

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202292796 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2023.02.02

(51) Int. Cl. *B02C 17/18* (2006.01)
B02C 25/00 (2006.01)
G01H 1/00 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2021.04.09

(54) СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА БАРАБАННОЙ МЕЛЬНИЦЫ

(31) 2050412-2

(32) 2020.04.09

(33) SE

(86) PCT/SE2021/000004

(87) WO 2021/206600 2021.10.14

(71) Заявитель:

С.П.М. ИНСТРУМЕНТ АБ (SE)

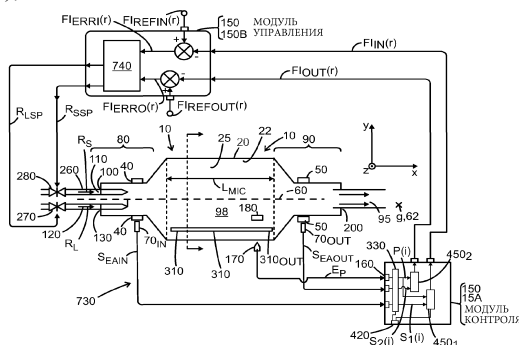
(72) Изобретатель:

Сундстрём Тим (SE)

(74) Представитель:

Тагбергенова М.М., Тагбергенова А.Т.
(KZ)

(57) Система контроля внутреннего состояния барабанной мельницы (10), имеющей корпус (20), который вращается вокруг оси (60) со скоростью вращения (f_{ROT}) для измельчения загруженного материала (30) путем перемешивания материала во вращающемся корпусе; упомянутый корпус (20), имеющий внутреннюю поверхность (22), включающую первое количество (L) выступов (310), выполненных с возможностью захвата материала при вращении корпуса (20) вокруг оси (60), система, содержащая экстрактор параметров состояния (450), выполненный с возможностью обнаружения появления сигнатуры события ($S_P(r)$; S_P) во временной последовательности выборочных значений сигнала вибрации ($S_e(i)$, $S(j)$, $S(q)$); указанный экстрактор параметров состояния (450) выполнен с возможностью формирования данных, показывающих первое временное отношение ($R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$) между появлением указанной сигнатуры события и двумя другими появлениями; и регулятор для управления угловым положением нижней части ($FI(r)$, A_{TOE}) на основе опорного значения положения нижней части ($FI_{REF}(r)$), указанного первого временного отношения ($R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$), и значения ошибки положения нижней части ($FI_{ERR}(r)$).



A1

202292796

202292796

A1

Система технологического процесса барабанной мельницы

Область техники

Настоящее изобретение относится к барабанной мельнице и к контролю работы барабанной мельницы. Настоящее изобретение также относится к области управления барабанной мельницей. Настоящее изобретение также относится к устройству для контроля внутреннего состояния барабанной мельницы. Настоящее изобретение также относится к устройству для управления внутренним состоянием барабанной мельницы. Настоящее изобретение также относится к программному обеспечению для контроля внутреннего состояния барабанной мельницы. Настоящее изобретение также относится к программному обеспечению для управления внутренним состоянием барабанной мельницы.

Описание предшествующего уровня техники

В некоторых отраслях промышленности, например в горнодобывающей промышленности, возникает необходимость измельчать материал, который поступает крупными кусками, для уменьшения размера отдельных кусков получаемого материала. Измельчение материала можно осуществить с помощью барабанной мельницы.

Барабанная мельница имеет корпус, который содержит загружаемый материал, подлежащий перемешиванию и измельчению при вращении корпуса. В документе US 2017/0225172 A1 содержится информация о том, что измельчение в барабанных мельницах может быть низкоэффективным, особенно там, где энергия расходуется впустую при ударе, который не разрушает частицы, и что автогенные (АГ) и полуавтогенные (ПАГ) мельницы иногда работают в неустойчивом режиме из-за сложности согласования скорости подачи крупных частиц в барабанную мельницу с расходом загружаемого материала. Согласно US 2017/0225172 A1, чтобы контролировать этот процесс, необходимо предоставлять в режиме реального времени информацию о текущем состоянии загруженного материала в барабане. В US 2017/0225172 A1 описано использование динамики ротора для определения характеристик движущегося материала в барабанной мельнице. В соответствии с US 2017/0225172 A1, для контроля барабанной мельницы предусмотрена аппаратура текущего наблюдения. Аппаратура включает в себя датчики вибрации, установленные на двух основных подшипниках барабанной мельницы и на упорном подшипнике мельницы, которые формируют сигналы вибрации, приходящиеся на подшипники, на которых установлены датчики. Эти сигналы вибрации передаются на анализатор, который анализирует сигналы и отображает рабочее состояние барабанной мельницы в числовом или графическом виде.

На ФИГ. 5 в документе US 2017/0225172 A1 представлены два графика траектории движения, один график траектории движения, сформированный во время 1, и другой график траектории движения, сформированный во время 2. Отслеживая изменение графика траектории движения от времени 1 до времени 2, оператор мельницы заметит, что величина вибраций заметно уменьшилась и что параметры траектории, или частоты, или фазы, или прецессии, или другие характерные изменения на графике траектории также заметно уменьшились, как показано в US 2017/0225172 A1. Эта информация, как следует из US 2017/0225172 A1, укажет оператору на то, что в общей работе ротора мельницы и обрабатываемой загрузке композитного материала произошло что-то весьма существенное.

Краткое изложение сущности изобретения

Принимая во внимание уровень техники, требующая решения задача заключается в том, как повысить эффективность процесса измельчения в барабанной мельнице.

Вышеуказанная задача решается с помощью способа получения информации о внутреннем состоянии барабанной мельницы (10), имеющей корпус (20), который вращается вокруг оси (60) со скоростью вращения (f_{ROT}) для измельчения загруженного материала (30) путем перемешивания материала во вращающемся корпусе; указанный корпус (20), имеющий внутреннюю поверхность (22), включающую первое количество (L) выступов (310), выполненных с возможностью захвата материала при вращении корпуса (20) вокруг оси (60), способ, включающий:

формирование сигнала положения (E , P , $P(i)$, $P(j)$, $P(q)$), показывающего положение при вращении указанного вращающегося корпуса (20), указанный сигнал положения включает в себя временную последовательность выборочных значений сигнала положения ($P(i)$, $P(j)$, $P(q)$);

обнаружение первого появления первого опорного значения сигнала положения (1 ; $1C$, 0%) в указанной временной последовательности выборочных значений сигнала положения ($P(i)$, $P(j)$, $P(q)$);

обнаружение второго появления второго опорного значения сигнала положения (1 ; $1C$; 100%) в указанной временной последовательности выборочных значений сигнала положения ($P(i)$, $P(j)$, $P(q)$);

формирование сигнала вибрации (S_{EA} , $Se(i)$, $S(j)$, $S(q)$), зависящего от механических вибраций (V_{IMP}), возникающих при вращении указанного корпуса, указанный сигнал вибрации (S_{EA} , $Se(i)$, $S(j)$, $S(q)$) включает в себя временную последовательность выборочных значений вибрации ($Se(i)$, $S(j)$, $S(q)$);

обнаружение третьего появления сигнатуры события ($S_p(r)$; S_p) в указанной временной последовательности выборочных значений сигнала вибрации ($Se(i)$, $S(j)$, $S(q)$);

формирование данных, указывающих на первое временное отношение ($R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$) между

указанным третьим появлением, т.е. упомянутым появлением сигнатуры события, и

указанными первым и вторым появлениями.

Вышеуказанная задача также решается с помощью электронной системы контроля барабанной мельницы в целях формирования и отображения информации о внутреннем состоянии процесса измельчения в барабанной мельнице (10) имеющей корпус (20), который вращается вокруг оси (60) со скоростью вращения (f_{ROT}) для измельчения

загруженного материала (30) путем перемешивания материала во вращающемся корпусе,

система контроля барабанной мельницы, содержащая:

экстрактор параметров состояния (450) для формирования

первой структуры данных индикатора внутреннего состояния (550, S_{PI} , T_{DI}), показывающей указанное внутреннее состояние указанного процесса измельчения, указанной первой структуры данных индикатора внутреннего состояния (550, S_{PI} , T_{DI}), включающей первое значение индикатора ударной силы ($SP1$) и первое значение индикатора времени (P ; T_{DI});

указанного первого значения индикатора ударной силы (S_{PI}), показывающего силу удара (F_{IMP}), создаваемую, когда выступ на внутренней поверхности вращающегося корпуса взаимодействует с нижней частью загруженного материала, и

указанного первого значения индикатора времени (T_{DI}), показывающего продолжительность времени (T_{DI}) между появлением указанной ударной силы (F_{IMP}) и возникновением исходного положения при вращении указанного вращающегося корпуса; при этом

вышеупомянутый экстрактор параметров состояния (450) включает

датчик скорости корпуса (500), предназначенный для получения значения, характеризующего скорость вращения корпуса барабанной мельницы ($f_{ROT}(j)$), на основе цифрового сигнала положения ($P(i)$), при этом указанный датчик скорости корпуса (500) выполнен с возможностью сопоставления указанного значения, характеризующего скорость вращения корпуса барабанной мельницы ($f_{ROT}(i)$), с моментом времени (i).

Подробное описание изобретения

В приведенном ниже тексте аналогичные характеристики в разных примерах будут обозначены одними и теми же ссылочными номерами.

На **фигуре 1** показан схематичный вид сбоку системы 5, включающей барабанную мельницу 10. К примеру, барабанная мельница 10 может быть автогенной (АГ). В другом варианте, например, барабанная мельница 10 может быть полуавтогенной (ПАГ). Другим примером барабанной мельницы 10 является шаровая мельница 10.

- 5 На Фиг. 1 также показан вид в разрезе, сечение А-А. Вид в разрезе А-А также обозначен ссылочным номером 15. Барабанная мельница 10 содержит корпус 20, имеющий внутреннюю поверхность 22, которая образует камеру 25 для измельчения материала.
- 10 Камера 25 барабанной мельницы в рабочем состоянии содержит загруженный материал 30, подлежащий перемешиванию и измельчению. Измельчение в барабанной мельнице проводится с целью уменьшения размера частиц твердого материала. Это достигается, например, за счет того, что куски твердого материала падают на другие куски твердого материала. Таким образом, для ускорения частиц загруженного материала по
- 15 отношению к другим частицам загруженного материала в барабанной мельнице используется сила природы - гравитация. Согласно некоторым вариантам осуществления, стенки корпуса 20 состоят из прочного материала, такого как, например, сталь, чтобы выдерживать удары тяжелых частиц, например, крупных кусков руды, которые перемешиваются в камере 25. Согласно некоторым вариантам
- 20 осуществления стенка корпуса 20 содержит эластичный материал, чтобы уменьшить износ стенки. Согласно некоторым вариантам осуществления, эластичный материал содержит резину. Согласно некоторым вариантам осуществления, эластичный материал содержит полимер, такой как полиуретан. Согласно некоторым вариантам осуществления, внутренняя поверхность 22 стенки включает покрытие из эластичного
- 25 материала, такого как, например, резина или полиуретан.

- Согласно некоторым вариантам осуществления, корпус 10 опирается, по меньшей мере, на два подшипника 40 и 50. Корпус 20 выполнен с возможностью вращаться вокруг оси вращения 60. В этой связи отмечается, что ось - это воображаемая линия, вокруг
- 30 которой вращается объект (ось вращения). Вращение корпуса используется для подъема части загруженного материала, включая частицы твердого материала, так что некоторые из твердых частиц могут падать обратно вниз под действием силы тяжести на другую часть загруженного материала. Следовательно, целесообразно выбирать подходящее значение скорости вращения f_{ROT} корпуса 20 для того, чтобы обеспечить
- 35 равновесие между подъемом и падением загруженного материала 30. На виде в разрезе 15, Фиг. 1, стрелка 62 показывает направление силы тяжести g относительно вращающегося корпуса 20 и загруженного в него материала 30. Следовательно, внутреннее состояние барабанной мельницы 10 частично зависит от сбалансированности между силой тяжести 62 и центростремительной силой 65,
- 40 влияющей на прессование той части загруженного материала 30, которая неподвижна

относительно внутренней поверхности 22 корпуса, в радиальном направлении от центра, т.е. от оси вращения 60. Другими словами, во время работы барабанной мельницы 10 действует центробежная сила, прижимающая часть загруженного материала 30 к внутренней поверхности 22 корпуса, причем центробежная сила
5 зависит от скорости вращения $f_{\text{рот}}$ корпуса 20. В этой связи следует отметить, что центробежная сила, действующая на кусок твердого материала, находящийся в контакте с внутренней поверхностью корпуса 22, зависит от внутреннего радиуса корпуса 20. Когда сила тяжести 62, действующая на конкретный кусок 68 твердого
10 кусок 68 твердого материала в направлении, противоположном направлению силы тяжести, тогда этот кусок 68 твердого материала упадет.

Для получения сигнала измерения S_{EA} может быть предусмотрен датчик вибрации 70. Сигнал измерения S_{EA} может зависеть от механических вибраций или ударных
15 импульсов, создаваемых при вращении корпуса 20.

Пример системы 5 работоспособен, когда датчик вибрации 70 прочно установлен на барабанной мельнице 10 или в точке измерения. Точка измерения может содержать соединительную муфту, на которой жестко крепится датчик 70, или крепится с
20 возможностью снятия. В примере, показанном на Фиг. 1, датчик 70 установлен на подшипнике 40. В другом варианте, датчик 70 может устанавливаться в другом месте барабанной мельницы, где датчик 70 способен формировать измеряемый сигнал, зависящий от механических вибраций или ударных импульсов, создаваемых при
25 вращении корпуса 20.

Барабанная мельница 10 имеет впускную сторону 80 для приема кусков твердого материала и выпускную сторону 90 для выхода материала 95, прошедшего через барабанную мельницу 10.

Корпус 20 может иметь среднюю часть 98, по существу, цилиндрической формы, при этом камера 25 в средней части имеет внутренний радиус $R_{\text{мис}}$. Внутренний радиус $R_{\text{мис}}$ может, например, превышать 0,5 м. В другом варианте, внутренний радиус $R_{\text{мис}}$ может, например, превышать 3 м. Внутренний радиус $R_{\text{мис}}$ средней части камеры барабанной
30 мельницы 10 может также альтернативно превышать 8 м. Средняя часть корпуса 20 имеет длину $L_{\text{мис}}$ от впускной стороны 80 до выпускной стороны 90. Длина $L_{\text{мис}}$ средней части корпуса может, например, превышать 1 м. Согласно варианту осуществления, длина $L_{\text{мис}}$ средней части корпуса может превышать 8 м. Следует отметить, что любой приведенный в данном примере внутренний радиус $R_{\text{мис}}$ может
35 сочетаться с любой приведенной в данном примере длиной корпуса $L_{\text{мис}}$.

Более того, следует отметить, что корпус 20 может иметь среднюю часть 98 многоугольной формы. Примером такой многоугольной формы корпуса является корпус, имеющий по меньшей мере три части стенок корпуса, которые соединены для образования камеры 25 барабанной мельницы. В этом контексте следует отметить, что

5 для решения задач настоящего изобретения корпус барабанной мельницы, имеющий среднюю часть 98, содержащую по меньшей мере шесть участков стенок корпуса, которые соединены для образования камеры 25а, можно рассматривать как имеющий по существу цилиндрическую форму.

Таким образом, для решения задач настоящего изобретения корпус барабанной мельницы, имеющий среднюю часть 98 шестиугольной формы, может рассматриваться

10 как имеющий по существу цилиндрическую форму.

В примере, показанном на фигуре 1, впускная сторона 80 содержит первое впускное отверстие 100 для кусков твердого материала 110. Твердый материал 110 может

15 включать в себя куски породы и руды, причем куски имеют различные размеры. Однако твердый материал 110, подаваемый на первое впускное отверстие 100, может быть обработан так, чтобы **размер частиц твердого материала был максимальным**. Максимальный размер частиц твердого материала может быть определенным **максимальным входным объемом твердых частиц V_{ISPM}** . Твердый материал 110

20 может, например, включать куски руды с объемом частиц до десяти (10) кубических дециметров, т.е. отдельная входная твердая частица имеет максимальный входной объем твердых частиц V_{ISP} , составляющий менее или не более десяти (10) кубических дециметров. В другом варианте максимальный размер частиц твердого материала может быть определен максимальным входным диаметром твердых частиц D_{ISPM} .

25 Следовательно, для отдельной входной твердой частицы максимальный входной диаметр твердой частицы D_{ISP} составляет менее или не более 250 мм.

Частицы могут включать полезные ископаемые, а также ископаемые, признанные менее полезными. Менее полезные ископаемые могут быть отнесены к отходам. Для

30 отделения полезных ископаемых от отходов, твердый материал 110 измельчают в барабанной мельнице 10. Измельченный выходной материал 95, подаваемый из барабанной мельницы 10, может включать частицы, диаметр которых составляет около 0,1 мм.

Согласно некоторым вариантам осуществления, барабанная мельница 10 предназначена для сухого измельчения. Согласно варианту осуществления, барабанная мельница 10 представляет собой шаровую мельницу, предназначенную для сухого

35 измельчения. Согласно варианту осуществления, барабанная мельница 10 представляет собой шаровую мельницу, которая используется для измельчения частиц твердого

40 вещества в порошок, называемый цементом. В этой связи следует отметить, что

портландцемент, разновидность гидравлического цемента, получают путем нагревания известняка, т.е. карбоната кальция, с другими материалами, такими как глина, в процессе, известном как кальцинация, при котором молекула двуокиси углерода высвобождается из карбоната кальция с образованием оксида кальция, или негашеной извести, которая затем химически соединяется с другими материалами в смеси с образованием силикатов кальция и других цементирующих соединений. Согласно варианту осуществления, полученное твердое вещество затем измельчают с некоторым количеством гипса в порошок, используя вышеупомянутую шаровую мельницу 10 для сухого измельчения с получением цемента.

