

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **038842**

(13) **B1**

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

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2021.10.27**

**(21)** Номер заявки  
**202092304**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2019.05.01**

**(51)** Int. Cl. *E21B 25/00* (2006.01)  
*E21B 49/04* (2006.01)  
*E21B 49/06* (2006.01)  
*B23D 49/00* (2006.01)  
*B28D 1/00* (2006.01)

---

**(54) СПОСОБ ИЗВЛЕЧЕНИЯ КЕРНА ИЗ БОЙКА СТРЕЛЯЮЩЕГО БОКОВОГО КЕРНООТБОРНИКА ДЛЯ ЦИФРОВОГО ТОМОГРАФИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ И ПРЯМЫХ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛИРОВАНИЙ**

---

**(31)** 1807260.3

**(32)** 2018.05.02

**(33)** GB

**(43)** 2021.02.28

**(86)** PCT/EP2019/061170

**(87)** WO 2019/211344 2019.11.07

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:

**БиПи ЭКСПЛОРЕЙШН  
ОПЕРЕЙТИНГ КОМПАНИ  
ЛИМИТЕД (GB)**

**(72)** Изобретатель:  
**Лакштанов Дмитрий (GB)**

**(74)** Представитель:  
**Гизатуллина Е.М., Угрюмов В.М.,  
Строкова О.В., Христофоров А.А.,  
Гизатуллин Ш.Ф., Костюшенкова  
М.Ю., Лебедев В.В., Парамонова К.В.  
(RU)**

**(56)** US-A-2901220  
US-A-2227198  
US-A1-2015185122

---

**(57)** Варианты осуществления, в целом, относятся к способам извлечения керна из бойка стреляющего бокового кернаотборника для цифрового томографического описания и прямых численных моделирований. Способ извлечения керна из бойка стреляющего бокового кернаотборника для цифрового томографического описания и прямых численных моделирований предусматривает проталкивание свободного конца проволоки проволочной пилы через керна. Керна расположен внутри бойка стреляющего бокового кернаотборника. В дополнение, способ предусматривает прикрепление свободного конца к фиксирующему механизму проволочной пилы. Кроме того, способ предусматривает вырезание керна из бойка стреляющего бокового кернаотборника. Способ также предусматривает удаление керна из бойка стреляющего бокового кернаотборника.

---

**038842**  
**B1**

**038842**  
**B1**

### **Ссылка на родственную заявку**

Согласно настоящей заявке испрашивается приоритет в соответствии с заявкой на патент Соединенного Королевства № 1807260.3, поданной 2 мая 2018 г. и озаглавленной "Method for Extracting a Core from a Percussion Side Wall Core Bullet for a Digital Tomographic Description and Direct Numerical Simulations", которая включена в настоящий документ посредством ссылки во всей полноте.

**Заявление об исследованиях или разработках, финансируемых из федерального бюджета**  
Неприменимо.

### **Предшествующий уровень техники изобретения**

Изобретение в целом относится к системам и способам получения образцов подземного керна для анализа. Более конкретно, настоящее изобретение относится к способам извлечения образцов подземного керна из бойков бокового керноотборника для последующего анализа.

Физические и петрофизические свойства пластов подземных пород используются для оценки коллекторов углеводородов и стратегий разработки таких коллекторов. Образцы или керны пластов подземных пород могут быть извлечены с помощью керноотборников. Например, керн, отобранный стреляющим боковым керноотборником ("PSWC"), может быть получен в результате выпуска полого снаряда или бойка в боковую стенку ствола скважины, пробуренного в подземном пласте. Образец материала пласта, захваченный в полом цилиндра бойка, затем извлекается на поверхность для анализа. В частности, образец извлекают из цилиндра бойка на поверхности, а затем подвергают лабораторным испытаниям для физического анализа с целью определения его физических и петрофизических свойств.

### **Краткое раскрытие изобретения**

В настоящем документе раскрыты варианты осуществления способов извлечения образцов керна из бойка стреляющего бокового керноотборника. Согласно одному варианту осуществления способ извлечения керна из бойка стреляющего бокового керноотборника для цифрового томографического описания и прямых численных моделирований предусматривает проталкивание свободного конца проволоки проволоочной пилы через керн. Керн расположен внутри бойка стреляющего бокового керноотборника. Кроме того, способ предусматривает прикрепление свободного конца к фиксирующему механизму проволоочной пилы. Способ также предусматривает вырезание керна из бойка стреляющего бокового керноотборника. Более того, способ предусматривает удаление керна из бойка стреляющего бокового керноотборника.

Согласно другому варианту осуществления способ извлечения керна из бойка стреляющего бокового керноотборника для цифрового томографического описания и прямых численных моделирований предусматривает высверливание отверстия через керн, расположенный в бойке стреляющего бокового керноотборника. Кроме того, способ предусматривает проталкивание свободного конца проволоки проволоочной пилы через керн через отверстие. Кроме того, способ предусматривает прикрепление свободного конца к фиксирующему механизму проволоочной пилы. Способ также предусматривает вырезание керна из бойка стреляющего бокового керноотборника. Более того, способ предусматривает удаление керна из бойка стреляющего бокового керноотборника.

Согласно еще одному варианту осуществления способ извлечения керна из бойка стреляющего бокового керноотборника для цифрового томографического описания и прямых численных моделирований предусматривает размещение бойка стреляющего бокового керноотборника, в котором расположен керн, в автоматизированном узле для резки проволокой. Кроме того, способ предусматривает прорезание входной прорези с помощью проволоки автоматизированного узла для резки проволокой. Кроме того, способ предусматривает вырезание керна из бойка стреляющего бокового керноотборника с помощью проволоки автоматизированного узла для резки проволокой. Способ также предусматривает удаление керна из бойка стреляющего бокового керноотборника.

В вариантах осуществления, описанных в настоящем документе, представлена комбинация признаков и характеристик, предназначенных для устранения различных недостатков, связанных с определенными устройствами, системами и способами, известными из уровня техники. Выше были довольно широко изложены признаки и технические характеристики раскрытых вариантов осуществления, чтобы можно было лучше понять последующее подробное описание. Различные характеристики и признаки, описанные выше, а также другие, будут очевидны специалистам в данной области техники после прочтения следующего подробного описания и обращения к прилагаемым чертежам. Следует понимать, что концепция и конкретные раскрытые варианты осуществления могут быть легко использованы в качестве основы для модификации или разработки других конструкций для выполнения тех же целей, что представлены в раскрытых вариантах осуществления. Также следует понимать, что такие эквивалентные конструкции не выходят за рамки сущности и объема принципов, раскрытых в настоящем документе.

### **Краткое описание фигур**

Для подробного описания различных иллюстративных вариантов осуществления далее будет сделана ссылка на прилагаемые фигуры, на которых изображено следующее.

