

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **046535**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2024.03.25**

(21) Номер заявки  
**202291646**

(22) Дата подачи заявки  
**2020.12.09**

(51) Int. Cl. **B02C 17/22** (2006.01)  
**B02C 17/18** (2006.01)  
**G01H 1/00** (2006.01)  
**G01B 7/06** (2006.01)  
**B02C 21/02** (2006.01)

---

(54) **ФУТЕРОВОЧНЫЙ УЗЕЛ ДЛЯ ПОМОЛЬНОЙ МЕЛЬНИЦЫ, ПОМОЛЬНАЯ МЕЛЬНИЦА, СПОСОБ ТРАНСПОРТИРОВКИ ФУТЕРОВОЧНОГО УЗЛА ДЛЯ ПОМОЛЬНОЙ МЕЛЬНИЦЫ И СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ФУТЕРОВОЧНЫМ УЗЛОМ ДЛЯ ПОМОЛЬНОЙ МЕЛЬНИЦЫ**

---

(31) **2019904656**

(32) **2019.12.09**

(33) **AU**

(43) **2022.09.12**

(86) **PCT/AU2020/051349**

(87) **WO 2021/113913 2021.06.17**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**БРЭДКЕН РИСОРСИЗ ПТИ  
ЛИМИТЕД (AU)**

(72) Изобретатель:  
**Аттвуд Рис, Фолкнер Крейг Фрэнк,  
Чэнь Вэй, Дринкуотер Брэд Джон (AU)**

(74) Представитель:  
**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,  
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатъев  
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В.,  
Бучака С.М., Бельтюкова М.В. (RU)**

(56) **WO-A1-2019086577  
CN-U-207204248  
WO-A1-2019204882  
US-A1-20190240672  
CN-A-109277173**

---

(57) В изобретении раскрыт футеровочный узел для помольной мельницы, содержащий мельничную футеровку, имеющую изнашиваемую поверхность и противоположную внутреннюю поверхность, которая при эксплуатации расположена напротив внутренней поверхности кожуха помольной мельницы, датчик футеровки, встроенный в футеровку, и устройство управления или питания, выполненное с возможностью управления датчиком футеровки или его питания и также встроенное в мельничную футеровку.

---

**B1**

**046535**

**046535**

**B1**

### Область техники

Варианты выполнения относятся к датчику и другим компонентам для помольной мельницы, в частности, для измерения изменений конфигурации мельницы, а также к способу контроля мельницы, в частности способу контроля рабочих условий и изменений конфигурации мельницы.

### Уровень техники

Помольные мельницы используются для измельчения материалов на более мелкие части. Экономически значимое применение мельниц имеет место в горнодобывающей промышленности, где они используются для измельчения руды на более мелкие куски, необходимые для более эффективной дальнейшей переработки руды.

К примерам используемых помольных мельниц относятся автогенные мельницы, в которых поворотный барабан образует каскад кусков руды разного размера, который при столкновении указанных кусков друг с другом приводит к измельчению, производя камни меньшего размера. В полуавтогенных мельницах в руду добавляют шары из стали или других твердых материалов для обеспечения процесса измельчения.

При вращении барабана мельницы материал, подлежащий измельчению (называемый "шихтой"), образует в барабане текучий каскад. Передний край заряда до падения называется "плечом", а задний край заряда, или материал, который недавно упал, называется "мысом".

Установление оптимального помола для конкретной мельницы может быть сложным процессом, который зависит от ряда факторов. Одним из основных факторов является скорость вращения барабана. Если скорость слишком велика, центробежные усилия приведут к переносу плеча заряда слишком далеко вверх по стенке барабана, так что при падении каскад упадет прямо на барабан. Слишком низкая скорость приводит к уменьшению высоты каскада, что снижает эффективность работы мельницы.

Так как внутренняя поверхность барабана подвергнута значительному ударению со стороны падающего каскада шихты, барабан снабжен сменными футеровками, которые обеспечивают защиту цилиндрического кожуха барабана и образуют сменные изнашиваемые части, продлевающие срок службы мельницы. Однако данные сменные футеровки обуславливают значительные эксплуатационные расходы для мельницы, а их замена прерывает работу мельницы, что снижает производительность.

Высокая износостойкость материалов, необходимая для изготовления кожуха и футеровки, означает, что оператор не может видеть внутреннюю часть барабана во время работы мельницы, что затрудняет улучшение условий эксплуатации мельницы.

Следует понимать, что если в данном документе сделана ссылка на какую-либо публикацию известного уровня техники, такая ссылка не является признанием того, что данная публикация является частью общих знаний в данной области техники в Австралии или любой другой стране.

### Сущность изобретения

Вариант выполнения относится к мельничной футеровке для помольной мельницы, причем указанная футеровка имеет изнашиваемую поверхность и противоположную внутреннюю поверхность, которая при эксплуатации расположена напротив внутренней поверхности кожуха мельницы, и датчик вибрации, расположенный в футеровке и регистрирующий вибрацию футеровки при эксплуатации мельницы.

Измерение вибрации может использоваться для получения информации о рабочих характеристиках мельницы, таких как положения мыса шихты, что может быть использовано для повышения рабочей эффективности мельницы. Преимущество данной конфигурации заключается в том, что благодаря расположению датчика вибрации в футеровке могут быть получены более точные показания вибрации по сравнению с измерениями вибрации в местах, удаленных от футеровки, например в кожухе. В одном варианте данные, собранные от датчиков вибрации, могут содержать угол поворота мельницы, амплитуду и частоту встроенного датчика.

Мельничная футеровка может дополнительно содержать датчик износа для определения износа изнашиваемой поверхности футеровки в процессе эксплуатации.

Датчик износа и датчик вибрации могут быть соединены с образованием сенсорного блока.

Датчик износа может изнашиваться совместно с футеровкой.

Датчик износа может содержать цепной резистор.

Футеровка мельницы может дополнительно содержать средства для передачи информации, относящейся к зарегистрированной вибрации и/или износу мельничной футеровки, в местоположение, удаленное от мельницы.

Средства для передачи информации могут содержать антенну, которая выполнена с возможностью прикрепления к сенсорному блоку через противоположную внутреннюю поверхность футеровки. Установка антенны может способствовать включению датчика.

Датчик вибрации может содержать по меньшей мере один акселерометр. В одном варианте датчик вибрации может представлять собой двух- или трехосевой акселерометр. В другом варианте датчик вибрации может представлять собой 6-осевой акселерометр (представляющий собой 3-осевой акселерометр и 3-осевой гироскоп). Такая конфигурация также обеспечивает возможность вращательного измерения на мельничной футеровке. В другом варианте акселерометр может представлять собой 9-осевой акселерометр (представляющий собой 3-осевой акселерометр, 3-осевой гироскоп и 3-осевой компас).

Сенсорный блок расположен в пустом пространстве, образованном в мельничной футеровке. Указанное пространство может быть получено в футеровке предварительно путем отливки. Сенсорный блок может быть заключен в пустое пространство и уплотнение. Уплотнение может быть выполнено из эпоксидной смолы. Если мельничная футеровка содержит антенну, указанная антенна может быть вставлена с противоположной внутренней поверхности. Антенна может быть вставлена после установки сенсорного блока. Антенна может быть установлена через отверстия для доступа в пустое пространство, при этом отверстие для доступа доступно через хрупкую часть внутренней поверхности.

В конкретном варианте доступ к датчикам может быть получен через внутреннюю поверхность через кожух мельницы и, в частности, через предварительно выполненные отверстия, образованные в кожухе. При эксплуатации многие кожухи мельниц имеют "выбивные" отверстия, образованные в кожухе и предназначенные для размещения подходящего по форме инструмента для проталкивания изношенных футеровок (которые были отсоединены от кожуха) в мельницу для их сбора и замены. Использование данных отверстий (путем выравнивания положения узла датчиков на футеровке в соответствии с выбивными отверстиями при установке) обеспечивает удобную точку доступа к датчику и регулировку антенны после установки. Дополнительное преимущество заключается в том, что размещение антенны через выбивные отверстия обеспечивает четкую передачу радиочастотных сигналов от датчика.

Другой вариант выполнения относится к датчику футеровки, предназначенному для использования с футеровкой, расположенной на внутренней поверхности барабана помольной мельницы, причем датчик футеровки содержит датчик вибрации для определения вибрации футеровки при эксплуатации мельницы и датчик износа для определения износа поверхности футеровки во время эксплуатации.

Датчик вибрации и датчик износа могут быть выполнены в виде частей конструктивного элемента. Конструктивный элемент может использоваться для крепления футеровки к барабану. Конструктивный элемент может представлять собой болт.

Датчик износа может изнашиваться совместно с футеровкой.

Датчик износа может содержать цепной резистор и/или датчик вибрации может содержать акселерометр.

Датчик футеровки может также содержать термометр и/или измеритель емкости аккумулятора.

Датчик футеровки может также содержать модуль беспроводной связи. Модуль беспроводной связи может быть выполнен с возможностью обеспечения связи по LTE (стандарт связи 4G) и/или LoRa (дальняя радиосвязь).

Датчик футеровки может также содержать кожух, при этом датчик вибрации размещен в указанном кожухе.

Еще один вариант выполнения относится к крепежному элементу для крепления футеровки к внутренней поверхности кожуха барабана мельницы, причем крепежный элемент содержит датчик футеровки согласно любому варианту, описанному выше.

В одном варианте крепежный элемент содержит датчик футеровки, содержащий датчик вибрации и датчик износа. В одном варианте крепежный элемент содержит хвостовик и корпус, выполненный с возможностью соединения с хвостовиком, причем хвостовик содержит датчик износа, а в корпусе расположен датчик вибрации.

Соединение между корпусом и хвостовиком может быть гибким. Соединение может быть вулканизированным и может быть выполнено из резины.

