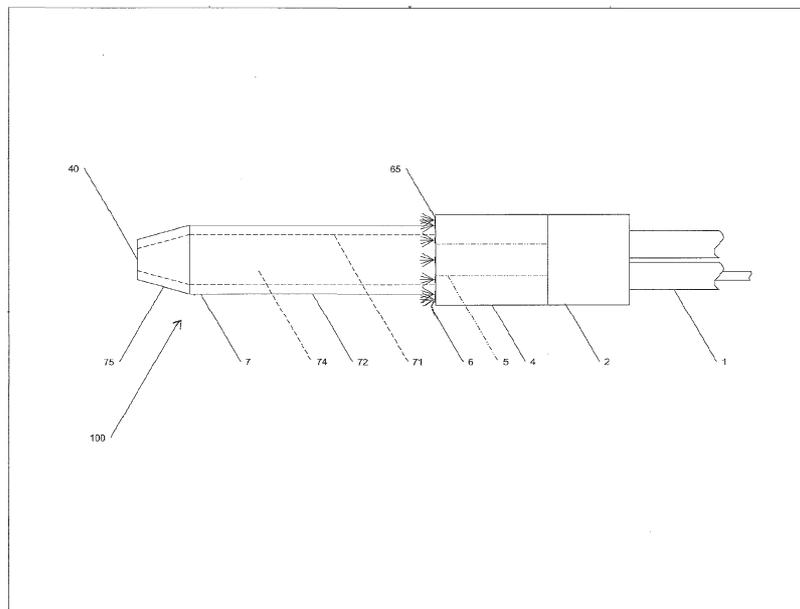
Фиг. 2В



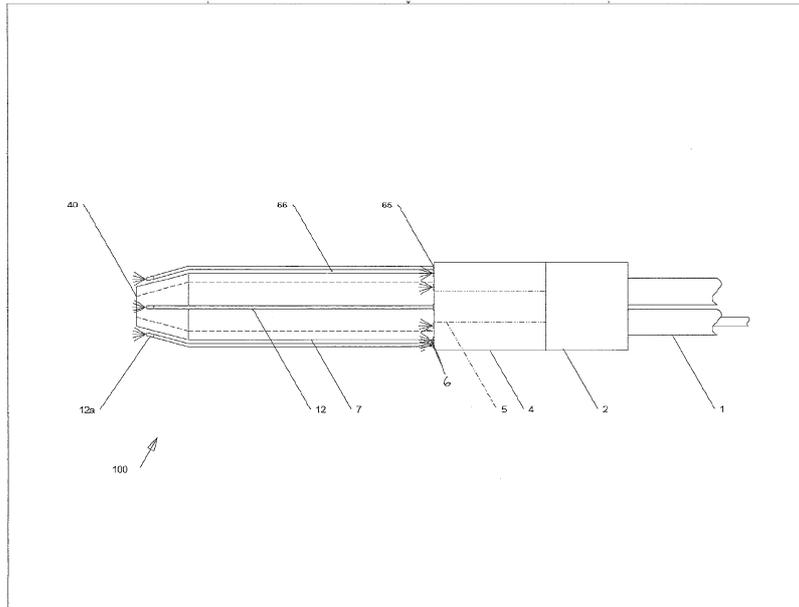
Фиг. 2С