На фиг. 1 показан вид в перспективе ручной проволоочной пилы и бойка стреляющего бокового керноотборника в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 2 - вид в перспективе ручной проволоочной пилы, изображенной на фиг. 1, которая располо-

жена для вырезания керна из бойка стреляющего бокового керноотборника, изображенного на фиг. 1, в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 3 - вид с торца бойка стреляющего бокового керноотборника, изображенного на фиг. 1, в котором находится керн;

на фиг. 4 - вид в перспективе керна, вырезанного из бойка стреляющего бокового керноотборника, изображенного на фиг. 1, в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 5 - вид в перспективе бойка стреляющего бокового керноотборника с входной прорезью в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 6 - вид в перспективе бойка стреляющего бокового керноотборника с керном, находящимся в нем, размещенного в автоматизированном узле для резки проволокой в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 7 - вид в перспективе бойка стреляющего бокового керноотборника и керна, удаленного из бойка, в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 8 - иллюстративная блок-схема, на которой изображен вариант осуществления способа получения керна из бойка стреляющего бокового керноотборника в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 9 - иллюстративная блок-схема, на которой изображен вариант осуществления способа получения керна из бойка стреляющего бокового керноотборника в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 10 - иллюстративная блок-схема, на которой изображен вариант осуществления способа получения керна из бойка стреляющего бокового керноотборника в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения.

#### **Подробное раскрытие предпочтительных вариантов осуществления**

Следующее описание направлено на различные иллюстративные варианты осуществления. Однако специалисту в данной области будет понятно, что примеры, раскрытые в настоящем документе, обладают широким применением и что описание любого варианта осуществления предназначено только для иллюстрации этого варианта осуществления и не предназначено для предположения, что объем настоящего изобретения, включая формулу изобретения, ограничивается этим вариантом осуществления.

Определенные термины используются в нижеследующем описании и формуле изобретения для обозначения конкретных признаков или компонентов. Как будет понятно специалисту в данной области техники, один и тот же признак или компонент может называться по-разному. В этом документе не делается различия между компонентами или признаками, которые отличаются по названию, но не по функциям. Фигуры изображены без соблюдения масштаба. Некоторые признаки и компоненты в настоящем документе могут быть показаны в преувеличенном масштабе или в несколько схематической форме, а некоторые детали традиционных элементов могут быть не показаны для ясности и краткости.

Если из контекста не следует обратное, все указанные в настоящем документе диапазоны должны интерпретироваться как включающие их конечные значения, а открытые диапазоны следует интерпретировать как включающие только коммерчески практические значения. Точно так же все списки значений следует рассматривать как включающие промежуточные значения, если контекст не указывает на обратное.

В следующем обсуждении и в формуле изобретения термины "включающий" и "содержащий" используются в открытом смысле и, таким образом, должны интерпретироваться как означающие "включая, но без ограничения". Кроме того, термины "соединять" или "соединяет" предназначены для обозначения опосредованного или непосредственного соединения. Таким образом, если первое устройство соединено с вторым устройством, это соединение может быть осуществлено с помощью непосредственного зацепления между двумя устройствами или с помощью опосредованного соединения, которое устанавливается через другие устройства, компоненты, узлы и соединения. Кроме того, используемые в настоящем документе термины "осевой" и "в осевом направлении" обычно означают вдоль или параллельно определенной оси (например, центральной оси корпуса или отверстия), в то время как термины "радиально" и "в радиальном направлении" обычно означают перпендикулярно определенной оси. Например, осевое расстояние относится к расстоянию, измеренному вдоль или параллельно оси, а радиальное расстояние означает расстояние, измеренное перпендикулярно оси. Используемые в настоящем документе термины "приблизительно", "примерно", "по существу" и т.п. означают в пределах 10% (т.е. плюс или минус 10%) от приведенного значения. Таким образом, например, указанный угол "примерно 80°" означает угол в диапазоне от 72 до 88°.

Настоящее изобретение будет описано в связи с его вариантами осуществления, а именно как реализовано в способе получения образца породы, также называемого образцом керна или керном, для использования в анализе методом цифрового численного моделирования свойств породы, из которой этот образец был отобран, поскольку предполагается, что настоящее изобретение может быть особенно подходящим в такой области применения. Однако предполагается, что настоящее изобретение может быть подходящим и целесообразным в других областях применения, помимо тех, которые описаны в настоящем изобретении. Соответственно, следует понимать, что следующее описание предоставляется только в

качестве примера и не предназначено для ограничения истинного объема заявляемого изобретения.

Варианты осуществления настоящего изобретения относятся к отбору образцов материала пласта, которые также называются кернами или образцами керна, и к их анализу путем прямого численного моделирования. Таким образом, предполагается, что варианты осуществления настоящего изобретения могут быть пригодными при отборе образцов из подземных пластов, важных для разведки и добычи углеводородов. Более конкретно, предполагается, что порода (породы), из которой могут быть отобраны эти образцы, соответствуют пластам, доступным для наземных или морских буровых систем, которые используются для добычи углеводородов, воды и т.п. из этих пластов. На оптимизацию операций по добыче нефти и газа в значительной степени влияют структура и физические свойства этих пластов подземных пород. Образцы, полученные согласно вариантам осуществления настоящего раскрытия, могут быть пригодны для понимания этих свойств пластов.

Варианты осуществления настоящего изобретения относятся к способам извлечения керна материала из бойка с керном, отобранным стреляющим боковым керноотборником (PSWC), для цифрового томографического описания и прямых численных моделирований. PSWC получают в результате выпуска полого снаряда или бойка в боковую стенку ствола подземной скважины. Материал пласта, захваченный в цилиндре бойка, удерживается и затем извлекается на поверхность. Затем материал или керн, как правило, достают из бойка путем метода выталкивания и/или выдавливания без вырезания керна. Этот метод извлечения керна, хотя и является быстрым, не гарантирует (1) структурной целостности керна (из-за деформации керна); или (2) химической целостности керна (из-за смешивания керна с буровым раствором). Таким образом, информация, полученная из последующего анализа керна, как правило, ограничена, будучи качественной по своей природе, например, представляет собой статистические показатели зерен (т.е. лазерный гранулометрический анализ, "LPSA") и химический состав (рентгенодифракционный метод, "XRD"), результаты обоих из которых могут быть искажены из-за загрязнения буровым раствором.

Варианты осуществления настоящего изобретения относятся к способам извлечения керна из бойка. Раскрытые способы позволяют извлекать керн со снижением риска повреждения керна по сравнению с другими методами извлечения (например, методами выталкивания и/или выдавливания). После извлечения может быть выполнено исследование/анализ керна с использованием оптических и рентгеновских методов (например, компьютерная микротомография "μCT"). Кроме того, может быть выполнен анализ томографических изображений керна (например, в случае нарушенной структуры) для предоставления описания статистических показателей зерен. Томографические изображения (например, цифровые изображения) могут использоваться в прямых численных моделированиях ("DNS") для получения петрофизических и гидродинамических свойств керна.