Согласно некоторым вариантам осуществления, барабанная мельница 10 предназначена для измельчения твердого материала 110. Примером процесса измельчения с использованием барабанной мельницы 10, предназначенной для измельчения твердого материала 110, является барабанная мельница 10 в горнодобывающей промышленности. Согласно некоторым вариантам осуществления, барабанная мельница 10 в горнодобывающей промышленности предназначена для измельчения твердого материала 110, включающего смесь полезных ископаемых и минералов, считающихся менее полезными. Согласно некоторым вариантам осуществления, барабанная мельница 10 в горнодобывающей промышленности является автогенной (АГ). В другом варианте, барабанная мельница 10 в горнодобывающей промышленности является полуавтогенной (ПАГ). Согласно некоторым вариантам осуществления, барабанная мельница 10 в горнодобывающей промышленности представляет собой шаровую мельницу 10.

Согласно некоторым вариантам осуществления, твердый материал 110 представляет собой руду, содержащую металл. Среднее содержание металла в твердом материале 110 может быть, например, выше 0,1%. Согласно некоторым вариантам осуществления, твердый материал 110 имеет среднее содержание металла более 5% целевого металла. В другом варианте среднее содержание металла в твердом материале 110 может составлять, например, 50%. Согласно некоторым вариантам осуществления, твердый материал 110 имеет содержание более 40% необходимого металла. Согласно некоторым вариантам осуществления твердый материал 110 содержит более 40% необходимого металла, причем предпочтительно металл представляет собой железо. В этом контексте следует отметить, что содержание требуемого металла в твердом материале 110 может влиять на плотность загруженного материала в барабанной мельнице 10. Таким образом, согласно некоторым вариантам осуществления, по плотности загруженного материала в барабанной мельнице 10 можно определить соотношение между необходимым металлом и отходами минералов в загруженном материале в барабанной мельнице 10.

Согласно некоторым вариантам осуществления, процесс измельчения можно облегчить путем подачи жидкости 120. Примером процесса измельчения, облегченного за счет подачи жидкости 120, является барабанная мельница для горнодобывающей промышленности. Согласно некоторым вариантам осуществления, жидкость 120 поступает в барабанную мельницу 10 через второе впускное отверстие 130 на впускной стороне 80 барабанной мельницы 10.

Во вращающемся корпусе 20 поступающие куски твердого материала 110 смешиваются с поступающей жидкостью 120 для образования загрузочного материала 30.

Когда плотность подаваемой жидкости 120 отличается от плотности поступающего твердого материала 110, плотность загруженного материала 30 можно контролировать путем регулирования пропорции подаваемой жидкости 120 и поступающего твердого материала 110. Таким образом, когда подаваемая жидкость 120 имеет меньшую плотность, чем плотность поступающего твердого материала 110, плотность загруженного материала 30 можно снизить увеличивая количество подаваемой жидкости 120.

Подаваемая жидкость 120 может представлять собой воду. Плотность воды составляет около 997 кг/м³. Куски поступающего твердого материала обычно имеют более высокую плотность, чем плотность подаваемой жидкости. Куски поступающего твердого материала обычно имеют плотность, превышающую 1500 кг/м³. Поступающий твердый материал 110 может состоять из руды, которая содержит полезные минералы, смешанные с другими минералами.

Примером полезного минерала является минерал, содержащий металл, такой как, например, алюминий или железо. Плотность алюминия составляет около 2700 кг/м³. Плотность железа составляет около 7870 кг/м³. “Другой минерал”, упомянутый выше, может включать, например, гранит или другие куски породы. Плотность гранита составляет около 2700 кг/м³.

Таблица 1 представляет некоторые примеры твердого материала и соответствующих свойств материала.

Твердый материал	Плотность (кг/м ³)	Прочность	Прочность на сжатие (МПа)
Алюминий	2700	Ковкий	30-280
Гранит	2700	Хрупкий	свыше 200
Гематит (Fe ₂ O ₃)	5150	Хрупкий	прим. 155
Магнетит (Fe ₃ O ₄)	5180	Хрупкий	прим. 100
Цинк	7130	Хрупкий	75-160
Железо	7870	Ковкое	110-220

Серебро	10500	Ковкое	45-300
Золото	19320	Пластичное	20-205

Таблица 1

В области минералогии термин "прочность" описывает устойчивость минерала к разрушению, осыпанию, разрезанию или другим формам деформации.

5 Материал является хрупким, если под действием напряжения он разрушается с небольшой упругой деформацией и без значительной пластической деформации. Хрупкие материалы поглощают относительно небольшое количество энергии перед разрушением, даже те, которые обладают высокой прочностью.

10 Ковкий материал можно растягивать или придавать ему форму при ударах или под давлением. Пластичный материал способен удлиняться или растягиваться под действием механической силы без разрушения.

15 Прочность на сжатие или сопротивление сжатию - это способность материала или конструкции выдерживать нагрузки, приводящие к уменьшению размера. Напротив, прочность на растяжение - это способность материала или конструкции выдерживать нагрузки, приводящие к удлинению. Другими словами, прочность на сжатие сопротивляется сдавлению (при сжатии вместе), тогда как прочность на растяжение сопротивляется растяжению (при растягивании на части).

20 Выпускная сторона 90 барабанной мельницы 10 может содержать сепаратор, подающий выходящий материал 95 к выпускному отверстию 200 и удерживающий куски материала, размер частиц которого превышает предельное значение. Сепаратор может включать в себя сито, обеспечивающее отсеивание кусков материала, **размер частиц которых меньше определенного предельного значения**, для подачи в

25 качестве выходящего материала 95 к выпускному отверстию 200. Измельченный выходящий материал 95, подаваемый из барабанной мельницы 10, может включать частицы, диаметр которых меньше определенного предельного выходного диаметра частиц. Предельный выходной диаметр частиц может составлять 0,1 мм.

30 Одним показателем качества продукции барабанной мельницы 10 может быть доля частиц на выходе, имеющих выходной диаметр менее 45 мкм (здесь мкм означает микрометр), или количество частиц с выходным диаметром менее 45 мкм на выходе в час.

35 Кроме того, целесообразно добиться высокой степени эффективности процесса измельчения. Одним из аспектов эффективности процесса измельчения является количество измельчаемого материала в единицу времени. Поэтому желательно улучшить или оптимизировать количество кг/час измельченного твердого материала с размером частиц меньше предельного значения. Однако величина обычно представляет

собой метрические тонны в час твердого материала, подаваемого в барабанную мельницу 10.

Другим аспектом эффективности процесса измельчения является количество измельчаемого материала на единицу энергии, чтобы свести к минимуму потребление энергии в процессе измельчения. Следовательно, желательно улучшить или оптимизировать производительность в пересчете на кг/киловатт-час измельченного твердого материала, причем размер частиц измельченного твердого материала должен быть меньше предельного значения. В этом контексте следует отметить, что энергопотребление барабанной мельницы обычно составляет более 4 МВт. Некоторые барабанные мельницы имеют среднее энергопотребление 10 МВт, а некоторым может потребоваться 20 МВт как пиковое потребление. В этом контексте следует отметить, что при среднем энергопотреблении барабанной мельницы в 10 МВт потребление энергии составляет 10 000 кВт*ч в час. Таким образом, когда барабанная мельница работает 24 часа в сутки в течение года, то даже небольшое улучшение энергоэффективности процесса измельчения, например, на один процент (1%), приведет к экономии энергии в диапазоне шести миллионов кВт*ч в год.

Эффективность процесса измельчения в барабанной мельнице 10 зависит от ряда переменных, влияющих на внутреннее состояние барабанной мельницы 10. Одной переменной, которая влияет на эффективность процесса измельчения в барабанной мельнице 10, является **степень заполнения** барабанной мельницы 10. Следовательно, желательно контролировать приток поступающего твердого материала 110 таким образом, чтобы достичь оптимальной степени заполнения.

Следовательно, для максимального увеличения количества материала 95, выходящего из барабанной мельницы 10, желательно регулировать подачу поступающего материала 110, чтобы поддерживать оптимальное состояние процесса барабанной мельницы. Оптимальное внутреннее состояние процесса барабанной мельницы может включать определенную степень заполнения корпуса 20, т.е. определенный объем загружаемого материала. Следовательно, одной переменной, которая оказывает влияние на эффективность процесса измельчения в барабанной мельнице 10, является **скорость загрузки**, т.е. **количество частиц твердого материала**, которое подается в барабанную мельницу 10 **в единицу времени**.

Другой переменной, которая оказывает влияние на эффективность процесса измельчения в барабанной мельнице 10, являются **минералогические свойства частиц загружаемого твердого материала** 110. В этой связи следует отметить, что минералогия является разделом геологии, специализирующимся на научном изучении физических свойств минералов, а также химии и кристаллической структуры минералов. Более того, минералогические свойства частиц в загруженном материале 30 не постоянны во времени, поскольку состав твердого материала 110, такого как руда из

шахты, обычно изменяется с течением времени. Изменение минералогических свойств частиц в загруженном материале 30 может повлиять на эффективность процесса измельчения барабанной мельницы 10. Таким образом, **эффективность процесса измельчения может изменяться с течением времени** из-за изменения

минералогических свойств частиц в загруженном материале 30. Таким образом, снижение эффективности процесса измельчения в течение определенного промежутка времени может привести к увеличению объема загрузки в мельнице 10, если подача материала поддерживается постоянной. Таким образом, если оператор барабанной мельницы не будет надлежащим образом проинформирован о текущем объеме загрузки в мельнице 10, также существует риск перегрузки, которая может, в худшем случае, привести к полной остановке процесса измельчения.

Еще одной переменной, которая оказывает влияние на эффективность процесса измельчения, является **распределение частиц твердого материала 110**, которые подаются в барабанную мельницу 10, **по размерам**. Согласно некоторым вариантам осуществления, подача частиц твердого материала 110 регулируется таким образом, чтобы **определенная доля** частиц твердого материала 110, подаваемых на первое впускное отверстие 100, имеет индивидуальные объемы **более одного кубического дециметра**, чтобы повысить эффективность процесса измельчения. Сделано заключение, что регулирование подачи частиц твердого материала 110 таким образом, чтобы определенная доля частиц твердого материала 110, поступающих к первому впускному отверстию 100, имеет индивидуальные объемы более одного кубического дециметра, повышает эффективность процесса измельчения, в частности, когда барабанная мельница представляет собой АГ мельницу или ПАГ мельницу.

Корпус 20 обычно непрозрачен, т.е. визуально контролировать загруженный материал в корпусе во время работы барабанной мельницы 10 невозможно. Более того, перемещение тяжелой руды, которая перемешивается во время работы барабанной мельницы 10, препятствует размещению камер или других чувствительных детекторов на внутренней стороне корпуса 20.

Целью данного документа является описание методов и систем для улучшенного контроля внутреннего состояния барабанной мельницы во время работы. Также целью данного документа является описание методов и систем для улучшенного интерфейса «человек-компьютер» (ИЧК), относящихся к внутреннему состоянию барабанной мельницы во время работы. Также целью данного документа является описание методов и систем для улучшения Графического интерфейса пользователя, связанного с процессом измельчения в барабанной мельнице 10.

Изобретатель отдавал себе отчет в том, что может существовать механическая вибрация V_{IMP} , указывающая на столкновение между выступом, таким как подъемник,

на внутренней поверхности вращающегося корпуса 20 и, по меньшей мере, одной частицей в нижней части 205 загруженного материала 30 во время работы барабанной мельницы 10. Изобретатель также предполагал, что такая механическая вибрация V_{IMP} может отображать текущее внутреннее состояние барабанной мельницы 10 и/или текущее состояние процесса измельчения. Механическая вибрация V_{IMP} может возникать, когда выступ, такой как подъемник, взаимодействует с частицей в нижней части 205 загруженного материала 30 в камере 25. Ударная сила F_{IMP} взаимодействия между вращательно движущимся подъемником и загруженным материалом 30 вызывает ускорение, по меньшей мере, одной частицы в нижней части 205 загруженного материала 30, при этом удар создает механическую ударную вибрацию V_{IMP} . Фактически, ударная сила F_{IMP} может вызывать механическую ударную вибрацию V_{IMP} , которая указывает на текущее внутреннее состояние барабанной мельницы 10 и/или указывает на текущее состояние процесса измельчения.

Датчик 70, размещенный снаружи камеры 25, способствует обнаружению вибраций, вызванных взаимодействием частиц загруженного материала 30 в камере 25 во время работы барабанной мельницы 10. Следовательно, как показано на Фиг. 1, датчик 70 способен вырабатывать сигнал измерения SEA , зависящий от механических вибраций или ударных импульсов, возникающих при вращении корпуса 20. Таким образом, сигнал измерения S_{EA} может зависеть и указывать на ударную силу F_{IMP} между выступом, таким как подъемник, и, по меньшей мере, одной частицей в нижней части 205 загруженного материала 30 во время работы барабанной мельницы 10.

Датчик 70 может, например, представлять собой акселерометр 70, выполненный с возможностью создания сигнала измерения S_{EA} , имеющего амплитуду, которая зависит от ударной силы F_{IMP} .

Изобретатель пришел к выводу, что может существовать механическая вибрация V_{IMP} , указывающая на текущее внутреннее состояние барабанной мельницы 10 и/или текущее состояние процесса измельчения, но что обычные способы измерения вибраций и/или анализа и/или визуализации таких вибраций, возможно, до сих пор были недостаточными.

Для контроля процесса барабанной мельницы предусмотрен анализатор 150.

Анализатор 150 может формировать информацию, характеризующую внутреннее состояние процесса барабанной мельницы, в зависимости от сигнала измерения S_{EA} . Датчик 70, генерирующий сигнал измерения S_{EA} , соединен с входом 140 анализатора 150 таким образом, чтобы подавать сигнал измерения S_{EA} на анализатор 150. Анализатор 150 также имеет второй вход 160 для приема сигнала положения E_p , зависящего от положения корпуса 20 при вращении.

Для формирования сигнала положения E_p , зависящего от положения корпуса 20 при вращении, предусмотрен датчик положения 170. Как указано выше, корпус 20 может вращаться вокруг оси вращения 60, и, таким образом, датчик положения 170 может формировать сигнал положения E_p , имеющий последовательность значений сигнала положения корпуса P_s для указания мгновенных положений корпуса 20 при вращении. На внешней поверхности корпуса 20 может быть предусмотрена метка положения 180, так что, когда корпус 20 вращается вокруг оси вращения 60, метка положения 180 проходит мимо датчика положения 170 один раз за оборот корпуса, тем самым заставляя датчик 170 положения формировать сигнал метки оборота P_s . Такой сигнал метки оборота P_s может быть в форме электрического импульса с фронтом, который может быть точно обнаружен и указывает на определенное положение контролируемого корпуса 20 при вращении. Анализатор 150 может формировать информацию, показывающую скорость вращения $f_{\text{рот}}$ корпуса 20, которая зависит от сигнала положения E_p , например, путем определения временного интервала между сигналами метки оборота P_s . Метка положения 180 может быть, например, оптическим устройством 180, таким как отражатель 180, если датчик положения 170 является оптическим устройством, таким как, например, лазерный приемопередатчик, выполненный с возможностью формирования сигнала метки оборота P_s , когда интенсивность лазерного отражения меняется из-за попадания лазерного луча на отражатель 180. В другом варианте, метка положения 180 может быть, например, магнитным элементом 180, таким как сильный магнит 180, если датчик положения 170 представляет собой устройство 170, предназначенное для обнаружения изменившегося магнитного поля. Примером устройства, выполненного с возможностью обнаружения измененного магнитного поля, является устройство, содержащее индуктивную катушку, которая будет генерировать электрический ток в ответ на изменение магнитного поля. Таким образом, устройство 170, предназначенное для обнаружения изменившегося магнитного поля, выполнено с возможностью генерирования сигнала метки оборота P_s при прохождении мимо магнитного элемента 180. В другом варианте, датчик положения 170 может быть выполнен в виде шифратора 170, который механически соединен с вращающимся корпусом 20 мельницы таким образом, что шифратор формирует, например, один сигнал метки P_s за оборот корпуса 20 вращающейся мельницы.

Система 5 может включать в себя диспетчерскую 220, позволяющую оператору 230 управлять барабанной мельницей 10. Анализатор 150 может быть выполнен с возможностью формирования информации, отображающей внутреннее состояние барабанной мельницы 10. Анализатор 150 также содержит интерфейс «человек-компьютер» (ИЧК) 210 для обеспечения ввода пользователя и вывода пользователя. ИЧК 210 может содержать дисплей или экран 210S, обеспечивающий визуальную индикацию результата анализа. Отображаемый результат анализа может содержать

информацию, показывающую внутреннее состояние процесса барабанной мельницы и позволяющую оператору 230 управлять барабанной мельницей.

Регулятор подачи 240 барабанной мельницы выполнен с возможностью обеспечения заданного значения скорости подачи твердого материала R_{SSP} , и он также может, при необходимости, обеспечивать заданное значение скорости подачи жидкости R_{LSP} . Согласно некоторым вариантам осуществления, заданное значение R_{SSP} устанавливается оператором 230. Согласно некоторым вариантам осуществления, заданное значение R_{LSP} также устанавливается оператором 230. Таким образом, регулятор подачи 240 барабанной мельницы может включать пользовательский интерфейс 250 ввода/вывода подачи в мельницу, позволяющий оператору регулировать скорость загрузки твердого материала R_S и/или скорость подачи жидкости R_L .

Как указывалось выше, впускная сторона 80 барабанной мельницы содержит первое впускное отверстие 100 для кусков твердого материала 110, и дополнительно впускная сторона 80 может также иметь второе впускное отверстие 130 для подачи жидкости 120, такой как, например, вода, в камеру 25. Твердый материал 110 может транспортироваться к первому впускному отверстию 100 по конвейерной ленте 260. Конвейерная лента 260 движется со скоростью конвейерной ленты для транспортировки твердого материала 110 к первому впускному отверстию 100 со скоростью подачи твердого материала R_S .