Еще один вариант выполнения относится к помольной мельнице, содержащей кожух и футеровку, которая имеет изнашиваемую поверхность и противоположную внутреннюю поверхность, расположенную на внутренней поверхности кожуха, при этом мельница также содержит датчик футеровки, встроенный в футеровку и содержащий датчик вибрации для определения вибрации футеровки в процессе эксплуатации мельницы.

Помольная мельница может также содержать датчик износа для определения износа изнашиваемой поверхности футеровки в процессе эксплуатации мельницы. Датчик износа может быть встроен в футеровку. Датчик износа может быть соединен с датчиком вибрации или может быть выполнен отдельно от него.

Помольная мельница может также содержать набор футеровок, каждая из которых содержит соответствующий датчик вибрации и датчик износа.

Помольная мельница может также содержать средства для передачи информации, относящиеся к зарегистрированной вибрации и/или износу мельничной футеровки, в местоположение, удаленное от мельницы.

Средства для передачи информации могут быть соединены с датчиком вибрации и могут быть размещены через наружную поверхность кожуха.

Еще один вариант выполнения относится к способу контроля помольной мельницы, содержащей кожух и футеровку, которая имеет изнашиваемую поверхность и противоположную внутреннюю поверхность, расположенную на внутренней поверхности кожуха, причем мельница также содержит датчик футеровки, встроенный в футеровку и содержащий датчик вибрации для определения вибрации футеровки в процессе эксплуатации мельницы, при этом способ включает:

сопоставление измерений от датчика вибрации за заданный период времени; и установку профиля для мельницы на основании сопоставленных измерений.

Еще один вариант выполнения относится к способу контроля помольной мельницы, содержащей кожух и футеровку, которая имеет изнашиваемую поверхность и противоположную внутреннюю поверхность, расположенную на внутренней поверхности кожуха, причем мельница также содержит датчик футеровки, содержащий датчик вибрации для определения вибрации футеровки в процессе эксплуатации мельницы и датчик износа для определения износа изнашиваемой поверхности, при этом способ включает: сопоставление измерений от датчика вибрации за заданный период времени, сопоставление измерений от датчика износа за заданный период времени с установкой профиля для мельницы на основании сопоставленных измерений.

Мельница может содержать набор датчиков футеровки и/или датчиков износа, расположенных в разных местах мельницы, при этом способ может также включать сопоставление измерений от указанного набора датчиков вибрации и/или датчиков износа совместно с информацией о местоположении, относящейся к местоположению каждого датчика вибрации и/или датчика износа.

Способ может также включать этап изменения по меньшей мере одного рабочего параметра мельницы и определения изменений в сопоставленных измерениях, связанных с измененным параметром.

Измененный параметр может быть одним или более из следующего: размером шихты, размером частиц заполнителя, скоростью вращения барабана, скоростью подачи пульпы в мельницу.

Мельница может также содержать угловой датчик для определения угловой ориентации барабана, измеренной как угол, при этом способ может также включать этап сопоставления измерений угла, и профиль мельницы зависит от измерений угла. Данные угловые измерения могут быть получены путем использования 6-осевого акселерометра в качестве датчика вибрации.

Способ может также включать сопоставление измерений от датчика вибрации с измерениями угла.

Способ может также включать установку вибрационных характеристик на футеровке, например амплитуды и частоты.

Еще один вариант выполнения относится к мельничному футеровочному узлу для помольной мельницы, содержащему: мельничную футеровку, имеющую изнашиваемую поверхность и противоположную внутреннюю поверхность, которая при эксплуатации расположена напротив внутренней поверхности кожуха помольной мельницы, датчик футеровки, встроенный в футеровку, и устройство управления или питания, выполненное с возможностью управления датчиком футеровки или его питания и также встроенное в мельничную футеровку.

При эксплуатации устройство управления или питания может быть активировано через отверстие, выполненное в кожухе помольной мельницы.

Указанное отверстие может быть выполнено отдельно от монтажного отверстия, предназначенного для размещения крепежного элемента для крепления футеровочного узла к помольной мельнице.

Датчик футеровки может содержать устройство регистрации износа, выполненное с возможностью измерения износа изнашиваемой поверхности, датчик вибрации, выполненный с возможностью измерения вибрации мельничной футеровки при ее использовании в помольной мельнице, или оба указанных элемента.

Датчик футеровки может содержать по меньшей мере один активный сенсорный компонент.

Указанный по меньшей мере один активный сенсорный компонент может представлять собой опрашивающий компонент (или его часть), выполненный с возможностью подачи опрашивающего сигнала.

Мельничная футеровка или реагирующий компонент, встроенный в мельничную футеровку, могут быть выполнены с возможностью взаимодействия с опрашивающим сигналом для генерации ответного сигнала.

Указанный по меньшей мере один активный сенсорный компонент может представлять собой реагирующий компонент (или его часть), выполненный с возможностью взаимодействия с опрашивающим сигналом и подачи ответного сигнала.

Устройство питания или управления может быть расположено в полости, образованной в мельничной футеровке, или в заглушке, предназначенной для по существу герметизации указанной полости.

Еще один вариант выполнения относится к мельничному футеровочному узлу для помольной мельницы, содержащему мельничную футеровку, имеющую изнашиваемую поверхность и противоположную внутреннюю поверхность, которая при эксплуатации расположена напротив внутренней поверхности кожуха помольной мельницы, и датчик вибрации, встроенный в футеровку и регистрирующий вибрацию футеровки при ее использовании в помольной мельнице.

Еще один вариант выполнения относится к мельничному футеровочному узлу для помольной мельницы. Указанный узел содержит: мельничную футеровку, имеющую изнашиваемую поверхность и противоположную внутреннюю поверхность, которая при эксплуатации расположена напротив внутренней поверхности кожуха помольной мельницы, и устройство регистрации износа, предназначенное для определения износа изнашиваемой поверхности при эксплуатации, причем указанное регистрирующее устройство содержит первый компонент, выполненный с возможностью подачи опрашивающего сигнала и встроенный в футеровку. Устройство регистрации износа также содержит реагирующий компонент, вы-

полненный с возможностью взаимодействия с опрашивающим сигналом для подачи ответного сигнала, причем реагирующий компонент также встроен в футеровку.

Еще один вариант выполнения относится к мельничному футеровочному узлу для помольной мельницы, содержащему мельничную футеровку, имеющую изнашиваемую поверхность и противоположную внутреннюю поверхность, которая при эксплуатации расположена напротив внутренней поверхности кожуха помольной мельницы, и устройство регистрации износа, предназначенное для определения износа изнашиваемой поверхности при эксплуатации, причем указанное регистрирующее устройство содержит первый компонент, выполненный с возможностью подачи опрашивающего сигнала и встроенный в футеровку. Устройство регистрации износа содержит устройство питания или управления, выполненное с возможностью управления работой указанного первого компонента.

Ответный сигнал, полученный в ответ на опрашивающий сигнал, может предоставлять двумерные данные, относящиеся к изнашиваемой поверхности.

Устройство питания или управления может быть встроено в мельничную футеровку или в заглушку, выполненную с возможностью по меньшей мере частичного закрытия полости в футеровке, в которую встроены указанные первый компонент.

Футеровочный узел может также содержать датчик вибрации, расположенный в мельничной футеровке и регистрирующий вибрацию футеровки при эксплуатации мельницы.

Опрашивающий компонент и датчик вибрации могут быть соединены с образованием сенсорного блока.

Реагирующий компонент может изнашиваться совместно с мельничной футеровкой.

Реагирующий компонент может содержать одно из следующего: цепной резистор, ультразвуковой зонд, протекторный диэлектрик или оптические компоненты.

Футеровочный узел может также содержать средства для передачи информации, относящейся к зарегистрированной вибрации и/или износу мельничной футеровки, в местоположение, удаленное от мельницы.

Средства для передачи информации могут содержать антенну, которая прикреплена к устройству регистрации износа через противоположную внутреннюю поверхность футеровки.

Средства для передачи информации могут представлять собой приемопередающее устройство.

Средства для передачи информации могут быть расположены в отверстии, выполненном в кожухе помольной мельницы.

Приемопередающее устройство может быть выполнено с возможностью подачи активирующего сигнала на устройство регистрации износа при использовании.

Датчик вибрации, при его наличии, может содержать по меньшей мере один акселерометр.

Устройство регистрации износа может быть расположено в пустом пространстве, образованном в мельничной футеровке.

Датчик или регистрирующее устройство могут быть встроены так, что они расположены внутри оболочки футеровки и/или полностью заключены в футеровку.

Компоненты, соединенные с датчиком или регистрирующим устройством, могут быть встроены так, что они расположены внутри оболочки футеровки и/или полностью заключены в футеровку.

В других конфигурациях датчик или регистрирующее устройство может содержать все компоненты, установленные на мельничной футеровке или объединенные с ней, или по меньшей мере большинство указанных компонентов. Таким образом, футеровка и датчик могут быть выполнены в виде единого узла, который может быть собран за пределами площадки и транспортирован в виде единого компонента на площадку. В некоторых вариантах основную защиту сенсорных компонентов обеспечивает сама мельничная футеровка. Такой подход упрощает изготовление, транспортировку и установку на площадке футеровки и датчика.

В одном аспекте в вариантах выполнения предложен датчик футеровки, предназначенный для использования с футеровкой, расположенной на внутренней поверхности барабана помольной мельницы, причем датчик футеровки содержит датчик вибрации для регистрации вибрации футеровки при эксплуатации мельницы и устройство регистрации износа, предназначенное для определения износа изнашиваемой поверхности футеровки при эксплуатации, причем указанное устройство регистрации износа содержит по меньшей мере один массив преобразователей.

Датчик вибрации и устройство регистрации износа могут быть выполнены в виде частей конструктивного элемента.

Устройство регистрации износа может иметь изнашиваемую часть, которая изнашивается совместно с футеровкой.

Датчик вибрации может содержать акселерометр.