DNS свойств материала исходя из цифровых изображений породы представляет собой технологию определения материала и петрофизических свойств образцов породы/кернов. Согласно DNS изображение керна, полученное методом рентгеновской томографии, используется для создания цифровых изображений, характеризующих этот образец. Затем к цифровым изображениям применяется вычислительный эксперимент для моделирования физических/петрофизических механизмов, с помощью которых можно измерить физические/петрофизические свойства керна. С использованием прямого численного моделирования могут быть определены такие свойства керна, как, например, пористость, абсолютная проницаемость, относительная проницаемость, пластовый коэффициент, модули упругости и т.п. В частности, DNS может оценивать свойства материалов различных типов горных пород, таких как плотные газовые пески или карбонаты, в течение периода времени, который существенно короче, чем требуемый для соответствующих физических измерений. Кроме того, в соответствии с этим методом испытательное оборудование не используется в течение длительных периодов времени, поскольку аналогичные численные условия физического эксперимента могут быть немедленно применены с помощью программного обеспечения для компьютерного моделирования.

Варианты осуществления настоящего изобретения относятся к способу извлечения керна из бойка, предусматривающему несколько стадий. Иллюстративный способ, предусматривающий несколько стадий, выполняют следующим образом: (1) боек с PSWC очищают от избыточного бурового раствора для сведения к минимуму загрязнения керна материала в месте извлечения; (2) режущую проволоку размером менее миллиметра вводят между поверхностью внутренней стенки бойка и керна материалом за счет либо а) прорезания входной прорези в бойке вдоль продольной оси с использованием алмазного резца/проволочной пилы, б) вставки свободного конца режущей проволоки непосредственно в боек либо с) использования предварительно высверленного отверстия размером менее миллиметра с последующей фиксацией проволоки на проволочной пиле или ручной пиле; (3) керн режут непрерывно или постепенно с небольшим усилием вдоль внутренней поверхности бойка, чтобы вектор силы всегда проходил почти по касательной и был направлен на стенку для сведения к минимуму врезания в керн и максимального увеличения извлекаемого объема; (4) после завершения кольцевого разреза (например, после поворота бойка на 360°), керн осторожно переносят на чистую поверхность и вручную отделяют от оставшегося бурового раствора (например, из-за загрязнения буровым раствором); (5) извлеченный керн исследуют визуальным и с помощью метода рентгеновской томографии, и либо делят на части, либо ис-

пользуют целиком для  $\mu$ СТ-сканирования; и (6) полученную в результате томограмму делят на сегменты и используют для DNS.

На фиг. 1 показан вариант осуществления бойка 100 с керном, отобранным стреляющим боковым керноотборником (PSWC). Согласно этому варианту осуществления боек 100 является в целом цилиндрическим и характеризуется центральной или продольной осью 103, первым открытым концом 104 и вторым открытым концом 106. Отверстие или проход 102 проходит в осевом направлении от первого конца 104 к второму концу 106. Проход 102 определяет камеру или полость, в которую захватывается керн из материала пласта (например, керн 114, показанный на фиг. 3).

На фиг. 1 также изображена проволочная пила 108, содержащая U-образный корпус 109, ручку 111, неподвижно прикрепленную к корпусу 109, и продолговатую проволоку 110 (например, проволоку размером менее миллиметра), которая проходит через отверстие в корпусе 109. Проволока 110 характеризуется наличием свободного конца 112 и закрепленного конца 115, противоположного свободному концу 112. Закрепленный конец 115 неподвижно прикреплен к корпусу 109, а свободный конец 112 прикреплен к корпусу 109 с возможностью отсоединения с помощью фиксирующего механизма 113 (на фиг. 1 свободный конец не прикреплен к корпусу 109). Следует отметить, что для резки может использоваться ручная проволочная пила (как показано на фиг. 1) или автоматическая проволочная пила (не ручная).

На фиг. 2 проволока 110 показана проходящей через проход 102 за счет вставки и продвижения свободного конца 112 в осевом направлении (относительно оси 103) через открытые концы 104, 106 и керн 114, расположенный в проходе 102. Согласно этому варианту осуществления свободный конец 112 проволоки 110 полностью проталкивается в осевом направлении через керн 114 (от первого конца 104 к второму концу 106) по траектории, которая проходит в радиальном направлении возле внутренней поверхности 118 (например, точка 116, которая расположена внутри керна 114 и контактирует с внутренней поверхностью 118 бойка 100, как показано на фиг. 3). Следует отметить, что свободный конец 112 проволоки 110 можно протолкнуть (за счет жесткости проволоки 110) через керн 114 только в том случае, если керн 114 является достаточно мягким для прохождения проволоки 110 через него, или если имеется достаточный слой бурового раствора, который окружает керн 114. Альтернативно, если керн 114 не является достаточно мягким (т.е. слишком твердый для проталкивания проволоки 110 через него), то сначала можно высверлить отверстие (например, отверстие размером менее миллиметра) через керн 114 рядом с внутренней поверхностью 118 в точке 116, показанной на фиг. 3. Следует отметить, что точка 116 представляет точку ввода свободного конца 112, а также может отображать отверстие, образованное в результате высверливания, или отверстие, полученное в результате проталкивания проволоки 110 через керн 114. Следует понимать, что процесс проталкивания проволоки через керн 114 или высверливания отверстия через керн 114 в целом не нарушает структуру керна 114 и не повреждает его. После пропускания проволоки 110 через керн 114, свободный конец 112 проволоки 110 прикрепляют к фиксирующему механизму 113, как показано на фиг. 4, а затем проволочную пилу 108 используют для вырезания керна 114 из бойка 100.

Как показано на фиг. 2 и 3 и как изложено в соответствующем описании выше, проволока 110 проходит через керн 114 в результате проталкивания свободного конца 112 через открытые концы 104, 106 и керн, расположенный в проходе 102. Однако, как показано на фиг. 5, согласно другим вариантам осуществления проволока 110 может быть пропущена через керн 114 через входную прорезь 120, прорезанную (с помощью пилы, такой как проволочная пила 108) в радиальном направлении через боек 100 (вместо проталкивания проволоки 110 через керн 114 или высверливания отверстия в керне 114). Согласно этому варианту осуществления входная прорезь 120 ориентирована параллельно оси 103 и проходит в радиальном направлении от внешней поверхности 117 к внутренней поверхности 118. За счет наличия входной прорези 120 проволока 110 (свободный конец 112 которой прикреплен к фиксирующему механизму 113) может проходить в радиальном направлении через боек 100 и в керн 114, расположенный внутри прохода 102, что обеспечивает последующее извлечение керна 114.

