

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202000362** (13) **A2**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2022.03.31

(51) Int. Cl. **E21B 43/20** (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2020.12.18

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ

(96) **2020000133 (RU) 2020.12.18**

(71) Заявитель:
**РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ДРУЖБЫ НАРОДОВ (RU)**

(72) Изобретатель:

**Дроздов Александр Николаевич,
Дроздов Николай Александрович,
Горбылева Яна Алексеевна,
Горелкина Евгения Ильинична,
Нарожный Игорь Михайлович (RU)**

(74) Представитель:

Костин А.А. (RU)

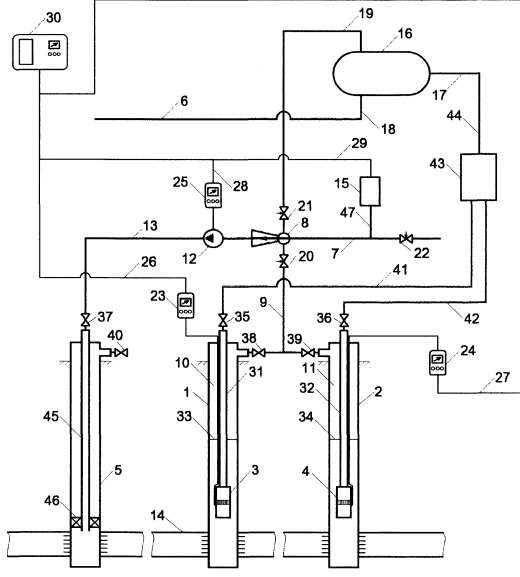
(57) Группа изобретений относится к нефтяной промышленности. Изобретения могут быть использованы при добыче нефти для увеличения нефтеотдачи пластов и повышения дебитов нефтяных скважин с применением водогазового воздействия. Технический результат заключается в повышении нефтеотдачи за счет увеличения газосодержания водогазовой смеси и реализации эффективных нестационарных режимов закачки, а также в повышении дебитов нефтяных добывающих скважин на нестационарных волновых режимах эксплуатации при одновременном снижении капитальных и эксплуатационных затрат. Сущность изобретения: способ добычи нефти включает нагнетание воды в сопло эжектора, откачку эжектором попутного нефтяного газа из затрубных пространств нефтяных добывающих скважин, увеличение расхода газа, направляемого на водогазовое воздействие, попеременное снижение и увеличение давления в затрубных пространствах, создание, диспергирование и повышение давления водогазовой смеси с последующей закачкой дожимным насосом водогазовой смеси в пласт, а также дозирование реагентов. Расход газа и газосодержание водогазовой смеси повышают путем откачки эжектором попутного нефтяного газа, отделенного сепаратором на поверхности из водонефтегазовой смеси, откачиваемой установками погружных насосов, при этом попеременное снижение и увеличение давления в затрубных пространствах производят путем попеременного увеличения и уменьшения подачи водонефтегазовой смеси, откачиваемой установками погружных насосов на поверхность, за счет их частотного регулирования, совместно с попеременным увеличением и снижением откачки попутного нефтяного газа эжектором из затрубных пространств добывающих нефтяных скважин регулируемыми задвижками и/или частотным регулированием работы дожимного насоса. Устройство для добычи нефти содержит куст, включающий не менее одной нефтяной добывающей скважины, оборудованной установкой погружного насоса, и не менее одной нагнетательной скважины, нефтесборный коллектор, а также линию нагнетания воды, эжектор, линию откачки газа из затрубных пространств добывающих нефтяных скважин, дожимной насос, линию закачки водогазовой смеси в нагнетательную скважину и далее в пласт, а также установку дозирования реагентов. На нефтесборном коллекторе куста установлен сепаратор с линией подачи водонефтегазовой смеси, выходной жидкостной линией и выходной газовой линией, подключенной к приемной камере эжектора, причем на линии откачки газа из затрубных пространств нефтяных добывающих скважин, выходной газовой линии сепаратора и линии нагнетания воды установлены регулируемые задвижки, при этом установки погружных насосов и дожимной насос снабжены частотно-регулируемыми приводами.