Скорость подачи твердого материала R_S может составлять, например, 10 000 кг/мин во время работы барабанной мельницы 10 при определенном внутреннем состоянии барабанной мельницы 10. Аналогично, скорость подачи жидкости R_L может составлять, например, 1000 кг/мин во время работы барабанной мельницы 10 при определенном внутреннем состоянии барабанной мельницы 10.

Управление скоростью подачи жидкости R_L схематично показано на Фиг. 1 обозначением управляемого клапана 270, принимающего заданное значение скорости подачи жидкости R_{LSP} от регулятора подачи барабанной мельницы 240. Аналогично, управление скоростью подачи твердого материала R_{SF} схематически показано на Фиг. 1 обозначением управляемого клапана 280, принимающего заданное значение скорости подачи твердого материала R_{SSP} от регулятора подачи барабанной мельницы 240.

На **фигуре 2**, представляющей собой другой пример поперечного сечения вдоль линии А-А на Фиг. 1, показана более подробная схема средней части 98 корпуса 20. Корпус 20 имеет внутреннюю поверхность корпуса 22, обращенную к камере 25, причем указанная внутренняя поверхность корпуса 22 имеет ряд выступов 310. Согласно некоторым вариантам осуществления, предусмотрено, по меньшей мере, два выступа

310. Пример корпуса 20, показанный на Фиг. 2, включает в себя двенадцать выступов 310, которые расположены на равных расстояниях друг от друга на внутренней поверхности 22 корпуса 20. Выступы 310 могут быть выполнены с возможностью зацепления и подъема материала 30 при вращении корпуса вокруг оси 60. Таким образом, выступы 310 могут называться подъемниками 310.

На Фиг. 2 корпус 20 показан в процессе вращения по часовой стрелке со скоростью вращения f_{ROT} . Подъемники 310 представляет собой структуры, такие как внутренние опоры, провода, стержни, выступы и т.п., которые выступают от внутренней поверхности 22 корпуса по направлению к центру корпуса 20. Подъемник 310, также называемый выступом 310, имеет переднюю кромку 312, которая захватывает и поднимает загруженный материал 30 при вращении барабанной мельницы 10 вокруг оси 60 таким образом, что материал падает сам на себя во внутренней камере 25. В одном примере подъемники 310 содержат удлиненные стержни, которые крепятся на стенке внутренней поверхности корпуса 22 таким образом, чтобы, по меньшей мере, отчасти равномерно распределяться по внутренней поверхности корпуса 22 мельницы 10. В других примерах подъемники 310 выполнены как единое целое, как часть единого корпуса со стенкой 22 внутренней поверхности корпуса. Согласно некоторым вариантам осуществления, передние кромки 312 выступов 310 расположены на одинаковом расстоянии друг от друга. Таким образом, в случае примера корпуса 20, показанного на Фиг.2, включающего двенадцать выступов 310, где каждый выступ 310 имеет переднюю кромку 312, угловое расстояние между любыми двумя смежными передними кромками 312 составляет 30 градусов. В этом контексте следует отметить, что, **когда** на внутренней поверхности 22 корпуса имеются L выступов 310, причем L выступов 310 расположено таким образом, что передние кромки 312 выступов 310 равноудалены, **тогда** угловое расстояние между любыми двумя смежными передними кромками 312 составляет $360/L$ градусов.

В примере, показанном на Фиг. 2, датчик положения 170 установлен стационарно, так что он генерирует сигнал положения E_p , имеющий последовательность значений сигнала положения PS для отображения мгновенных положений корпуса 20 при вращении. На внешней поверхности корпуса 20 может быть предусмотрена метка положения 180, так что, когда корпус 20 вращается вокруг оси вращения 60, метка положения 180 проходит мимо датчика положения 170 один раз за оборот корпуса, тем самым заставляя датчик положения 170 формировать значение сигнала метки оборота PS.

Фигура 3 представляет собой блок-схему примера анализатора 150, показанного на Фиг. 1. Анализатор 150 имеет вход 140 для приема аналогового сигнала вибрации S_{EA} от датчика вибрации 70. Вход 140 подключен к аналого-цифровому (А/Ц)

преобразователю 330. А/Ц преобразователь 330 производит выборку принятого аналогового сигнала вибрации S_{EA} с определенной частотой дискретизации f_s , чтобы выдать Цифровой сигнал данных измерения S_{MD} , имеющий указанную определенную частоту дискретизации f_s , причем амплитуда каждой выборки зависит от амплитуды принятого аналогового сигнала в момент выборки. Цифровой сигнал данных измерения S_{MD} подается на цифровой выход 340, который соединен с устройством обработки данных 350.

Как показано на Фиг. 3, устройство обработки данных 350 соединено с памятью 360 для хранения программного кода. Программная память 360 предпочтительно представляет собой энергонезависимую память. Память 360 может представлять собой запоминающее устройство для чтения/записи, т.е. позволяющее как считывать данные из памяти, так и записывать новые данные в память 360. Согласно примеру, программная память 360 исполнена в виде ФЛЭШ-памяти. Чтобы обеспечить управление анализатором 150 для выполнения основных операций, программная память 360 может содержать первый сегмент памяти 370 для хранения первого набора программного кода 380, который является исполняемым. Программная память 360 может также содержать второй сегмент 390 памяти для хранения второго набора программного кода 394. Второй набор программного кода во втором сегменте памяти 390 может включать программный код, обеспечивающий обработку обнаруженного сигнала анализатором 150. Обработка сигнала может включать в себя обработку для формирования информации, отображающей внутреннее состояние барабанной мельницы, как описано в других разделах этого документа. Более того, обработка сигналов может включать в себя управление внутренним состоянием барабанной мельницы, как описано в других разделах этого документа. Таким образом, обработка сигнала может включать в себя формирование данных, отображающих внутреннее состояние барабанной мельницы, как представлено в вариантах осуществления, касающихся экстрактора параметров состояния 450, например, на фиг. 5, 15 и/или 24.

Память 360 может также включать в себя третий сегмент памяти 400 для хранения третьего набора программного кода 410. Набор программного кода 410 в третьем сегменте памяти 400 может включать в себя программный код, побуждающий анализатор выполнять выбранную функцию анализа. При выполнении функции анализа анализатор может представить соответствующий результат анализа в пользовательский интерфейс 210, 210S или передать результат анализа на порт 420.

Устройство обработки данных 350 также соединено с памятью для чтения/записи 430, предназначенной для хранения данных. Следовательно, анализатор 150 содержит процессор данных 350 и программный код, побуждающий процессор данных 350 выполнять определенные функции, включая функции цифровой обработки сигналов.

Когда в настоящем документе указано, что анализатор 150 выполняет определенную функцию или определенный способ, это утверждение может означать, что в устройстве обработки данных 350 запускается компьютерная программа, побуждающая анализатор 150 реализовывать способ или выполнять функцию, описанные в настоящем документе.

Процессор 350 может представлять собой процессор цифровой обработки сигналов. Процессор цифровой обработки сигналов 350 может также обозначаться как ПЦОС. В другом варианте, процессор 350 может представлять собой программируемую пользователем вентильную матрицу (ППВМ). Следовательно, компьютерная программа может выполняться с помощью программируемой пользователем вентильной матрицы (ППВМ). В другом варианте, процессор 350 может представлять собой комбинацию процессора и ППВМ. Таким образом, процессор может быть выполнен с возможностью управления работой ППВМ.

Фигура 4 представляет собой упрощенный чертеж программной памяти 360 и ее содержимого. Упрощенный чертеж предназначен для разъяснения общей идеи хранения различных программных функций в памяти 360, и это не обязательно точное техническое описание того, каким образом программа будет храниться в реальной схеме памяти. Первый сегмент памяти 370 хранит программный код, управляющий анализатором 150 для выполнения основных операций. Хотя упрощенный чертеж на Фиг. 4 показывает псевдокод, следует понимать, что программный код может быть сформирован машинным кодом или программным кодом любого уровня, который может выполняться или интерпретироваться устройством обработки данных 350 (Фиг. 3).

Второй сегмент памяти 390, показанный на Фиг. 4, хранит второй набор программного кода 394. Программный код 394 в сегменте 390, при запуске на устройстве обработки данных 350, заставит анализатор 150 выполнять функцию, такую как функция цифровой обработки сигнала. Функция может включать усовершенствованную математическую обработку цифрового сигнала данных измерения S_{MD} .

Компьютерная программа для управления функцией анализатора 150 может загружаться с серверного компьютера. Это означает, что программа, подлежащая загрузке, передается по коммуникационной сети. Это можно сделать путем модуляции несущей волны для передачи программы по коммуникационной сети. Соответственно, загруженную программу можно загрузить в цифровую память, такую как память 360 (см. Фиг. 3 и 4). Следовательно, программа 380 и/или программа обработки сигналов 394 и/или программа функций анализа 410 могут приниматься через порт связи, такой как порт 420 (фиг. 1 и фиг. 3), чтобы загрузить их в память программы 360.

Соответственно, этот документ также относится к компьютерному программному продукту, такому как программный код 380 и/или программный код 394 и/или программный код 410, загружаемый в цифровую память анализатора. Компьютерный программный продукт содержит элементы кода программного обеспечения для реализации способов обработки сигналов и/или функций анализа, когда указанный продукт запускается на блоке обработки данных 350 анализатора 150. Термин "запуск на блоке обработки данных" означает, что компьютерная программа плюс устройство обработки данных 350 осуществляют способ, рассматриваемый в этом документе.

Формулировка "компьютерный программный продукт, загружаемый в цифровую память анализатора" означает, что компьютерная программа может вводиться в цифровую память анализатора 150, чтобы обеспечить программирование анализатора 150 так, чтобы он был способен или адаптирован для осуществления способа, описанного в настоящем документе. Термин "загруженный в цифровую память анализатора" означает, что таким образом запрограммированный анализатор способен или адаптирован к выполнению функции, описанной в этом документе, и/или способа, описанного в этом документе. Вышеупомянутый компьютерный программный продукт может также представлять собой программу 380, 394, 410, загружаемую на машиночитаемый носитель, такой как компакт-диск или DVD. Такой машиночитаемый носитель может применяться для доставки программы 380, 394, 410 заказчику. Как указано выше, в другом варианте, компьютерный программный продукт может содержать несущую волну, которая модулируется для передачи компьютерной программы 380, 394, 410 по коммуникационной сети. Таким образом, компьютерная программа 380, 394, 410 может доставляться заказчику, имеющему анализатор 150, с сервера поставщика путем загрузки через Интернет.

Фигура 5 представляет собой блок-схему, объясняющую устройство анализатора 150. В примере на Фиг. 5 некоторые из функциональных блоков представляют аппаратное обеспечение, а другие функциональные блоки могут представлять либо аппаратное обеспечение либо функции, которые выполняются путем запуска программного кода на устройстве обработки данных 350, как упоминалось при рассмотрении Фиг. 3 и 4.

На Фиг. 5 показан пример анализатора 150, представленного на Фиг. 1 и/или Фиг. 3. В целях упрощения восприятия на Фиг. 5 также показаны некоторые периферийные устройства, соединенные с анализатором 150. Датчик вибрации 70 соединен со входом 140 анализатора 150 для подачи аналогового измерительного сигнала S_{EA} , также называемого сигналом вибрации S_{EA} , в анализатор 150.

Кроме того, датчик положения 170 соединен со вторым входом 160. Таким образом, датчик положения 170 подает сигнал положения E_p , зависящий от положения корпуса 20 при вращении, на второй вход 160 анализатора 150.

- 5 Вход 140 подключен к аналого-цифровому (А/Ц) преобразователю 330. А/Ц преобразователь 330 производит выборку принятого аналогового сигнала вибрации S_{EA} с определенной частотой дискретизации f_s , чтобы выдать цифровой сигнал данных измерения S_{MD} , имеющий указанную определенную частоту дискретизации f_s , причем амплитуда каждой выборки зависит от амплитуды принятого аналогового сигнала в
- 10 момент выборки. Цифровой сигнал данных измерения S_{MD} подается на цифровой выход 340, который соединен с устройством обработки данных 440. Устройство обработки данных 440 содержит функциональные блоки, отображающие выполняемые функции. В контексте аппаратного обеспечения, устройство обработки данных 440 может
- 15 содержать устройство обработки данных 350, программную память 360 и запоминающее устройство для чтения/записи 430, как описано выше при рассмотрении Фиг. 3 и 4. Следовательно, анализатор 150 на Фиг. 5 может содержать устройство обработки данных 440 и программный код, побуждающий анализатор 150 выполнять определенные функции.
- 20 Цифровой сигнал данных измерения S_{MD} обрабатывается параллельно с сигналом положения E_p . Таким образом, А/Ц преобразователь 330 может быть выполнен с возможностью выборки сигнала положения E_p одновременно с выборкой аналогового сигнала вибрации S_{EA} . Выборка сигнала положения E_p может выполняться с использованием той же частоты дискретизации f_s , чтобы генерировать цифровой
- 25 сигнал положения E_{PD} , причем амплитуда каждой выборки $P(i)$ зависит от амплитуды принятого аналогового сигнала положения E_p в момент выборки. Как упоминалось выше, аналоговый сигнал положения E_p может иметь значение сигнала метки P_s , например, в форме электрического импульса с фронтом, который точно определяется и указывает на определенное положение контролируемого корпуса
- 30 20 при вращении. Таким образом, поскольку как аналоговый сигнал положения метки P_s имеет фронт амплитуды, который может быть точно определен, цифровой сигнал положения E_{PD} будет в определенное время переключаться с первого значения, например “0” (ноль), на второе значение, например “1” (единица).
- 35 Следовательно, А/Ц преобразователь 330 может быть выполнен с возможностью выдачи последовательности пар значений измерения $S(i)$, связанных с соответствующими значениями сигнала положения $P(i)$. Буква “i” в $S(i)$ и $P(i)$ обозначает момент времени, т.е. номер выборки. Следовательно, время возникновения исходного положения при вращении упомянутого вращающегося корпуса может
- 40 определяться путем анализа временной последовательности значений сигнала

положения $P(i)$ и идентификации выборки $P(i)$, указывающей на то, что цифровой сигнал положения E_{PD} переключился с первого значения, например, “0” (ноль) на второе значение, например, “1” (единица).

5 На **фигуре 6А** показана пара сигналов $S(i)$ и $P(i)$, передаваемых А/Ц преобразователем 330.

На **фигуре 6В** представлена последовательность пар сигналов $S(i)$ и $P(i)$, передаваемых А/Ц преобразователем 330. Первая пара сигналов содержит первое значение амплитуды сигнала вибрации $S(n)$, связанное с моментом выборки “n”, подаваемое одновременно с
10 первым значением сигнала положения $P(n)$, связанным с моментом выборки “n”. За ним следует вторая пара сигналов, содержащая второе значение амплитуды сигнала вибрации $S(n+1)$, связанное с моментом выборки “n+1”, которое подается одновременно со вторым значением сигнала положения $P(n+1)$, связанным с моментом выборки “n+1”, и так далее.

15

В соответствии с Фиг. 5 пары сигналов $S(i)$ и $P(i)$ подаются на экстрактор параметров состояния 450. Экстрактор параметров состояния 450 выполнен с возможностью генерирования максимального значения амплитуды $S_r(r)$ на основе временной последовательности значений выборки измерений $S(i)$. Максимальное значение
20 амплитуды $S_r(r)$ может зависеть от ударной силы F_{IMP} , создаваемой, когда выступ 310 на внутренней поверхности вращающегося корпуса взаимодействует с нижней частью 205 загруженного материала 30 (см Фиг. 2).

Экстрактор параметров состояния 450 также выполнен с возможностью формирования
25 значения временного отношения $R_T(j)$, также называемого $R_T(r)$, на основе продолжительности во времени (T_D) между временем возникновения максимального значения амплитуды $S_r(r)$ и временем возникновения исходного положения при вращении упомянутого вращающегося корпуса. Как указано выше, время возникновения исходного положения при вращении упомянутого вращающегося
30 корпуса можно определить путем анализа временной последовательности значений сигнала положения $P(i)$ и идентификации выборки $P(i)$, указывающей на то, что цифровой сигнал положения E_{PD} переключился с первого значения, например, “0” (ноль) на второе значение, например, “1” (единица).

35 **Фигура 7** представляет собой блок-схему с примером части экстрактора параметров состояния 450. В соответствии с примером экстрактор параметров состояния 450 содержит память 460. Экстрактор параметров состояния 450 предназначен для приема последовательности значений измерения $S(i)$ и последовательности сигналов положения $P(i)$ вместе с временными отношениями между ними, а также экстрактор
40 параметров состояния 450 предназначен для выдачи последовательности связанных во

времени значений $S(i)$, $f_{\text{ROT}}(i)$, и $P(i)$. Таким образом, индивидуальное значение измерения $S(i)$ связано с соответствующим значением скорости $f_{\text{ROT}}(i)$, причем значение скорости $f_{\text{ROT}}(i)$ определяет скорость вращения корпуса 20 во время обнаружения связанного индивидуального значения измерения $S(i)$. Это подробно описано ниже при рассмотрении Фиг. 8-13.

Фигура 8 представляет собой упрощенное изображение примера памяти 460 и ее содержимого, а столбцы №01, №02, №03, №04 и №05, расположенные слева от изображения памяти 460, предоставляют поясняющее изображение для иллюстрации временного соотношения между временем обнаружения импульсных сигналов $P(i)$ шифратора (см. столбец №02) и соответствующими значениями измерения вибрации $S(i)$ (см. столбец №03).

Как упоминалось выше, А/Ц преобразователь 330 производит выборку аналогового электрического сигнала измерения S_{EA} с начальной частотой дискретизации f_s , чтобы сформировать цифровой сигнал данных измерения S_{MD} . Сигнал P шифратора также можно обнаружить по существу с тем же начальным временным разрешением f_s , как показано в столбце №02 на Фиг. 8.