На фиг. 8 показан вариант осуществления способа 130 удаления керна (например, керна 114) из бойка (например, бойка 100). Для ясности и разъяснения способ 130 будет описан со ссылкой на извлечение керна 114 из ранее описанного бойка 100. Однако в целом способ 130 может использоваться с другими кернами и бойками.

Способ 130 начинается с блока 132, в котором боек 100 стреляющего бокового керноотборника чистят для удаления с него бурового раствора 124 в целях сведения к минимуму загрязнения керна 114 во время извлечения/вытаскивания керна 114 из бойка 100. Затем способ 130 продолжается в блоке 134, в котором свободный конец 112 проволоки 110 (проволочной пилы 108) проталкивают через проход 102 и керн 114, расположенный в нем, путем продвижения свободного конца 112 через концы 104, 106 бойка 100, как показано на фиг. 2. Согласно этому варианту осуществления свободный конец 112 вначале проталкивают через керн 114 в точке 116, расположенной в радиальном направлении возле внутренней поверхности 118 бойка 100, таким образом, чтобы проволочная пила 108 контактировала с внутренней поверхностью 118. Переходим к блоку 136, на котором проволочную пилу 108 продвигают через керн 114 и концы 104, 106 бойка 100, свободный конец 112 прочно прикрепляют к проволочной пиле 108 с помощью фиксирующего механизма 113. Способ 130 продолжается в блоке 138, на котором осуществляют

резку вдоль внутренней поверхности 118 бойка 100, как показано на фиг. 4, для создания разреза, который проходит на  $360^\circ$  вдоль внутренней поверхности 118 бойка 100, как показано на фиг. 3. С помощью проволочной пилы 108, закрепленной посредством фиксирующего механизма 113, резку выполняют по пути, который проходит, по существу, по касательной или по касательной к внутренней поверхности 118, чтобы свести к минимуму врезание в керн 114 и боек 100, и, таким образом, максимально увеличить извлекаемый объем керна 114. После завершения разреза на  $360^\circ$  керн 114 удаляют из бойка 100 в блоке 140 путем проталкивания и/или вытягивания керна 114 из бойка 100 (т.е. руками или различными приспособлениями, такими как, например, прут). Из-за того что разрез проходит по окружности вдоль всего внешнего периметра керна 114, керн 114 обычно выходит из прохода 102 через любой из концов 104, 106. Затем, в блоках 142, 144, 146 удаленный керн 114 переносят на чистую поверхность 122, очищают от оставшегося бурового раствора 124, визуально осматривают на наличие деформации и загрязнения буровым раствором, и на основании результатов осмотра очищают от оставшегося бурового раствора 124. После извлечения и очистки, керн 114 может быть исследован посредством метода рентгеновской томографии (например,  $\mu$ СТ-сканирования (компьютерного микротомографического сканирования)), для передачи цифровых изображений керна в компьютерную систему. Компьютерная система может предоставлять описание статистических показателей зерен керна на основании цифровых изображений. Цифровые изображения могут быть разделены на сегменты компьютерной системой и переданы в компьютерную систему для DNS для получения петрофизических и гидродинамических свойств керна 114.

На фиг. 9 показан другой вариант осуществления способа 158 удаления керна (например, керна 114) из бойка (например, бойка 100). Для ясности и разъяснения способ 158 будет описан со ссылкой на извлечение керна 114 из ранее описанного бойка 100. Однако в целом способ 158 может использоваться с другими кернами и бойками. Способ 158 подобен ранее описанному способу 130 за исключением того, что свободный конец 112 проталкивается через предварительно высверленное отверстие в керне 114.

Способ 158 начинается с блока 160, в котором боек 100 стреляющего бокового керноотборника чистят для удаления с него бурового раствора 124 в целях сведения к минимуму загрязнения керна 114 во время извлечения/вытаскивания керна 114 из бойка 100. Затем способ 158 продолжается в блоке 162, который предусматривает высверливание отверстия размером меньше миллиметра через керн 114 от одного конца 104 до другого конца 106. Отверстие начинается с точки 116, расположенной в радиальном направлении рядом с внутренней поверхностью 118 бойка 100, и высверливается параллельно оси 103 вдоль внутренней поверхности 118 бойка 100. Затем, в блоке 164 свободный конец 112 вставляют в предварительно высверленное отверстие в керне 114 и продвигают через него от одного конца 104 к другому концу 106. Переходим к блоку 166, на котором проволочную пилу 108 продвигают через керн 114 и концы 104, 106, свободный конец 112 прочно прикрепляют к проволочной пиле 108 с помощью фиксирующего механизма 113. Способ 158 продолжается в блоке 168, на котором осуществляют резку вдоль внутренней поверхности 118 бойка 100, как показано на фиг. 4, для создания разреза, который проходит на  $360^\circ$  вдоль внутренней поверхности 118, как показано на фиг. 3. С помощью проволочной пилы 108, закрепленной посредством фиксирующего механизма 113, резку выполняют по пути, который проходит, по существу, по касательной или по касательной к внутренней поверхности 118, чтобы свести к минимуму врезание в керн 114 и боек 100, и, таким образом, максимально увеличить извлекаемый объем керна 114. После завершения разреза на  $360^\circ$  керн 114 удаляют из бойка 100 в блоке 170 путем проталкивания и/или вытягивания керна 114 из бойка 100 (т.е. руками или различными приспособлениями, такими как, например, прут). Из-за того что разрез проходит по окружности вдоль всего внешнего периметра керна 114, керн 114 обычно выходит из прохода 102 через любой из концов 104, 106. Затем, в блоках 172, 174, 176 удаленный керн 114 переносят на чистую поверхность 122, очищают от оставшегося бурового раствора 124, визуально осматривают на наличие деформации и загрязнения буровым раствором, и на основании результатов осмотра очищают от оставшегося бурового раствора 124. После извлечения и очистки, керн 114 может быть исследован посредством метода рентгеновской томографии (например,  $\mu$ СТ-сканирования (компьютерного микротомографического сканирования)), для передачи цифровых изображений керна в компьютерную систему. Компьютерная система может предоставлять описание статистических показателей зерен керна на основании цифровых изображений. Цифровые изображения могут быть разделены на сегменты компьютерной системой и переданы в компьютерную систему для DNS для получения петрофизических и гидродинамических свойств керна 114.

