

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **046004**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2024.01.31**

(21) Номер заявки  
**202293569**

(22) Дата подачи заявки  
**2021.06.22**

(51) Int. Cl. *E21B 43/267* (2006.01)  
*E21B 43/12* (2006.01)  
*E21B 41/00* (2006.01)

---

(54) **НЕФТЕПРОМЫСЛОВАЯ НАГНЕТАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА С НИЗКОЙ СКОРОСТЬЮ И ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ ЖИДКОСТИ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА**

---

(31) **63/042,231**

(32) **2020.06.22**

(33) **US**

(43) **2023.02.20**

(86) **PCT/US2021/038402**

(87) **WO 2021/262668 2021.12.30**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ТВИН ДИСК, ИНК. (US)**

(72) Изобретатель:  
**Вилсон Эдвин Е. (US)**

(74) Представитель:  
**Котлов Д.В., Яшмолкина М.Л.,  
Лазебная Е.А. (RU)**

(56) US-A1-20080182699  
WO-A2-2017123495  
US-A1-20190249652  
US-B2-10221856  
US-A-4019404

(57) Нефтепромысловая нагнетательная система сконфигурирована для выполнения предварительной стадии гидроразрыва пласта или работы при высоком давлении, но с низкой скоростью перед началом нормального гидроразрыва пласта. Нефтепромысловая нагнетательная система включает в себя вспомогательную систему понижающей передачи, которая может управлять трансмиссией на более низкой входной скорости, чем скорость, обеспечиваемая холостым ходом двигателя энергоблока, для обеспечения различных режимов фрекинга, включая режим предварительного фрекинга во время стадии предварительного фрекинга на низкой скорости/высоком давлении. Вспомогательная система понижающей передачи может включать в себя гидростатическую трансмиссию, приводимую в движение двигателем, которая приводит в действие трансмиссию на пониженной скорости, которая соответствует частоте вращения двигателя на холостом ходу, приводящей в движение трансмиссию.

**B1**

**046004**

**046004**

**B1**

### **Область техники, к которой относится изобретение**

Предпочтительные варианты осуществления в целом относятся к области извлечения углеводородов из земли и, более конкретно, к нефтепромысловым системам нагнетания для гидроразрыва подземных пластов с целью увеличения добычи углеводородов.

#### **Предшествующий уровень техники**

Известен гидравлический разрыв (фрекинг) подземных пластов с помощью нефтепромысловых систем нагнетания для увеличения потока в нефтяных и газовых скважинах. Гидравлический разрыв пласта увеличивает продуктивность скважин за счет увеличения пористости и, следовательно, скорости потока через продуктивные зоны, питающие стволы скважин, которые извлекают подземные ресурсы, такие как нефть и газ.

Фрекинг подземных сланцевых пластов обычно начинается с подачи жидкости гидроразрыва (фрекинга) с высокой скоростью потока и под высоким давлением. Оборудование для фрекинга использовалось для обеспечения максимально возможной скорости потока при высоких давлениях, которые могут превышать 15 000 psi (фунтов на квадратный дюйм), для запуска и поддержания операции гидроразрыва.

Предпринимаются усилия для улучшения понимания механики горных пород или других геологических характеристик с целью повышения эффективности гидроразрыва пласта с помощью различных методологий фрекинга, что может привести к увеличению продуктивности скважин. Один из рассматриваемых подходов заключается в замедлении начального гидроразрыва, чтобы дать возможность образоваться большему количеству трещин и позволить этим трещинам распространяться дальше, прежде чем нагнетать жидкость гидроразрыва с высокой скоростью потока или с высокой скоростью и под высоким давлением.

Однако реализация стадии предварительного гидроразрыва с низкой скоростью и высоким давлением сопряжена с многочисленными проблемами. Известное оборудование для фрекинга, такое как насосы для гидроразрыва пласта или нагнетательные насосы, которые приводятся в действие силовыми установками с дизельными двигателями и трансмиссиями, как правило, не способны подавать жидкость гидроразрыва ни при низкой скорости/низком потоке, ни при высоком давлении.

Нагнетательные насосы имеют характеристики выходного потока, которые ограничены механическими возможностями их компонентов, которые обычно несовместимы с обеспечением низкой скорости/низкого выходного потока при высоком давлении. Нагнетательный насос обычно включает вытеснительный насос с цилиндрами прямого вытеснения, скорость выходного потока которого определяется скоростью его привода. Нижний предел рабочей скорости насоса и соответствующий нижний предел скорости потока насоса на выходе или скорости потока жидкости гидроразрыва определяются эксплуатационными характеристиками вышестоящего энергоблока, в частности, двигателя и трансмиссии энергоблока. Двигатель не может работать медленнее скорости холостого хода, а трансмиссия не может работать на меньшей скорости, чем предусмотрено ее самым низким диапазоном. Соответственно, наименьшая возможная скорость выходного потока нагнетательного насоса достигается, когда двигатель его силовой установки работает на холостом ходу, а его трансмиссия находится в самом низком диапазоне. Типичная частота вращения дизельного двигателя на холостом ходу в силовой установке нагнетательного насоса составляет около 800 об/мин. Типичный низкий диапазон силовой установки нагнетательного насоса имеет передаточное число около 4,45:1. Это приводит в действие нагнетательный насос с частотой вращения около 180 об/мин, который подает жидкость гидроразрыва со скоростью около 3,3 баррелей в минуту или около 138,6 галлонов в минуту. Однако эта скорость потока во много раз превышает целевые значения по крайней мере для некоторых стадий предварительного гидроразрыва с низкой скоростью потока/высоким давлением, например, около 0,5 барреля в минуту или около 21 галлона в минуту.

Поэтому необходим нагнетательный насос, который может подавать жидкость гидроразрыва с низкой скоростью/высоким давлением в режиме предварительного гидроразрыва на начальной стадии гидроразрыва и с высокой скоростью/высоким давлением в обычном режиме гидроразрыва на основной стадии.

#### **Сущность и задачи изобретения**

Предпочтительные варианты осуществления преодолевают отмеченные выше препятствия за счет обеспечения силового агрегата нагнетательным насосом со вспомогательной системой понижающей передачи, которая может управлять трансмиссией на более низкой входной скорости, чем может быть обеспечена частотой вращения холостого хода двигателя силового агрегата и низким диапазоном трансмиссии энергоблока для облегчения различных режимов фрекинга.

Нефтепромысловая нагнетательная система сконфигурирована для проведения стадии предварительного гидроразрыва или работы при высоком давлении, но с низкой скоростью перед началом нормального гидроразрыва. Нефтепромысловая нагнетательная система включает в себя нагнетательный насос, сконфигурированный для подачи жидкости гидроразрыва в подземный пласт для его разрыва. Нагнетательный насос включает в себя насос, который подает жидкость гидроразрыва с различными выходными скоростями потока, которые соответствуют различным скоростям привода насоса для гидроразрыва. Силовой агрегат приводит в действие насос гидроразрыва с различными скоростями. Силовой

агрегат включает в себя первичный двигатель, такой как двигатель внутреннего сгорания, и трансмиссию, которая получает мощность от двигателя и выборочно передает ее приводу насоса для гидроразрыва. Между двигателем и трансмиссией может быть установлен гидротрансформатор. Вспомогательная система понижающей передачи может выборочно подавать мощность на трансмиссию для приведения в действие насоса для гидроразрыва с более низкой скоростью, чем это может быть достигнуто путем последовательной передачи мощности от двигателя через трансмиссию или через гидротрансформатор и трансмиссию последовательно. Вспомогательная система понижающей передачи может обеспечивать гидростатическую трансмиссию, которая подает мощность на трансмиссию по другому пути потока мощности, чем при использовании по умолчанию, когда система находится в нормальном режиме гидроразрыва.