Столбец №01 показывает прогрессию времени в виде ряда временных интервалов, каждый временной интервал имеет длительность $dt = 1/f_{\text{Sample}}$; где f_{Sample} это частота дискретизации, имеющую целочисленное отношение к начальной частоте дискретизации f_s , с которой отбирается аналоговый электрический сигнал измерения S_{EA} . Согласно предпочтительному примеру, частота дискретизации f_{Sample} это начальная частота дискретизации f_s . Согласно другому примеру, частота дискретизации f_{Sample} это первая уменьшенная частота дискретизации f_{SR1} , которая уменьшается в целое число раз M по сравнению с начальной частотой дискретизации f_s .

В столбце №02 на Фиг. 8 каждый положительный фронт сигнала P шифратора обозначен цифрой “1”. В этом примере положительный фронт сигнала P шифратора обнаруживается в 3-м, 45-м, 78-м временных интервалах и в 98-м временном интервале, как показано в столбце №02. Согласно другому примеру, распознаются отрицательные фронты сигнала положения, что обуславливает результат, эквивалентный обнаружению положительных фронтов. Согласно еще одному примеру, распознаются как положительный, так и отрицательный фронты сигнала положения, чтобы получить резервирование, позволяющее впоследствии выбирать, использовать положительный или отрицательный фронт.

Столбец №03 показывает последовательность выборочных значений вибрации $S(i)$. В столбце №05 показана соответствующая последовательность выборочных значений

вибрации $S(j)$, когда выполняется целочисленное прореживание. Таким образом, когда на этом этапе выполняется целочисленное прореживание, оно может, например, быть настроено на предоставление целочисленного коэффициента прореживания $M=10$, и, как показано на Фиг. 8, будет предоставлено одно выборочное значение вибрации $S(j)$ (см. столбец №05 на фиг. 8) для каждой десяти выборок $S(i)$ (см. столбец №03 на Фиг. 8). Согласно примеру, очень точная информация о положении и времени PT , относящаяся к уменьшенному выборочному значению вибрации $S(j)$, сохраняется путем установки сигнала $PositionTime$ в столбце № 04 на значение $PT = 3$, чтобы указать, что положительный фронт (см. столбец №02) был обнаружен во временном интервале №03. Так, значение сигнала $PositionTime$ после целочисленного прореживания указывает на время обнаружения фронта сигнала P положения по отношению к выборочному значению $S(1)$.

В примере на Фиг. 8 значение амплитуды сигнала $PositionTime$ при выборке $i=3$ равно $PT=3$, и поскольку коэффициент прореживания $M=10$, так что выборка $S(1)$ доставляется во временном интервале 10, это означает, что фронт был обнаружен за $M-PT=10-3=7$ интервалов до интервала выборки $S(1)$.

Соответственно, анализатор 150 может выполнять обработку информации о положительных фронтах сигнала $P(i)$ шифратора параллельно с выборочными значениями вибрации $S(i)$ таким образом, чтобы поддерживать временную связь между положительными фронтами сигнала $P(i)$ шифратора и соответствующими выборочными значениями вибрации $S(i)$ и/или целочисленными уменьшенными выборочными значениями вибрации $S(j)$, посредством вышеупомянутой обработки сигналов от обнаружения аналоговых сигналов до определения значений скорости f_{ROT} .

Фигура 9 представляет собой блок-схему, поясняющую пример способа работы экстрактора параметров состояния 450, приведенного на Фиг. 7.

Согласно примеру, экстрактор параметров состояния 450 анализирует (этап $S\#10$) временное отношение между тремя последовательно принятыми сигналами положения, чтобы установить, находится ли контролируемый вращающийся корпус 20 в фазе постоянной скорости или в фазе ускорения. Этот анализ может выполняться на основе информации из памяти 460, как описано выше (см. Фиг. 8).

Если анализ показывает, что существует одинаковое количество временных интервалов между сигналами положения, экстрактор параметров состояния 450 делает вывод (на этапе $S\#20$), что скорость постоянна, и в этом случае выполняется этап $S\#30$.

На этапе $S\#30$ экстрактор параметров состояния 450 может вычислять длительность между двумя последовательными сигналами положения путем умножения длительности временного интервала $dt = 1/f_s$ на количество временных интервалов

между двумя последовательными сигналами положения. Когда сигнал положения подается один раз за полный оборот контролируемого корпуса 20, скорость вращения может быть рассчитана как

$$V = 1 / (n_{\text{diff}} * dt),$$

5 где n_{diff} = количество временных интервалов между двумя последовательными сигналами положения.

При фазе постоянной скорости всем выборочным значениям $S(j)$ (см. столбец №05 на рис. 8), связанным с тремя анализируемыми сигналами положения, может быть присвоена одинаковая величина скорости $f_{\text{ROT}} = V = 1 / (n_{\text{diff}} * dt)$, как это определено
10 выше. После этого снова может выполняться этап $S\#10$ для следующих трех последовательно принятых сигналов положения. В другом варианте, когда этап $S\#10$ повторяется, предыдущий третий сигнал $P3$ положения будет использоваться в качестве первого сигнала $P1$ положения (т.е. $P1 := P3$), так что будет установлено, происходит ли какое-либо изменение скорости.

15 Если анализ (этап $S\#10$) показывает, что количество временных интервалов между 1-м и 2-м сигналами положения отличается от количества временных интервалов между 2-м и 3-м сигналами положения, экстрактор параметров состояния 450 (на этапе $S\#20$) делает вывод о том, что контролируемый вращающийся корпус 20 находится в фазе
20 ускорения. Ускорение может быть положительным, т.е. увеличение скорости вращения, или ускорение может быть отрицательным, т.е. уменьшение скорости вращения, также называемое замедлением.

На следующем этапе $S\#40$ экстрактор параметров состояния 450 устанавливает
25 значения мгновенной скорости на фазе ускорения и привязывает каждое из значений данных измерения $S(j)$ к мгновенному значению скорости V_p , которое указывает на скорость вращения контролируемого корпуса мельницы в момент обнаружения значения сигнала датчика (SEA), соответствующего этому значению данных $S(j)$.

30 Согласно примеру варианта осуществления, экстрактор параметров состояния 450 устанавливает мгновенные значения скорости с помощью линейной интерполяции. Согласно другому примеру, экстрактор параметров состояния 450 устанавливает мгновенные значения скорости с помощью нелинейной интерполяции.

35 На **фигуре 10** приведена блок-схема, поясняющая пример способа выполнения этапа $\#40$ на Фиг. 9. В соответствии с примером предполагается, что ускорение имеет постоянное значение в течение промежутка времени между двумя взаимно смежными индикаторами положения P (см. столбец №02 на Фиг. 8). Поэтому, когда

- индикатор положения P поступает один раз при каждом обороте, и
 - передаточное число равно $1/1$., тогда
- 40

- угловое расстояние, пройденное вращающимся корпусом 20 между двумя взаимно смежными индикаторами положения Р, составляет один (1) оборот, который также может быть выражен как 360 градусов, и
- промежуток времени составляет $T = n_{diff} * dt$,

5 где n_{diff} это число интервалов промежутка времени dt между двумя взаимно смежными индикаторами положения Р.

В соответствии с фигурой 8, первый индикатор положения Р зарегистрирован в интервале $i1 = \#03$, а следующий индикатор положения Р был обнаружен в интервале
10 $i2 = \#45$. Таким образом, продолжительность составила $n_{diff1} = i2 - i1 = 45 - 3 = 42$ временных интервала.

Следовательно, на этапе S#60 (см. Фиг. 10 вместе с Фиг. 8) экстрактор параметров состояния 450 устанавливает первое число интервалов n_{diff1} между первыми двумя
15 последовательными сигналами положения Р1 и Р2, т.е. между сигналом положения $P(i=3)$ и сигналом положения $P(i=45)$.

На этапе S#70 экстрактор параметров состояния 450 выполняет вычисление значения первой скорости вращения VT1. Значение первой скорости вращения VT1 можно
20 рассчитать следующим образом

$$VT1 = 1 / (n_{diff1} * dt),$$

где VT1 - скорость выраженная в оборотах в секунду,

n_{diff1} = количество временных интервалов между двумя последовательными сигналами положения; и

25 dt - продолжительность временного интервала, выраженная в секундах.

Поскольку предполагается, что ускорение имеет постоянное значение для промежутка времени между двумя взаимно смежными индикаторами положения Р, вычисленное первое значение скорости VT1 присваивается временному интервалу посередине между двумя последовательными сигналами положения (этап S#80).

30 Следовательно, в этом примере, где первый индикатор положения Р1 был обнаружен в интервале $i_{P1} = \#03$, а следующий индикатор положения Р2 был обнаружен в интервале $i_{P2} = \#45$; первый промежуточный временной интервал равен
slot $i_{P1-2} = i_{P1} + (i_{P2} - i_{P1}) / 2 = 3 + (45 - 3) / 2 = 3 + 21 = 24$.

35 Следовательно, на этапе S#80 первое значение скорости вращения VT1 может быть присвоено временному интервалу (например, временному интервалу $i = 24$), представляющему момент времени, который является более ранним, чем момент времени обнаружения второго фронта сигнала положения $P(i=45)$, см. Фиг. 8.

40

Ретроактивное присвоение значения скорости временному интервалу, представляющему момент времени между двумя последовательными сигналами положения, обеспечивает преимущество позволяющее значительно уменьшить погрешность значения скорости. В то время как современные способы достижения мгновенного значения скорости вращения корпуса 20 барабанной мельницы, возможно, считались приемлемыми для установления значений постоянной скорости при нескольких взаимно отличающихся скоростях вращения, современные решения оказываются недостаточными при использовании для установления значений скорости для корпуса 20 вращающейся барабанной мельницы на фазе ускорения.

Напротив, способы в соответствии с примерами, описанными в этом документе, позволяют определять значения скорости с преимущественно небольшой степенью погрешности даже на фазе ускорения.

На последующем этапе S#90 экстрактор параметров состояния 450 определяет второе число интервалов n_{diff2} между следующими двумя последовательными сигналами положения. В примере на Фиг. 8 это количество интервалов n_{diff2} между интервалом 45 и интервалом 78, т.е. $n_{diff2} = 78 - 45 = 33$.

На этапе S#100 экстрактор параметров состояния 450 вычисляет значение второй скорости вращения VT2. Значение второй скорости вращения VT2 можно рассчитать как

$$VT2 = V_{p61} = 1 / (n_{diff2} * dt),$$

где n_{diff2} = число временных интервалов между следующими двумя последовательными сигналами положения P2 и P3. Отсюда, в примере на Фиг. 8, $n_{diff2} = 33$ т.е. число временных интервалов между интервалом 45 и интервалом 78.

Поскольку предполагается, что ускорение имеет постоянное значение для продолжительности между двумя взаимно смежными индикаторами положения P, вычисленное второе значение скорости VT2 присваивается (Этап S#110) временному интервалу посередине между двумя последовательными сигналами положения.

Таким образом, в примере на Фиг. 8 рассчитанное значение второй скорости VT2 присваивается интервалу 61, так как $45 + (78 - 45) / 2 = 61,5$. Следовательно, скорость в интервале 61 установлена на

$$V(61) := VT2.$$

Следовательно, в этом примере, где один индикатор положения P определен в интервале $i2 = \#45$, а следующий индикатор положения P определен в интервале $i3 = \#78$; второй промежуточный временной интервал является целой частью:

$$i_{p2-3} = i_{p2} + (i_{p3} - i_{p2}) / 2 = 45 + (78 - 45) / 2 = 45 + 33 / 2 = 61,5$$

Таким образом, интервал 61 является вторым промежуточным интервалом i_{p2-3} .

Следовательно, на этапе S#110 второе значение скорости вращения VT2 может быть присвоено временному интервалу (например, временному интервалу $i = 61$), представляющему момент времени, который является более ранним, чем момент времени обнаружения третьего фронта сигнала положения $P(i=78)$, см. Фиг. 8. Эта функция позволяет с некоторой задержкой контролировать скорость вращения в режиме реального времени, достигая при этом повышенную точность определяемой скорости.

На следующем этапе S#120 вычисляется первое значение ускорения для соответствующего периода времени. Первое значение ускорения можно рассчитать как:

$$a12 = (VT2 - VT1) / ((i_{VT2} - i_{VT1}) * dt)$$

В примере на Фиг. 8 второе значение скорости VT2 присвоено интервалу 61, поэтому $i_{VT2} = 61$, а первое значение скорости VT1 присвоено интервалу 24, поэтому $i_{VT1} = 24$.

Поэтому, так как $dt = 1/fs$, значение ускорения может быть установлено на

$$a12 = fs * (VT2 - VT1) / (i_{VT2} - i_{VT1})$$

для промежутка времени между интервалом 24 и интервалом 60, в примере на Фиг. 8.

На следующем этапе S#130 экстрактор параметров состояния 450 выполняет операцию сопоставления установленного первого значения ускорения **a12** с временными интервалами, для которых установленное значение ускорения **a12** является действительным. Это могут быть все временные интервалы между интервалом первого значения скорости VT1 и интервалом второго значения скорости VT2. Таким образом, установленное первое значение ускорения **a12** может быть сопоставлено с каждым временным интервалом промежутка времени между интервалом первого значения скорости VT1 и интервалом второго значения скорости VT2. В примере на фигуре 8 это интервалы от 25 до 60. Это показано в столбце №07 на Фиг. 8.

На следующем этапе S#140 экстрактор параметров состояния 450 устанавливает значения скорости для значений измерения $s(j)$, связанных с продолжительностью, для которой установленное значение ускорения является действительным. Таким образом, значения скорости устанавливаются для каждого временного интервала, который связан со значением измерения $s(j)$, и связан с установленным первым значением ускорения **a12**.

При линейном ускорении, т.е. когда ускорение **a** является постоянным, скорость в любой данный момент времени определяется уравнением:

$$V(i) = V(i-1) + a * dt,$$

где

$V(i)$ - мгновенная скорость в момент времени интервала i ;

$V(i-1)$ - мгновенная скорость в момент времени интервала, непосредственно предшествующего интервалу i ;

a – ускорение;

dt – продолжительность временного интервала.

Согласно примеру, скорость для каждого интервала от интервала 25 до интервала 60 может рассчитываться последовательно таким образом, как это показано в столбце №08 на Фиг. 8. Следовательно, мгновенные значения скорости V_p сопоставляемые с определенными значениями измерения $Se(25)$, $Se(26)$, $Se(27)...$ $Se(59)$ и $Se(60)$, сопряженные со значением ускорения a_{12} , могут быть установлены таким образом (см. временные интервалы с 25 по 60 в столбце №08 в сочетании со столбцом №03 и в сочетании со столбцом №07 на Фиг. 8).

Следовательно, мгновенные значения скорости $S(j)$ [см. столбец №05], сопоставляемые с определенными значениями измерения $S(3)$, $S(4)$, $S(5)$ и $S(6)$, связанные со значением ускорения a_{12} , могут быть установлены таким образом.

Согласно другому примеру варианта осуществления, мгновенная скорость для интервала 30, связанная с первым значением измерения $s(j) = S(3)$, может быть рассчитана следующим образом:

$$V(i=30) = V_{p30} = V_{T1} + a * (30-24) * dt = V_{p24} + a * 6 * dt$$

Мгновенная скорость для интервала 40, связанная с первым значением измерения $s(j) = S(4)$ может быть рассчитана следующим образом:

$$V(i=40) = V_{p40} = V_{T1} + a * (40-24) * dt = V_{p40} + a * 16 * dt$$

или:

$$V(i=40) = V_{p40} = V(30) + (40-30) * dt = V_{p30} + a * 10 * dt$$

Мгновенная скорость для интервала 50 связанная с первым значением измерения $s(j) = S(5)$ затем может быть рассчитана следующим образом:

$$V(i=50) = V_{p50} = V(40) + (50-40) * dt = V_{p40} + a * 10 * dt$$

и мгновенная скорость для интервала 60 связанная с первым значением измерения $s(j) = S(6)$ затем может быть рассчитана следующим образом:

$$V(i=60) = V_{p50} + a * 10 * dt$$

После сопоставления выборочных значений измерения $S(i)$ [см. столбец №03 на Фиг. 8], связанных с установленным значением ускорения, с мгновенным значением скорости, как описано выше, на выходе вышеупомянутого экстрактора параметров состояния 450 может выдаваться массив данных, включающий временную последовательность выборочных значений измерения $S(i)$, в которой каждое значение ассоциировано со значением скорости $V(i)$, $f_{ROT}(i)$.

В другом варианте, если требуется уменьшение частоты дискретизации, можно поступить следующим образом: После сопоставления выборочных значений измерения $S(j)$ [см. столбец №05 на Фиг. 8], связанных с установленным значением ускорения, с мгновенным значением скорости, как описано выше, на выходе вышеупомянутого экстрактора параметров состояния 450 может быть выдан массив данных, включающий временную последовательность выборочных значений измерения $S(i)$, в которой каждое значение ассоциировано со значением скорости $V(j)$, $f_{\text{ROT}}(j)$.

На **фигуре 11** приведен еще один пример варианта осуществления метода. Согласно этому примеру, экстрактор параметров состояния 450 осуществляет запись (см. этап S#160 на фиг. 11) временной последовательности значений сигнала положения $P(i)$ упомянутого сигнала положения (E_p) таким образом, что имеется первое временное соотношение n_{diff1} между, по меньшей мере, некоторыми из записанных значений сигнала положения ($P(i)$), например, между значением сигнала первого положения $P1(i)$ и значением сигнала второго положения $P2(i)$. Согласно примеру, второе значение сигнала положения $P2(i)$ принимается и записывается во временном интервале (i), который поступает через $ndiff1$ интервалов после приема первого значения сигнала положения $P1(i)$ (см. этап S#160 на фиг. 11). Затем принимается и записывается значение третьего сигнала положения $P3(i)$ (см. этап S#170 на фиг. 11) во временном интервале (i), который поступает через $ndiff2$ интервалов после приема второго значения сигнала положения $P2(i)$.

