

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **043366**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.05.18

(21) Номер заявки
202192949

(22) Дата подачи заявки
2021.05.05

(51) Int. Cl. *E21B 43/34* (2006.01)
C02F 1/00 (2006.01)
B04C 9/00 (2006.01)

(54) **УСТРОЙСТВО СЕПАРАЦИИ ПЕСКА**

(31) **2020115404**

(32) **2020.05.06**

(33) **RU**

(43) **2022.12.23**

(86) **PCT/RU2021/050124**

(87) **WO 2021/225476 2021.11.11**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
"АЭРОГАЗ" (RU)**

(72) Изобретатель:

Имаев Салават Зайнетдинович (RU)

(74) Представитель:

Котлов Д.В. (RU)

(56) **RU-C2-2205924**
US-A-5413716
SU-A1-904794
RU-C1-2244598

(57) Изобретение относится к очистке жидкости от песка, а именно к промышленным установкам для очистки больших объемов воды, подаваемой на закачку в пласт на нефтяных месторождениях, с характерными расходами обрабатываемой воды свыше 1000 м³/сутки. Устройство сепарации песка содержит последовательно установленные насос, гидроциклон, с двумя выходами: выходом для очищенной от песка жидкости и выходом для обогащенной песком жидкости, при этом выход для очищенного от песка жидкости соединен с фильтром, при этом перед насосом установлен резервуар с объемом не менее 1000 м³, вход для жидкости с песком которого соединен трубопроводом с выходом гидроциклона для обогащенной песком жидкости, при этом патрубок фильтра для сброса песка при его очистке соединен дополнительным трубопроводом со входом для жидкости с песком резервуара. Изобретение позволяет увеличить эффективность сепарации жидкости от мелкодисперсных примесей и обеспечить снижение эксплуатационных затрат, связанных с обслуживанием установки даже для случаев высокого содержания механических примесей в жидкости (на уровне свыше 100 г/м³) и больших объемов обрабатываемой жидкости (свыше 1000 м³/сутки).

043366 B1

043366 B1

Область техники

Изобретение относится к очистке жидкости от песка, а именно к промышленным установкам для очистки больших объемов воды, подаваемой на закачку в пласт на нефтяных месторождениях, с характерными расходами обрабатываемой воды свыше 1000 м³/сутки.

Уровень техники

Вода, закачиваемая в пласт для поддержания пластового давления, обычно должна быть очищена от песка. Причем требования по очистке довольно жесткие, так частички песка размером более 5 мкм должны отсутствовать в закачиваемой в пласт воде.

Из уровня техники широко известны скважинные песочные сепараторы (см., например, [1] патент РФ на полезную модель № 156936, МПК E21B 43/38, опубл. 20.11.2015), которые имеют сложную конструкцию и требуют постоянного обслуживания, при этом основным недостатком является невозможность достичь очистки от примесей, размер которых не превышает 5 мкм.

Из уровня техники известна гидроциклонная установка (см. [2] авторское свидетельство СССР № 904794, МПК B04C 11/00, опубл. 15.02.1985), содержащая емкость для исходной суспензии и шламового продукта, гидроциклон с входным, сливным и песковым патрубками, насосы для подачи исходной суспензии в гидроциклон и чистой жидкости к потребителю, бак для слива чистой жидкости, при этом установка снабжена инжектором и обратным клапаном, а бак для слива чистой жидкости - переливным патрубком, причем инжектор и один обратный клапан установлен на сливном патрубке гидроциклона, а другой - на переливном патрубке. Недостатком данного аналога является то, что его невозможно использовать для обработки больших объемов входной суспензии. В случаях очистки воды на нефтепромыслах, объем обрабатываемой воды может превышать 1000 м³/сутки, в этом случае наличие в установке нескольких больших емкостей (емкости для исходной суспензии, бака для слива чистой жидкости) приводит к существенному увеличению стоимости установки.