A2

202000362

202000362

A2



СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ

Группа изобретений относится к нефтяной промышленности. Изобретения могут быть использованы при добыче нефти для увеличения нефтеотдачи пластов и повышения дебитов нефтяных скважин с применением водогазового воздействия.

Известны способ добычи нефти, включающий нагнетание воды в сопло эжектора, снижение затрубных давлений путем откачки эжектором попутного нефтяного газа из затрубных пространств добывающих нефтяных скважин куста, закачку созданной эжектором водогазовой смеси в нагнетательную скважину и устройство для его осуществления, содержащее нагнетательную и нефтяную добывающую скважины, линию подачи воды, линию откачки газа из затрубных пространств, а также эжектор и линию закачки водогазовой смеси [1]. Известные способ и устройство имеют низкие функциональные возможности и ограниченную область применения из-за невозможности создания эжектором высоких давлений нагнетания водогазовой смеси.

Известны также способ добычи нефти, включающий нагнетание воды силовым насосом, откачку эжектором попутного нефтяного газа из затрубных пространств нефтяных скважин и снижение давления в затрубных пространствах, создание, диспергирование и повышение давления водогазовой смеси с последующей закачкой дожимным насосом водогазовой смеси в пласт, и устройство для его осуществления, содержащее силовой насос, эжектор, дожимной насос, установку дозирования реагентов, а также

линию нагнетания воды, линию откачки газа из затрубных пространств нефтяных скважин и линию закачки водогазовой смеси в пласт, причем линия нагнетания воды сообщена с соплом эжектора, линия откачки газа из затрубных пространств нефтяных скважин – с приемной камерой эжектора, выход эжектора соединен с входом дожимного насоса, а выход дожимного насоса сообщен с линией закачки водогазовой смеси в пласт [2]. Известные способ и устройство имеют низкую эффективность из-за недостаточного для повышения нефтеотдачи расхода попутного нефтяного газа из затрубных пространств нефтяных скважин, направляемого для создания водогазовой смеси. Кроме того, известные способ и устройство не предусматривают реализацию нестационарных волновых режимов эксплуатации, способствующих повышению нефтеотдачи.

Наиболее близким по технической сущности к первому объекту изобретения является способ добычи нефти, включающий кустовую насосную эксплуатацию нефтяных добывающих скважин и поддержание пластового давления с использованием нагнетательных скважин, нагнетание воды в сопло эжектора, откачку эжектором попутного нефтяного газа из затрубных пространств нефтяных добывающих скважин, увеличение расхода газа, направляемого на водогазовое воздействие, попеременное снижение и увеличение давления в затрубных пространствах, создание, диспергирование и повышение давления водогазовой смеси с последующей закачкой дожимным насосом водогазовой смеси в пласт, а также дозирование реагентов [3].

Наиболее близким по технической сущности ко второму объекту изобретения является устройство для добычи нефти, содержащее куст, включающий не менее одной нефтяной добывающей скважины, оборудованной установкой погружного насоса, и не менее одной нагнетательной скважины, нефтесборный коллектор, а также линию нагнетания воды, эжектор, линию откачки газа из затрубных пространств

добывающих нефтяных скважин, дожимной насос, линию закачки водогазовой смеси в нагнетательную скважину и далее в пласт, а также установку дозирования реагентов, причем линия нагнетания воды сообщена с соплом эжектора, линия откачки газа из затрубных пространств добывающих нефтяных скважин – с приемной камерой эжектора, выход эжектора соединен с входом дожимного насоса, а выход дожимного насоса сообщен с линией закачки водогазовой смеси в нагнетательную скважину и далее в пласт [3].

Указанные известные способ и устройство характеризуются низкой эффективностью, высокими капитальными вложениями и эксплуатационными затратами, поскольку для увеличения расхода газа требуется дополнительно подавать в поток закачиваемой в пласт водогазовой смеси, помимо попутного нефтяного газа из затрубных пространств, еще и азот от азотной компрессорной установки. Кроме того, известные способ и устройство, хотя и позволяют осуществлять нестационарные волновые режимы эксплуатации, но их эффективность невысока.