На фиг. 10 показан другой вариант осуществления способа 188 удаления керна (например, керна 114) из бойка (например, бойка 100). Для ясности и разъяснения способ 188 будет описан со ссылкой на извлечение керна 114 из ранее описанного бойка 100. Однако в целом способ 188 может использоваться с другими кернами и бойками. Способ 188 подобен ранее описанному способу 130 за исключением того, что свободный конец 112 не проталкивают в осевом направлении через керн 114, а, вместо этого, доступ керну 114 обеспечивается за счет выполнения разреза в радиальном направлении через боек 100, как показано, например, на фиг. 5 и 6.

Способ 188 начинается с блока 190, в котором боек 100 стреляющего бокового керноотборника чистят для удаления с него бурового раствора 124 в целях сведения к минимуму загрязнения керна 114 во

время извлечения/вытаскивания керна 114 из бойка 100. Затем способ 188 продолжается в блоке 192, на котором боек 100, в котором расположен керн 114, размещают (для резки) с помощью центрирующих стержней 128 автоматизированного узла 126 для резки проволокой, как показано на фиг. 6. Узел 126 для резки проволокой содержит проволочную пилу 125, которая подобна описанной ранее проволочной пиле 108. Затем с помощью проволочной пилы 125 прорезают входную прорезь 120 через боек 100 согласно блоку 194. Входная прорезь ориентирована параллельно оси 103, проходит в осевом направлении от первого конца 104 к второму концу 106, и проходит в радиальном направлении от внешней поверхности 117 к внутренней поверхности 118. Переходим к блоку 196, на котором с помощью проволочной пилы 125 выполняют резку вдоль внутренней поверхности 118 бойка 100 для создания разреза, который проходит на 360° вдоль внутренней поверхности 118, как показано на фиг. 3. Резку выполняют по пути, который проходит, по существу, по касательной или по касательной к внутренней поверхности 118, чтобы свести к минимуму врезание в керн 114 и боек 100, и, таким образом, максимально увеличить извлекаемый объем керна 114. После завершения разреза на 360° керн 114 удаляют из бойка 100 в блоке 198 путем проталкивания и/или вытягивания керна 114 из бойка 100 (т.е. руками или различными приспособлениями, такими как, например, прут). Из-за того что разрез проходит по окружности вдоль всего внешнего периметра керна 114, керн 114 обычно выходит из прохода 102 через любой из концов 104, 106. Затем, в блоках 200, 202, 204 удаленный керн 114 переносят на чистую поверхность 122, 124, очищают от оставшегося бурового раствора 124, визуально осматривают на наличие деформации и загрязнения буровым раствором, и на основании результатов осмотра очищают от оставшегося бурового раствора 124. После извлечения и очистки керн 114 может быть исследован посредством метода рентгеновской томографии (например,  $\mu$ СТ-сканирования (компьютерного микротомографического сканирования)), для передачи цифровых изображений керна в компьютерную систему. Компьютерная система может предоставлять описание статистических показателей зерен керна на основании цифровых изображений. Цифровые изображения могут быть разделены на сегменты компьютерной системой и переданы в компьютерную систему для DNS для получения петрофизических и гидродинамических свойств керна 114.

Некоторые аспекты настоящего изобретения могут быть реализованы с помощью компьютерной системы. Для целей настоящего изобретения компьютерная система может содержать любое техническое средство или совокупность технических средств, используемых для вычисления, классификации, обработки, передачи, приема, извлечения, создания, обмена, хранения, отображения, демонстрации, обнаружения, записи, воспроизведения, манипуляции или использования любой формы информации, данных разведки или других данных в деловых, научных, контрольных или иных целях. Например, компьютерная система может представлять собой персональный компьютер или планшетное устройство, сотовый телефон, сетевое запоминающее устройство или любое другое подходящее устройство и может характеризоваться разными размерами, формой, производительностью, функциональностью и ценой. Компьютерная система может содержать оперативное запоминающее устройство ("RAM"), один или несколько ресурсов обработки, таких как центральный процессор ("CPU") или логическая схема управления аппаратным или программным обеспечением, постоянное запоминающее устройство ("ROM") и/или другие типы энергонезависимого запоминающего устройства. Дополнительные компоненты компьютерной системы могут включать в себя один или несколько дисководов, один или несколько сетевых портов для связи с внешними устройствами, а также различные устройства ввода и вывода (I/O), такие как клавиатура, мышь и дисплей. Компьютерная система также может содержать одну или несколько шин, предназначенных для передачи сообщений между различными аппаратными компонентами.

Компьютерная система также может содержать машиночитаемые носители. Машиночитаемые носители могут включать в себя любые технические средства или совокупность технических средств, которые могут хранить данные и/или инструкции в течение определенного периода времени. Машиночитаемые носители могут включать в себя, например, без ограничения, носители данных, такие как запоминающее устройство с прямым доступом (например, жесткий диск или накопитель на гибких дисках), устройство хранения с последовательным доступом (например, накопитель на магнитной ленте), компакт-диск, CD-ROM, DVD, RAM, ROM, электрически стираемое программируемое постоянное запоминающее устройство ("EEPROM") и/или флеш-память; а также средства связи, такие как провода, оптоволокно, микроволны, радиоволны и другие электромагнитные и/или оптические носители; и/или любое сочетание вышеперечисленного.

Хотя были показаны и описаны предпочтительные варианты осуществления, их модификации могут быть выполнены специалистом в данной области без отхода от объема или идей, изложенных в настоящем документе. Варианты осуществления, описанные в настоящем документе, приведены исключительно в целях иллюстрации, а не ограничения. Возможны многие изменения и модификации описанных в настоящем документе систем, устройств и процессов, которые находятся в пределах объема настоящего изобретения. Например, могут быть изменены относительные размеры различных деталей, материалы, из которых изготовлены различные детали, и другие параметры. Соответственно, объем правовой охраны не ограничивается описанными в настоящем документе вариантами осуществления, а ограничивается только следующей формулой изобретения, объем которой должен охватывать все эквиваленты предмета формулы изобретения. Если явно не указано иное, стадии в пунктах способа могут выполняться в любом

порядке. Использование идентификаторов, таких как (a), (b), (c) или (1), (2), (3) перед стадиями в пунктах способа, не обозначает конкретный порядок стадий, а скорее предназначено для упрощения последующих упоминаний этих стадий.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ извлечения керна из бойка стреляющего бокового керноотборника для цифрового томографического описания и прямых численных моделирований, причем способ предусматривает:

(a) проталкивание свободного конца проволоки проволоочной пилы через керн, расположенный в бойке стреляющего бокового керноотборника;

(b) прикрепление свободного конца проволоки к фиксирующему механизму проволоочной пилы после стадии (a);

(c) вырезание керна из бойка стреляющего бокового керноотборника с помощью проволоки после стадии (c).