Из уровня техники известна гидроциклонная установка (см. [3] патент РФ № 2244598, МПК B04C 7/00, опубл. 20.01.2005), включающая емкости для исходной отработанной жидкости, шламового продукта и чистой жидкости, гидроциклон с входным, сливным и шламовым патрубками, насос для подачи исходной жидкости в гидроциклон, инжектор. Установка снабжена второй ступенью очистки в виде мультигидроциклона с входным, сливным и шламовым патрубками, установленного между гидроциклоном и емкостью чистотой жидкости с входным и выходным патрубками, при этом емкость для шламового продукта с патрубками для сжатого воздуха и промывочной жидкости расположена под шламовыми патрубками гидроциклона и мультигидроциклона, а инжектор, установленный на трубопроводе подачи исходной жидкости, выполнен с патрубком для ввода углекислого газа из баллона. Недостатком данного аналога является невозможность обеспечения сепарации механических примесей размером меньше 10 мкм, и достаточно сложная конструкция установки, ведущая к увеличению капитальных и эксплуатационных затрат.

Известна также установка с фильтром (см. [4] патент РФ № 2371236 МПК B01D 35/16, опубл. 20.03.2006), в которой реализована интеллектуальная схема автоматической промывки фильтра. Недостатком данного решения является то, что ресурс такого фильтра на потоках, содержащих большое количество примесей, будет небольшим, так как описанный фильтр не имеет многоступенчатой системы предварительной очистки.

Наиболее близким аналогом к заявленному изобретению по совокупности признаков, принятым за прототип, является установка для очистки жидкостей (см. [5] авторское свидетельство СССР № 969323, МПК B04C 9/00, опубл. 30.10.1982), содержащая основной бак для смазочно-охлаждающих жидкостей, насос, сепаратор, гидроциклон с входным, сливным и песковым патрубками, емкости для шлама, соединительные трубопроводы и запорную арматуру, при этом она снабжена устройствами циркуляции, одно из которых выполнено в виде перфорированного трубопровода, установленного на дне основного бака вдоль его стенок и соединенного с напорной линией насоса, а другое выполнено в виде тройника, размещенного на конце трубопровода, посредством которого сливной патрубков гидроциклона соединен с основным баком.

Недостатком прототипа является то, что описанная система одноступенчатой гидроциклонной обработки жидкости не позволяет обеспечить необходимую степень очистки мелкодисперсных механических примесей.

Сущность изобретения

Технической задачей, стоящей перед изобретением, является создание устройства, позволяющего обрабатывать большие объемы жидкости (свыше 1000 м³/сутки) от мелкодисперсных примесей размером 5 мкм, обладающего низкими эксплуатационными затратами даже для случаев отделения от жидкости большого количества песка (более 300 т/год).

Техническим результатом заявленного изобретения является увеличение эффективности сепарации жидкости от мелкодисперсных примесей и обеспечение снижения эксплуатационных затрат, связанных с обслуживанием установки даже для случаев высокого содержания механических примесей в жидкости (на уровне свыше 100 г/м³) и больших объемов обрабатываемой жидкости (свыше 1000 м³/сутки).

Согласно изобретению, техническая задача решается, а технический результат достигается за счет того, что устройство сепарации песка содержит последовательно установленные насос, гидроциклон, с

двумя выходами: выходом для очищенной от песка жидкости и выходом для обогащенной песком жидкости, при этом выход для очищенного от песка жидкости соединен с фильтром, при этом перед насосом установлен резервуар с объемом не менее 1000 м³, вход для жидкости с песком которого соединен трубопроводом с выходом гидроциклона для обогащенной песком жидкости, при этом патрубок фильтра, для сброса песка при его очистке, соединен дополнительным трубопроводом со входом для жидкости с песком резервуара.

Краткое описание чертежей

На чертеже - общая схема устройства сепарации песка.

На чертежах обозначены следующие позиции:

- 1 - насос;
- 2 - гидроциклон;
- 3 - выход для очищенной от песка жидкости;
- 4 - выход для обогащенной песком жидкости;
- 5 -фильтр;
- 6 - резервуар;
- 7 - патрубок фильтра, для сброса песка при его очистке;
- 8 - трубопровод;
- 9 - дополнительный трубопровод.

Осуществление изобретения

На фиг. 1 приведено устройство сепарации жидкости, содержащее насос 1, гидроциклон 2, с двумя выходами: выход 3 для очищенной от песка жидкости и выход 4 для обогащенной песком жидкости, при этом выход 3 для очищенного от песка жидкости соединен с фильтром 5.