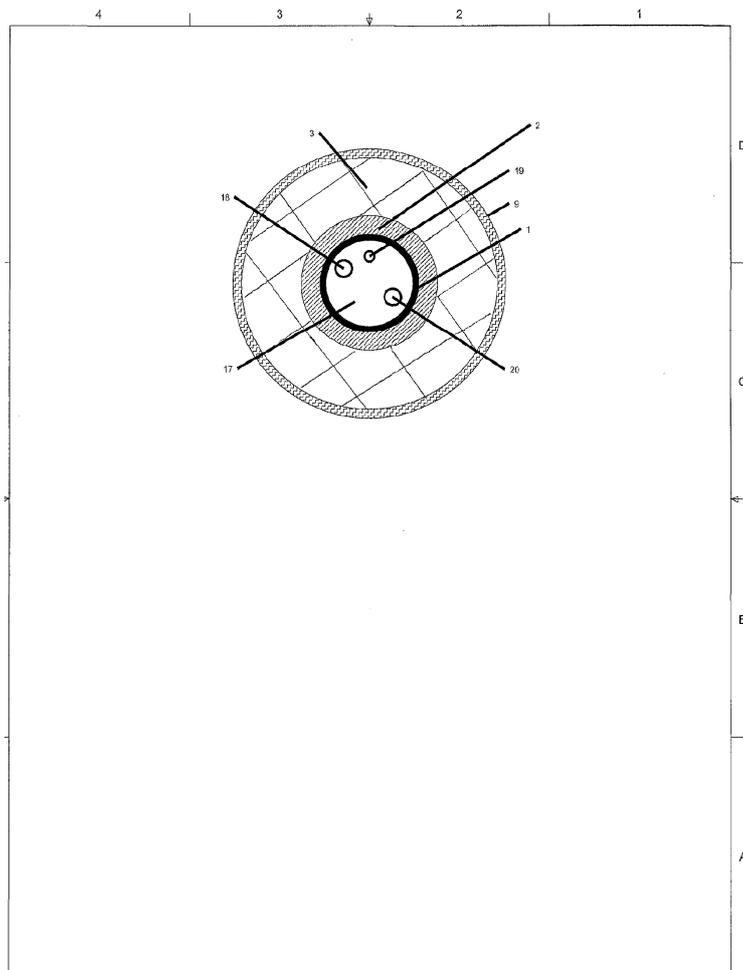
Фиг. 3А



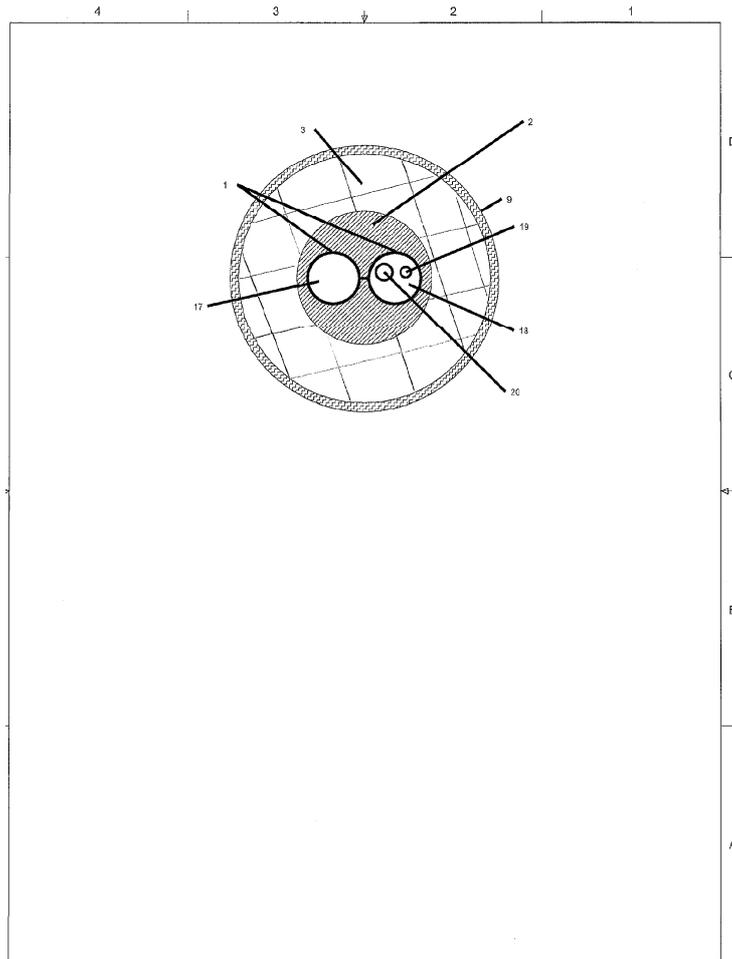
Фиг. 3В



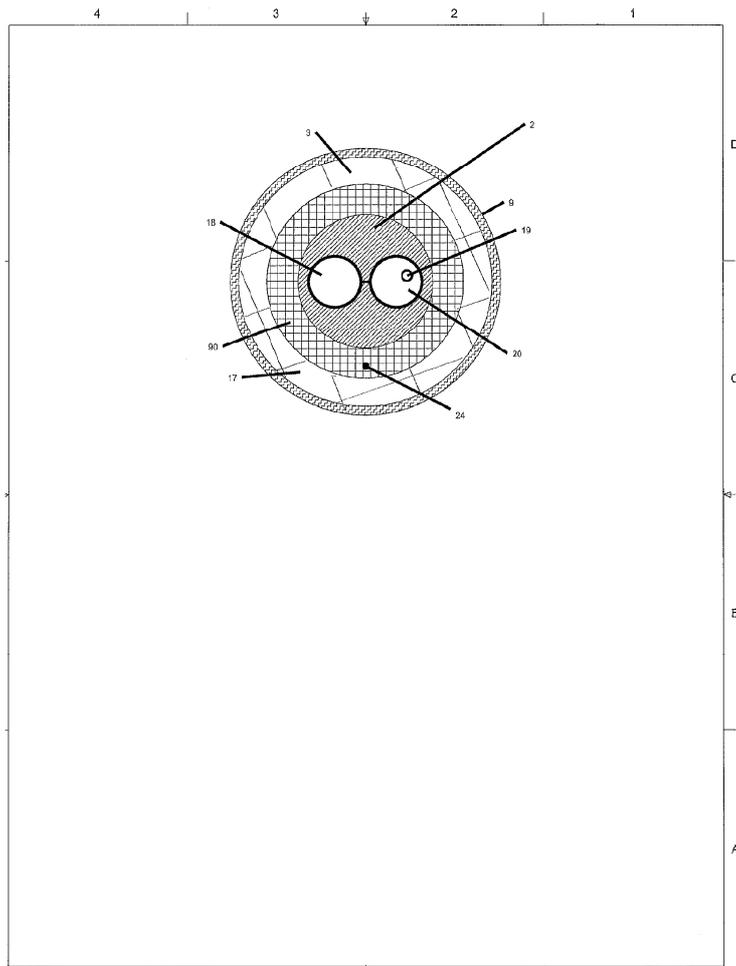