Как показано в этапе S#180 на фиг. 11, экстрактор параметров состояния 450 может выполнять вычисление значения отношения

$$a12 = ndiff1 / ndiff2$$

Если значение отношения $a12$ равно единице, или по существу единице, то экстрактор параметров состояния 450 устанавливает, что скорость постоянна, и он может продолжить вычисление скорости в соответствии со способом фазы постоянной скорости.

Если значение отношения $a12$ больше единицы, это значение отношения указывает на увеличение скорости в процентном выражении.

Если значение отношения $a12$ меньше единицы, это указывает на снижение скорости в процентном выражении.

Значение отношения $a12$ может использоваться для вычисления скорости $V2$ в конце временной последовательности на основе скорости $V1$ в начале временной последовательности, например, следующим образом

$$V2 = a12 * V1$$

Фигура 12 представляет собой блок-схему, поясняющую пример способа выполнения этапа #40 на Фиг. 9. Согласно примеру, **предполагается, что ускорение имеет постоянное значение** в течение промежутка времени между двумя взаимно смежными индикаторами положения Р (см. столбец №02 на Фиг. 8). Поэтому, когда

- индикатор положения Р поступает один раз при каждом обороте, и
- передаточное число равно 1/1:, тогда
- угловое расстояние, пройденное между двумя взаимно смежными индикаторами положения Р, составляет 1 оборот, который также может быть выражен как 360 градусов, и
- промежуток времени составляет $T = n * dt$,
 - где n это число интервалов промежутка времени dt между первыми двумя взаимно смежными индикаторами положения Р1 и Р2.

На этапе S#200, значение первой скорости вращения VT1 можно рассчитать следующим образом

$$VT1 = 1 / (ndiff1 * dt),$$

где VT1 - скорость выраженная в оборотах в секунду,

ndiff1 = количество временных интервалов между двумя последовательными сигналами положения; и

dt - продолжительность временного интервала, выраженная в секундах.

Значение dt может, например, быть обратным начальной частоте дискретизации fs.

Поскольку предполагается, что ускорение имеет постоянное значение для промежутка времени между двумя взаимно смежными индикаторами положения Р, **вычисленное первое значение скорости VT1 присваивается первому промежуточному временному интервалу посередине между двумя последовательными сигналами положения P(i) и P(i+ndiff1).**

На этапе S#210, значение второй скорости вращения VT2 можно рассчитать следующим образом

$$VT2 = 1 / (ndiff2 * dt),$$

где VT2 - скорость выраженная в оборотах в секунду,

ndiff2 = количество временных интервалов между двумя последовательными сигналами положения; и

dt - продолжительность временного интервала, выраженная в секундах.

Значение dt может, например, быть обратным начальной частоте дискретизации fs.

Поскольку предполагается, что ускорение имеет постоянное значение для промежутка времени между двумя взаимно смежными индикаторами положения Р, **вычисленное второе значение скорости VT2 присваивается второму промежуточному временному интервалу посередине между двумя последовательными сигналами положения P(i+ndiff1) и P(i+ndiff1+ ndiff2).**

После этого разность скоростей V_{Delta} можно рассчитать следующим образом

$$V_{\text{Delta}} = VT2 - VT1$$

Это значение разности скоростей V_{Delta} можно разделить на количество временных интервалов между вторым промежуточным временным интервалом и первым промежуточным временным интервалом. Результирующее значение указывает на разность скоростей dV между соседними интервалами. Это, конечно, предполагает постоянное значение ускорения, как упоминалось выше.

Значение мгновенной скорости, увязываемое с выбранными временными интервалами, затем можно рассчитать в зависимости от упомянутого значения первой скорости вращения $VT1$ и значения, определяющего разность скоростей между соседними интервалами.

После сопоставления выборочных значений измерения $S(i)$, связанных с временными интервалами между первым промежуточным временным интервалом и вторым промежуточным временным интервалом, с мгновенным значением скорости, как описано выше, на выходе вышеупомянутого экстрактора параметров состояния 450 выдается массив данных, включающий временную последовательность выборочных значений измерения $S(i)$, в которой каждое значение ассоциировано со значением скорости $V(i)$. Мгновенное значение скорости $V(i)$ также может быть обозначено как $f_{\text{ROT}}(i)$.

Таким образом, согласно некоторым примерам, первое мгновенное значение скорости $V1$ можно определить в зависимости от

углового расстояния delta-FI_{p1-p2} между первым сигналом положения $P1$ и вторым сигналом положения $P2$, и в зависимости от

$$\text{соответствующего промежутка времени } \text{delta-T}_{p1-p2} = t_{p2} - t_{p1}.$$

После этого можно определить второе мгновенное значение скорости $V2$ в зависимости от

углового расстояния delta-FI_{p2-p3} между вторым сигналом положения $P2$ и третьим сигналом положения $P3$, и в зависимости от

$$\text{соответствующего промежутка времени } \text{delta-T}_{p2-p3} = t_{p3} - t_{p2}.$$

После этого значения мгновенной скорости для вращающегося корпуса 20 можно определить путем интерполяции между первым значением мгновенной скорости $VT1$ и вторым значением мгновенной скорости $VT2$.

Другими словами, согласно примерам вариантов осуществления, два мгновенных значения скорости $VT1$ и $VT2$ можно определить на основе угловых расстояний delta-FI_{p1-p2} , delta-FI_{p2-p3} и соответствующих промежутков времени между тремя последовательными сигналами положения, и после этого мгновенные значения

скорости для вращающегося корпуса 20 можно установить путем интерполяции между первым значением мгновенной скорости VT1 и вторым значением мгновенной скорости VT2.

На **фигуре 13** представлен график, демонстрирующий серию последовательных во времени сигналов положения P1, P2, P3,..., причем каждый сигнал положения P означает полный оборот контролируемого корпуса 20. Поэтому значение времени, отсчитываемое в секундах, увеличивается вдоль горизонтальной оси вправо.

Вертикальная ось указывает на скорость вращения, выраженную в оборотах в минуту (об/мин).

На Фиг. 13 показаны результаты выполнения способа в соответствии с примером варианта осуществления. Первое мгновенное значение скорости $V(t_1) = VT1$ можно определить в зависимости от

углового расстояния ΔFI_{p1-p2} между первым сигналом положения P1 и вторым сигналом положения P2, и в зависимости от

соответствующего промежутка времени $\Delta T_{1-2} = t_{p2} - t_{p1}$. Значение скорости, полученное путем деления углового расстояния ΔFI_{p1-p2} на соответствующий промежуток времени $(t_{p2} - t_{p1})$, представляет скорость $V(t_1)$ вращающегося корпуса 20 в первой промежуточной точке времени t_1 , также называемой **mtp (mid time point)** (промежуточная точка времени), как показано на фиг. 13.

После этого можно определить второе мгновенное значение скорости $V(t_2) = VT2$ в зависимости от

углового расстояния ΔFI между вторым сигналом положения P2 и третьим сигналом положения P3, и в зависимости от

соответствующего промежутка времени $\Delta T_{2-3} = t_{p3} - t_{p2}$.

Значение скорости, полученное путем деления углового расстояния ΔFI на соответствующий промежуток времени $(t_{p3} - t_{p2})$ представляет скорость $V(t_2)$ вращающегося корпуса 20 во 2-ой промежуточной точке времени t_2 (2-ая **mtp**), как показано на фиг. 13.

После этого мгновенные значения скорости для значений времени между первой промежуточной точкой времени и 2-й промежуточной точкой времени можно определить путем интерполяции между первым мгновенным значением скорости VT1 и вторым мгновенным значением скорости VT2, как представлено кривой f_{ROTint} .

С математической точки зрения это может быть выражено следующим уравнением:

$$V(t_{12}) = V(t_1) + a * (t_{12} - t_1)$$

Поэтому, если скорость корпуса 20 можно определить в два момента времени (t_1 и t_2), и ускорение a является постоянным, то можно рассчитать мгновенную скорость в любой момент времени. В частности, скорость $V(t_2)$ корпуса в момент времени t_2 , являющийся моментом времени после t_1 и перед t_2 , можно рассчитать следующим образом

$$V(t_2) = V(t_1) + a * (t_2 - t_1)$$

где

a - ускорение, и

t_1 – первая промежуточная точка времени t_1 (см. Фиг. 13).

Значения скорости, описанные выше, а также компенсационное прореживание можно определить, выполняя соответствующие этапы способа, как описано со ссылкой на фигуры 20, 21 и 22, и это возможно осуществить с помощью компьютерной программы 94, хранящейся в памяти 60, как описано выше. Компьютерная программа может выполняться с помощью ПЦОС 50. В другом варианте осуществления, компьютерная программа может выполняться с помощью программируемой пользователем вентильной матрицы (ППВМ).

Значение скорости $f_{\text{ROT}}(i)$ может устанавливаться, как описано выше, анализатором 150, когда процессор 350 выполняет соответствующий программный код 380, 394, 410, как рассматривалось выше при описании Фиг. 4. Процессор данных 350 может содержать центральный блок обработки данных 350 для управления работой анализатора 14. В другом варианте осуществления, процессор 50 может содержать процессор цифровой обработки сигналов (ПЦОС) 350. Согласно другому примеру, процессор 350 содержит программируемую пользователем вентильную матрицу (ППВМ). Управление работой программируемой пользователем вентильной матрицы (ППВМ) может осуществляться центральным блоком обработки данных 350, который может содержать процессор цифровой обработки сигналов (ПЦОС) 350.

Идентификация данных, касающихся нижней части загруженного материала в барабанной мельнице

Как уже отмечалось, корпус 20 барабанной мельницы имеет внутреннюю поверхность 22, обращенную к камере 25, причем внутренняя поверхность корпуса 22 имеет ряд выступов 310, также называемых подъемниками, которые могут быть выполнены с возможностью зацепления и подъема материала 30 при вращении корпуса вокруг оси 60 (см. например Фиг. 2). Количество выступов 310, предусмотренных на внутренней поверхности 22 корпуса, обращенной к камере 25, в настоящем документе обозначается переменной L . Хотя на Фиг. 2 показан вариант, когда имеется двенадцать выступов 310, т.е. $L=12$, количество L выступов 310 может быть больше или меньше. Согласно некоторым вариантам осуществления, количество L выступов 310 может быть как

минимум равным единице, т.е. количество L выступов 310 может быть $L=1$. Согласно некоторым вариантам осуществления, количество L выступов 310 может быть любым числом больше $L=1$. Согласно некоторым вариантам осуществления, количество L выступов 310 может быть любым в диапазоне от $L=2$ до $L=60$. Согласно некоторым вариантам осуществления, количество L выступов 310 может быть любым в диапазоне от $L=2$ до $L=35$.

Количество L выступов 310 является важным фактором для анализа вибраций, возникающих в результате вращения корпуса мельницы 20. Изобретатель осознает, что взаимодействие выступа 310 с нижней частью загруженного материала, приводящее к ускорению загруженного материала в направлении движения выступа 310, вызывает механическую вибрацию V_{IMP} . Изобретатель также осознает, что эта механическая вибрация V_{IMP} , вызванная взаимодействием выступов 310 с нижней частью загруженного материала, будет периодически повторяться, т.е. появится частота повторения f_R . В отношении Фиг. 2 следует отметить, что на ней показан корпус 20 вращающейся мельницы в момент времени, когда выступ 310С ударяется о нижнюю часть 205 загруженного материала 30. Удар выступа 310С о массу материала в нижней части 205 вызывает ускорение массы материала нижней части в направлении A_{ACC} перемещения выступа 310С, это ускорение создает силу F_{IMP} , прикладываемую к поверхности передней кромки выступа 310С. В частности, эта ударная сила F_{IMP} может оцениваться как величина:

$$F_{IMP} = m_{205} * a_{205}$$

где

m_{205} – это масса нижней части, которая получает ускорение,

a_{205} – величина ускорения этой нижней части.

Таким образом, сигнал измерения S_{MD} (см., например, Фиг. 5) может содержать, по меньшей мере, одну сигнатуру сигнала вибрации S_{FIMP} , зависящую от вибрационного движения вращающегося корпуса 20 барабанной мельницы; при этом упомянутая сигнатура сигнала вибрации S_{FIMP} имеет частоту повторения f_R , которая зависит от скорости вращения f_{ROT} вращающегося корпуса 20 барабанной мельницы.

Более того, величина максимальной амплитуды сигнатуры сигнала вибрации S_{FIMP} , судя по всему, зависит от величины ударной силы F_{IMP} .

Соответственно, изобретатель пришел к выводу, что измерение энергии или амплитуды сигнатуры сигнала вибрации S_{FIMP} , вероятно, характеризует величину ударной силы F_{IMP} .

Следовательно, наличие сигнатуры сигнала вибрации S_{FIMP} , которая зависит от вибрационного движения корпуса 20 вращающейся мельницы, может, таким образом, давать представление о нижней части 205 загруженного материала в контролируемом корпусе 20 барабанной мельницы. Фактически, сигнатура сигнала вибрации S_{FIMP} ,

которая зависит от вибрационного движения корпуса 20 вращающейся мельницы, может предоставлять информацию о положении нижней части 205 загруженного материала в контролируемом корпусе 20 барабанной мельницы, причем положение указывается относительно значения исходного положения.

5

Изобретатель пришел к выводу, что частота повторения f_R механической вибрации V_{IMP} , вызванной взаимодействием выступов 310 с нижней частью загруженного материала, зависит от количества L выступов 310, предусмотренных на внутренней поверхности 22 и от скорости вращения f_{ROT} корпуса 20.

10 При вращении контролируемого корпуса 20 барабанной мельницы с постоянной скоростью вращения, единицей измерения такой частоты повторения f_R может быть либо повторение за единицу времени, либо повторение за оборот контролируемого корпуса, без проведения различия между ними. Однако, если корпус 20 барабанной мельницы вращается с переменной скоростью, вопрос дополнительно усложняется, как
15 это рассматривается в другом месте настоящего документа, например, в связи с Фиг. 20, 21, 22А, 22В и 22С. На самом деле, похоже, что даже очень небольшие изменения скорости вращения корпуса мельницы могут оказать большое негативное влияние на качество регистрируемого сигнала в аспекте размазывания регистрируемых сигналов вибрации. Поэтому существенное значение, по-видимому, имеет наиболее точное
20 определение скорости вращения f_{ROT} корпуса 20 мельницы.

Кроме того, изобретатель обнаружил, что не только амплитуда механической вибрации V_{IMP} , но также и время возникновения механической вибрации V_{IMP} может характеризовать данные, относящиеся к нижней части 205 загруженного материала в
25 барабанной мельнице. Таким образом, сигнал измерения S_{MD} (см. Фиг. 5) может включать в себя, по меньшей мере, одну составляющую амплитуды сигнала вибрации S_{FIMP} , зависящую от вибрационного движения вращающегося корпуса 20 барабанной мельницы;

при этом упомянутая составляющая амплитуды сигнала вибрации S_{FIMP} имеет
30 частоту повторения f_R , которая

зависит от скорости вращения f_{ROT} вращающегося корпуса 20 барабанной мельницы, и также

зависит от количества L выступов 310, предусмотренных на внутренней поверхности 22 корпуса 20 мельницы, и

35 при этом существует временная связь между

возникновением повторяющейся составляющей амплитуды сигнала вибрации S_{FIMP} и

возникновением сигнала положения $P(i)$, который имеет вторую частоту повторения f_P , зависящую от скорости вращения f_{ROT} корпуса 20 барабанной мельницы.

40

Что касается постоянной скорости вращения, изобретатель пришел к выводу, что если скорость вращения f_{ROT} постоянна, цифровой сигнал измерения S_{MD} , содержащий временную последовательность выборочных значений вибрации $S(i)$, имеет частоту повторения f_R , которая зависит от количества L выступов 310, предусмотренных на внутренней поверхности 22 корпуса.

Экстрактор параметров состояния 450 может дополнительно включать в себя быстрый преобразователь Фурье (БПФ), подключаемый для приема цифрового сигнала измерения S_{MD} , или сигнала, зависящего от цифрового сигнала измерения S_{MD} . При анализе барабанной мельницы, имеющей вращающийся корпус 20, может представлять интерес анализ частот сигналов, которые выше, чем частота вращения f_{ROT} корпуса 20. В таком случае, частота вращения f_{ROT} корпуса 20 может быть обозначена как "порядок 1". Если интересующий сигнал возникает, скажем, десять раз за оборот корпуса, эта частота может быть называться как Порядок 10, т.е. частота повторения f_R (измеряется в Гц), разделенная на скорость вращения f_{ROT} (измеряется в оборотах в секунду, об/с) равна 10 Гц/об/с, т.е. порядок $O_i = f_R / f_{\text{ROT}} = 10$.

Обозначив максимальный порядок как Y , а общее количество частотных элементов в БПФ, которые обозначаются как Z , изобретатель пришел к выводу, что, согласно примеру, применимо следующее:

$$O_i * Z = X * Y.$$

В свою очередь, $X = O_i * Z / Y$, где

Y – максимальный порядок; и

Z – количество элементов в частотном спектре, создаваемом БПФ, и

O_i – количество L выступов 310 в контролируемом корпусе барабанной мельницы.

Вышеуказанные переменные Y , Z и O_i должны устанавливаться таким образом, чтобы переменная X была положительным целым числом. В связи с вышеизложенным примером следует отметить, что анализатор БПФ выполнен с возможностью приема исходного сигнала, т.е. значения PS сигнала метки положения, один раз за оборот вращающегося корпуса 20. Как упоминалось в связи с Фиг. 2, на внешней поверхности корпуса 20 может быть предусмотрена метка положения 180, так что, когда корпус 20 вращается вокруг оси вращения 60, метка положения 180 проходит мимо датчика положения 170 один раз за оборот корпуса, тем самым заставляя датчик 170 положения генерировать значение сигнала метки оборота PS .