Перед насосом 1 установлен резервуар 6 с объемом не менее 1000 м³, вход для жидкости с песком которого соединен трубопроводом 8 с выходом 4 гидроциклона для обогащенной песком жидкости.

Патрубок фильтра, для сброса песка при его очистке 7, соединен дополнительным трубопроводом 9 со входом для жидкости с песком резервуара 6.

Все элементы устройства сепарации песка могут быть выполнены под одной крышей и располагаться на одном фундаменте, при этом быть последовательно соединены трубопроводом.

Устройство работает следующим образом.

Жидкость с песком направляется в резервуар 6 объемом не менее 1000 м³. За счет размеров резервуара, и в частности, за счет большого времени нахождения жидкости в нем, осуществляется гравитационное осаждение частиц песка на дно резервуара. Не осевшие в резервуаре частички песка с жидкостью отбираются насосом 1 из резервуара и подаются в гидроциклон 2 (гидроциклонный сепаратор), из которого обогащенная песком часть жидкости через выход 4 направляется по трубопроводу 8 на вход резервуара, а очищенная в гидроциклоне 2 жидкость через выход 3 поступает в фильтр 5 для окончательной очистки от частичек песка малого размера. После фильтра 5 очищенная жидкость поступает на закачку в пласт.

Во время эксплуатации устройства фильтр забивается песком и периодически необходимо проводить его очистку. Очистка фильтров осуществляется посредством их обратной промывки, при этом скопившийся в фильтре песок, в предлагаемом изобретении, выносится из фильтра через патрубок 7 фильтра для сброса песка при его очистке по дополнительному трубопроводу 9 на вход для жидкости с песком резервуара 6.

Преимущество предлагаемого устройства, от других пескоотделителей, заключается в том, что предлагаемое решение с рециркуляцией песка в резервуар 6 от гидроциклона 2, обеспечивает минимальное содержание песка в воде на входе в фильтр 5, что обеспечивает увеличение времени эффективной работы фильтра без необходимости его очистки. В то же время, во время цикла очистки фильтра, накопившийся в фильтре песок также выносится в резервуар 6. Переключение фильтра на цикл очистки обычно происходит автоматически по достижению заданного максимального перепада давления на фильтре.

Таким образом, весь песок, улавливаемый в предлагаемом устройстве, скапливается на дне резервуара 6. Учитывая большой объем резервуара 6, устройство может работать в течение одного года без необходимости вывоза песка из установки. Раз в год, во время проведения ежегодных регламентных работ, скопившийся в резервуаре песок, вывозится и утилизируется.

За счет этого достигается высокая степень автономности работы установки пескоотделения (без необходимости нахождения персонала, осуществляющего обслуживание установки).

Описанное устройство сепарации песка можно легко проиллюстрировать на конкретном примере установки, внедренной на нефтяном месторождении в Казахстане. На данном месторождении осуществляется добыча обводненной нефти, содержание воды в пластовом флюиде достигает 90%. При этом, пластовый флюид, поступающий на установку подготовки нефти, содержит большое количество песка (более 100 г на м³ пластового флюида). На установке подготовки нефти пластовый флюид разделяется в трехфазном сепараторе на нефть и воду. Песок, содержащийся во входном флюиде, в трехфазном сепараторе преимущественно отделяется вместе с водой, т.к. песок оседает на дно сепаратора, откуда отбира-