Технической проблемой, на решение которой направлены настоящие решения, является повышение эффективности добычи нефти путем увеличения расхода попутного нефтяного газа, направляемого для создания водогазовой смеси, снижения давления в нефтесборном коллекторе, а также создания эффективных нестационарных волновых режимов эксплуатации при одновременном снижении капитальных вложений и эксплуатационных затрат.

Указанная проблема в первом изобретении решается тем, что в способе добычи нефти, включающем кустовую насосную эксплуатацию нефтяных добывающих скважин и поддержание пластового давления с использованием нагнетательных скважин, нагнетание воды в сопло эжектора, откачку эжектором попутного нефтяного газа из затрубных пространств нефтяных добывающих скважин, увеличение расхода газа, направляемого на

водогазовое воздействие, попеременное снижение и увеличение давления в затрубных пространствах, создание, диспергирование и повышение давления водогазовой смеси с последующей закачкой дожимным насосом водогазовой смеси в пласт, а также дозирование реагентов, согласно изобретению, расход газа и газосодержание водогазовой смеси повышают путем откачки эжектором попутного нефтяного газа, отделенного сепаратором на поверхности из водонефтегазовой смеси, откачиваемой установками погружных насосов, при этом попеременное снижение и увеличение давления в затрубных пространствах производят путем попеременного увеличения и уменьшения подачи водонефтегазовой смеси, откачиваемой установками погружных насосов на поверхность, за счет их частотного регулирования, совместно с попеременным увеличением и снижением откачки попутного нефтяного газа эжектором из затрубных пространств добывающих нефтяных скважин регулирующими задвижками и/или частотным регулированием работы дожимного насоса.

В предпочтительных вариантах реализации способа:

- к приемной камере эжектора попеременно подключают сначала затрубные пространства одной части нефтяных добывающих скважин куста, а затем затрубные пространства другой части нефтяных добывающих скважин куста.
- установки погружных насосов и/или дожимной насос и/или установку дозирования реагентов приводят в действие с использованием возобновляемых источников энергии.

Указанная проблема во втором изобретении решается тем, что в устройстве, содержащем куст, включающий не менее одной нефтяной добывающей скважины, оборудованной установкой погружного насоса, и не менее одной нагнетательной скважины, нефтесборный коллектор, а также линию нагнетания воды, эжектор, линию откачки газа из затрубных пространств добывающих нефтяных скважин, дожимной насос, линию

закачки водогазовой смеси в нагнетательную скважину и далее в пласт, а также установку дозирования реагентов, причем линия нагнетания воды сообщена с соплом эжектора, линия откачки газа из затрубных пространств добывающих нефтяных скважин – с приемной камерой эжектора, выход эжектора соединен с входом дожимного насоса, а выход дожимного насоса сообщен с линией закачки водогазовой смеси в нагнетательную скважину и далее в пласт, согласно изобретению, на нефтесборном коллекторе куста установлен сепаратор с линией подачи водонефтегазовой смеси, выходной жидкостной линией и выходной газовой линией, подключенной к приемной камере эжектора, причем на линии откачки газа из затрубных пространств нефтяных добывающих скважин, выходной газовой линии сепаратора и линии нагнетания воды установлены регулируемые задвижки, при этом установки погружных насосов и дожимной насос снабжены частотно-регулируемыми приводами.

В варианте реализации устройства:

- питающие кабели установок погружных насосов и/или дожимного насоса и/или установки дозирования реагентов подключены на поверхности к автономной энергоустановке на возобновляемых источниках энергии.

Достижимый технический результат заключается в повышении нефтеотдачи за счет увеличения газосодержания водогазовой смеси и реализации эффективных нестационарных режимов закачки, а также в повышении дебитов нефтяных добывающих скважин на нестационарных волновых режимах эксплуатации при одновременном снижении капитальных и эксплуатационных затрат.

На чертеже представлена схема устройства для добычи нефти.