Датчик футеровки может также содержать термометр и/или измеритель емкости аккумулятора.

Датчик футеровки может также содержать модуль беспроводной связи.

Датчик футеровки может также содержать корпус, в котором размещен указанный датчик вибрации.

В одном аспекте варианты выполнения относятся к помольной мельнице, содержащей кожух и

один из вышеупомянутых футеровочных узлов или набор указанных узлов.

В другом аспекте варианты выполнения относятся к способу контроля помольной мельницы, которая содержит кожух и один или более вышеупомянутых футеровочных узлов, при этом датчик футеровки дополнительно содержит датчик вибрации для определения вибрации футеровки при эксплуатации мельницы. Указанный способ включает: сопоставление измерений от датчика вибрации за заданный период времени и установку профиля мельницы на основании сопоставленных измерений.

В другом аспекте вариант выполнения относится к способу контроля помольной мельницы, которая содержит кожух и один или более вышеупомянутых футеровочных узлов, каждый из которых содержит датчик вибрации для определения вибрации футеровочного узла при эксплуатации мельницы, при этом способ включает: сопоставление измерений от датчика вибрации за заданный период времени, сопоставление измерений от датчика износа за заданный период времени с установкой профиля мельницы на основании сопоставленных измерений.

В одном варианте мельница содержит набор датчиков вибрации и/или устройств регистрации износа, расположенных в разных местах мельницы, при этом способ дополнительно включает сопоставление измерений от указанного набора датчиков вибрации и/или датчиков износа совместно с информацией о местоположении, относящейся к местоположению каждого датчика вибрации и/или устройства регистрации износа.

В одном варианте способ также включает этап изменения по меньшей мере одного рабочего параметра мельницы и определения изменений в сопоставленных измерениях, связанных с измененным параметром.

Измененный параметр может быть одним или более из следующего: размером шихты, размером частиц заполнителя, скоростью вращения барабана.

Мельница может также содержать угловой датчик для определения угловой ориентации барабана, измеренной как угол, при этом способ включает этап сопоставления измерений угла, и профиль мельницы зависит от измерений угла.

Способ может также включать сопоставление измерений от датчика вибрации с измерениями угла.

В другом аспекте варианты выполнения относятся к способу транспортировки мельничной футеровки для помольной мельницы, включающему: использование датчика футеровки, предназначенного для использования с помольной мельницей, встраивание датчика футеровки в мельничную футеровку, причем мельничная футеровка имеет изнашиваемую поверхность и противоположную внутреннюю поверхность, которая при эксплуатации расположена напротив внутренней поверхности кожуха помольной мельницы, и транспортировку мельничной футеровки со встроенным в нее датчиком футеровки.

В еще одном аспекте варианты выполнения относятся к способу транспортировки футеровочного узла помольной мельницы, включающему: использование датчика футеровки, предназначенного для использования с помольной мельницей, объединение датчика футеровки с мельничной футеровкой, причем мельничная футеровка имеет изнашиваемую поверхность и противоположную внутреннюю поверхность, которая при эксплуатации расположена напротив внутренней поверхности кожуха помольной мельницы, и транспортировку мельничной футеровки с датчиком футеровки в виде объединенного узла.

#### **Описание чертежей**

В данном документе приведено описание вариантов выполнения со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых:

фиг. 1 изображает вид в аксонометрии мельничной футеровки согласно варианту выполнения и машины для удаления;

фиг. 2 изображает вид в аксонометрии помольной мельницы с набором футеровок согласно вариантам выполнения;

фиг. 3а изображает вид в плане варианта выполнения соединительного компонента мельничной футеровки;

фиг. 3б изображает разрез мельничной футеровки, показанной на фиг. 2а, по линии В-В;

фиг. 4а изображает вид в плане варианта выполнения соединительного компонента мельничной футеровки;

фиг. 4б изображает разрез мельничной футеровки, показанной на фиг. 2а, по линии В-В;

фиг. 5 изображает схематический вид датчика футеровки согласно варианту выполнения;

фиг. 6 изображает разрез части футеровки, на котором показан датчик футеровки согласно фиг. 5 на месте эксплуатации;

фиг. 7 изображает схематический разрез крепежного элемента согласно варианту выполнения;

фиг. 8 изображает примерную электрическую схему датчика износа для использования в вариантах выполнения;

фиг. 9 изображает систему для осуществления способа контроля помольной мельницы согласно варианту выполнения;

фиг. 10 иллюстрирует способ контроля помольной мельницы согласно варианту выполнения;

фиг. 11 изображает датчик футеровки согласно другому варианту выполнения, содержащий изнашиваемую часть, встроенную в футеровку, и опрашивающий компонент, встроенный в заглушку;

фиг. 12 изображает футеровочный узел согласно другому варианту выполнения, в котором датчик футеровки содержит изнашиваемую часть и опрашивающий компонент, встроенные в футеровку;

фиг. 13 изображает футеровочный узел согласно другому варианту выполнения, содержащий ультразвуковое устройство, встроенное в футеровку;

фиг. 14 изображает вариант узла датчика футеровки, показанного на фиг. 12, который выполнен без антенны для активации встроенного датчика;

фиг. 15 изображает другой вариант узла датчика футеровки, показанного на фиг. 12, который выполнен с антенной для активации встроенного датчика;

фиг. 16 изображает другой вариант выполнения узла датчика футеровки, в котором встроенное устройство питания или управления обеспечивает герметизацию или закрытие полости футеровки, в которую встроены датчик футеровки; и

фиг. 17 изображает конфигурацию, в которой устройство управления обеспечивает подачу энергии к набору активных сенсорных элементов.

### Подробное описание

На фиг. 1 изображена мельничная футеровка 10 согласно варианту выполнения. Мельничная футеровка 10 устанавливается на мельницу и снимается с нее с помощью машины 12 для замены. Футеровка 10 содержит соединительный компонент 14 (не показан на фиг. 1), который образует часть между футеровкой 10 и соединительным инструментом 16, устанавливаемым с возможностью отсоединения на рабочем плече машины 12.

Футеровка 10 имеет изнашиваемую поверхность 20 и противоположную внутреннюю поверхность 22. При установке в помольной мельнице 1 (фиг. 2) внутренняя поверхность 22 расположена напротив внутренней поверхности 24 мельницы и примыкает к ней, когда футеровка 10 установлена на внутренней поверхности 24 мельницы. В изображенном варианте футеровка 10 также содержит крепежное устройство 26 для крепления футеровки 10 к внутренней поверхности 24 мельницы с возможностью отсоединения. Доступ к соединительному компоненту 14 может быть осуществлен через внутреннюю поверхность 22 и/или изнашиваемую поверхность 20. В альтернативных вариантах выполнения мельничная футеровка может не быть установлена непосредственно на внутренней поверхности помольной мельницы, а может быть установлена на указанной поверхности опосредованно с помощью другой футеровки.

Как правило, футеровка 10 установлена с возможностью отсоединения на внутренней поверхности 24 помольной мельницы 1 с помощью крепежного устройства 26. После установки внутренняя поверхность 22 футеровки 10 находится напротив внутренней поверхности 24 мельницы 1 (фиг. 2) и примыкает к указанной поверхности 24. Крепежное устройство 26 выполнено в виде отверстий, которые проходят через мельничную футеровку и стенку помольной мельницы (которая имеет внутреннюю поверхность). Механические крепежные элементы 26 проходят через совмещенные отверстия и могут быть закреплены и отсоединены снаружи помольной мельницы. Следует понимать, что крепежное устройство может иметь другую подходящую форму и не обязательно должно проходить через всю мельничную футеровку.

В целом, замена мельничных футеровок требует удаления изношенных мельничных футеровок и установки новых мельничных футеровок.

На фиг. 2 проиллюстрировано, как один из операторов 5 удаляет мельничную футеровку 10 с внутренней поверхности 24 помольной мельницы 1. Оператор 5 отсоединяет крепежное устройство 26 с помощью инструмента 52 для снятия футеровки. В изображенном варианте выполнения крепежное устройство 26 выполнено в виде механических крепежных элементов 26, обеспечивающих монтаж футеровки 10 на стенке мельницы 1. Механические крепежные элементы 26 проходят через совмещенные отверстия в футеровке 10 и стенке мельницы 1. Крепежные элементы 26 в целом содержат по меньшей мере два компонента, которые находятся в резьбовом соединении для крепления футеровки 10 к стенке мельницы 1. Каждый крепежный элемент 26 имеет приводной конец 52, выполненный с возможностью взаимодействия с концом инструмента 52 для снятия футеровки. Поворот конца 52 обеспечивает либо закрепление, либо отсоединение механического крепежного элемента в зависимости от направления поворота.

Инструмент 52 содержит вытянутый вал 56, имеющий конец 58 и выполненный с возможностью поворота. Конец 58 указанной машины взаимодействует с приводным концом 52 и поворачивается с обеспечением отсоединения крепежного элемента 26. После удаления элемента 26 из отверстия вал 56 инструмента 52 может быть приведен в действие с обеспечением его прохождения через отверстие стенки 1 мельницы и выбивания футеровки 10.

В некоторых вариантах стенка 1 мельницы может иметь дополнительные отверстия, не предназначенные для размещения крепежных элементов, а используемые для вбивания футеровок 10.

На фиг. 2 изображена футеровка 10 сразу после ее снятия с внутренней поверхности 24 мельницы 1 и в момент ее падения под действием силы тяжести на землю в мельнице 1.

Как правило, мельничная футеровка падает внутренней поверхностью 22 вверх с обеспечением тем самым возможности доступа к указанной поверхности 22.

В вариантах выполнения в полости, образующей соединительный компонент 14, расположен датчик 30 футеровки. На фиг. 3a-4b показана такая конфигурация.