Кстати, ссылаясь на приведенный выше пример настроек анализатора БПФ, результирующее целое число X может определять число оборотов контролируемого корпуса 20 барабанной мельницы, при котором анализируется цифровой сигнал S_{MD} . Согласно примеру, вышеуказанные переменные Y , Z и O_i могут устанавливаться

посредством интерфейса "человек-компьютер", ИЧК, 210, 210S (см. Фиг. 1 и/или Фиг. 5 и/или Фиг. 15).

Как упоминалось выше, выступления 310 могут также называться подъемниками 310.

Рассмотрим случай, когда цифровой сигнал измерения S_{MD} подается на анализатор БПФ. В таком случае, когда анализатор БПФ настроен на десять выступов, т.е. $L = 10$ и $Z = 160$ частотных элементов, и пользователь заинтересован в анализе частот до порядка $Y = 100$, тогда значение для X становится $X = O_i * Z/Y = 10 * 160/100 = 16$.

Поэтому необходимо производить измерения на протяжении шестнадцати оборотов корпуса ($X = 16$), когда требуется $Z = 160$ частотных элементов, количество выступов равно $L = 10$; и пользователь заинтересован в анализе частот порядка $Y = 100$. В связи с настройками анализатора БПФ, значение порядка Y может означать самую высокую частоту, для анализа в цифровом сигнале измерения S_{MD} .

Согласно некоторым вариантам осуществления, настройка анализатора БПФ должна соответствовать следующим критериям, если анализатор БПФ выполнен с возможностью приема опорного сигнала, т.е. значения сигнала метки положения PS, один раз за оборот вращающегося корпуса 20:

Целочисленное значение O_i устанавливается равным L , т.е. количеству выступов в корпусе 20, и

настраиваемые переменные Y и Z выбираются таким образом, чтобы математическое выражение $O_i * Z/Y$ стало положительным целым числом. Иными словами: когда целочисленное значение O_i установлено равным L , настраиваемым переменным Y и Z следует присвоить целочисленные значения, чтобы переменная X была положительным целым числом,

где $X = O_i * Z/Y$.

Согласно примеру варианта осуществления, количество элементов Z настраивается путем выбора одного значения Z из группы значений. Группа выбираемых значений для частотного разрешения Z может включать

$Z = 200$

$Z = 400$

$Z = 800$

$Z = 1600$

$Z = 3200$

Пример фазы постоянной скорости

Как упоминалось в связи с этапом S#30 на Фиг. 9, экстрактор параметров состояния 450 может распознавать фазу постоянной скорости, т.е. состояние постоянной скорости вращения f_{ROT} корпуса 20.

На **фигуре 14** показан другой пример поперечного сечения средней части 98 корпуса 20 вращающейся мельницы в процессе эксплуатации. Такой вид можно получить, например, вдоль линии А-А на Фиг. 1. Согласно примеру на Фиг. 14, корпус 20 барабанной мельницы имеет шесть выступов 310, выполненных с возможностью зацепления загруженного материала 30 при вращении корпуса вокруг оси 60, т.е. число $L=6$.

Внутренний диаметр корпуса 20 может составлять, например, 600 см, а скорость вращения может быть постоянной, например, 13,6 оборотов в минуту. В контексте этого примера, частота дискретизации такова, что на оборот приходится $n=7680$ выборки при частоте вращения f_{ROT} корпуса 20.

При наличии одного сигнала положения на оборот и постоянной или по существу постоянной скорости вращения f_{ROT} , будет постоянное или по существу неизменное количество выборочных значений вибрации $S(i)$ для каждого оборота корпуса 20 мельницы. В контексте этого примера, сигнал положения $P(0)$ отражает выборку вибрации $i=0$, как показано в таблице 2 (см. ниже). В контексте этого примера, положение сигнала положения $P(0)$ по отношению к корпусу 20 возможно, не имеет значения, пока частота повторения f_p зависит от скорости вращения f_{ROT} вращающегося корпуса 20 барабанной мельницы. Следовательно, если сигнал положения E_p имеет один импульс на оборот корпуса 20, цифровой сигнал положения также будет иметь одно значение сигнала положения $P(i) = 1$ на оборот, остальные значения сигнала положения равны нулю.

№01	№02	№03	№04
Временной интервал			
dt			
i, j	Сигнал положения P(i)	S(i)	f_{ROT}(i)
0	1	S(0)	Пост.
427	0	S(427)	Пост.
853	0	S(853)	Пост.
1280	0	S(1280)	Пост.
1707	0	S(1707)	Пост.
2133	0	S(2133)	Пост.
2560	0	S(2560)	Пост.
2987	0	S(2987)	Пост.
3413	0	S(3413)	Пост.
3840	0	S(3840)	Пост.
4267	0	S(4267)	Пост.
4693	0	S(4693)	Пост.

5120	0	S(5120)	Пост.
5547	0	S(5547)	Пост.
5973	0	S(5973)	Пост.
6400	0	S(6400)	Пост.
6827	0	S(6827)	Пост.
7253	0	S(7253)	Пост.
7680	1	S(7680)	Пост.

Таблица 2

Таким образом, при определенной постоянной скорости может быть n временных интервалов на оборот, как указано в таблице 2, и n может быть целым положительным числом. В примере таблицы 2, $n = 7680$.

Имея один сигнал положения P на оборот, мы знаем, что сигнал положения будет повторяться каждые n интервалов, поскольку скорость вращения f_{ROT} постоянна. Таким образом, ряд виртуальных сигналов положения P_c может быть сформирован посредством вычисления. В качестве примера предположим, что виртуальные сигналы положения P_c сформированы. Передача одного виртуального сигнала положения P_c на выступ 310 может использоваться для установления временного отношения между

возникновением повторяющейся составляющей амплитуды сигнала вибрации S_{FIMP} и

возникновением сигнала положения $P(i)$, который имеет вторую частоту повторения f_P , зависящую от скорости вращения f_{ROT} вращающегося корпуса 20 барабанной мельницы.

Имея L равноудаленных выступов 310 в корпусе мельницы и один сигнал положения P на оборот и постоянную скорость вращения f_{ROT} , можно сгенерировать один виртуальный сигнал положения P_c на выступ, так что общее количество сигналов положения P , P_c распределится равномерно. Таким образом, сигнал положения P или P_c будет возникать при каждом положении выборочного значения n/L , как указано в таблице 3, если предусмотрено n временных интервалов на оборот. В таблице 3, $n=7680$ и $L=6$, и, таким образом, обеспечивается сигнал положения P_c на каждой выборке 1280, рассчитанные сигналы положения указаны как 1С.

Можно предположить, что положение нижней части 205 материала в мельнице является, по существу, постоянным в течение одного оборота корпуса 20 мельницы. Поскольку составляющая амплитуды сигнала вибрации S_{FIMP} , S_p формируется при взаимодействии выступа и нижней части загруженного материала, она будет повторяющейся с частотой одной составляющей амплитуды сигнала вибрации S_{FIMP} ,

S_p на выступ 310. Таким образом, можно предположить, что временное отношение между

возникновением повторяющейся составляющей амплитуды сигнала вибрации S_{FIMP} , S_p и

5 появлением сигнала положения P , PC будет по существу постоянным для каждого из L блоков данных, L в этом примере равно $L=6$.

Таблица 3 показывает принцип временной прогрессии значений сигнала положения $P(i)$ с рассчитанными значениями сигнала положения $P(i)$, обозначенными как “1C”.

10

№00	№01	№02	№03	№04
	Временной интервал			
	dt			
	i (*1000)	Положение P(i)	S(i)	f_{ROT}(i)
	0	1	S(0)	Пост.
Блок I	427	0	S(427)	Пост.
Блок I	853	0	S(853)	Пост.
Блок I	1280	1C	S(1280)	Пост.
Блок II	1707	0	S(1707)	Пост.
Блок II	2133	0	S(2133)	Пост.
Блок II	2560	1C	S(2560)	Пост.
Блок III	2987	0	S(2987)	Пост.
Блок III	3413	0	S(3413)	Пост.
Блок III	3840	1C	S(3840)	Пост.
Блок IV	4267	0	S(4267)	Пост.
Блок IV	4693	0	S(4693)	Пост.
Блок IV	5120	1C	S(5120)	Пост.
Блок V	5547	0	S(5547)	Пост.
Блок V	5973	0	S(5973)	Пост.
Блок V	6400	1C	S(6400)	Пост.
Блок VI	6827	0	S(6827)	Пост.
Блок VI	7253	0	S(7253)	Пост.
Блок VI	7680	1	S(7680)	Пост.

Таблица 3

№00	№01	№02	№03	№04
	Временной интервал			
	dt			
	i, j	Положение P(i)	S(i)	f_{ROT}(i)
	0	1	S(0)	Пост.
Блок I	40	0	S(40)	Пост.
Блок I	80	0	S(80)	Пост.
Блок I	120	0	S(120)	Пост.
Блок I	160	0	S(160)	Пост.
Блок I	200	0	S(200)	Пост.
Блок I	240	0	S(240)	Пост.
Блок I	280	0	S(280)	Пост.
Блок I	320	0	S(320)	Пост.
Блок I	360	0	S(360)	Пост.
Блок I	400	0	S(400)	Пост.
Блок I	440	0	S(440)	Пост.
Блок I	480	0	S(480)	Пост.
Блок I	520	0	S(520)	Пост.
Блок I	560	0	S(560)	Пост.
Блок I	600	0	S(600)	Пост.
Блок I	640	0	S(640)	Пост.
Блок I	680	0	S(680)	Пост.
Блок I	720	0	S(720)	Пост.
Блок I	760	0	S(760)	Пост.
Блок I	800	0	S(800)	Пост.
Блок I	840	0	S(840)	Пост.
Блок I	880	0	S(880)	Пост.
Блок I	920	0	S(920)	Пост.
Блок I	960	0	S(960)	Пост.
Блок I	1000	0	S(1000)	Пост.
Блок I	1040	0	S(1040)	Пост.
Блок I	1080	0	S(1080)	Пост.
Блок I	1120	0	S(1120)	Пост.
Блок I	1160	0	S(1160)	Пост.
Блок I	1200	0	S(1200)	Пост.
Блок I	1240	0	S(1240)	Пост.
Блок I	1280	1С	S(1280)	Пост.

Таблица 4

№00	№01	№02	№03	№04
	Временной интервал			
	dt	Положение		
	i, j	%	S(i)	f_{ROT}(i)
	0 = N ₀	0%		Пост.
Блок I	40	3%		Пост.
Блок I	80	6%		Пост.
Блок I	120	9%		Пост.
Блок I	160	13%		Пост.
Блок I	200	16%		Пост.
Блок I	240	19%		Пост.
Блок I	280	22%		Пост.
Блок I	320	25%		Пост.
Блок I	360	28%		Пост.
Блок I	400	31%		Пост.
Блок I	440	34%		Пост.
Блок I	480	38%		Пост.
Блок I	520	41%		Пост.
Блок I	560	44%		Пост.
Блок I	600	47%		Пост.
Блок I	640	50%		Пост.
Блок I	680	53%		Пост.
Блок I	720	56%		Пост.
Блок I	760=N_p	59%	S(760)= Sp	Пост.
Блок I	800	63%		Пост.
Блок I	840	66%		Пост.
Блок I	880	69%		Пост.
Блок I	920	72%		Пост.
Блок I	960	75%		Пост.
Блок I	1000	78%		Пост.
Блок I	1040	81%		Пост.
Блок I	1080	84%		Пост.
Блок I	1120	88%		Пост.
Блок I	1160	91%		Пост.
Блок I	1200	94%		Пост.
Блок I	1240	97%		Пост.
Блок I	1280=NB	100%		Пост.

Таблица 5

В таблице 4 представлен первый блок, т.е. блок I, имеющий $n/L = 7680/6=1280$ последовательных временных интервалов. Следует понимать, что если во время полного оборота корпуса 20 существует фаза постоянной скорости (см. Фиг. 9), то каждый из блоков с I по VI (см. таблицу 3) будет выглядеть так же, что и блок I, представленный в таблице 4.

Согласно вариантам осуществления настоящего изобретения, в соответствии со столбцом №03 в таблице 4, выборочные значения вибрации $S(i)$ анализируются для обнаружения сигнатуры сигнала вибрации S_{FIMP} . Сигнатура сигнала вибрации S_{FIMP} может проявляться в виде максимального выборочного значения амплитуды S_p . Согласно примеру, относящемуся к столбцу №03 в таблице 4, выборочные значения вибрации $S(i)$ анализируются детектором максимальных значений для определения максимального выборочного значения S_p . Согласно таблице 5, в результате анализа максимальных значений выявляются самые высокие выборочные значения амплитуды вибрации $S(i)$. В проиллюстрированном примере выборочные значения амплитуды вибрации $S(i=760)$ определяются как имеющие наивысшее максимальное значение S_p .

После обнаружения максимального значения S_p , которое находится во временном интервале 760, можно установить временное отношение между возникновением повторяющейся составляющей амплитуды сигнала вибрации S_p и возникновением сигнала положения $P(i)$. В таблице 5 временные интервалы, несущие сигналы положения $P(i)$, обозначаются как 0% и 100% соответственно, и все промежутки между ними могут иметь метки с указанием их соответствующих местоположений, как показано в столбце №02 в таблице 5. Как показано в столбце №02 таблицы 5, временное положение интервала с номером $i = 760$ находится в позиции 59% временного расстояния между интервалом $i=0$ и интервалом $i=1280$. Иными словами, $760/1280=0,59=59\%$

Таким образом, изобретатель пришел к выводу, что временное отношение между возникновением повторяющейся составляющей амплитуды сигнала вибрации S_{FIMP} и появлением сигнала положения $P(i)$ можно использовать в качестве обозначения относительного физического положения нижней части 205 загруженного материала между двумя последовательными выступами 310 во вращающемся корпусе 20.

Соответственно, положение нижней части 205, выраженное в процентах от расстояния между двумя соседними ведущими выступами (см. 312C и 312D на Фиг. 2 в сочетании с таблицей 5), может быть получено путем:

подсчета общего количества выборок ($N_B - N_0 = N_B - 0 = N_B = 1280$) от появления первого опорного сигнала в выборке номер $N_0 = 0$ до появления второго опорного сигнала в выборке номер $N_B = 1280$, и

подсчета другого количества выборок ($N_P - N_0 = N_P - 0 = N_P$) от появления первого опорного сигнала при $N_0 = 0$ до появления максимального значения амплитуды S_P при номере выборки N_P , и

составления указанного первого временного отношения ($R_T(r); T_D; FI(r)$) на основе указанного другого количества N_P и упомянутого общего количества N_B . Это можно выразить следующим образом:

$$R_T(r) = R_T(760) = (N_P - N_0) / (N_B - N_0) = (760 - 0) / (1280 - 0) = 0,59 = 59\%$$

Таким образом, относительное положение нижней части можно получить с помощью:

подсчета общего количества выборок (N_B) от появления первого опорного сигнала до появления второго опорного сигнала, и

подсчета другого количества выборок (N_P) от появления первого опорного сигнала до появления максимального значения амплитуды S_P при номере выборки N_P , и

составления указанного первого временного отношения ($R_T(r); T_D; FI(r)$) на основе отношения между указанным количеством выборок N_P и указанным общим количеством выборок, т.е. N_B .

Согласно Фиг. 14, следует отметить, что в указанный момент времени метка положения 180 изображена именно в тот момент, когда она проходит мимо датчика положения 170. Таким образом, показанный момент времени может быть моментом времени, обозначенным временным интервалом 1280, т.е. когда формируется сигнал положения $P(i=1280)$. Поскольку корпус вращается по часовой стрелке, самое последнее максимальное выборочное значение S_P было получено в результате столкновения выступа 310А с нижней частью 205 (см. Фиг. 14 вместе с таблицей 5). Таким образом, выборочное значение амплитуды вибрации $S(i=760)$, обнаруженное как имеющее наивысшее максимальное значение S_P , было получено за время $T_{SP} = dt \cdot (1280 - 760)$ до появления сигнала положения $P(i=1280)$.

Поскольку $S = v \cdot t$, где S = расстояние, v = постоянная скорость, t - время, временное отношение может быть напрямую преобразовано в расстояние. Следовательно, столбец №02 из таблицы 5, можно рассматривать как обозначение физического расположения нижней части 205 в положении 59% расстояния между выступом 310А и выступом 310В (см. Фиг. 14 вместе со столбцом №02 из таблицы 5).

Согласно другому примеру, в соответствии с таблицей 6, временное отношение между возникновением повторяющейся составляющей амплитуды сигнала вибрации S_P и

возникновением сигнала положения $P(i)$ может рассматриваться как отклонение фазы, выраженное в градусах.

№00	№01	№02	№03	№04
	Временной интервал			
	dt	фаза FI		
	i	градусы	S(i)	f_{ROT}(i)
	0	0		Пост.
Блок I	40	11,25		Пост.
Блок I	80	22,5		Пост.
Блок I	120	33,75		Пост.
Блок I	160	45		Пост.
Блок I	200	56,25		Пост.
Блок I	240	67,5		Пост.
Блок I	280	78,75		Пост.
Блок I	320	90		Пост.
Блок I	360	101,25		Пост.
Блок I	400	112,5		Пост.
Блок I	440	123,75		Пост.
Блок I	480	135		Пост.
Блок I	520	146,25		Пост.
Блок I	560	157,5		Пост.
Блок I	600	168,75		Пост.
Блок I	640	180		Пост.
Блок I	680	191,25		Пост.
Блок I	720	202,5		Пост.
Блок I	760	213,75	S(760)= Sp	Пост.
Блок I	800	225		Пост.
Блок I	840	236,25		Пост.
Блок I	880	247,5		Пост.
Блок I	920	258,75		Пост.
Блок I	960	270		Пост.
Блок I	1000	281,25		Пост.
Блок I	1040	292,5		Пост.
Блок I	1080	303,75		Пост.
Блок I	1120	315		Пост.
Блок I	1160	326,25		Пост.
Блок I	1200	337,5		Пост.
Блок I	1240	348,75		Пост.