Устройство содержит куст скважин, включающий нефтяные добывающие скважины 1 и 2, оборудованных установками погружных насосов 3 и 4, нагнетательную скважину 5, нефтесборный коллектор 6, а

также линию нагнетания воды 7, эжектор 8, линию откачки газа 9 из затрубных пространств 10 и 11 добывающих нефтяных скважин 1 и 2, дожимной насос 12, линию закачки водогазовой смеси 13 в нагнетательную скважину 5 и далее в пласт 14, а также установку дозирования реагентов 15. Линия нагнетания воды 7 сообщена с соплом эжектора 8, линия откачки газа 9 из затрубных пространств 10 и 11 добывающих нефтяных скважин 1 и 2 – с приемной камерой эжектора 8, выход эжектора 8 соединен с входом дожимного насоса 12, а выход дожимного насоса 12 сообщен с линией закачки водогазовой смеси 13 в нагнетательную скважину 5 и далее в пласт 14. На нефтесборном коллекторе 6 куста установлен сепаратор 16 с линией подачи водонефтегазовой смеси 17, выходной жидкостной линией 18 и выходной газовой линией 19, подключенной к приемной камере эжектора 8. На линии откачки газа 9 из затрубных пространств 10 и 11 добывающих нефтяных скважин 1 и 2, выходной газовой линии 19 сепаратора 16 и линии нагнетания воды 7 установлены регулируемые задвижки 20, 21 и 22. Установки погружных насосов 3 и 4 и дожимной насос 12 снабжены частотно-регулируемыми приводами 23, 24 и 25. Питающие кабели 26, 27, 28 и 29 установок погружных насосов 3 и 4, дожимного насоса 12, установки дозирования реагентов 15 могут быть подключены на поверхности к автономной энергоустановке 30 на возобновляемых источниках энергии.

Установки погружных насосов 3 и 4 спущены в добывающие нефтяные скважины 1 и 2, пробуренные на пласт 14, на насосно-компрессорных трубах (НКТ) 31 и 32. Динамические уровни в скважинах 1 и 2 обозначены позициями 33 и 34. Скважины 1, 2 и 5 на устье оборудованы трубными задвижками 35, 36, 37 и затрубными задвижками 38, 39, 40. Добывающие нефтяные скважины 1 и 2 снабжены выкидными линиями 41 и 42, подключенными к групповой замерной установке 43, выходная линия 44 которой сообщена с линией подачи водонефтегазовой смеси 17 в сепаратор 16. Нагнетательная скважина 5 снабжена колонной НКТ 45 и пакером 46.

Установка дозирования реагентов 15 сообщена с линией нагнетания воды 7 посредством трубки 47.

Способ добычи нефти осуществляют следующим образом.

Нагнетают воду в сопло эжектора 8, которым откачивают попутный нефтяной газ из затрубных пространств 10 и 11 нефтяных добывающих скважин 1 и 2 и снижают давление в затрубных пространствах 10 и 11, а также создают, диспергируют и повышают давление водогазовой смеси с последующей закачкой дожимным насосом 12 водогазовой смеси в пласт 14. Также осуществляют дозирование реагентов (пенообразователей, ингибиторов и т.п.) установкой 15. Увеличение расхода газа, направляемого на водогазовое воздействие, и газосодержания водогазовой смеси производят путем откачки эжектором 8 попутного нефтяного газа, отделенного сепаратором 16 на поверхности из водонефтегазовой смеси, откачиваемой установками погружных насосов 1 и 2. Попеременное снижение и увеличение давления в затрубных пространствах 10 и 11 осуществляют путем попеременного увеличения и уменьшения подачи водонефтегазовой смеси, откачиваемой установками погружных насосов 1 и 2 на поверхность, за счет их частотного регулирования приводами 23 и 24, совместно с попеременным увеличением и снижением откачки попутного нефтяного газа эжектором 8 из затрубных пространств добывающих нефтяных скважин 1 и 2 регулируемыми задвижками 20, 21, 22 и/или частотным регулированием работы дожимного насоса 12 с помощью привода 25. При увеличении частоты растут значения подачи и развиваемого давления дожимного насоса 12, что приводит к снижению давления на выходе из эжектора 8 и увеличению его подачи. Соответственно, при уменьшении частоты снижаются значения подачи и развиваемого давления дожимного насоса 12, вследствие чего растет давление на выходе из эжектора 8 и уменьшается его подача. Для более эффективной реализации волновых нестационарных режимов эксплуатации к приемной камере эжектора 8 попеременно