В другом аспекте этого варианта осуществления первичный двигатель представляет собой двигатель внутреннего сгорания. Нагнетательный насос определяет нормальный режим гидроразрыва, при котором двигатель внутреннего сгорания подает мощность на трансмиссию для привода насоса гидроразрыва, и режим предварительного гидроразрыва, когда вспомогательная система понижающей передачи подает мощность на трансмиссию для привода насоса гидроразрыва.

В соответствии с другим аспектом этого предпочтительного варианта осуществления трансмиссия включает входной вал трансмиссии, а двигатель внутреннего сгорания определяет скорость холостого хода двигателя. Вспомогательная система понижающей передачи вращает входной вал трансмиссии с меньшей скоростью, чем частота вращения двигателя на холостом ходу.

В еще одном аспекте этого предпочтительного варианта осуществления силовой агрегат нагнетательного насоса дополнительно имеет гидротрансформатор, расположенный между двигателем внутреннего сгорания и трансмиссией для передачи мощности от двигателя внутреннего сгорания к трансмиссии.

В соответствии с дополнительным аспектом этого предпочтительного варианта осуществления вспомогательная система понижающей передачи получает мощность от гидротрансформатора и подает мощность на трансмиссию. Вспомогательная система понижающей передачи, включающая гидравлический насос, получающий мощность от гидротрансформатора; и гидравлический двигатель, приводимый в действие гидравлическим насосом и передающий мощность на трансмиссию, когда нагнетательный насос находится в режиме предварительного гидроразрыва пласта.

В соответствии с еще одним аспектом этого предпочтительного варианта осуществления гидравлический насос установлен на насосной площадке гидротрансформатора; а гидромотор крепится к насосной площадке трансмиссии.

В еще одном аспекте этого предпочтительного варианта осуществления двигатель внутреннего сгорания работает с переменными скоростями и включает скорость холостого хода как самую низкую скорость двигателя. Трансмиссия имеет множество диапазонов, которые соответствуют множеству передаточных чисел для приведения в действие насоса для гидроразрыва пласта с различными скоростями вращения при постоянной скорости двигателя внутреннего сгорания, при этом множество диапазонов включают в себя низкий диапазон как самое низкое передаточное число. Блок питания нагнетательного насоса задает самую низкую скорость вращения двигателя, задаваемую, когда двигатель внутреннего сгорания работает на холостом ходу, трансмиссия находится в нижнем диапазоне, а вспомогательная система понижающей передачи выборочно приводит в действие насос гидроразрыва пласта на пониженной скорости, которая ниже, чем самая низкая скорость двигателя.

В соответствии с другим вариантом осуществления изобретения нефтепромысловая нагнетательная система для подачи жидкости гидроразрыва в подземный пласт с низкой скоростью и высоким давлением с использованием первичного двигателя включает нагнетательный насос, выполненный с возможностью подачи жидкости гидроразрыва в подземный пласт для его гидроразрыва. Сам нагнетательный насос включает в себя насос для гидроразрыва, который подает жидкость гидроразрыва с различными расходами на выходе, которые соответствуют различным скоростям привода насоса для гидроразрыва, трансмиссию и вспомогательную систему нижнего привода. Вспомогательная система понижающей передачи включает в себя гидростатическую трансмиссию, которая подает мощность на трансмиссию по другому пути потока мощности на начальном этапе гидроразрыва, чем на нормальном этапе гидроразрыва. В частности, вспомогательная система понижающей передачи вращает входной вал трансмиссии с более низкой скоростью на начальном этапе гидроразрыва, чем скорость холостого хода первичного двигателя.

Эти и другие особенности и преимущества изобретения станут очевидными для специалистов в данной области техники из следующего подробного описания и прилагаемых чертежей. Однако следует понимать, что подробное описание и конкретные примеры, хотя и указывают предпочтительные варианты осуществления настоящего изобретения, даны в качестве иллюстрации, а не ограничения. В пределах объема настоящего изобретения могут быть сделаны многие изменения и модификации без отклонения от его сути, и изобретение включает в себя все такие модификации.

#### **Краткое описание чертежей**

Четкое представление о преимуществах и особенностях, составляющих настоящее изобретение, а

также о конструкции и работе типичных вариантов осуществления настоящего изобретения станет более очевидным при обращении к иллюстративным и, следовательно, неограничивающим вариантам осуществления, проиллюстрированным на чертежах, сопровождающих и составляющих часть настоящей спецификации, в которых одинаковые ссылочные позиции обозначают одни и те же элементы на нескольких видах и в которых:

фиг. 1 представляет собой схематическую иллюстрацию нефтепромысловой системы нагнетания, включающей в себя вспомогательную систему понижающей передачи, в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления;

фиг. 2 представляет собой схематическое изображение нагнетательного насоса нефтепромысловой системы нагнетания, показанной на фиг. 1, согласно другому предпочтительному варианту осуществления;

фиг. 3 представляет собой схематическое изображение силового агрегата нефтепромысловой системы нагнетания, показанной на фиг. 1, согласно другому предпочтительному варианту осуществления;

фиг. 4 представляет собой схематическую иллюстрацию частей силового агрегата нефтепромысловой системы нагнетания, показанной на фиг. 1 с первой конфигурацией насоса (насосов) вспомогательной системы понижающей передачи в соответствии с другим предпочтительным вариантом осуществления;

фиг. 5 представляет собой схематическую иллюстрацию частей силового агрегата нефтепромысловой системы нагнетания, показанной на фиг. 1, с другой конфигурацией насоса (насосов) системы вспомогательной системы понижающей передачи в соответствии с другим предпочтительным вариантом осуществления;

фиг. 6 представляет собой схематическую иллюстрацию частей силового агрегата нефтепромысловой системы нагнетания, показанной на фиг. 1 с дополнительной конфигурацией насоса (насосов) вспомогательной системы понижающей передачи в соответствии с другим предпочтительным вариантом осуществления; а также

фиг. 7 представляет собой блок-схему, иллюстрирующую способ работы нефтепромысловой системы нагнетания в различных режимах работы для выборочной понижающей передачи трансмиссии, по меньшей мере, в некоторых режимах работы в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления.

При описании предпочтительных вариантов осуществления изобретения, которые проиллюстрированы на чертежах, для ясности будет использоваться специальная терминология. Однако не предполагается, что изобретение ограничивается выбранными таким образом конкретными терминами, и следует понимать, что каждый конкретный термин включает все технические эквиваленты, которые действуют аналогичным образом для достижения аналогичной цели. Например, часто используются слова "соединенный", "присоединенный", "связанный" или подобные им термины. Они не ограничиваются непосредственным соединением, но включают соединение через другие элементы, где такое соединение признано эквивалентным специалистами в данной области техники.