ется отсепарированная вода. После трехфазного сепаратора смесь воды и песка направляется на устройство сепарации песка, схема которой аналогична схеме, показанной на фиг. 1. Устройство включает в себя резервуар 6 объемом 1000 м^3 , в котором за счет гравитационного оседания происходит первая стадия сепарации песка. На этой стадии, как показали замеры, происходит сепарация 70% песка размером более 10 мкм, и 50% песка размером 5 мкм. Отсепарированный в резервуаре 6 песок оседает на дно резервуара 6. Отбор очищенной от песка воды осуществляется из верхней части резервуара 6. Частично очищенная вода далее поступает на вход насоса 1 и далее в гидроциклон 2, включающий в себя несколько десятков циклонов малого диаметра (диаметр канала которых не превышает 50 мм), размещенных в едином корпусе. В гидроциклоне 2 за счет действия центробежных сил, происходит отделение песка от воды, при этом диаметр циклонов малого диаметра оказывает существенное влияние на эффективность сепарации песка. Чем меньше размер циклонов, тем меньше размер сепарируемых частичек песка. Расчет и подбор геометрических размеров циклонов малого диаметра для достижения заданной эффективности сепарации песка заданного размера можно легко осуществить, например, по книге Р.Н. Шестова, Гидроциклоны, Издательство "Машиностроение", Ленинград, 1967 г., с. 79 [6]. В гидроциклоне 2 осуществляется вторая стадия сепарации песка, в которой, как показали замеры, происходит сепарация 80% песка размером 5 мкм и 99,5% песка размером 10 мкм. Из гидроциклона 2 отсепарированный песок вместе с небольшим количеством воды, составляющим порядка 10% от общего расхода воды, прокачиваемого через гидроциклон 2, направляется с выхода 4 гидроциклона для обогащенной песком жидкости по трубопроводу на вход для жидкости с песком резервуара 6. Очищенный от песка поток воды из гидроциклона 2 направляется на третью стадию сепарации песка в фильтр, размер пор которого не превышает 5 мкм. За счет того, что в резервуаре 6 и гидроциклоне 2 произошла сепарация 90% песка размером 5 мкм и 99,85% песка размером 10 мкм, количество песка, сепарируемого в фильтре минимально, поэтому автоматическая очистка фильтра происходит периодически раз в сутки. При этом в момент очистки, вымываемый песок сбрасывается в резервуар 6.

Это существенно облегчает эксплуатацию фильтра и всего устройства сепарации песка в целом.

Размер резервуара 6 оказывает решающее влияние на эффективность сепарации мелкодисперсных частичек песка и на размер эксплуатационных затрат. Т.к. уменьшение размера резервуара приводит к уменьшению времени нахождения воды в резервуаре, и соответственно к сокращению времени гравитационного оседания частичек песка на дно резервуара. Инструментальные замеры, проведенные на описанной установке, показали, что сокращение объема резервуара 6 (ниже 1000 м^3) приводит к существенному ухудшению эффективности сепарации мелкодисперсного песка размером 5 мкм на первой стадии сепарации песка, что приводит к существенному сокращению времени засорения фильтра и соответственно ведет к увеличению эксплуатационных затрат, связанных с сокращением ресурса работы фильтра.

Скорость оседания частиц песка в жидкости описывается формулой Стокса (см. [6] книгу Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973, с. 171).

$$V = Kgr^2(p' - p)/m,$$

где V - скорость оседания частиц, g - ускорение силы тяжести, r - диаметр частицы, p' - плотность песка, p - плотность воды, m - коэффициент вязкости воды, K - коэффициент пропорциональности, зависящий от формы частицы, для шара коэффициент равен 0,222.

Расчеты, проведенные с использованием формулы Стокса и результатов седиментационного анализа, проведенные по методике, описанной в книге [6], показывает, что для осаждения 90 мас.% песка, необходимое время осаждения в резервуаре диаметром 12 м и высотой 9 м (объем которого составит 1000 м^3) составляет около 20 ч. Таким образом, учитывая, что время нахождения конкретной порции воды в резервуаре при расходе воды $1000 \text{ м}^3/\text{сутки}$ составляет 24 ч. Выбор объема резервуара в 1000 м^3 позволяет обеспечить сепарацию в нем более 90 мас.% песка. Таким образом, уже на первой стадии сепарации удастся отсепарировать основную массу песка, содержащейся в воде. Это существенно увеличивает ресурс работы оборудования, входящего в состав второй и третьей стадии сепарации песка.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Устройство сепарации песка, содержащее последовательно установленные насос (1), гидроциклон (2), с двумя выходами: выход (3) для очищенной от песка жидкости и выход (4) для обогащенной песком жидкости, при этом выход (3) для очищенной от песка жидкости соединен с фильтром (5), отличающееся тем, что перед насосом (1) установлен резервуар (6) с объемом не менее 1000 м^3 , вход для жидкости с песком которого соединен трубопроводом (8) с выходом гидроциклона для обогащенной песком жидкости (4), при этом патрубок фильтра для сброса песка при его очистке (7), соединен дополнительным трубопроводом (9) со входом для жидкости с песком резервуара (6), причем отбор жидкости, поступающей на вход насоса (1), осуществляется из верхней части резервуара (6).