подключают сначала затрубное пространство 10 нефтяной добывающей скважины 1, а затем затрубное пространство 11 другой нефтяной добывающей скважины 2 куста. Циклы снижения и восстановления затрубных и забойных давлений позволяют увеличить дебиты нефтяных добывающих скважин 1 и 2.

В целях экономии электроэнергии установки погружных насосов 1 и 2 и/или дожимной насос 12 и/или установку дозирования реагентов 15 приводят в действие от автономной энергоустановки 30 с использованием возобновляемых источников энергии.

Устройство для добычи работает следующим образом.

Установки погружных насосов 3 и 4, эксплуатирующие нефтяные добывающие скважины 1 и 2, пробуренные на пласт 14, добывают из него продукцию (водонефтегазовую смесь), подают на поверхность по НКТ 31 и 32 и далее через трубные задвижки 35 и 36 устьевых арматур в нефтесборный коллектор 6 по выкидным линиям 41 и 42 через групповую замерную установку 43 и сепаратор 16, где происходит разделение жидкости и газа. Попутный нефтяной газ вследствие естественной (или искусственной при снабжении установок погружных насосов 3 и 4 газосепараторами) сепарации на приеме насосов поступает в затрубные пространства 10 и 11, идет затем выше динамических уровней 33 и 34, откуда через открытые затрубные задвижки 38 и 39 направляется по линии 9 в приемную камеру эжектора 8. Туда же поступает попутный нефтяной газ по выходной газовой линии 19 из сепаратора 16. Жидкость из сепаратора 16 по выходной жидкостной линии 18 направляется в нефтесборный коллектор.

Вода нагнетается по линии 7 в сопло эжектора 8. Установка дозирования реагентов 15 подает по трубке 47 в линию 7 необходимые пенообразующие ПАВ и ингибиторы.

Эжектор 8 откачивает попутный нефтяной газ из линии 9, снижая давление в затрубных пространствах 10 и 11 и на забое скважин 1 и 2,

повышая их дебиты, а также откачивает попутный нефтяной газ по выходной газовой линии 19 из сепаратора 16, увеличивает давление водогазовой смеси с повышенным газосодержанием и диспергирует её. Водогазовая смесь с выхода эжектора 8 поступает на вход дожимного насоса 12, который нагнетает смесь по линии 13 через задвижку 37 и НКТ 45 скважины 5 в пласт 14. Водогазовая смесь с повышенным газосодержанием в области рациональных газосодержаний более эффективно вытесняет нефть из пласта. Пакер 46 предотвращает негативное воздействие высокого давления закачки на эксплуатационную колонну нагнетательной скважины 5.

Устройство позволяет также выполнять все операции способа добычи нефти, описанные выше.

Попеременное снижение и увеличение давления в затрубных пространствах 10 и 11 осуществляется путем попеременного увеличения и уменьшения подачи водонефтегазовой смеси, откачиваемой установками погружных насосов 1 и 2 на поверхность, за счет их частотного регулирования приводами 23 и 24. Также при этом производится попеременное увеличением и снижением от качки попутного нефтяного газа эжектором 8 из затрубных пространств добывающих нефтяных скважин 1 и 2 регулируемые задвижками 20, 21, 22 и/или частотным регулированием работы дожимного насоса 12 с помощью привода 25. Кроме того, к приемной камере эжектора 8 попеременно подключается сначала затрубное пространство 10 нефтяной добывающей скважины 1 (задвижка 38 при этом открыта, а 39 – закрыта), а затем затрубное пространство 11 другой нефтяной добывающей скважины 2 куста (при этом задвижка 39 открыта, а 38 – закрыта).