Блок I	1280	360		Пост.
--------	------	-----	--	-------

Таблица 6

Фактически, если использовать сигнал положения в качестве опорного сигнала для цифрового сигнала измерения S_{MD} , $S(i)$, $S(j)$ и отрегулировать настройки быстрого преобразователя Фурье определенным образом, быстрый преобразователь Фурье можно применять для получения максимального значения амплитуды, а также значения фазы, как описано ниже. Следовательно, столбец №02 таблицы 6 можно рассматривать как обозначающий физическое местоположение нижней части 205 в положении **213,75 градусов** расстояния между выступом 310А и выступом 310В, когда общее расстояние между выступом 310А и выступом 310В рассматривается как 360 градусов (см. Фиг. 14 в сочетании со столбцом №02 таблицы 6). Физическое местоположение нижней части 205, выраженное как часть расстояния между двумя соседними выступами 310, можно охарактеризовать как **относительное положение нижней части 205**. Другими словами, настоящее изобретение представляет способ определения относительного положения нижней части 205 загруженного материала в барабанной мельнице. Таким образом, настоящее изобретение представляет способ формирования **информации, определяющей местоположение нижней части 205, когда она выражается как часть расстояния между двумя соседними выступами 310 во вращающемся корпусе 20**. С учетом Фиг. 15 и Фиг. 16, относительное положение нижней части можно представить в виде фазового угла $FI(r)$, как описано ниже применительно к фиг. 15 и 16. Согласно вариантам осуществления настоящего изобретения, относительное положение нижней части можно представить в процентах (см. столбец №02 вышеприведенной таблицы 5). Кроме того, согласно вариантам осуществления настоящего изобретения, относительное положение нижней части можно представить как временной промежуток или как часть временного промежутка. Как рассматривалось выше, при рассмотрении таблицы 5, поскольку $S = v \cdot t$, где S = расстояние, v = скорость выступа, t - время, временное отношение можно непосредственно преобразовать в расстояние. В этом контексте следует отметить, что скорость v выступа зависит от угловой скорости f_{ROT} корпуса 20 и радиуса R_{MIS} корпуса 20 (см. Фиг. 14).

Фигура 15 представляет собой блок-схему, поясняющую пример экстрактора параметров состояния 450. Экстрактор параметров состояния 450 на Фиг. 15 включает в себя детектор скорости корпуса 500, который принимает цифровой сигнал вибрации S_{MD} , $S(i)$ и цифровой сигнал положения (P_i). Детектор скорости корпуса 500 может также называться генератором значений скорости корпуса 500. Детектор скорости корпуса 500 может генерировать три сигнала $S(j)$, $P(j)$ и $f_{ROT}(j)$ на основе принятого цифрового сигнала вибрации SMD , $S(i)$ и цифрового сигнала положения (P_i). Этого можно достичь, например, описанным выше способом согласно Фиг. 7 - 13. В этой

связи следует отметить, что три сигнала $S(j)$, $P(j)$ и $f_{\text{ROT}}(j)$ могут подаваться одновременно, т.е. все они относятся к одному и тому же временному интервалу j . Другими словами, три сигнала $S(j)$, $P(j)$ и $f_{\text{ROT}}(j)$ можно подавать синхронно. Синхронное представление сигналов, таких как $S(j)$, $P(j)$ и $f_{\text{ROT}}(j)$, преимущественно обеспечивает точную информацию о временных отношениях между значениями сигналов отдельных сигналов. Таким образом, например, значение скорости $f_{\text{ROT}}(j)$, выдаваемое генератором значения скорости корпуса 500, определяет мгновенную скорость вращения корпуса 20 во время распознавания значения амплитуды $S(j)$.

Следует отметить, что сигналы $S(j)$ и $P(j)$, подаваемые генератором значений скорости корпуса 500, задерживаются по отношению к сигналам $S(i)$ и $P(i)$, принимаемым генератором значений скорости корпуса 500. Также отмечается, что сигналы $S(j)$ и $P(j)$ одинаково задерживаются по отношению к сигналам $S(i)$ и $P(i)$, таким образом, временное отношение между ними было сохранено. Другими словами, сигналы $S(j)$ и $P(j)$ задерживаются синхронно.

Детектор скорости корпуса 500 может выдавать сигнал, определяющий, была ли скорость вращения постоянной в течение достаточно длительного промежутка времени, и в этом случае сигналы $S(j)$ и $P(j)$ могут подаваться на быстродействующий преобразователь Фурье 510.

Как рассматривалось выше, переменные Y , Z и L должны устанавливаться таким образом, чтобы переменная X была положительным целым числом. Согласно примеру, вышеуказанные переменные Y , Z и L могут устанавливаться посредством интерфейса "Человек-компьютер", ИЧК, 210, 210S (см. Фиг. 1 и/или Фиг. 5 и/или Фиг. 15). Как упоминалось выше, результирующее целое число X может определять число оборотов контролируемого корпуса 20 барабанной мельницы, при котором цифровые сигналы $S(j)$ и $P(j)$ анализируются БПФ 510. Таким образом, на основе настроек переменных Y , Z и L , БПФ 510 может генерировать значение X , указывающее на продолжительность анализа сеанса измерения, и после сеанса измерения БПФ 510 выдает ряд значений состояния $Sp(r)$ и $FI(r)$.

Символ " r " в значениях состояния $Sp(r)$ и $FI(r)$ обозначает момент времени. Следует отметить, что возможна задержка во времени от приема первой пары входных сигналов $S(j)$, $P(j)$ на входах БПФ 510 до выдачи пары значений состояния $Sp(r)$ и $FI(r)$ из БПФ 510. Пара значений состояния $Sp(r)$ и $FI(r)$ может основываться на временной последовательности пар входных сигналов $S(j)$, $P(j)$. **Продолжительность временной последовательности пар входных сигналов $S(j)$, $P(j)$ должна включать в себя, по меньшей мере, два последовательных значения сигнала положения $P(j) = 1$ и соответствующие пары входных сигналов.**

Значения состояния $Sp(r)$ и $FI(r)$ также могут обозначаться как C_L и Φ_L соответственно, как объясняется ниже. Как отмечено выше при рассмотрении Фиг. 2, сигнал вибрации S_{EA} , S_{MD} , $S(j)$, $S(r)$ будет отображать сигнатуру сигнала S_{FIMP} , подтверждающую столкновение выступа с нижней частью 205, и **если** имеется L выступов 310 в корпусе 20 (см. Фиг. 1 вместе с Фиг. 15 и Фиг. 14), **то** эта сигнатура сигнала S_{FIMP} будет повторяться L раз за оборот корпуса 20.

В целях обеспечения интуитивного понимания такой обработки сигналов может целесообразно рассмотреть принцип суперпозиции и повторяющиеся сигналы, такие как синусоидальные сигналы. Синусоидальный сигнал может отображать значение амплитуды и значение фазы. В предельно кратком изложении, принцип суперпозиции, также известный как свойство суперпозиции, гласит, что для всех линейных систем суммарная реакция в данном месте и в данное время, вызванная двумя или более воздействиями, является суммой реакций, вызываемых каждым воздействием в отдельности. Акустические волны являются разновидностью таких воздействий. Также сигнал вибрации, такой как сигнал вибрации S_{EA} , S_{MD} , $S(j)$, $S(r)$, включающий сигнатуру сигнала S_{FIMP} , которая подтверждает столкновение выступа с нижней частью 205, является разновидностью таких воздействий. Фактически, сигнал вибрации S_{EA} , S_{MD} , $S(j)$, $S(r)$, включающий сигнатуру сигнала S_{FIMP} , может рассматриваться как сумма синусоидальных сигналов, причем каждый синусоидальный сигнал имеет значение амплитуды и значение фазы. В связи с этим приводится ссылка на ряд Фурье (см. уравнение 1 ниже):

$$F(t) = \sum_{n=0}^{n=\infty} C_n \sin(n\omega t + \Phi_n) \quad (\text{Eq. 1})$$

где

$n=0$ среднее значение сигнала за определенный период времени (оно может быть равно нулю, но не обязательно должно быть нулевым)

$n=1$ соответствует основной частоте сигнала $F(t)$.

$n=2$ соответствует первой гармонической составляющей сигнала $F(t)$.

$\omega =$ угловая частота, например, $(2*\pi*f_{ROT})$

$f_{ROT} =$ скорость вращения корпуса, выраженная в периодах в секунду

$t =$ время

$\Phi_n =$ фазовый угол для n -й составляющей

$C_n =$ амплитуда для n -й составляющей

Из приведенного выше ряда Фурье следует, что временной сигнал можно рассматривать как состоящий из суперпозиции ряда синусоидальных сигналов.

Обертон - это любая частота, превышающая основную частоту сигнала.

В приведенном выше примере отмечается, что основной частотой будет f_{ROT} , т.е. скорость вращения корпуса, поскольку БПФ 510 принимает значение сигнала метки $P(j)=1$ только один раз за оборот корпуса 20 (см. Фиг. 14).

- 5 Используя модель анализа Фурье, основные частоты и обертоны вместе называются составляющими. Гармоники, или, точнее, гармонические составляющие, - это составляющие, частоты которых являются целыми числами, кратными основной частоте (включая основную, которая в 1 раз больше самой себя).
- 10 Согласно Фиг. 15 и приведенному выше уравнению 1, БПФ 510 может выдавать значение амплитуды $C_n(r)$ для $n=L$, т.е. $C_L(r) = Sp(r)$. БПФ 510 может также определять фазовый угол для составляющей ($n=L$), т.е. $\Phi L(r) = FI(r)$.

15 Теперь рассмотрим пример, когда корпус мельницы вращается со скоростью 10 оборотов в минуту (об/мин), причем корпус имеет десять (10) выступов 310. При скорости 10 об/мин один оборот выполняется каждые 6 секунд, т.е. $f_{\text{ROT}} = 0,1667$ об/сек. В случае корпуса, имеющего десять выступов (т.е. $L=10$) и вращающегося со скоростью $f_{\text{ROT}} = 0,1667$ об/сек, частота повторения f_R составляет 1,667 Гц для сигнала, соответствующего выступам 310, поскольку частота повторения f_R является частотой

20 10 порядка.

Сигнал положения $P(j)$, $P(q)$ (см. Фиг. 15) может использоваться в качестве опорного сигнала для цифрового сигнала измерения $S(j)$, $S(r)$. Согласно некоторым вариантам осуществления, **когда** анализатор БПФ выполнен с возможностью приема **опорного**

25 **сигнала**, т.е. сигнала положения $P(j)$, $P(q)$, **один раз за оборот вращающегося корпуса 20**, настройка анализатора БПФ должна удовлетворять следующим критериям:

Целочисленное значение O_i устанавливается равным L , т.е. количеству выступов в корпусе 20, и

настраиваемые переменные Y и Z выбираются таким образом, чтобы математическое выражение $O_i * Z/Y$ стало положительным целым числом. Иными словами: когда целочисленное значение O_i установлено равным L , настраиваемым переменным Y и Z следует присвоить целочисленные значения, чтобы сделать переменную X положительным целым числом,

30

где $X = O_i * Z/Y$

35 Y - максимальный порядок; и

Z - количество элементов в частотном спектре, создаваемом БПФ, и

O_i - представляющая интерес частота, выраженная как целое число в определенных порядках, и где f_{ROT} - частота порядка 1, т.е. основная частота. Другими словами, скорость вращения f_{ROT} корпуса 20 является основной частотой, а L - количеством

40 выступов в корпусе 20.

При вышеуказанной настройке, когда целочисленное значение O_i равно L , и согласно Фиг. 15 и приведенному выше уравнению 1, БПФ 510 может выдать значение амплитуды C_n для $n=L$, т.е. $C_L = Sp(r)$. БПФ 510 может также определять фазовый угол для составляющей ($n=L$), т.е. $F_L = FI(r)$.

Таким образом, согласно вариантам осуществления настоящего изобретения, **когда** БПФ 510 принимает опорный сигнал положения $P(j)$, $P(q)$ один раз за оборот вращающегося корпуса 20, **то** анализатор БПФ можно настроить для формирования максимального значения амплитуды C_L для сигнала, частота повторения которого f_R является частотой порядка L , где L - количество равноудаленно расположенных выступов 310 во вращающемся корпусе 20.

Согласно приведенному выше рассмотрению уравнения 1, амплитуда сигнала, частота повторения которого f_R является частотой порядка L , можно обозначить как C_n при $n=L$, т.е. C_L . Ссылаясь на уравнение 1 и Фиг. 15, значение амплитуды C_L может выдаваться как максимальное значение амплитуды, обозначенное как $Sp(r)$ на Фиг. 15.

Опять же, ссылаясь на уравнение 1, приведенное выше в настоящем изобретении, значение фазового угла Φ_L для сигнала с частотой повторения f_R , равной частоте порядка L , может выдаваться как значение временного индикатора, значение временного индикатора определяет временной интервал T_{DI} между возникновением ударной силы F_{IMP} и появлением исходного положения вращения упомянутого вращающегося корпуса.

Итак, согласно вариантам осуществления этого изобретения, **если** БПФ 510 принимает опорный сигнал положения $P(j)$, $P(q)$ один раз за оборот вращающегося корпуса 20, **то** анализатор БПФ можно настроить для получения значения фазового угла Φ_L для сигнала, частота повторения которого f_R является частотой порядка L , где L - количество выступов 310, равноудаленно расположенных во вращающемся корпусе 20.

Следовательно, используя вышеуказанную настройку, т.е. целочисленное значение O_i , установленное равным L , и согласно Фиг. 15 и уравнению 1 выше, БПФ 510 может выдавать значение фазового угла Φ_L .

Согласно Фиг. 15 совместно с Фиг. 1, значения состояния $Sp(r) = C_L$ и $FI(r) = F_L$ могут передаваться в интерфейс «человек-компьютер» (ИЧК) 210 для представления визуальной индикации результатов анализа. Как упомянуто выше, отображаемый результат анализа может включать в себя информацию, характеризующую внутреннее состояние процесса, позволяющую оператору 230 управлять барабанной мельницей.

На **фигуре 16** приведен пример визуальной индикации результата анализа. Согласно примеру, визуальная индикация результата анализа может включать предоставление полярной системы координат 520. Полярная система координат представляет собой

двумерную систему координат, в которой каждая точка на плоскости определяется расстоянием от точки отсчета 530 и углом от направления отсчета 540. Точка отсчета 530 (аналогичная началу координат в декартовой системе координат) называется полюсом 530, а луч, идущий от полюса в направлении отсчета, называется полярной осью. Расстояние от полюса называется радиальной координатой, радиальным расстоянием или просто радиусом, а угол называется угловой координатой, полярным углом или азимутом.

Согласно примеру, значения амплитуды $Sp(r)$ используются в качестве радиуса, а значение временного отношения $FI(r)$, $\Phi(r)$, TD используется в качестве угловой координаты.

Таким образом, внутреннее состояние контролируемой барабанной мельницы может быть проиллюстрировано путем предоставления объекта 550 индикатора внутреннего состояния на дисплее 210S (Фиг. 16 в сочетании с Фиг. 1). Фиг. 16 в сочетании с Фиг. 1 и Фиг. 14 помогут разобраться в следующем примере.

Таким образом, пример относится к электронной системе контроля 150, 210S барабанной мельницы, предназначенной для формирования и отображения информации, касающейся процесса измельчения в барабанной мельнице 10, имеющей корпус 20, который вращается вокруг оси 60 со скоростью вращения f_{ROT} , необходимой для измельчения загруженного материала 30 путем его перемешивания во вращающемся корпусе. Пример системы 150 мониторинга включает:

выполняемый компьютером способ представления на экране 210S внутреннего состояния указанного процесса измельчения в указанной барабанной мельнице, способ, включающий:

отображение на указанном экране 210S

полярной системы координат 520, указанная полярная система координат 520, имеющая

точку отсчета (O , 530), и

направление отсчета ($0^\circ, 360^\circ$, 540); и

первый объект (550, S_{PI} , T_{DI}) индикатора внутреннего состояния, определяющий указанное внутреннее состояние указанного процесса измельчения, на первом радиусе ($Sp(r)$, S_{PI}) от указанной точки отсчета (O) и под первым полярным углом ($FI(r)$, $\Phi(r)$, T_D , T_{DI}) по отношению к указанному направлению отсчета ($0^\circ, 360^\circ$, 540),

указанный первый радиус ($Sp(r)$, S_{PI}), характеризующий ударную силу (F_{IMP}), возникающую, когда выступ (310) на внутренней поверхности вращающегося корпуса взаимодействует с нижней частью 205 загруженного материала (30), и

указанный первый полярный угол ($FI(r)$, $\Phi(r)$, T_D , T_{D1}), характеризующий положение нижней части 205 между двумя выступами 310 во вращающемся корпусе 20.

5 Как упоминалось выше, экстрактор параметров состояния 450 может предназначаться для формирования последовательных пар значений состояния $Sp(r)$ и $FI(r)$. Экстрактор параметров состояния 450 может также формировать значения производных по времени значений состояния $Sp(r)$ и $FI(r)$, соответственно. Это может быть сделано, например, путем вычитания значения, предшествующего самому последнему значению
10 состояния $Sp(r-1)$ из самого последнего значения состояния $Sp(r)$, разделенное на промежуток времени между двумя значениями. Аналогичным образом можно получить численную производную от значения внутреннего состояния FI . Таким образом, можно получить производные значения $dSp(r)$ и $dFI(r)$. Производные значения $dSp(r)$ и $dFI(r)$ можно использовать для определения перемещения первого объекта (550, $SP1$, $TD1$)
15 индикатора внутреннего состояния.