#### **Подробное описание предпочтительных вариантов осуществления**

На фиг. 1 показан один вариант осуществления изобретения в виде нефтепромысловой системы нагнетания 10, которая сконфигурирована для обеспечения различных режимов работы для выполнения гидроразрыва пласта на разных стадиях с разными характеристиками воздействия. Насосная система 10 показана здесь реализованной с нагнетательным насосом 12, который включает в себя силовой агрегат 14, который подает мощность на насос для гидроразрыва 16. Насос для гидроразрыва пласта 16 может представлять собой объемный плунжерный насос высокого давления или другой подходящий насос, который может обеспечивать высокие скорости потока и создавать высокое давление, например, 10000 фунтов на квадратный дюйм (фунтов на квадратный дюйм) или более, обычно по меньшей мере 15000 фунтов на квадратный дюйм. Насос для гидроразрыва пласта 16 обычно представляет собой многоцилиндровый насос, трехцилиндровый (три цилиндра) или пятицилиндровый (пять цилиндров).

На фиг. 1 этот участок нефтяного месторождения показан с несколькими нагнетательными насосами 12, которые работают вместе для гидроразрыва подземной геологической формации или фрекинга для стимулирования добычи скважины. Нагнетательные насосы 12 могут быть активированы или подключены и реализованы по отдельности или вместе, в зависимости от конкретных потребностей в перекачивании для данной операции фрекинга или от рабочей стадии. Каждый из нагнетательных насосов 12 может представлять собой индивидуально упакованный блок, например, установленный на трейлере, который может буксироваться седельным или другим тягачом. Каждый насос для гидроразрыва пласта 16 получает жидкость гидроразрыва или жидкость фрекинга 18, которая хранится в системе хранения жидкости гидроразрыва 20, и подает жидкость гидроразрыва 18 к насосам для гидроразрыва пласта 16 через линии подачи жидкости гидроразрыва 22. Жидкость гидроразрыва 18 под давлением подается от насосов для гидроразрыва 16 через линии подачи манифольда 24 в манифольд 26, который доставляет жидкость гидроразрыва 18 под давлением через выпускную линию манифольда 28 к устью скважины 30. У устья скважины 30 жидкость гидроразрыва 18 направляется через ствол скважины, который проходит через обсадную трубу скважины 32, для гидроразрыва подземного пласта.

На фиг. 1 скорость, с которой нагнетательный насос подает жидкость гидроразрыва 18 под давлением к устью скважины 30, изменяется в зависимости от скорости привода насоса для гидроразрыва 16. Различные приводные скорости насоса для гидроразрыва 16 достигаются за счет вращения входного вала насоса для гидроразрыва 16 при различных входных скоростях вращения, что обеспечивает различные скорости возвратно-поступательного движения поршней в цилиндрах насоса 16 для откачки жидкости гидроразрыва 18 из насоса для гидроразрыва 16 при различных скоростях подачи.

Далее на фиг. 2 силовой агрегат 14 включает первичный двигатель, которым может быть двигатель внутреннего сгорания 34, который обычно представляет собой дизельный двигатель внутреннего сгорания мощностью по меньшей мере 1000 л.с. с частотой вращения холостого хода около 800 об/мин и номинальной рабочей частотой вращения приблизительно от 1600 до 1800 об/мин для обеспечения максимального выходного крутящего момента. Энергия вращения от маховика 36, шкива, установленного на коленчатом валу, или другого выходного компонента двигателя 34 выборочно и перемененно передается остальным силовым агрегатом 14 насосу гидроразрыва 16. Силовой агрегат 14 дополнительно включает в себя гидротрансформатор 38, трансмиссию 40 и вспомогательную систему понижающей передачи 42, которые регулируются вместе с рабочей скоростью двигателя 34 для обеспечения требуемой производительности насоса для гидроразрыва пласта 16.

На фиг. 2 гидротрансформатор 38 может быть одноступенчатым или многоступенчатым, он также может быть сконфигурирован для увеличения крутящего момента. Такие гидротрансформаторы выпускаются, например, компанией Twin Disc®, Inc. для энергетической промышленности. Гидротрансформатор 38 имеет корпус 44, который может быть установлен непосредственно на двигателе 34, например, на картере маховика двигателя. Гидротрансформатор 38 окружает внутренние компоненты, которые могут включать лопасти или другие элементы, такие как турбины, статоры, крыльчатки, которые взаимодействуют для передачи крутящего момента через движущуюся массу жидкости, что обеспечивает гидравлическую муфту. Гидротрансформатор 38 показан здесь с блокировочной муфтой 46 на его входном конце, что позволяет гидротрансформатору 38 находиться в разблокированном и заблокированном состояниях. Когда гидротрансформатор 38 находится в разблокированном состоянии, муфта блокировки отключена, и входной и выходной концы гидротрансформатора 38 гидравлически соединены друг с другом. Когда гидротрансформатор 38 находится в заблокированном состоянии, блокировочная муфта 46 включена и контактирует/зацепляется с маховиком 36 двигателя и непосредственно приводит в действие выходной вал 48 гидротрансформатора для обеспечения механической передачи мощности через гидротрансформатор 38, а не через гидромуфту гидротрансформатора. Такое расположение компонентов внутри энергоблока 14 допускает различные пути прохождения мощности через энергоблок 14, что может включать выборочную передачу мощности через вспомогательную систему понижающей передачи 42 и/или карданный вал 50 выше по потоку к трансмиссии 40 для приведения в действие насоса для гидроразрыва пласта 16.

На фиг. 2, как показано здесь, трансмиссия 40 может быть установлена на расстоянии от гидротрансформатора 38, при этом карданный вал 50 соединяет выходной вал гидротрансформатора 48 с входным валом 52 трансмиссии 40. Входной вал трансмиссии 52 может быть выборочно соединен с главным валом трансмиссии 54 через муфту(ы) и/или компоненты зубчатой передачи, или входной вал 52 может образовывать главный вал трансмиссии 54. Несмотря на это, главный вал 54 может быть выборочно соединен с выходным валом трансмиссии 56 через муфту и/или компоненты зубчатой передачи. Трансмиссия 40 обычно представляет собой многоскоростную механическую редукторную трансмиссию. Примеры трансмиссий 40 включают промышленные трансмиссии с несколькими диапазонами, такие как, например, модель TA90-7600, поставляемая компанией Twin Disc®, Inc., которая имеет небольшие и постоянные шаги передаточных отношений между диапазонами и способна изменять диапазоны, в то время как насос для гидроразрыва 16 полностью нагружен. Выходной вал трансмиссии 56 вращает приводной вал 58, который, в свою очередь, вращает входной вал 60 насоса для гидроразрыва 16. Трансмиссия 40 показана здесь со встроенной насосной колонной или секцией колонны отбора мощности 62, которая имеет по меньшей мере одну насосную площадку, показанную здесь, поддерживающую компонент(ы) вспомогательной системы понижающей передачи 42. Трансмиссия 40 или ее секция колонны 62 могут иметь другие площадки насоса для поддержки и привода других вспомогательных устройств. Другие аксессуары могут включать в себя два гидравлических насоса, расположенных один на другом или в другом расположении, с целью подачи гидравлического масла под давлением для смазки и создания давления в системе для приведения в действие гидравлических компонентов, и/или откачивающий насос для удаления или откачки масла, например, из кожуха влажного маховика при его использовании или из других корпусов, которые требуют откачки масла.