2. Способ по п.1, в котором стадия (c) предусматривает:

(c1) резку по касательной к цилиндрической внутренней поверхности бойка стреляющего бокового керноотборника;

(c2) резку на  $360^\circ$  по окружности керна во время подстадии (c1);

(c3) резку вдоль внутренней поверхности бойка стреляющего бокового керноотборника во время подстадий (c1) и (c2) для сведения к минимуму врезания в керн и максимального увеличения извлекаемого объема керна.

3. Способ по п.2, дополнительно предусматривающий визуальное исследование керна на наличие деформации и загрязнения буровым раствором.

4. Способ по п.3, дополнительно предусматривающий

удаление бурового раствора с бойка стреляющего бокового керноотборника перед стадией (a); и

удаление бурового раствора с керна для уменьшения загрязнения буровым раствором.

5. Способ по п.4, дополнительно предусматривающий исследование керна посредством метода рентгеновской томографии для передачи цифровых изображений керна в компьютерную систему.

6. Способ по п.5, дополнительно предусматривающий разделение цифровых изображений на сегменты с помощью компьютерной системы.

7. Способ по п.6, дополнительно предусматривающий получение с помощью компьютерной системы петрофизических и гидродинамических свойств керна посредством прямых численных моделирований и разделенных на сегменты цифровых изображений керна.

8. Способ извлечения керна из бойка стреляющего бокового керноотборника для цифрового томографического описания и прямых численных моделирований, причем способ предусматривает:

(a) высверливание отверстия через керн, расположенный в бойке стреляющего бокового керноотборника;

(b) проталкивание свободного конца проволоки проволоочной пилы через отверстие в керне после стадии (a);

(c) вырезание керна из бойка стреляющего бокового керноотборника с помощью проволоочной пилы после стадии (b); и

(d) удаление керна из бойка стреляющего бокового керноотборника после стадии (c).

9. Способ по п.8, в котором стадия (a) предусматривает высверливание отверстия размером меньше миллиметра через керн в направлении, параллельном продольной оси керна.

10. Способ по п.9, в котором стадия (c) предусматривает резку вдоль внутренней поверхности бойка стреляющего бокового керноотборника для создания разреза, который проходит на  $360^\circ$  вдоль внутренней поверхности бойка стреляющего бокового керноотборника.

11. Способ по п.10, дополнительно предусматривающий исследование керна посредством метода рентгеновской томографии для передачи цифровых изображений керна в компьютерную систему.

12. Способ по п.11, в котором исследование керна предусматривает исследование керна посредством метода рентгеновской микротомографии.

13. Способ по п.11, дополнительно предусматривающий разделение цифровых изображений на сегменты с помощью компьютерной системы.

14. Способ по п.12, дополнительно предусматривающий получение с помощью компьютерной системы петрофизических и гидродинамических свойств керна посредством прямых численных моделирований и разделенных на сегменты цифровых изображений керна.

15. Способ по п.13, дополнительно предусматривающий предоставление с помощью компьютерной системы описания статистических показателей зерен керна на основании цифровых изображений.

16. Способ извлечения керна из бойка стреляющего бокового керноотборника для цифрового томографического описания и прямых численных моделирований, причем способ предусматривает:

(a) размещение бойка стреляющего бокового керноотборника, в котором расположен керн, в автоматизированном узле для резки проволокой;

(b) прорезание входной прорези в бойке стреляющего бокового керноотборника с помощью проволоки автоматизированного узла для резки проволокой после стадии (a); и

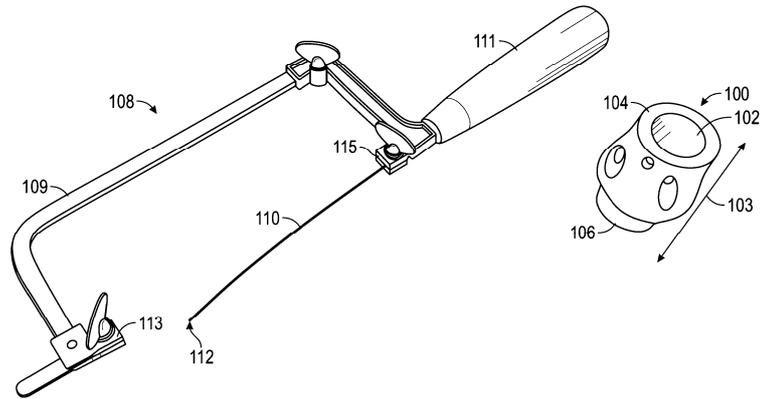
(c) вырезание керна из бойка стреляющего бокового керноотборника с помощью проволоки автоматизированного узла для резки проволокой после стадии (b).

17. Способ по п.16, в котором стадия (b) предусматривает резку от внешней поверхности бойка стреляющего бокового керноотборника к внутренней поверхности бойка стреляющего бокового керноотборника.

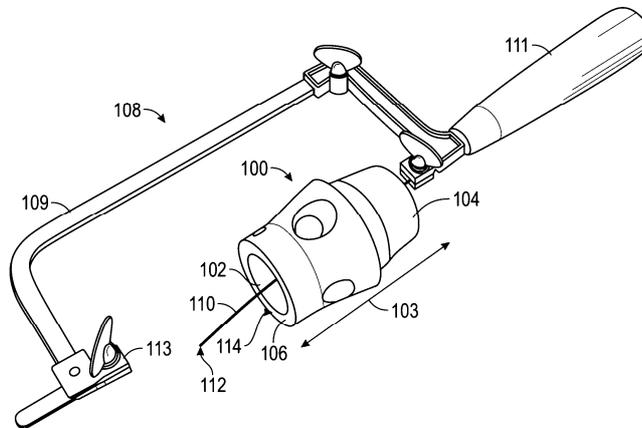
18. Способ по п.17, в котором стадия (b) дополнительно предусматривает резку в направлении, перпендикулярном продольной оси бойка стреляющего бокового керноотборника.

19. Способ по п.18, в котором стадия (c) дополнительно предусматривает резку вдоль внутренней поверхности бойка стреляющего бокового керноотборника после стадии (b) для создания разреза, который проходит на 360° вдоль внутренней поверхности бойка стреляющего бокового керноотборника.

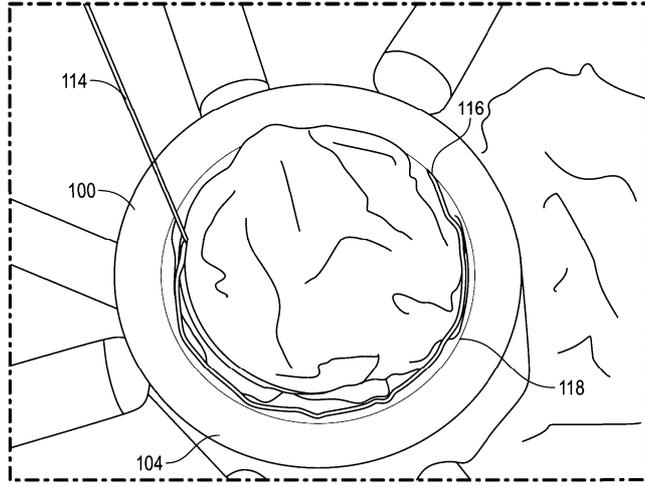
20. Способ по п.19, дополнительно предусматривающий исследование керна посредством метода рентгеновской томографии для передачи цифровых изображений керна в компьютерную систему.