В изображенном варианте выполнения датчик 30 футеровки расположен внутри соединительного компонента футеровки. Датчик 30 закреплен на внутренней поверхности полости 14 и содержит датчик 32 износа, который проходит в полость 14. Полость 14 доступна для ее присоединения к соединительному инструменту индикатором износа, расположенным в полости 14. Полость 14 может проходить по всей ширине футеровки 10, т.е. проходить от внутренней поверхности 22 до изнашиваемой поверхности 20. Датчик 32 износа датчика футеровки может проходить по всей длине полости 14 с оканчиваться у изнашиваемой поверхности 20 футеровки 10.

Датчик 32 износа выполнен с обеспечением уменьшения его длины по мере износа изнашиваемой поверхности 20. Как лучше всего показано на фиг. 4а и 4б, чем больше изнашивается поверхность 20, тем меньше остается материала датчика 32.

Другие конфигурации мельничной футеровки, которые могут быть подходящими для использования в вариантах выполнения, раскрыты в документе РСТ/AU2019/050864, содержание которого включено в данный документ посредством ссылки.

На фиг. 5 изображен схематический вид датчика 30 футеровки согласно варианту выполнения. Датчик 30 футеровки содержит датчик 32 износа, прикрепленный проводом 28 к корпусу 34. В корпусе 34 расположен датчик вибрации, который в данном варианте выполнения является набором акселерометров, измеряющих вибрацию футеровки 10 в направлении по меньшей мере двух пространственных осей. Таким образом, датчик вибрации выполнен с возможностью определения частоты и амплитуды вибрации на корпусе. Датчик вибрации предпочтительно измеряет не только вибрацию в данных двух измерениях, но также может обеспечивать измерения по 6 или 9 осям, например может содержать 3-осевой акселерометр, 3-осевой гироскоп (для обеспечения измерения вибрации) и в одном варианте 3-осевой компас. Несмотря на то что в датчике вибрации данного варианта выполнения используются акселерометры, следует понимать, что вместо них могут использоваться другие виды датчиков вибрации. В альтернативном варианте выполнения для преобразования перемещения в электрические сигналы могут использоваться преобразователи.

Датчик 30 футеровки также содержит антенну 36, прикрепленную к корпусу 34. В корпусе 34 расположен беспроводной передатчик, который прикреплен к антенне 36 и использует ее для беспроводной передачи информации. Датчик 32 износа прикреплен к датчику вибрации с образованием сенсорного блока.

На фиг. 6 изображен датчик 30 футеровки, установленный в футеровке 10. Как показано на чертеже, датчик 30 расположен в полости 14 так, датчик 32 износа проходит до самой наружной части футеровки, образующей изнашиваемую поверхность 20. В варианте выполнения, показанном на фиг. 6, полость 14 заранее выполнена в футеровке 20 и загерметизирована в данной полости в процессе изготовления футеровки 20. По существу, футеровка 10 доставляется на площадку со встроенным в нее датчиком 30. В конкретном описанном варианте датчик 30 расположен так, что он проходит до внутренней поверхности 47 и смещен с выбивным отверстием 42 в кожухе 44 мельничной футеровки.

Часть полости 14, ближайшая к внутренней поверхности 47 футеровки 10, закрыта заглушкой 40. Выбивное отверстие 42 проходит через кожух 44 мельницы, а антенна 36 расположена в полости 42 и проходит через заглушку 40. При эксплуатации антенна 36 может быть вставлена после установки футеровки на стенке мельницы путем доступа через выбивное отверстие 42. Антенна может проходить назад через указанное отверстие для обеспечения лучшей передачи радиочастотного сигнала от датчика. Установка антенны может вызывать включение датчиков, находящихся в корпусе 34.

Таким образом, корпус 34, в котором расположен датчик вибрации, заключен в футеровку 10, размещен в ней или встроен в нее. В некоторых вариантах выполнения может быть предпочтительным выполнение футеровки так, что она полностью окружает корпус (за исключением протяженности полости 14, содержащей датчик износа, и полости, в которую вставлена антенна 36), и размещения в корпусе датчика вибрации, так что обеспечена более прямая передача вибраций в футеровке на датчик вибрации.

На фиг. 6 датчик 32 износа, встроенный в футеровку 20, представляет собой изнашиваемую часть или подверженный износу зонд. В данном случае датчик 32 износа может рассматриваться как реагирующий компонент, поскольку он обеспечивает обратный сигнал, переносящий информацию, которая может быть передана для дальнейшей обработки или контроля. Переносимая информация относится к степени износа футеровки. В данном варианте выполнения датчик 32 выполнен с возможностью взаимодействия с опрашивающим сигналом от опрашивающего компонента для обеспечения обратного сигнала. Опрашивающий компонент может содержать компонент, который излучает или генерирует опрашивающий сигнал, или компонент, который обеспечивает энергию, действующую как опрашивающий сигнал.

Датчик вибрации, который обеспечивает обратный сигнал в ответ на регистрацию вибрации, также может рассматриваться как реагирующий сенсорный компонент. Однако вместо взаимодействия с опрашивающим сигналом он обеспечивает обратный сигнал в ответ на обнаружение вибрации.

Как показано на фиг. 6 и 12, опрашивающий компонент (опрашивающие компоненты) может (могут) быть встроен(ы), вставлен(ы) или заключен(ы) в футеровку 20. Он может быть расположен в корпусе 51, в котором также размещены другие датчики, такие как датчики вибрации или акустические датчи-

ки, если они предусмотрены. Как вариант, компонент(ы) 31 может (могут) быть по меньшей мере частично помещен(ы) в заглушку для обеспечения герметизации полости, в которой расположена изнашиваемая часть 32 (см. фиг. 11).

В изображенных вариантах выполнения через выбивное отверстие 42 вставлена антенна для активации датчиков. Однако данная антенна является необязательной. Например, на фиг. 14 и 15 изображены альтернативные варианты выполнения, в которых активация сенсорных компонентов может быть выполнена через выбивное отверстие 42, но без наличия антенны. Таким образом, данная активация может быть непосредственной активацией через выбивное отверстие 42, например, для включения сенсорных компонентов. Компоненты питания или управления, соединенные с датчиками, могут быть дополнительно выполнены с возможностью беспроводной зарядки, которая также может быть осуществлена через отверстие 42. Сенсорные компоненты и соответствующие связанные с ними компоненты, такие как содержащие компоненты для одного или более из устройств питания, управления или связи, могут быть встроены так, что при эксплуатации они не будут расположены в корпусе и/или требовать установки на нем.

На фиг. 15 также показан пример, в котором корпус 51 выполнен с возможностью работы в качестве уплотнения для закрытия полости, в которую встроены датчик 32 износа. В альтернативном варианте выполнения функцию уплотнения или закрытия для закрытия полости в футеровке 20, в которую встроены датчик 30 футеровки, вместо этого совместно со своим корпусом или кожухом может обеспечивать встроенное устройство 53 питания или управления (см. фиг. 16).

Датчик 30 футеровки, содержащий опрашивающее средство 31 и изнашиваемую часть 32, встроены в футеровку 20 и является частью футеровочного узла, транспортируемой вместе с ним. Опрашивающее средство 31 может иметь внешнее питание или предпочтительно имеет независимое питание (например, содержит аккумулятор). В случае их наличия устройство управления для управления датчиком 30, или устройство питания для питания датчика 30, или оба указанных устройства также могут быть встроены в футеровку 20.

Следует понимать, что могут быть предусмотрены различные типы изнашиваемых частей 32. Например, изнашиваемая часть 32 может содержать протекторный материал (например изнашиваемый зонд), длина которого измеряется с помощью опрашивающего сигнала. В ней могут быть расположены или к ней могут быть прикреплены компоненты протекторной схемы, оптические зеркала, полупроводниковые компоненты и т.д. Опрашивающие сигналы или волны от опрашивающего компонента подаются на реагирующий компонент, который, как предполагается, может обеспечивать подачу сигналов с различными характеристиками, такими как различная фаза, сила, время, частота и т.д., в зависимости от степени износа футеровки, что приводит к соответствующему "износу" в датчике износа.

В некоторых случаях опрашивающий сигнал обеспечивает опрос непосредственно футеровки и не требует изнашиваемой части 32 или протекторного материала. Обратный сигнал генерируется в результате взаимодействия между футеровкой и опрашивающим сигналом, например, но без ограничения этим, вследствие эха, отражения или ослабления уровней мощности сигнала. В данных вариантах выполнения, опять же, в случае их наличия, устройство управления, или устройства питания, или оба указанных устройства могут быть встроены в футеровку 20.

В раскрытых вариантах выполнения опрашивающие сигналы могут генерироваться набором опрашивающих средств, таких как преобразователи. Опрашивающие средства могут быть расположены в виде массива или матрицы и расположены вокруг футеровки 20 с возможностью получения информации, относящейся к различным частям одной и той же футеровки 20. Например, см. фиг. 17, на котором концептуально показана конфигурация, в которой управляющее устройство 53 обеспечивает включение набора опрашивающих компонентов (например преобразователей) 55.

Для генерации разнонаправленных опрашивающих сигналов может использоваться выборочное или последовательное включение опрашивающих компонентов. В частности, когда массив опрашивающих компонентов активирован совместно - либо одновременно, либо в пределах одной последовательности включения - они могут использоваться для получения двумерных ответных сигналов. Ответный сигнал, имеющий по меньшей мере два измерения, предоставляет двумерные данные относительно изнашиваемой поверхности.

Например, для сканирования плоскости или среза футеровки 20 может использоваться сканирование фазированной решеткой. В одном варианте выполнения, концептуально показанном на фиг. 13, опрашивающие компоненты содержат осциллятор 120 и по меньшей мере один массив ультразвуковых преобразователей 122, причем осциллятор 120 подает волновые сигналы на преобразователи 122. Фазированный массив 122 находится в соединении или в сообщении с контроллером 124, который управляет работой преобразователей, например, для обеспечения задержки между активацией последовательных преобразователей или для одновременной активации по меньшей мере поднабора преобразователей. Осциллятор 120 активируется беспроводным образом с помощью антенны 126, расположенной в выбивном отверстии 42, однако вместо этого он может быть активирован непосредственно, и в этом случае антенна для активации не требуется. Задержка может быть программируемой для изменения фазового угла. В других вариантах выполнения вместо этого могут использоваться динамические фазированные решетки,

которые могут обеспечить получение большего количества информации о мельничной футеровке. Соответствующие компоненты для взаимодействия с динамическими фазированными решетками также охватываются данными вариантами выполнения.