Далее на фиг. 3 вспомогательная система понижающей передачи 42 выполнена с возможностью привода насоса 16 для гидроразрыва пласта (Фиг. 1) для подачи жидкости гидроразрыва 18 под высоким давлением (Фиг. 1) с меньшей скоростью подачи, чем это может быть достигнуто с помощью двигателя 34 (Фиг. 2), гидротрансформатор 38 и трансмиссия 40, работающие на самых низких рабочих скоростях и/или в самом(ых) низком(их) диапазоне(ах). Вспомогательная система понижающей передачи 42 пока-

зана здесь как гидравлическая система понижающей передачи, которая обеспечивает вторичную гидростатическую трансмиссию для подачи мощности на трансмиссию 40, чтобы обеспечить движущую силу насосу для гидроразрыва 16 (Фиг. 1) для подачи жидкости гидроразрыва 18 с низкой скоростью потока под высоким давлением (Фиг. 1).

На фиг. 3 вспомогательная система понижающей передачи 42 включает в себя насос 64, который может быть гидравлическим насосом, прикрепленным к насосной площадке корпуса или кожуха гидротрансформатора 38. Насос 64 может приводиться в действие непосредственно двигателем 34, например, его ведомым соединением с внутренними компонентами гидротрансформатора 38, которые приводятся в движение синхронно с маховиком двигателя 36, такими как входной вал или корпус ротора, независимо от рабочего состояния гидротрансформатора. Гидравлические линии 66 гидравлически соединяют насос 64 с двигателем 70, который может быть гидравлическим двигателем, установленным на насосной площадке насоса трансмиссии или секции колонны отбора мощности 62. Двигатель 70 выборочно подает мощность на трансмиссию 40, например, путем вращения выходного вала двигателя 70 для вращения шестерни внутри насосной площадки, которая соответственно приводит в движение входной вал трансмиссии 52 или главный вал 54. Управление насосом 64 и двигателем 70 позволяет выборочно подавать мощность на трансмиссию 40 и приводить в действие выходной вал трансмиссии 56 в качестве пути передачи пониженной мощности, когда мощность не передается по обычному или стандартному пути передачи мощности от гидротрансформатора 44 к трансмиссии 40 через карданный вал 50.

Далее на фиг. 4-6 на этих чертежах показаны различные конфигурации насоса 64 и двигателя 70 в составе вспомогательной системы понижающей передачи 42. Фиг. 4 насос 64 показан как насос постоянной производительности, а двигатель 70 - как двигатель постоянной производительности. В этой конструкции изменение рабочей скорости двигателя 34 используется для изменения скорости вращения двигателя 70 и, соответственно, скорости вращения выходного вала трансмиссии 56 и скорости подачи жидкости гидроразрыва насоса для гидроразрыва 16 (Фиг. 2). Фиг. 5 насос 64 показан как насос переменного расхода, а двигатель 70 - как двигатель постоянного расхода. В этой конструкции изменение скорости вращения двигателя 70 изменяет скорость вращения выходного вала трансмиссии 56 и скорость подачи жидкости гидроразрыва насосом для гидроразрыва 16 (Фиг. 2) может быть достигнуто путем изменения выходной скорости потока насоса 64 независимо от рабочей скорости двигателя 34 (Фиг. 3). Фиг. 6 насос 64 показан как насос постоянного расхода, а двигатель 70 - как двигатель переменного расхода. В этой конструкции изменение скорости вращения двигателя 70 изменяет скорость вращения выходного вала трансмиссии 56 и скорость подачи жидкости гидроразрыва насосом для гидроразрыва 16 (Фиг. 2) может быть достигнуто путем изменения входной скорости потока двигателя 70 независимо от рабочей скорости двигателя 34 (Фиг. 3). Версии насоса 64 и двигателя 70 с переменным расходом могут представлять собой поршневые насосы с наклонной шайбой или двигатели с регулируемыми углами наклонной шайбы для обеспечения переменного расхода. Муфты, такие как муфты 65 и 71, могут быть встроены между каждым насосом 64 и двигателем 70 и соответствующим компонентом, которым он приводится или который он приводит, для выборочного отклонения потока мощности через гидростатическую трансмиссию вспомогательной системы понижающей передачи 42.

На фиг. 2 система управления 100 управляет рабочими характеристиками энергоблока 14 и его подсистем и компонентов. Примеры включают рабочую скорость двигателя 34, включение и выключение блокировочной муфты 46 гидротрансформатора 38, внутренние муфты трансмиссии 40 для выборочной передачи мощности через трансмиссию и/или выбор диапазона(ов) трансмиссии 40, включение и выключение муфт 65 (Фиг. 4) и 71 (Фиг. 4) во вспомогательной системе понижающей передачи 42, и управляющей расходом насосов переменного расхода 64 (Фиг. 4) и/или двигателя 70 (Фиг. 4). Система управления 100 включает в себя компьютер, который выполняет различные сохраненные программы, получая входные данные и отправляя команды на нагнетательный насос 12 (Фиг. 1) для управления, например, включением и выключением различных компонентов системы, а также приведением в действие насосной системы 10 на разных этапах для поэтапного гидроразрыва подземных пластов путем управления различными электронными, электромеханическими и гидравлическими системами и/или другими компонентами каждого нагнетательного насоса 12. Система управления 100 может включать электронную систему управления TDEC-501, поставляемую компанией Twin Disc®, Inc., для управления нагнетательным(ми) насосом(ами) 12. Контроллер с замкнутым контуром (пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД)) может быть реализован в аппаратном или программном обеспечении системы управления 100, чтобы облегчить методы управления вспомогательной системой понижающей передачи 42 для достижения и/или поддержания целевой скорости подачи жидкости гидроразрыва, которые могут относиться к отслеживаемой и регулируемой скорости вращающегося компонента внутри нагнетательного насоса 12. Это может включать в себя управление гидростатической трансмиссией вспомогательной системы понижающей передачи 42 для изменения приводной скорости и выходной скорости потока насоса для гидроразрыва 16 (Фиг. 2).

Управление гидростатической трансмиссией вспомогательной системы понижающей передачи 42 и другими компонентами нагнетательного насоса 12 с помощью системы управления 100 позволяет насосной системе 10 (Фиг. 10) работать в разных режимах, например, для обеспечения различных типов воз-

действия на подземный пласт и проведения различных стадий гидроразрыва.

Далее ссылка на фиг. 7 и с исходной ссылкой на фиг. 1 и 3, показывающие различные подсистемы и компоненты, пример методики использования показан как процесс 110, который начинается с блока 112 и начинает процедуру прогрева двигателя с блока 114. В блоке 116 блокировочная муфта 46 размыкается или выключается. Система управления 100 оценивает температуру двигателя, такую как температура охлаждающей жидкости, чтобы определить, достиг ли двигатель желаемой рабочей температуры в блоке 118. Блоки 114, 116 и 118 могут по меньшей мере частично определять стадию прогрева нагнетательного насоса 12 (Фиг. 1), представленный пунктирной рамкой 120, что позволяет двигателю 34 прогреваться при небольшой нагрузке.