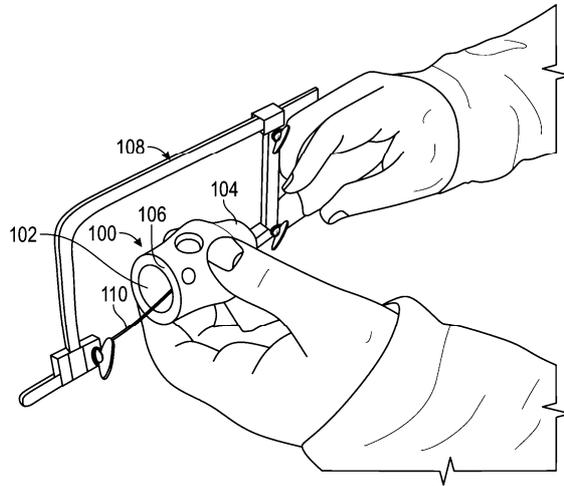
Фиг. 1



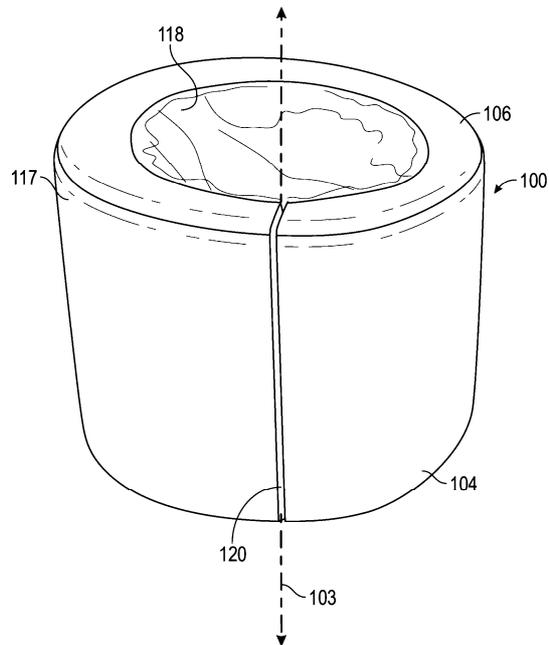
Фиг. 2



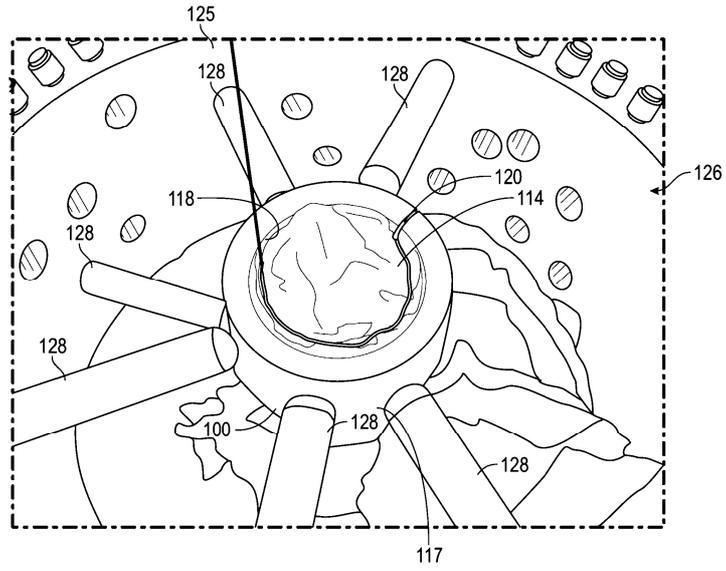
Фиг. 3



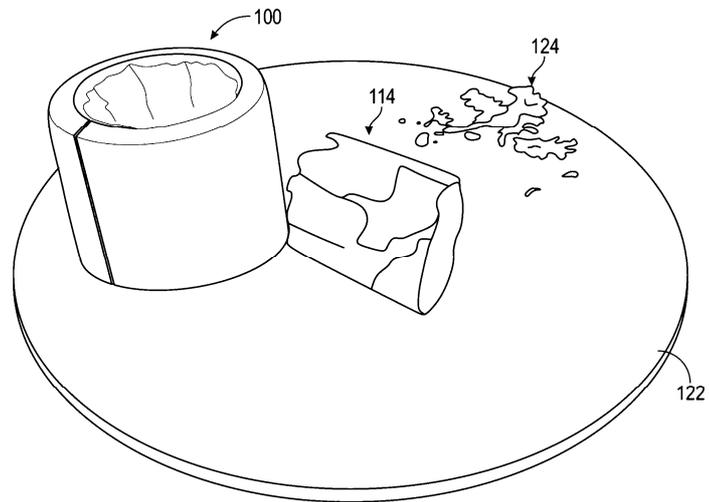
Фиг. 4