На фиг. 13 контроллер 124, который управляет активацией преобразователей, встроен в заглушку 40. Однако вместо этого он может быть встроен в мельничную футеровку.

Использование датчиков изображения может обеспечить техническое преимущество, заключающееся в получении изображения футеровки 20, а не только оценки толщины футеровки. При получении изображения футеровки возможно получение информации о качестве футеровки в целом: например, о наличии в футеровке трещин или других дефектов, - а также информации о расположении и размере указанных трещин или дефектов. В зависимости от используемых датчиков изображения также может быть выполнена регулировка ориентации сканирования так, что может быть получено более полное изображение футеровки. В вариантах выполнения, использующих ультразвук от фазированной решетки, управляемая задержка для ультразвука от фазированной решетки может быть изменена для регулирования угла сканирования. Кроме того, осциллятор может быть активирован в разной степени для генерации опрашивающих лучей разной силы.

Там, где это применимо, данный обобщенный вариант выполнения или варианты выполнения может (могут) содержать различные элементы, описанные со ссылкой на фиг. 6. Например, как в случае, показанном на фиг. 6, реагирующий компонент и опрашивающий компонент встроены в футеровку 20 и дополнительно закрыты или по существу герметизированы крышкой или заглушкой 40. В качестве другого примера, как в варианте выполнения, показанном на фиг. 6, через выбивное отверстие может быть вставлено приемопередающее средство, такое как антенна, для активации опрашивающего компонента. Антенна может представлять собой радиочастотную (РЧ) антенну.

Компоненты датчика, которые могут представлять собой опрашивающие компоненты, реагирующие компоненты или комбинированные опрашивающие и реагирующие устройства, предпочтительно совмещены с выбивным отверстием в кожухе 44, через которое опрашивающий компонент активируется, когда футеровочный узел размещен на кожухе 44. Выбивные отверстия выполнены отдельно от установленных отверстий для крепления футеровки к кожуху. Таким образом, активация датчика и передача опрашивающих волн конструктивно и функционально отделены от крепежных средств для крепления футеровки 20 к кожуху 44 мельницы.

Вышеуказанные варианты выполнения относятся к типу вариантов, в которых футеровка 20 и датчик(и), встроенный (встроенные) в него, образуют футеровочный узел. Компоненты футеровочного узла предпочтительно предварительно собраны, и футеровочный узел может быть транспортирован на площадку совместно. В одном варианте выполнения установка футеровочного узла с помольным устройством включает установку футеровочного узла на кожух 44 так, чтобы опрашивающий компонент 31 датчика 30 футеровки был выровнен с выбивным отверстием 42. Затем через установочные отверстия в кожухе 44 устанавливают крепежные элементы для присоединения футеровочного узла и его закрепления на кожухе 44. Через выбивное отверстие 42 может быть вставлена антенна, которая может быть выполнена во вставке с наружной резьбой, для обеспечения активирующего сигнала для активации одного или более датчиков в футеровке, таких как устройство регистрации износа или датчика вибрации, или обоих указанных элементов, встроенных в футеровку 20. Антенна также может использоваться для передачи данных от датчика (датчиков). Или же для передачи данных от датчиков может быть выполнен другой передатчик информации (который также может представлять собой антенну).

Предпочтительно футеровочный узел также содержит встроенный в футеровку источник питания и/или контроллер для датчиков, содержащихся в футеровке 20. Таким образом, футеровочный узел уже содержит устройство, требуемое для включения работы датчиков и подачи питания на активные сенсорные элементы, встроенные в футеровку 20, в случае их наличия.

Следует понимать, что вышеуказанное преимущество может быть достигнуто независимо от наличия активных сенсорных элементов и от того, встроены ли активные сенсорные элементы в опрашивающий сенсорный компонент, в реагирующий сенсорный компонент или в оба указанных компонента. Датчики, встроенные в футеровочный узел, не обязательно должны быть датчиками определенного типа. Например, датчик или датчики могут содержать устройства регистрации износа, датчики вибрации или другие типы регистрирующих устройств. Вышеприведенные варианты выполнения, содержащие как устройства регистрации износа, так и датчики вибрации, являются возможными примерами для футеровочных узлов.

В варианте выполнения, изображенном на фиг. 6, датчик 30 футеровки встроен до такой степени, что компоненты датчика, в том числе датчик 32 износа и электроника (находящаяся в корпусе), полностью заключены внутри футеровки 20. Заглушка 40 закрывает полость 14, в которой находятся сенсорные компоненты, и в этом плане указанные компоненты изолированы. Однако в других вариантах выполнения и в модификации варианта выполнения, показанного на фиг. 6, сенсорные компоненты могут быть "встроены" в футеровку 20 так, что они находятся в оболочке футеровки (20), то есть заглушка или другой закурпывающий элемент для закрытия полости может отсутствовать.

Во всех вариантах выполнения, где это применимо, компоненты, которые должны быть соединены

с фактическими регистрирующими компонентами или элементами, также могут быть встроены в футеровку вышеописанными способами. Например, также может быть встроено устройство питания, устройство управления, или оба указанных устройства, или комбинированное устройство питания и управления для активации сенсорных компонентов или управления ими. К другим компонентам, которые могут быть встроены, могут относиться компоненты передачи данных или компоненты беспроводной передачи энергии для обеспечения питания, требуемого сенсорным компонентам. Встраивание обеспечивает выполнение футеровочного узла с компонентами, необходимыми для регистрации износа или других регистрирующих операций, в виде объединенного блока, который может транспортироваться совместно. Компоненты управления и питания также могут быть встроены и транспортированы совместно таким образом.

В особенно предпочтительных вариантах выполнения, благодаря полной изоляции компонентов или их размещению в оболочке футеровки, транспортировка собранной футеровки может быть осуществлена с использованием существующих транспортирующих конструкций. Отсутствует необходимость в обеспечении дополнительного пространства, которое могло бы потребоваться для сенсорных компонентов или соединенных с ним компонентов, или в рассмотрении вопроса об отдельной защите или стабилизации компонентов.

На фиг. 7 показан крепежный элемент 60 согласно варианту выполнения. Крепежный элемент 60 содержит датчик футеровки и используется вместо крепежных элементов 26, описанных выше и показанных на фиг. 1 и 2. Крепежный элемент 60 содержит хвостовик 46, имеющий резьбовую часть 48. В полости, образованной в центральной части хвостовика 46, размещен датчик 32' износа. К хвостовику 46 прикреплен корпус 50.

В альтернативных вариантах выполнения корпус может быть прикреплен к хвостовику с помощью соединительного элемента. Соединительный элемент может быть выполнен из резины. В альтернативных вариантах выполнения возможно использование другого, гибкого, предпочтительно водонепроницаемого материала.

В процессе установки сначала может быть установлен хвостовик 46, который действует в качестве соединительного элемента, соединяя футеровку с кожухом. После установки хвостовика 46 корпус 50 соединяют с хвостовиком, содержащим электрический разъем, так что датчик 32' износа соединен с электроникой, расположенной в корпусе 50.

В корпусе 50 расположен электронный блок 52 (не показан на фиг. 7), который содержит датчик вибрации и беспроводной передатчик, а также антенну. В отличие от конфигурации, показанной на фиг. 5 и 6, корпус 50, содержащий датчик вибрации, не заключен в футеровку, не размещен в ней и не встроен в нее, но после установки расположен в непосредственной близости от футеровки и соединен с ней посредством стержня 48 болта. Несмотря на то что в варианте выполнения, изображенном на фиг. 7, соединительный элемент не показан, он может быть включен в альтернативную конфигурацию для обеспечения некоторого демпфирующего средства, которое может потенциально изолировать часть вибрации датчика, а также может принимать вибрацию, передаваемую через стенку 44 мельницы. Тем не менее, конструкция болта обеспечивает объединенный получение сенсорного узла, который может измерять как износ, так и вибрацию.

В дополнение к датчику вибрации электронный блок 52 может содержать аккумулятор, датчик для определения уровня заряда аккумулятора, датчик температуры и электронику, необходимую для считывания показаний датчика износа, к которому он присоединен.

На фиг. 8 показана электрическая схема 80, подходящая для использования в качестве датчика износа в вариантах выполнения. Схема 80 содержит электрические резисторы 82, 84, 86, ..., 100 с различным сопротивлением, как указано на фиг. 8.

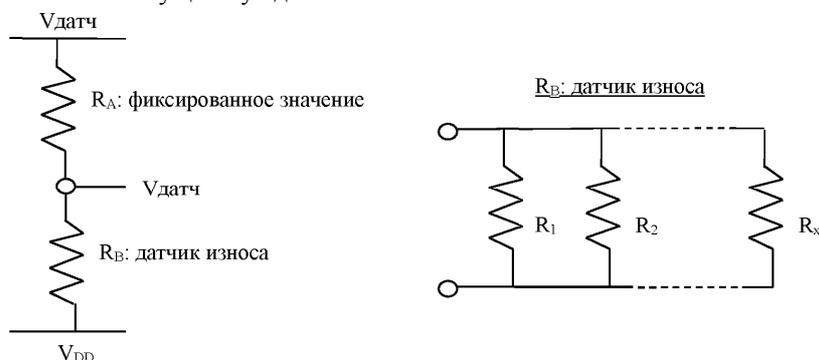
Резисторы электрически соединены параллельно через два проводника, обозначенных соответственно номерами 110 и 112 позиций и проходящих вдоль вытянутого корпуса. Проводники 110, 112 оканчиваются на контактах 114 и 116, которые соединены с электронным блоком 52, например, согласно варианту выполнения, показанному на фиг. 7.