Фиг. 3С



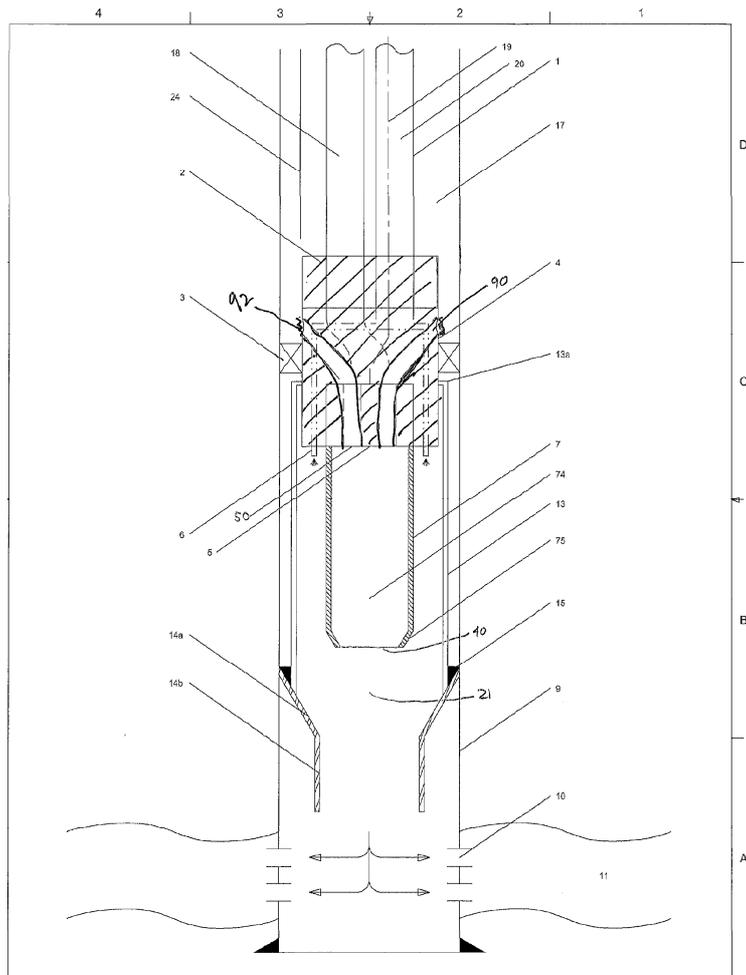
Фиг. 4А



Фиг. 4В



Фиг. 4С



Фиг. 4D