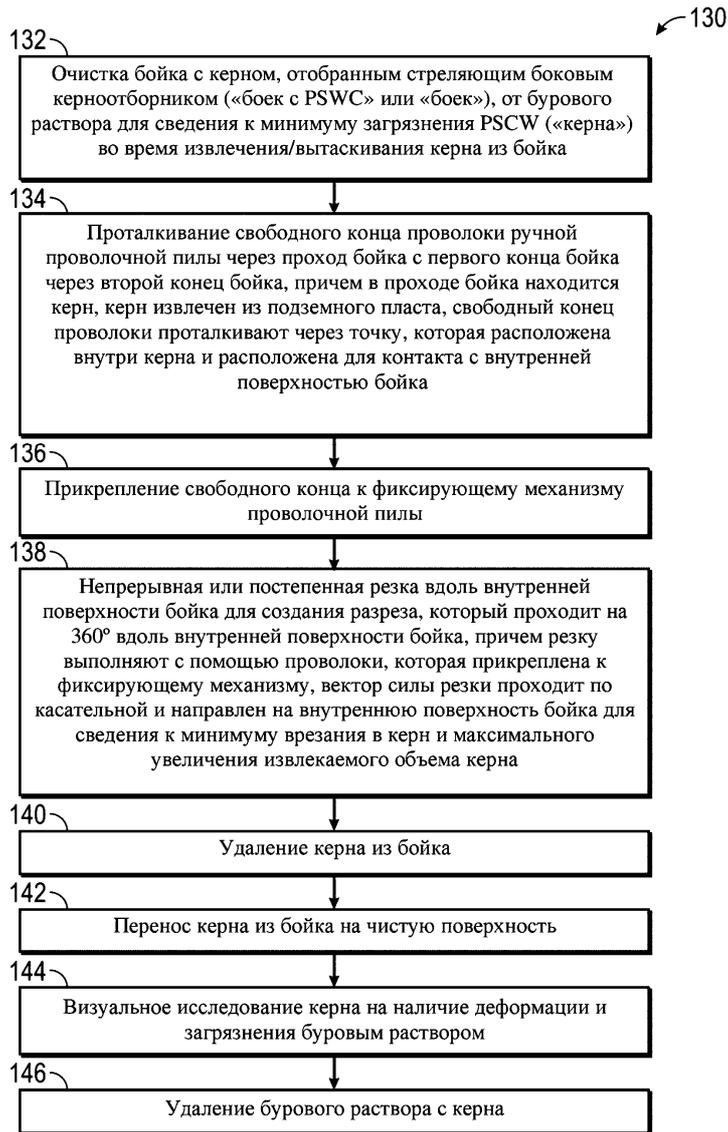
Фиг. 5



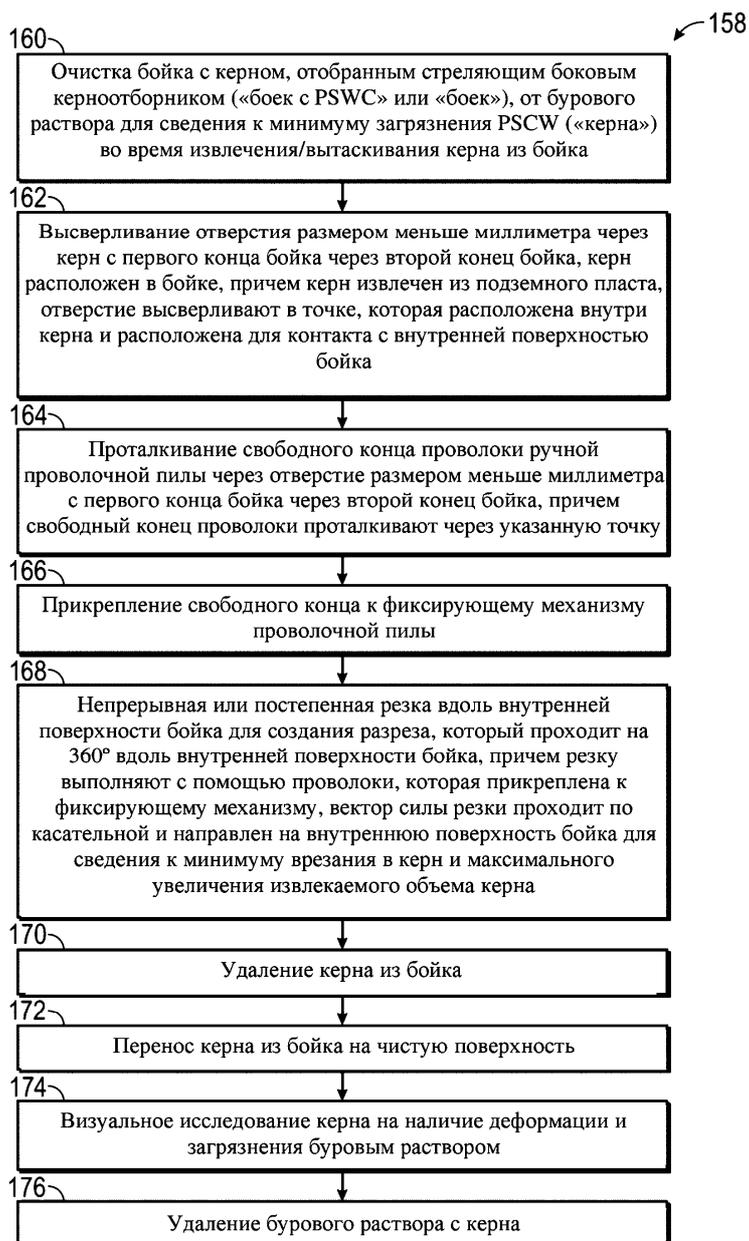
Фиг. 6



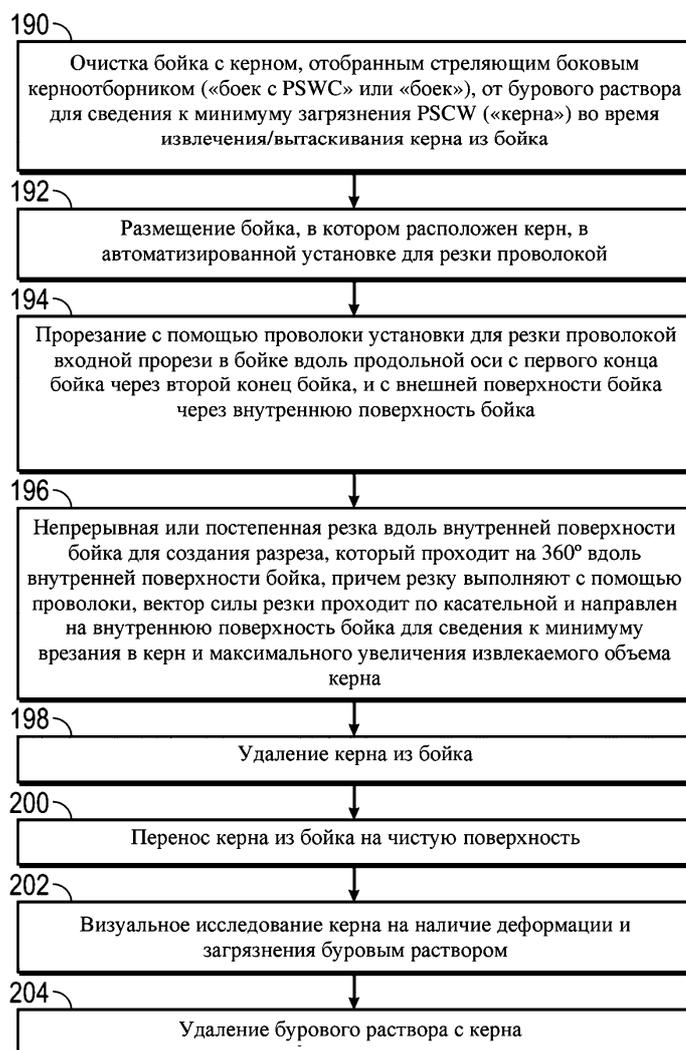
Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10