Длина электронной конструкции зависит от толщины контролируемой изнашиваемой части. Как правило, длина находится в диапазоне от 5 до 200 мм, хотя в некоторых обстоятельствах подходят и другие длины. В изображенных вариантах выполнения датчик износа содержит печатную плату шириной 3 мм и толщиной 1 мм, однако в других вариантах выполнения данные значения могут быть меньше или больше.

В другом варианте выполнения резисторы установлены на обеих сторонах печатной платы. Резисторы на одной стороне платы могут быть смещены относительно резисторов на другой стороне платы (массив на одной стороне расположен в шахматном порядке по отношению к массиву на другой стороне). Следовательно, при заданной длине печатной платы разрешение датчика по глубине может быть больше, чем в случае, когда компоненты установлены только на одной стороне печатной платы.

Каждый резистор имеет соответствующее значение параметра компонента (т.е. сопротивление), так что измеренное значение данной электрической характеристики увеличивается с по существу одинаковым шагом по мере последовательного износа компонентов. Возможно использование любого количест-

ва резисторов - больше или меньше, чем десять показанных, - причем в этом случае значения резисторов, показанные на фиг. 8, могут быть изменены. Чем больше количество используемых резисторов, тем выше точность глубины износа датчика износа. Для расчета значений произвольного количества резисторов в датчике износа может использоваться следующий алгоритм, так что измеренное значение сопротивления увеличивается с по существу одинаковым шагом.



$$V_{\text{ДАТЧ}} = V_{\text{DD}} \cdot \frac{R_B}{R_A + R_B} \quad \text{Уравнение (1)}$$

$$R_B = V_{\text{ДАТЧ}} \cdot \frac{R_A}{V_{\text{DD}} - V_{\text{ДАТЧ}}} \quad \text{Уравнение (2)}$$

$$R_B = \frac{1}{1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_x} \quad \text{Уравнение (3)}$$

Количество и индивидуальные значения сопротивления резисторов могут быть рассчитаны следующим образом.

1. Выбирают значение  $R_A$  (которое определяет потребление энергии).
  2. Выбирают желаемое разрешение (т.е. количество резисторов в устройстве регистрации износа).
  3. Рассчитывают значения  $V_{\text{ДАТЧ}}$  в каждом месте расположения резистора ("шаг"), используя  $V_{\text{DD}}$  и количество резисторов.
  4. Для всех значений  $V_{\text{ДАТЧ}}$  рассчитывают  $R_B$ , используя уравнение (2).
  5. Для каждого резистора/шага и значения  $R_B$  рассчитывают  $R_1 \rightarrow R_x$ , используя уравнение (3).
- Следует понимать, что вместо резисторов могут использоваться конденсаторы или катушки индуктивности.

Другие примеры подходящих датчиков износа для использования в вариантах выполнения изобретения описаны в документе WO 2012122587, содержание которого включено в данный документ посредством ссылки.

Со ссылкой на вышеизложенное, датчик износа или, более конкретно, изнашиваемая часть датчика износа, не ограничен(а) вышеуказанным расположением. Например, изнашиваемая часть может быть просто изнашиваемым зондом, который соединен с по меньшей мере одним ультразвуковым преобразователем, который может представлять собой пьезоэлектрический или электромагнитный акустический преобразователь. В других примерах изнашиваемая часть может содержать нерезистивные электрические устройства. Как вариант, для формирования датчика с протекторной изнашиваемой частью могут использоваться другие типы устройств, такие как диэлектрические, оптические, полупроводниковые устройства, предназначенные для реагирования на другие типы опрашивающих сигналов, отличные от электрического тока.

На фиг. 9 изображена система 130 для осуществления способа контроля помольной мельницы согласно варианту выполнения. Система 130 содержит помольную мельницу 1, в которой установлен набор датчиков 30 футеровки. Датчики 30 футеровки могут быть предоставлены от одной или более мельничных футеровок или мельничных футеровочных узлов, рассмотренных в данном документе. Каждый из датчиков футеровки находится в беспроводном сообщении с базовой станцией 120. В данном варианте выполнения беспроводное сообщение осуществляется с помощью LTE. В альтернативном варианте выполнения вместо этого может использоваться LoRa. Преимуществом LTE и LoRa является возможность передачи сигналов, несмотря на значительные помехи, которые могут быть вызваны металлическими компонентами помольной мельницы 1.

Базовая станция 120 обменивается данными с процессором 124, который в данном варианте выполнения находится в вычислительном облаке 122. В других вариантах выполнения процессор 124 может быть выполнен в виде выделенного сервера, который может быть подключен через проводную или беспроводную сеть. Процессор 124 обменивается данными с хранилищем 126 данных и с пользовательской

рабочей станцией 128.

Пользовательская рабочая станция 128, процессор 124 и хранилище 126 данных взаимодействуют с помощью известных механизмов клиент/сервер для обеспечения функциональности, описанной в данном документе.

Данные, относящиеся к вибрации и износу футеровки мельницы 1, генерируются датчиками 30 футеровки, собираются базовой станцией 120 и записываются в хранилище 126 процессором 124. Датчик может быть выполнен с возможностью работы непрерывно для передачи данных или в заданные или выбираемые пользователем интервалы времени по мере необходимости.

Каждый из датчиков 30 футеровки имеет уникальный идентификатор, связанный с ним. На начальном этапе настройки в хранилище 126 заносится запись, которая соотносит идентификационный номер с положением соответствующего датчика футеровки. Таким образом, варианты выполнения изобретения обеспечивают соотношение вибрации и износа с конкретным местоположением.

В изображенном варианте выполнения мельница 1 также содержит датчик угла, который определяет угловое положение мельницы. Данная информация также передается на базовую станцию 120 и с помощью процессора 124 сохраняется в хранилище 126. Путем сравнения изменения угла во времени процессор 124 может рассчитывать скорость вращения барабана мельницы.

На фиг. 10 проиллюстрирован способ 140 контроля помольной мельницы согласно варианту выполнения. На начальном этапе 142 собирают данные от датчиков, как описано выше со ссылкой на фиг. 9. На этапе 144 составляют профиль помольной мельницы 1. Следует понимать, что профиль может зависеть от характеристик конкретной помольной мельницы. В варианте выполнения профиль содержит вибрацию, соотношенную с износом для ряда местоположений.

На следующем этапе, этапе 146, изменяют условия работы мельницы 1. Опять же, это может зависеть от конкретных рабочих условий соответствующей мельницы. В одном варианте выполнения это включает изменение одного или более из следующего: размера шихты, размера частиц заполнителя, скорости вращения барабана и т.д.

На следующем этапе, этапе 148, собирают данные от датчиков для измененных условий работы, и на этапе 150 обновляют профиль мельницы. Сравнивая исходный профиль с обновленным профилем, пользователь может определить, оказали ли изменения, внесенные в рабочие условия, положительное влияние на работу мельницы. Например, если изменения рабочих условий уменьшили износ футеровки, это будет отражено в данных об износе, полученных от датчиков и записанных в обновленном профиле.

На дополнительном этапе 152 пользователь может осмотреть футеровки для соотношения информации от датчика с визуальным осмотром. Затем на этапах 154 и 156 рабочие режимы изменяют, и данные датчика снова собирают для измененных рабочих условий. При необходимости процесс может быть возвращен к этапу 150, так что этапы с 153 по 156 образуют цикл, в ходе которого пользователь может обновить рабочие условия и определить, оказывают ли данные обновленные условия положительное или отрицательное влияние на работу мельницы, путем обновления профиля мельницы.

В нижеприведенной формуле изобретения и в вышеприведенном описании, за исключением случаев, когда контекст требует иного в силу прямого указания или необходимого подтекста, слово "содержать" или его производные, такие как "содержит" или "содержащий", используются в охватывающем смысле, т.е. для указания на наличие перечисленных элементов, но не для исключения наличия или добавления других элементов в различных вариантах выполнения. Аналогичным образом, слово "устройство" используется в широком смысле и охватывает составные части, выполненные как единое целое, а также вариант реализации, при котором одна или более составных частей выполнены отдельно друг от друга.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Футеровочный узел для помольной мельницы, предназначенный для установки на кожух мельницы и содержащий:

мельничную футеровку, имеющую изнашиваемую поверхность и противоположную внутреннюю поверхность, которая при эксплуатации расположена напротив внутренней поверхности кожуха мельницы;

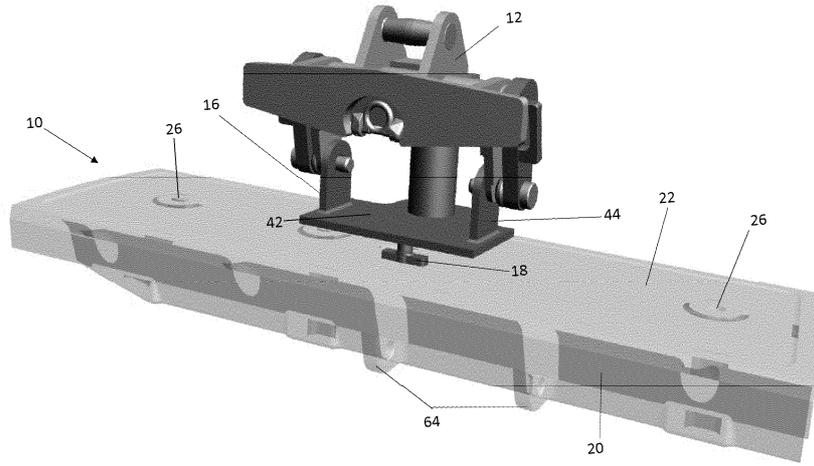
датчик футеровки, встроенный в мельничную футеровку; и устройство управления и/или питания, выполненное с возможностью управления датчиком футеровки и/или его питания и также встроенное в мельничную футеровку;

причем датчик футеровки и устройство управления и/или питания встроены так, что они расположены внутри оболочки футеровки;

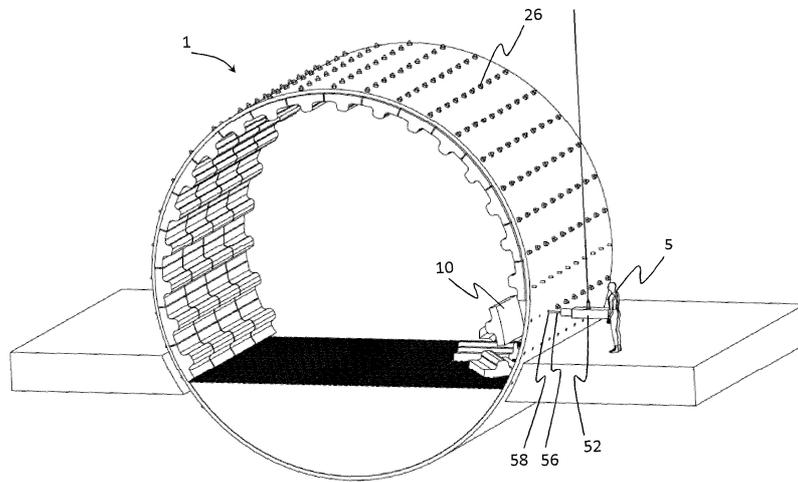
при этом датчик футеровки содержит устройство регистрации износа, выполненное с возможностью измерения износа изнашиваемой поверхности, датчик вибрации, выполненный с возможностью измерения вибрации мельничной футеровки при ее использовании в помольной мельнице, или оба указанных элемента.

2. Футеровочный узел по п.1, в котором устройство управления и/или питания полностью заключено в футеровку.

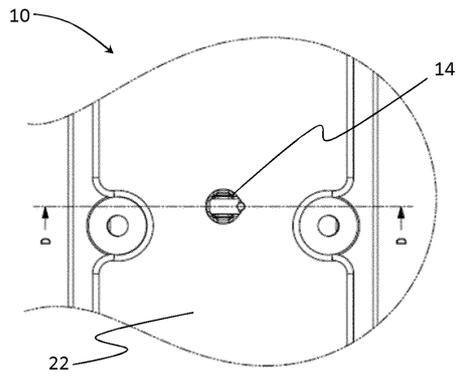
3. Футеровочный узел по п.1 или 2, в котором устройство управления и/или питания выполнено с возможностью активации при эксплуатации с внутренней поверхности футеровки, доступной через отверстие в кожухе помольной мельницы.
4. Футеровочный узел по п.3, в котором указанное отверстие выполнено отдельно от монтажного отверстия, предназначенного для размещения крепежного элемента для крепления футеровочного узла к помольной мельнице.
5. Футеровочный узел по любому из пп.1-4, в котором датчик футеровки содержит по меньшей мере один активный сенсорный компонент.
6. Футеровочный узел по п.5, в котором указанный по меньшей мере один активный сенсорный компонент является опрашивающим компонентом, выполненным с возможностью подачи опрашивающего сигнала, или частью указанного опрашивающего компонента.
7. Футеровочный узел по п.6, в котором мельничная футеровка или реагирующий компонент, встроенный в мельничную футеровку, выполнена/выполнены с возможностью взаимодействия с опрашивающим сигналом для генерации ответного сигнала.
8. Футеровочный узел по п.5 или 6, в котором указанный по меньшей мере один активный сенсорный компонент является реагирующим компонентом, выполненным с возможностью взаимодействия с опрашивающим сигналом и подачи ответного сигнала, или частью указанного реагирующего компонента.
9. Футеровочный узел по любому из пп.1-8, в котором устройство питания или управления расположено в полости, образованной в мельничной футеровке, или в заглушке, предназначенной для по существу герметизации указанной полости.
10. Футеровочный узел по п.6 или 7, в котором ответный сигнал, полученный в ответ на опрашивающий сигнал, обеспечивает двумерные данные, относящиеся к изнашиваемой поверхности.
11. Футеровочный узел по п.7 или 8, в котором реагирующий компонент выполнен с обеспечением его износа совместно с мельничной футеровкой.
12. Футеровочный узел по пп.7, 8 или 11, в котором реагирующий компонент содержит одно из следующего: цепной резистор, ультразвуковой зонд, протекторный диэлектрик или оптические компоненты.
13. Футеровочный узел по любому из предыдущих пунктов, в котором обеспечена возможность передачи информации, относящейся к зарегистрированной вибрации и/или износу мельничной футеровки, в местоположение, удаленное от мельницы, с помощью средств для передачи информации.
14. Футеровочный узел по п.13, в котором средства для передачи информации содержат антенну, выполненную с возможностью прикрепления к устройству регистрации износа через указанную противоположную внутреннюю поверхность футеровки.
15. Футеровочный узел по п.13 или 14, в котором средства для передачи информации представляют собой приемопередающее устройство.
16. Футеровочный узел по любому из пп.13-15, в котором средства для передачи информации расположены в отверстии, выполненном в кожухе помольной мельницы.
17. Футеровочный узел по п.14 или 16, в котором указанное приемопередающее устройство выполнено с возможностью подачи активирующего сигнала на датчик футеровки при использовании.
18. Футеровочный узел по любому из пп.1-17, в котором датчик футеровки расположен в пустом пространстве, образованном в мельничной футеровке.
19. Футеровочный узел по любому из пп.1-18, в котором датчик футеровки содержит термометр и/или измеритель емкости аккумулятора.
20. Футеровочный узел по любому из пп.1-19, содержащий модуль беспроводной связи.
21. Помольная мельница, содержащая кожух и один или более футеровочных узлов по любому из пп.1-20.
22. Способ транспортировки футеровочного узла для помольной мельницы, включающий:  
использование футеровочного узла по любому из пп.1-20; и  
транспортировку футеровочного узла со встроенным в него датчиком футеровки в виде объединенного узла, причем мельничная футеровка защищает встроенный датчик в процессе транспортировки.
23. Способ управления футеровочным узлом для помольной мельницы, выполненным по любому из пп.1-20, и/или его питания, включающий:  
прикрепление футеровочного узла к помольной мельнице так, что внутренняя поверхность футеровки расположена напротив внутренней поверхности кожуха мельницы;  
подачу активирующего сигнала через отверстие в кожухе помольной мельницы для активации устройства управления и/или питания, встроенного в футеровку.