На фиг. 7, как показано в блоке 122, если реализуется начальная стадия гидроразрыва, то система управления 100 инициирует режим предварительного гидроразрыва насосной системы 10, как показано в блоке 124. В режиме предварительного гидроразрыва блокировочная муфта 46 остается разомкнутой или отключенной в блоке 126, и активируется вспомогательная система понижающей передачи 42, как показано в блоке 128. Когда вспомогательная система понижающей передачи 42 активирована, для версий, которые реализуют гидростатическую трансмиссию, система управления 100 включает и/или выключает различные муфты внутри нагнетательного насоса 12, поэтому насос 64 приводится в действие двигателем 34. Это может включать прямой привод насоса 64 от самого двигателя 34 или прямой или иной привод с помощью гидротрансформатора 38, в зависимости от конкретного места установки и конфигурации насоса 64. Как показано в блоке 130, гидростатическая трансмиссия вспомогательной системы понижающей передачи 42 подает мощность на редукторную трансмиссию 40 с помощью насоса 64 для гидравлического привода двигателя 70, который передает крутящий момент на трансмиссию 40. Как показано в блоке 132, двигатель 34 может работать на низкой скорости, например, на холостом ходу или почти на холостом ходу, например, в пределах примерно 10% скорости холостого хода плюс-минус 5%. Трансмиссия 40, приводимая в действие вспомогательной системой понижающей передачи 42, вращает карданный вал 58 для привода насоса для гидроразрыва пласта 16 на пониженной скорости. Скорость пониженной передачи ниже той, при которой двигатель 34, гидротрансформатор 38 и трансмиссия 40 могут приводить в действие насос для гидроразрыва пласта 16, когда они работают на самых низких скоростях и в самых низких диапазонах, как показано в блоке 134. Как показано в блоке 136, крутящий момент и скорость двигателя регулируются системой управления 100 для поддержания требуемой низкой скорости и высокого выходного давления насоса для гидроразрыва 16. Это можно сделать с помощью электрогидравлического клапана, который обеспечивает пропорциональное управление и использует сигнал требуемой скорости в качестве эталона в контроллере с обратной связью (например, ПИД). Таким образом, насосом 64 и/или двигателем 70 можно управлять, чтобы обеспечить повышение или уменьшение скорости гидравлической мощности для увеличения или уменьшения скорости привода насоса для гидроразрыва пласта 16, чтобы уменьшить разницу между наблюдаемой и требуемой скоростью. Целевая или желаемая скорость может быть равной или соответствовать приводной скорости вращения насоса для гидроразрыва 16 около 30 об/мин или менее, например, 27 или 25 об/мин, или другому состоянию, которое соответствует требуемой скорости потока насоса для гидроразрыва 16 при поддержании достаточно высокого давления для разрыва подземного пласта. Это давление может составлять по меньшей мере 10000 фунтов на квадратный дюйм или по меньшей мере около 15000 фунтов на квадратный дюйм. Если насосная система 10 все еще находится на начальной стадии гидроразрыва, то повторяются блоки 122, 124, 126, 128, 130, 132, 134 и 136, которые могут хотя бы частично определять стадию предварительного гидроразрыва с низкой скоростью/высоким давлением, представленную пунктирной рамкой 140. Во время стадии предварительного гидроразрыва на низкой скорости/высоком давлении путь мощности предварительного гидроразрыва может быть определен путем передачи мощности от двигателя 34 через открытый или отключенный/разблокированный гидротрансформатор 34, через вспомогательную понижающую систему 42, через трансмиссию 40 и в насос для гидроразрыва 16, чтобы привести его в действие для обеспечения подачи жидкости гидроразрыва 18 под высоким давлением на пониженной скорости.

На фиг. 7 после этапа предварительного гидроразрыва с низкой скоростью/высоким давлением 140 система управления 100 может дать команду насосной системе 10 перейти на этап основного гидроразрыва в блоке 142. Система управления 100 может инициировать нормальный режим гидроразрыва насосной системы 10 во время основного этапа гидроразрыва, как показано в блоке 144. Решение о выходе из стадии предварительного гидроразрыва с низкой скоростью/высоким давлением 140 и переходе в нормальный режим гидроразрыва может быть принято системой управления 100 посредством таймеров и/или характеристик системы мониторинга. Одним из примеров является то, что система управления 100 может контролировать давление насоса для гидроразрыва 16 и использовать падение давления заданной величины в качестве индикатора достаточного количества подземных разрывов для перехода к нормальному режиму гидроразрыва. В обычном режиме гидроразрыва муфты 65 и/или 71 вспомогательной понижающей системы 42 могут быть отключены, а блокировочная муфта 46 может быть замкнута или включена в блоке 146 для механической передачи крутящего момента через гидротрансформатор 38, не полагаясь на его гидравлическую муфту или гидростатический привод от вспомогательной системы по-

нижающей передачи 42. В этот момент вспомогательная система понижающей передачи 42, включая ее гидростатическую трансмиссию, деактивируется, как показано в блоках 148, 150. Это обеспечивает передачу крутящего момента по другому пути мощности, чем когда вспомогательная система понижающей передачи 42 приводит в движение трансмиссию 40 и насос для гидроразрыва 16. В нормальном режиме гидроразрыва нормальный путь мощности гидроразрыва определяется от двигателя 34 через заблокированный гидротрансформатор 38 с включенной блокировочной муфтой 46, через трансмиссию 40 и к насосу для гидроразрыва 16. Как показано в блоках 152 и 154, двигатель 34 может работать на более высокой скорости, например, на его номинальной рабочей скорости для обеспечения максимального крутящего момента, а трансмиссия 40 может переключаться между диапазонами для привода насоса для гидроразрыва 16, чтобы обеспечить желаемые характеристики гидроразрыва. Если насосная система 10 все еще находится в стадии нормального гидроразрыва, то блоки 142, 144, 146, 148, 150, 152 и 154 могут повторяться, что может, по крайней мере, частично определять высокоскоростную/высоконапорную стадию нормального гидроразрыва, представленную пунктирной рамкой 160.

Хотя наилучший вариант осуществления настоящего изобретения, предусмотренный изобретателями, описан выше, практическое применение указанного изобретения не ограничивается им. Будет очевидно, что различные дополнения, модификации и перестановки деталей настоящего изобретения могут быть выполнены без отклонения от духа и объема лежащей в основе изобретательской концепции.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Нефтепромысловая нагнетательная насосная система для подачи жидкости гидроразрыва в подземный пласт, при этом нефтепромысловая нагнетательная насосная система включает:

нагнетательный насос, выполненный с возможностью подачи жидкости гидроразрыва в подземный пласт для его гидроразрыва, при этом нагнетательный насос включает:

насос для гидроразрыва, который подает жидкость гидроразрыва с различными скоростями выходного потока, которые соответствуют различным приводным скоростям насоса для гидроразрыва;

силовую установку, которая приводит в действие насос гидроразрыва пласта с различными приводными скоростями и включает:

первичный двигатель;

трансмиссию, которая получает мощность от первичного двигателя и выборочно подает мощность для приведения в действие насоса для гидроразрыва;

гидротрансформатор, расположенный между первичным двигателем и трансмиссией, гидротрансформатор определяет основной выход, выполненный с возможностью подачи мощности на трансмиссию и вспомогательный выход; и

вспомогательную систему понижающей передачи, которая выполнена с возможностью получать мощность от вспомогательного выхода гидротрансформатора и выборочно подавать мощность на трансмиссию для приведения в действие насоса для гидроразрыва.