Для повышения энергоэффективности установки погружных насосов 1 и 2 и/или дожимной насос 12 и/или установка дозирования реагентов 15 могут подключаться к автономной энергоустановке 30 с использованием возобновляемых источников энергии по питающим кабелям 26, 27, 28 и 29.

Таким образом, предложенное техническое решение позволяет повысить эффективность процесса добычи нефти по сравнению с известными изобретениями, увеличить нефтеотдачу и обеспечить более высокие дебиты.

Источники информации:

1. Патент РФ № 2512150, МПК E21B 43/16, опубл. 20.11.2013.
2. Дроздов А.Н., Дроздов Н.А. Перспективы развития технологии эксплуатации скважин струйными насосами в России. – SPE 176676. – Российская нефтегазовая техническая конференция SPE, 26 - 28 октября, 2015, Москва, Россия <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-176676-RU>
3. Заявка на изобретение РФ № 2017100954, МПК E21B 43/20, заявл. 12.01.2017, опубл. 16.07.2018, Бюл. № 20.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ добычи нефти, включающий кустовую насосную эксплуатацию нефтяных добывающих скважин и поддержание пластового давления с использованием нагнетательных скважин, нагнетание воды в сопло эжектора, откачку эжектором попутного нефтяного газа из затрубных пространств нефтяных добывающих скважин, увеличение расхода газа, направляемого на водогазовое воздействие, попеременное снижение и увеличение давления в затрубных пространствах, создание, диспергирование и повышение давления водогазовой смеси с последующей закачкой дожимным насосом водогазовой смеси в пласт, а также дозирование реагентов, отличающийся тем, что расход газа и газосодержание водогазовой смеси повышают путем откачки эжектором попутного нефтяного газа, отделенного сепаратором на поверхности из водонефтегазовой смеси, откачиваемой установками погружных насосов, при этом попеременное снижение и увеличение давления в затрубных пространствах производят путем попеременного увеличения и уменьшения подачи водонефтегазовой смеси, откачиваемой установками погружных насосов на поверхность, за счет их частотного регулирования, совместно с попеременным увеличением и снижением откачки попутного нефтяного газа эжектором из затрубных пространств добывающих нефтяных скважин регулирующими задвижками и/или частотным регулированием работы дожимного насоса.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что к приемной камере эжектора попеременно подключают сначала затрубные пространства одной части нефтяных добывающих скважин куста, а затем затрубные пространства другой части нефтяных добывающих скважин куста.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что установки погружных насосов и/или дожимной насос и/или установку дозирования реагентов приводят в действие с использованием возобновляемых источников энергии.

4. Устройство для добычи нефти, содержащее куст, включающий не менее одной нефтяной добывающей скважины, оборудованной установкой погружного насоса, и не менее одной нагнетательной скважины, нефтесборный коллектор, а также линию нагнетания воды, эжектор, линию откачки газа из затрубных пространств добывающих нефтяных скважин, дожимной насос, линию закачки водогазовой смеси в нагнетательную скважину и далее в пласт, а также установку дозирования реагентов, причем линия нагнетания воды сообщена с соплом эжектора, линия откачки газа из затрубных пространств добывающих нефтяных скважин – с приемной камерой эжектора, выход эжектора соединен с входом дожимного насоса, а выход дожимного насоса сообщен с линией закачки водогазовой смеси в нагнетательную скважину и далее в пласт, отличающееся тем, что на нефтесборном коллекторе куста установлен сепаратор с линией подачи водонефтегазовой смеси, выходной жидкостной линией и выходной газовой линией, подключенной к приемной камере эжектора, причем на линии откачки газа из затрубных пространств нефтяных добывающих скважин, выходной газовой линии сепаратора и линии нагнетания воды установлены регулируемые задвижки, при этом установки погружных насосов и дожимной насос снабжены частотно-регулируемыми приводами.

5. Устройство по п.4, отличающееся тем, что электрические питающие кабели установок погружных насосов и/или дожимного насоса и/или установки дозирования реагентов подключены на поверхности к автономной энергоустановке на возобновляемых источниках энергии.

СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ