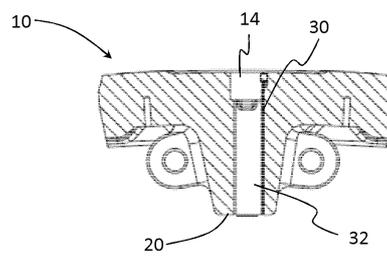
Фиг. 1



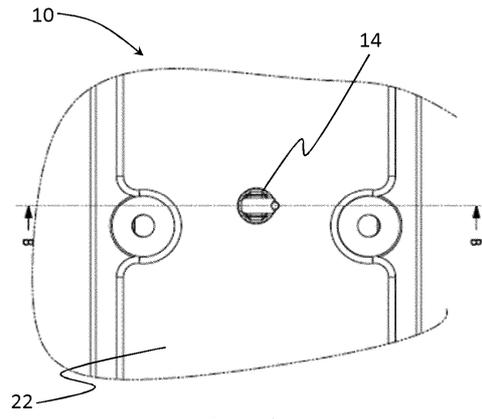
Фиг. 2



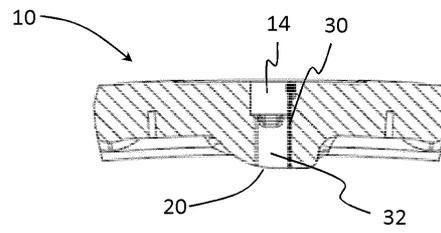
Фиг. 3а



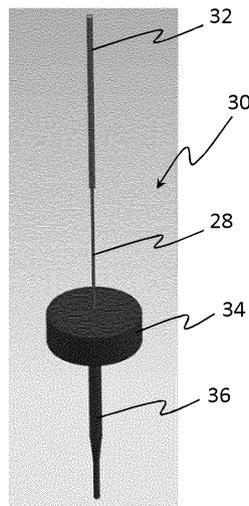
Фиг. 3б



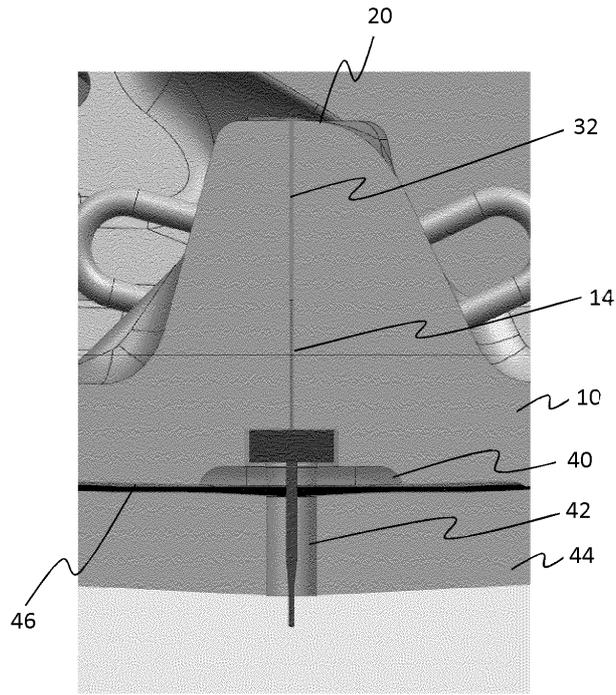
Фиг. 4а



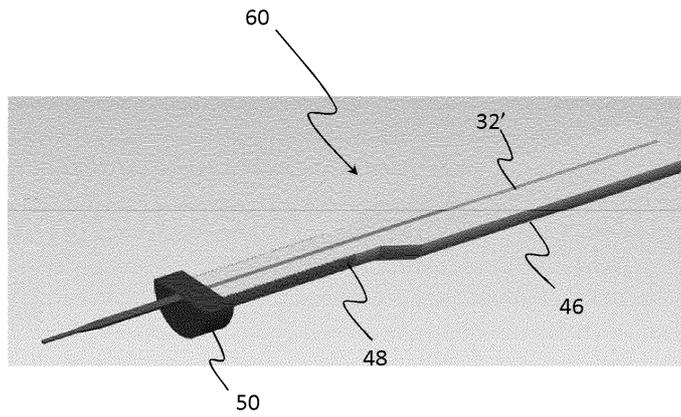
Фиг. 4б



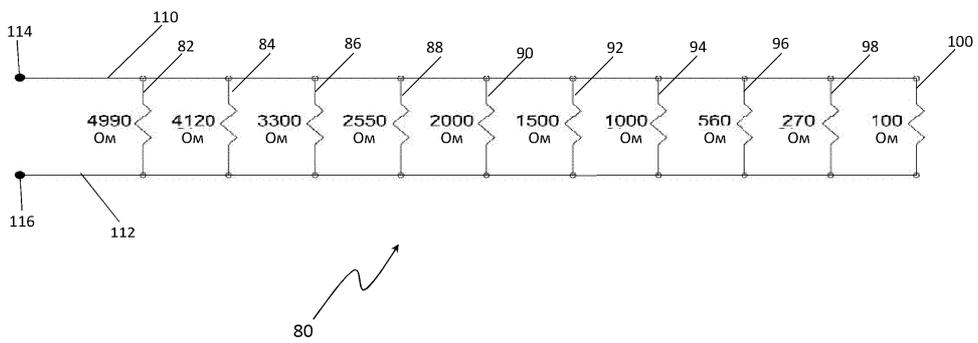
Фиг. 5



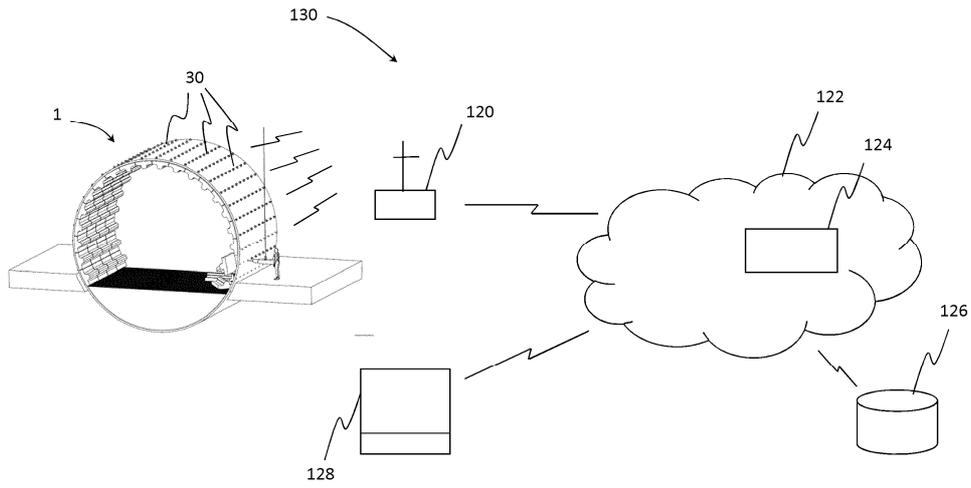
Фиг. 6



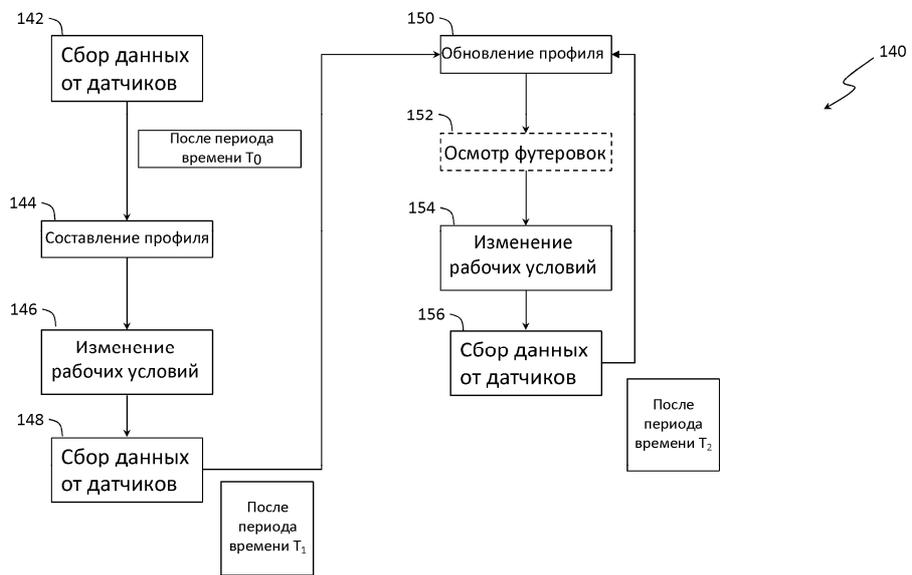
Фиг. 7



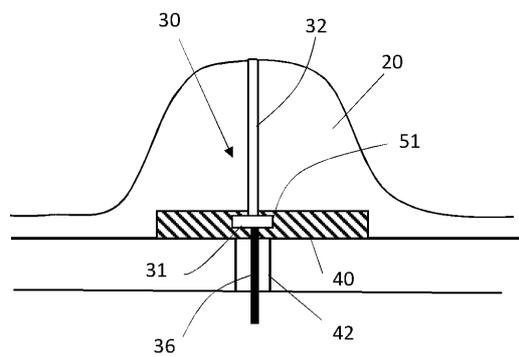
Фиг. 8



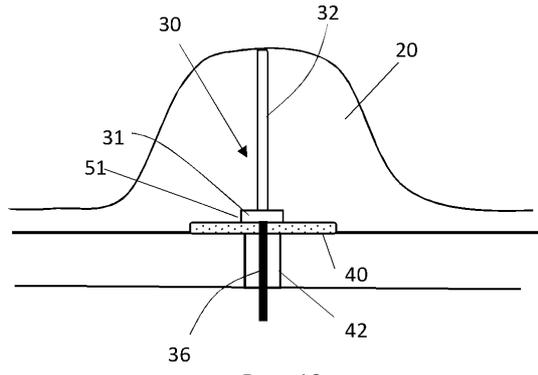
Фиг. 9



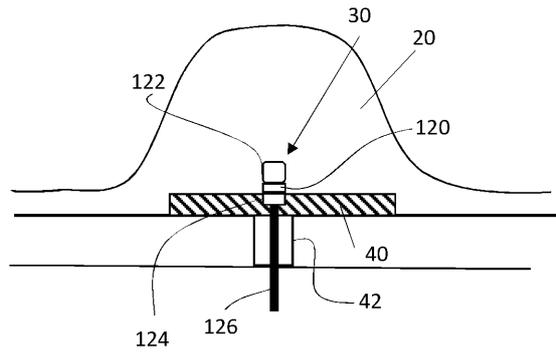
Фиг. 10



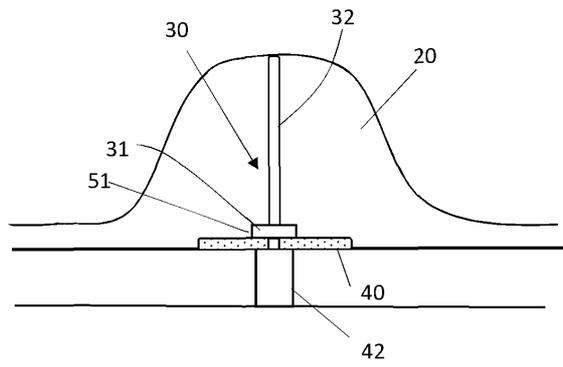
Фиг. 11



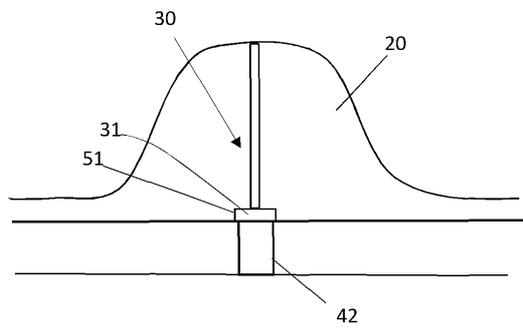
Фиг. 12



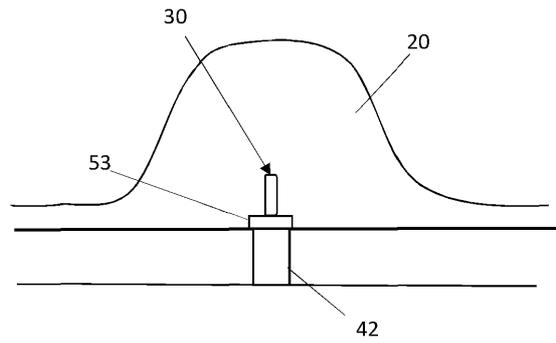
Фиг. 13



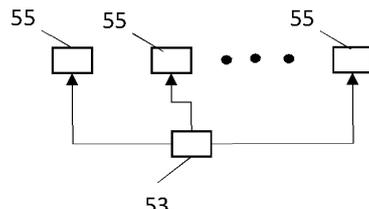
Фиг. 14



Фиг. 15



Фиг. 16



Фиг. 17