2. Нефтепромысловая нагнетательная система по п.1, в которой первичный двигатель является двигателем внутреннего сгорания; и нагнетательный насос задает:

режим нормального гидроразрыва, при котором двигатель внутреннего сгорания передает мощность на трансмиссию для приведения в действие насоса для гидроразрыва; и

режим предварительного гидроразрыва с вспомогательной системой понижающей передачи, передающей мощность на трансмиссию для приведения в действие насоса гидроразрыва.

3. Нефтепромысловая нагнетательная система по п.2, в которой:

трансмиссия включает входной вал трансмиссии;

двигатель внутреннего сгорания задает холостой ход двигателя; и

вспомогательная система понижающей передачи вращает входной вал трансмиссии с меньшей скоростью, чем частота вращения двигателя на холостом ходу.

4. Нефтепромысловая нагнетательная система по п.2, в которой вспомогательный выход гидротрансформатора содержит насосную площадку, которая соединяет вспомогательную систему понижающей передачи с гидротрансформатором.

5. Нефтепромысловая нагнетательная система по п.4, в которой вспомогательная система понижающей передачи получает мощность от гидротрансформатора и передает мощность на трансмиссию.

6. Нефтепромысловая нагнетательная система по п.5, в которой вспомогательная система понижающей передачи содержит:

гидравлический насос, получающий мощность от гидротрансформатора; и

гидромотор, приводимый в действие гидронасосом и передающий мощность на трансмиссию, когда нагнетательный насос находится в режиме предварительного гидроразрыва.

7. Нефтепромысловая нагнетательная система по п.6, в которой:

гидронасос крепится к насосной площадке гидротрансформатора; и

гидромотор крепится к насосной площадке трансмиссии.

8. Нефтепромысловая нагнетательная насосная система для подачи жидкости гидроразрыва в под-



земный пласт, при этом нефтепромысловая нагнетательная насосная система включает:

нагнетательный насос, выполненный с возможностью подачи жидкости гидроразрыва в подземный пласт для его гидроразрыва, при этом нагнетательный насос включает:

насос для гидроразрыва, который подает жидкость гидроразрыва с различными скоростями выходного потока, которые соответствуют различным приводным скоростям насоса для гидроразрыва;

силовую установку, которая приводит в действие насос гидроразрыва пласта с различными приводными скоростями и включает:

первичный двигатель;

трансмиссию, которая получает мощность от первичного двигателя и выборочно подает мощность для приведения в действие насоса для гидроразрыва; и

вспомогательную систему понижающей передачи, которая выборочно подает мощность на трансмиссию для приведения в действие насоса для гидроразрыва;

при этом:

первичный двигатель определяется двигателем внутреннего сгорания, который работает с переменной скоростью, включающей в себя скорость холостого хода как самую низкую скорость двигателя;

трансмиссия имеет множество диапазонов, которые соответствуют множеству передаточных чисел для приведения в действие насоса для гидроразрыва пласта с различными скоростями вращения при постоянной скорости двигателя внутреннего сгорания, при этом множество диапазонов включают в себя низкий диапазон как самое низкое передаточное число;

силовой агрегат нагнетательного насоса определяет самую низкую скорость вращения двигателя, задаваемую, когда:

двигатель внутреннего сгорания работает на холостом ходу; и

передача находится в нижнем диапазоне; и

вспомогательная система понижающей передачи выборочно приводит в действие насос для гидроразрыва пласта на пониженной скорости, которая ниже, чем самая низкая скорость, обеспечиваемая двигателем.

9. Нефтепромысловая нагнетательная система по п.1, в которой силовой агрегат нагнетательного насоса содержит гидротрансформатор с блокировочной муфтой, расположенный между двигателем внутреннего сгорания и трансмиссией, при этом гидротрансформатор задает:

заблокированное состояние, в котором муфта блокировки включена; и

разблокированное состояние, в котором муфта блокировки отключена;

вспомогательная система понижающей передачи, включающая:

гидравлический насос, получающий мощность от гидротрансформатора; и

гидравлический двигатель, приводимый в действие гидравлическим насосом и передающий мощность на трансмиссию; и при этом:

силовой агрегат нагнетательного насоса задает:

режим нормального гидроразрыва, при котором гидротрансформатор находится в заблокированном состоянии; путь мощности нормального гидроразрыва определяется первым путем мощности от двигателя внутреннего сгорания через заблокированный гидротрансформатор, через трансмиссию и к насосу для гидроразрыва, для приведения в действие насоса для гидроразрыва на первой, относительно более высокой скорости подачи жидкости гидроразрыва с первой, относительно большей выходной скоростью потока, и

режим предварительного гидроразрыва, при котором гидротрансформатор находится в разблокированном состоянии; путь мощности предварительного гидроразрыва определяется вторым путем мощности от двигателя внутреннего сгорания, через разблокированный гидротрансформатор, через вспомогательную систему понижающей передачи, через трансмиссию и в насос для гидроразрыва для приведения в действие насоса для гидроразрыва на второй, относительно более низкой скорости подачи жидкости гидроразрыва со второй, относительно меньшей выходной скоростью потока.

10. Нефтепромысловая нагнетательная система по п.1, в которой:

трансмиссия представляет собой редукторную механическую передачу; и

вспомогательная система понижающей передачи включает гидростатическую трансмиссию.

11. Нефтепромысловая нагнетательная насосная система для подачи жидкости гидроразрыва в подземный пласт, при этом нефтепромысловая нагнетательная насосная система включает:

нагнетательный насос, выполненный с возможностью подачи жидкости гидроразрыва в подземный пласт для его гидроразрыва, при этом нагнетательный насос включает:

насос для гидроразрыва, который подает жидкость гидроразрыва с различными скоростями выходного потока, которые соответствуют различным приводным скоростям насоса для гидроразрыва;

силовую установку, которая приводит в действие насос гидроразрыва пласта с различными приводными скоростями и включает:

первичный двигатель;

трансмиссию, которая получает мощность от первичного двигателя и выборочно подает мощность для приведения в действие насоса для гидроразрыва; и

вспомогательную систему понижающей передачи, которая выборочно подает мощность на трансмиссию для приведения в действие насоса для гидроразрыва;

при этом

трансмиссия представляет собой редукторную механическую трансмиссию; и

вспомогательная система понижающей передачи включает гидростатическую трансмиссию;

гидротрансформатор расположен между двигателем внутреннего сгорания и редукторной механической трансмиссией, при этом гидротрансформатор выборочно подает мощность на редукторную механическую трансмиссию по любому из:

первого пути потока мощности, который проходит через гидростатическую трансмиссию вспомогательной системы понижающей передачи; и второго пути потока мощности, который не проходит через гидростатическую трансмиссию вспомогательной системы понижающей передачи.

12. Нефтепромысловая нагнетательная система по п.11, в которой нагнетательный насос задает:

режим нормального гидроразрыва с передачей мощности гидротрансформатором непосредственно на редукторную механическую трансмиссию; и

режим предварительного гидроразрыва, при котором гидротрансформатор передает мощность на гидростатическую трансмиссию вспомогательной системы понижающей передачи, а гидростатическая трансмиссия вспомогательной системы понижающей передачи передает мощность на редукторную механическую трансмиссию.

13. Нефтепромысловая нагнетательная система для подачи жидкости гидроразрыва в подземный пласт с низкой скоростью и под высоким давлением с использованием первичного двигателя, нефтепромысловая нагнетательная насосная система содержит:

нагнетательный насос, выполненный с возможностью подачи жидкости гидроразрыва в подземный пласт для его гидроразрыва, причем нагнетательный насос включает насос для гидроразрыва, который подает жидкость гидроразрыва с различными скоростями выходного потока, которые соответствуют различным приводным скоростям насоса для гидроразрыва, трансмиссию, гидротрансформатор и вспомогательную систему понижающей передачи, которая включает гидростатическую трансмиссию, которая расположена между гидротрансформатором и трансмиссией и подает мощность на трансмиссию по первому пути потока мощности на начальном этапе гидроразрыва и по второму пути потока мощности на этапе нормального гидроразрыва; и

при этом вспомогательная система понижающей передачи вращает входной вал трансмиссии с меньшей скоростью вращения на начальной стадии гидроразрыва, чем скорость холостого хода первичного двигателя.

14. Нефтепромысловая нагнетательная система по п.13, в которой трансмиссия представляет собой редукторную механическую передачу.

15. Нефтепромысловая нагнетательная система для подачи жидкости гидроразрыва в подземный пласт с низкой скоростью и под высоким давлением с использованием первичного двигателя, нефтепромысловая нагнетательная насосная система содержит:

нагнетательный насос, выполненный с возможностью подачи жидкости гидроразрыва в подземный пласт для его гидроразрыва, причем нагнетательный насос включает насос для гидроразрыва, который подает жидкость гидроразрыва с различными скоростями выходного потока, которые соответствуют различным приводным скоростям насоса для гидроразрыва, трансмиссию и вспомогательную систему понижающей передачи, которая включает гидростатическую трансмиссию, подающую мощность на трансмиссию по первому пути потока мощности на начальном этапе гидроразрыва и по второму первому пути потока мощности на этапе нормального гидроразрыва; и

при этом:

вспомогательная система понижающей передачи вращает входной вал трансмиссии с меньшей скоростью вращения на начальной стадии гидроразрыва, чем скорость холостого хода первичного двигателя;

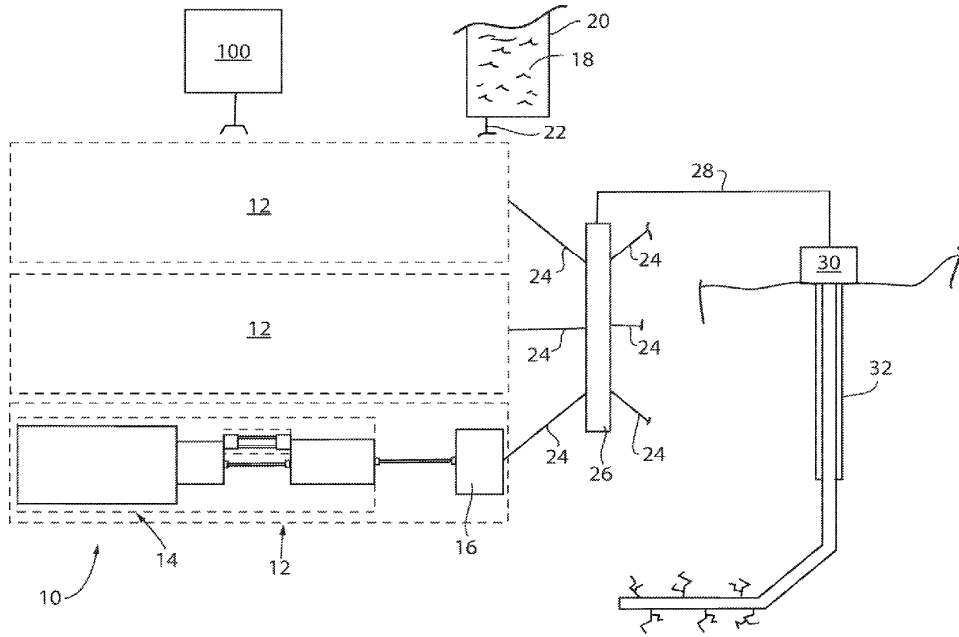
трансмиссия представляет собой редукторную механическую трансмиссию; и

нагнетательный насос дополнительно содержит:

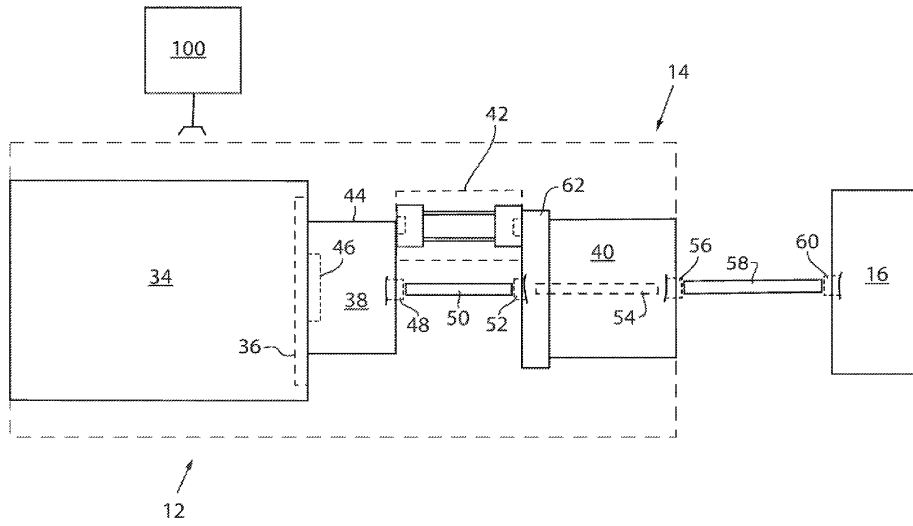
гидротрансформатор, расположенный между двигателем внутреннего сгорания и трансмиссией, при этом гидротрансформатор выборочно подает мощность на:

редукторную механическую трансмиссию; и

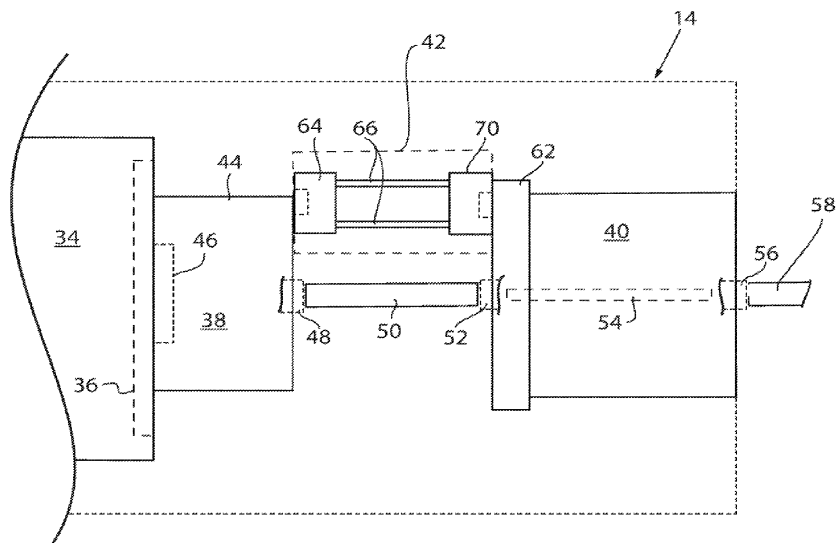
гидростатическую трансмиссию вспомогательной системы понижающей передачи.



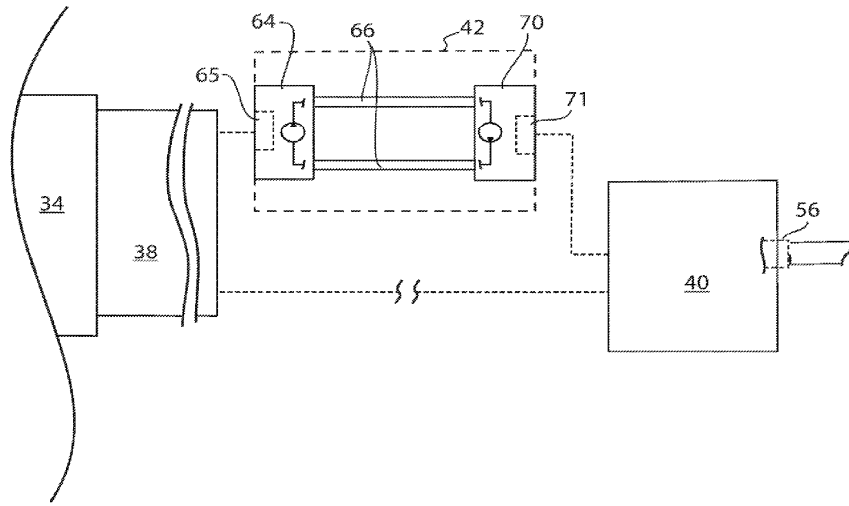
Фиг. 1



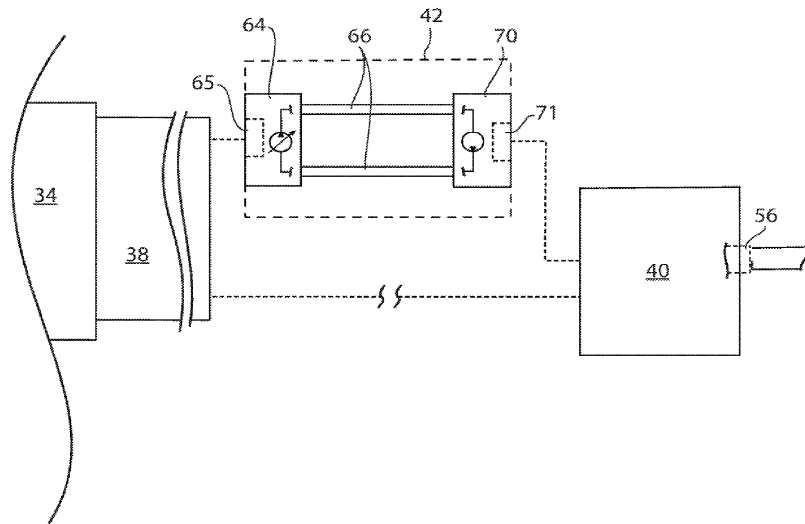
Фиг. 2



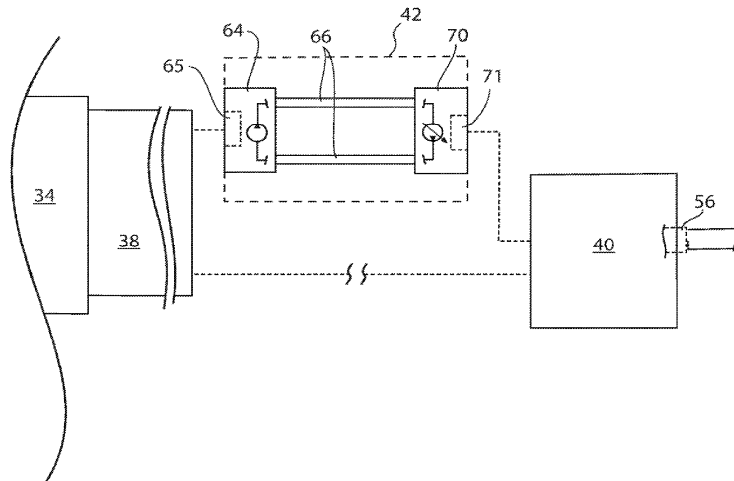
Фиг. 3



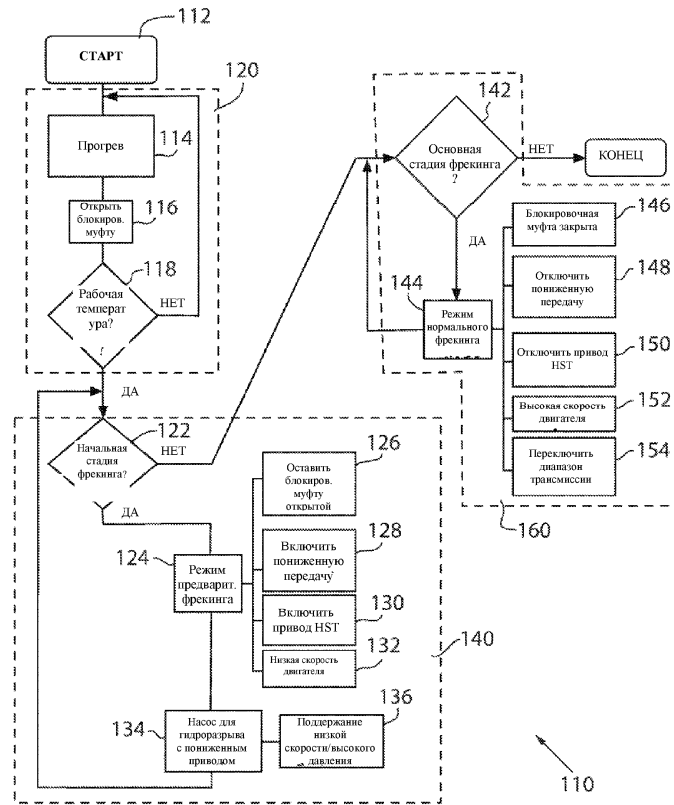
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7