На **фигурах 17 и 18** показан другой пример визуальной индикации результата анализа. Согласно **Фиг. 17 и 18**, вышеупомянутые значения производной могут использоваться для отображения на указанном экране 210S стрелки 560, начинающейся в положении
20 первого объекта (550, S_{P1} , T_{D1}) индикатора внутреннего состояния и имеющей расширение, которое зависит от величины значений производной. Другими словами, отсутствие стрелки 560 означает, что внутреннее состояние является стабильным, не изменившимся в течение промежутка времени. Стрелка 560 на **Фиг. 18** длиннее, чем стрелка 560 на **Фиг. 17**, это означает более быстро происходящее изменение
25 внутреннего состояния мельницы на **фиг. 18**, чем у мельницы на **фиг. 17**.

Фигуры 19А и 19В представляют еще один пример визуальной индикации результата анализа с точки зрения внутреннего состояния барабанной мельницы 10. Самый последний объект 550(r) индикатора внутреннего состояния указывает на текущее
30 внутреннее состояние мельницы 10. Другой объект 550(r-1) индикатора внутреннего состояния указывает на внутреннее состояние мельницы 10, предшествующее самому последнему внутреннему состоянию.

Объект 550(1) индикатора внутреннего состояния, показанный в виде небольшого пустого круга, указывает на внутреннее состояние мельницы 10 при почти нулевой
35 степени заполнения. Следует отметить, что при запуске барабанной мельницы из порожнего состояния начальный объект индикатора внутреннего состояния появляется под начальным полярным углом $\Phi(1)$, который представляет самое первое обнаруженное положение нижней части материала мельницы. На **фигурах 19А и 19В** первые тридцать одно (31) обнаруженные положения нижней части обозначены как
40 пустые кружочки, начиная с маленького пустого кружочка 550(1). На основании

экспериментальных измерений представляется, что начальный полярный угол $\Phi(1)$ можно использовать в качестве контрольного значения положения нижней части. Таким образом, начальный полярный угол $\Phi(1)$ можно назвать исходным значением положения нижней части Φ_{TR} . Для конкретной барабанной мельницы, внутреннее состояние которой отображено на экране 210S, представленном на Фиг. 19А и 19В, исходное положение нижней части соответствует угловой величине Φ_{TR} , равной примерно 47 градусам, как видно на фиг. 19А и 19В.

В то время как первые тридцать одно (31) обнаруженные положения нижней части обозначены пустыми кружками, далее следующая последовательность положений нижней части обозначена заштрихованными кружками, один из заштрихованных кружков обозначен как 550(p) на Фиг. 19А. Заштрихованные кружки на Фиг. 19А представляют большую степень заполнения корпуса 20 мельницы, чем показатели заполнения, обозначенные пустыми кружками. Полностью черные кружки на Фиг. 19А обозначают большую степень заполнения корпуса мельницы 20, чем показатели заполнения, обозначенные заштрихованными кружками. Таким образом, отмечается, что начальная, самая низкая из обнаруженных, степень заполнения, по всей видимости, представлена сравнительно малым радиусом, т.е. низким значением максимальной амплитуды Sp , при начальном полярном угле $\Phi(1)$.

Согласно фиг. 19А, постепенно увеличивающееся обнаруженное положение нижней части $FI(r)$ и соответствующим образом постепенно увеличивающаяся степень заполнения корпуса 20 мельницы создают изображение спирального рукава, который закручивается наружу в направлении против часовой стрелки, как показано изогнутой стрелкой 560А на фиг. 19А, начинающейся с первого объекта 550(1) индикатора внутреннего состояния.

Таким образом, текущее внутреннее состояние барабанной мельницы 20 можно представить и визуализировать таким образом, чтобы оно интуитивно стало понятным оператору 230 системы барабанной мельницы 5. Следует отметить, что, в то время как отображение одного объекта 550 индикатора внутреннего состояния, как показано на фиг. 17, представляет текущее внутреннее состояние или последнее обнаруженное внутреннее состояние мельницы 10, отображение временной прогрессии объектов индикатора внутреннего состояния в диапазоне от начального состояния 550(1) через промежуточные состояния, такие как 550(p) и 550(r-1) до 550(r), как показано на Фиг. 19А, представляет текущее внутреннее состояние 550(r), также как динамику нескольких предыдущих внутренних состояний 550(p), 550(p+1), 550(r-1) мельницы 10. Другими словами, постепенно увеличивающийся полярный угол $FI(r)$ в сочетании с постепенно увеличивающимся значением радиуса $SP(r)$ создает изображение спирального рукава, который закручивается наружу, как указано изогнутой стрелкой 560А на фиг. 19А, начиная с первого объекта 550(1) индикатора внутреннего состояния. “Угловая протяженность” спирального рукава от начального полярного угла $\Phi(1)$ первого объекта 550(1) индикатора внутреннего состояния до текущего или

последнего обнаруженного положения нижней части $FI(r)$, по-видимому, определяет абсолютное положение нижней части 205 (см. Фиг. 2 и Фиг. 14). В этой связи следует отметить, что 360 градусов в полярной системе координат 520 на Фиг. 19A соответствует 100% расстояния между передними кромками двух соседних выступов, таких как 312C и 312D на Фиг. 2.

Пример экстрактора параметров состояния фазы с переменной скоростью

Как упоминалось выше, анализ данных измерений дополнительно усложняется, если корпус 20 барабанной мельницы вращается с переменной скоростью f_{ROT} . Фактически, создается впечатление, что даже очень небольшие изменения скорости вращения корпуса мельницы могут оказать значительное негативное влияние на качество регистрируемого сигнала с точки зрения размазывания. Поэтому существенное значение, по-видимому, имеет наиболее точное определение скорости вращения f_{ROT} корпуса 20 мельницы и точная компенсация любых изменений скорости, по-видимому, также имеет важное значение.

Согласно Фиг. 15, детектор скорости корпуса 500 может подавать сигнал, показывающий изменение скорости вращения, что рассматривалось в связи с Фиг. 9. Снова ссылаясь на Фиг. 15, сигналы $S(j)$ и $P(j)$, а также значение скорости $f_{ROT}(j)$ могут подаваться на компенсационный дециматор изменения скорости 470. Компенсационный дециматор изменения скорости 470 может также называться дробным дециматором. Дециматор 470 предназначен для прореживания цифрового сигнала измерения S_{MD} на основе принятого значения скорости $f_{ROT}(j)$. Согласно примеру, дециматор 470 выполнен с возможностью прореживания цифрового сигнала измерения S_{MD} с помощью переменного коэффициента прореживания D , причем переменный коэффициент прореживания D регулируется во время сеанса измерения на основе значения переменной скорости $f_{ROT}(j)$. Таким образом, компенсационный дециматор 470 выполнен с возможностью формирования прореживаемого цифрового сигнала вибрации S_{MDR} таким образом, что число выборочных значений на оборот указанного вращающегося корпуса поддерживается на постоянном значении или по существу на постоянном значении при изменении указанной скорости вращения. Согласно некоторым вариантам осуществления, число выборочных значений за оборот указанного вращающегося корпуса считается по существу постоянной величиной, когда число выборочных значений за оборот изменяется менее чем на 5 %. Согласно предпочтительному варианту осуществления, число выборочных значений за оборот указанного вращающегося корпуса считается по существу постоянной величиной, когда число выборочных значений за оборот изменяется менее чем на 1 %. Согласно наиболее предпочтительному варианту осуществления, число выборочных значений за оборот указанного вращающегося корпуса считается по существу постоянной

величиной, когда число выборочных значений за оборот изменяется менее чем на 0,2 %.

Таким образом, вариант осуществления на фиг. 15 включает в себя дробный дециматор 470 для уменьшения частоты дискретизации на коэффициент децимации $D = N/U$, где U и N являются целыми положительными числами. Следовательно, дробный дециматор 470 обеспечивает преимущество, состоящее в уменьшении частоты дискретизации на дробное число. Итак, компенсационный дециматор изменения скорости 470 способен прореживать сигналы $S(j)$ и $P(j)$ и $f_{ROT}(j)$ на дробное число $D = N/U$. Согласно варианту осуществления, значения для U и N могут выбираться в диапазоне от 2 до 2000. Согласно варианту осуществления, значения для U и N могут выбираться в диапазоне от 500 до 1500. Согласно еще одному варианту осуществления, значения для U и N могут выбираться в диапазоне от 900 до 1100. В этом контексте следует отметить, что предыстория термина “дробь” заключается в следующем: Дробь (от латинского *fractus*, “сломанный”) представляет собой часть целого или, в более общем смысле, любое количество равных частей. В положительных обыкновенных дробях числитель и знаменатель являются натуральными числами. Числитель представляет собой количество равных частей, а знаменатель указывает, сколько из этих частей составляет единицу или целое. Обычная дробь - это число, представляющее рациональное число. Это же число также может быть представлено в виде десятичной дроби, процента или с отрицательным показателем. Например, 0,01, 1% и 10-2 равны доле 1/100. Следовательно, дробное число $D = N/U$ можно рассматривать как перевернутую дробь.

Таким образом, результирующий сигнал S_{MDR} , который подается дробным дециматором 470, имеет частоту дискретизации

$$f_{SR} = f_s / D = f_s * U/N$$

где f_s - частота дискретизации сигнала S_{RED} , принимаемого дробным дециматором 470.

Дробное значение U/N зависит от сигнала управления скоростью, принимаемого на входной порт 490. Сигнал управления скоростью может быть сигналом, определяющим скорость вращения f_{ROT} корпуса.

Переменное значение дециматора D для дециматора может устанавливаться на $D = f_s / f_{SR}$, где f_s - начальная частота дискретизации А/Ц преобразователя, а f_{SR} - заданное значение, указывающее количество выборок на оборот в прореживаемом цифровом сигнале вибрации S_{MDR} . Например, когда в контролируемом корпусе мельницы имеется двенадцать (12) выступов, установленное значение f_{SR} может составлять 768 выборок на оборот, т.е. количество выборок на оборот устанавливается равным f_{SR} в прореживаемом цифровом сигнале вибрации S_{MDR} . Компенсационный дециматор 470

выполнен с возможностью формирования сигнала положения $P(q)$ с регулярным интервалом прореженного цифрового сигнала вибрации S_{MDR} , регулярный интервал зависит от заданного значения f_{SR} . Например, когда f_{SR} установлен на 768 выборок на оборот, сигнал положения $P(q)$ может подаваться один раз при каждом 768 выборках прореженного сигнала вибрации $S(q)$.

Следовательно, частота дискретизации f_{SR} , также называемая f_{SR2} , для значений выходных данных $R(q)$ ниже входной частоты дискретизации f_s на коэффициент D .

Коэффициент D может быть установлен на произвольное число, большее 1, и это может быть дробное число, как рассматривается в другом месте данного описания. Согласно предпочтительным вариантам осуществления, коэффициент D может быть установлен в значении от 1,0 до 20,0. В предпочтительном варианте осуществления, коэффициент D представляет собой дробное число, устанавливаемое в значении между примерно 1,3 и примерно 3,0. Коэффициент D может быть получен путем установки целых чисел U и N в подходящих значениях. Коэффициент D равен N , разделенному на U :

$$D = N/U$$

Согласно варианту осуществления, целые числа U и N могут устанавливаться на большие целые числа, чтобы обеспечить следование коэффициента $D=N/U$ изменениям скорости с минимальной погрешностью. Выбор переменных U и N в качестве целых чисел, превышающих 1000, обеспечивает преимущественно высокую точность при адаптации выходной частоты дискретизации к отслеживанию изменений скорости вращения корпуса 20. Так, например, установка N равным 500 и U равным 1001 приводит к получению $D=2,002$.

Переменная D устанавливается в подходящем значении в начале измерения, и это значение связано с определенной скоростью вращения контролируемой вращающейся детали. После этого, в процессе измерения, дробное значение D автоматически корректируется в ответ на скорость вращения контролируемой вращающейся детали, так что выходной сигнал S_{MDR} обеспечивает практически постоянное число значений выборки на оборот вращающегося корпуса.

На **фигуре 20** приведена блок-схема примера компенсационного дециматора 470. Этот компенсационный дециматор обозначен как 470В.

Компенсационный дециматор 470В может включать в себя запоминающее устройство 604, предназначенное для приема и сохранения значений данных $S(j)$, а также информации, отображающей соответствующую скорость вращения f_{ROT} контролируемого вращающегося корпуса мельницы. Поэтому запоминающее устройство 604 может сохранять каждое значение данных $S(j)$ таким образом, чтобы

оно было связано со значением, определяющим скорость вращения $f_{\text{ROT}}(j)$ контролируемого корпуса мельницы во время определения значения сигнала датчика S_{EA} , соответствующего значению данных $S(j)$. Предоставление значений данных $S(j)$, связанных с соответствующими значениями скорости вращения $f_{\text{ROT}}(j)$, описано со ссылкой на Фиг. 7-13 выше.

Компенсационный дециматор 470В принимает сигнал S_{MD} , имеющий частоту дискретизации f_{SR1} , в виде последовательности значений данных $S(j)$, и выдает выходной сигнал S_{MDR} , имеющий пониженную частоту дискретизации f_{SR} , в виде другой последовательности значений данных $R(q)$ на свой выход 590.

Компенсационный дециматор 470В может включать в себя запоминающее устройство 604, предназначенное для приема и сохранения значений данных $S(j)$, а также информации, указывающей на соответствующую скорость вращения f_{ROT} контролируемого корпуса вращающейся мельницы. Память 604 может хранить значения данных $S(j)$ в блоках, так что каждый блок связан со значением, определяющим соответствующую скорость вращения контролируемого корпуса мельницы, как описано ниже в соответствии с Фиг. 21.

Компенсационный дециматор 470В может также включать в себя генератор переменной компенсационной децимации 606, который предназначен для формирования компенсационного значения D . Компенсационное значение D может быть плавающим числом. Следовательно, компенсационное число может регулироваться до значения с плавающим числом в ответ на принятое значение скорости f_{ROT} , так что значение с плавающим числом указывает на значение скорости f_{ROT} с определенной погрешностью. При использовании соответствующим образом запрограммированного ПЦОС, как упоминалось выше, погрешность значения плавающего числа может зависеть от способности ПЦОС генерировать значения с плавающим числом.

Кроме того, компенсационный дециматор 470В может также включать в себя КИХ-фильтр 608. В этой связи аббревиатура КИХ расшифровывается как конечная импульсная характеристика. КИХ-фильтр 608 представляет собой КИХ-фильтр нижних частот, имеющий определенную частоту среза нижних частот, приспособленный для прореживания с коэффициентом D_{MAX} . Коэффициент D_{MAX} можно установить на подходящее значение, например, 20 000. Более того, компенсационный дециматор 470В может также включать в себя генератор параметров фильтра 610.

Работа компенсационного дециматора 470В описана ниже со ссылкой на Фиг. 21 и 22.

На фиг. 21 представлена блок-схема, иллюстрирующая вариант осуществления способа управления компенсационным дециматором 470В, представленным на фиг. 20.

На первом этапе S2000, скорость вращения f_{ROT} контролируемого корпуса мельницы записывается в запоминающее устройство 604 (Фиг. 20 и 21), и это может выполняться, по существу, одновременно с началом измерения вибраций. Согласно другому примеру варианта осуществления, скорость вращения контролируемого корпуса мельницы, исследуется в течение определенного периода времени. Самая высокая обнаруженная скорость f_{ROTmax} и самая низкая обнаруженная скорость f_{ROTmin} могут записываться, например, в запоминающем устройстве 604 (Фиг. 20 и 21).

На этапе S2010 анализируются записанные значения скорости чтобы установить, изменяется ли скорость вращения.

На этапе S2020, пользовательский интерфейс 210, 210S отображает записанное значение скорости f_{ROT} или значения скорости f_{ROTmin} , f_{ROTmax} , и запрашивает пользователя ввести желаемый порядок величины O_i . Как указывалось выше, скорость вращения корпуса мельницы f_{ROT} часто обозначается как "порядок 1". Интересующие сигналы могут возникать примерно десять раз за оборот корпуса мельницы (Порядок 10). Более того, возможно, будет интересно проанализировать обертоны некоторых сигналов, поэтому может быть интересно провести измерения до порядка 100, или порядка 500, или даже выше. Следовательно, пользователь может ввести номер порядка O_i , используя пользовательский интерфейс 210, 210S.

На этапе S2030 определяется подходящая частота дискретизации выходного сигнала f_{SR} . В данном изобретении выходная частота дискретизации f_{SR} также может быть обозначена как f_{SR2} . Согласно варианту осуществления, частота дискретизации выходного сигнала f_{SR} установлена как $f_{\text{SR}} = C * O_i * f_{\text{ROTmin}}$

где

C - константа, имеющая значение выше 2,0

O_i - число, указывающее на связь между скоростью вращения контролируемого корпуса мельницы и частотой повторения анализируемого сигнала;

f_{ROTmin} - наименьшая скорость вращения контролируемого корпуса мельницы, которую можно ожидать во время сеанса предстоящих измерений. Согласно варианту осуществления, значение f_{ROTmin} представляет собой наименьшую скорость вращения, определенную на этапе S2020, как описано выше.

Константа C может выбираться со значением 2,00 (два) или выше с учетом теоремы о выборке. Согласно вариантам осуществления настоящего изобретения, константа C может предварительно устанавливаться на значение между 2,40 и 2,70.

Согласно варианту осуществления, коэффициент C предпочтительно выбирается таким образом, чтобы $100 \cdot C/2$ представляло целое число. Согласно варианту осуществления, коэффициент C может устанавливаться равным 2,56. Выбор C равным 2,56 приводит к $100 \cdot C = 256 = 2$ возведенное в 8-ую степень.

5

На этапе S2050, определяется значение переменной компенсационного прореживания D . При изменении скорости вращения контролируемого корпуса мельницы значение переменной компенсационного прореживания D будет изменяться в зависимости от мгновенно обнаруженного значения скорости.

10

Согласно варианту осуществления, максимальное значение переменной компенсационного прореживания D_{MAX} устанавливается равным $D_{MAX} = f_{ROTmax} / f_{ROTmin}$, а минимальное значение переменной компенсационного прореживания D_{MIN} устанавливается равным 1,0. После этого производится мгновенное измерение фактического значения скорости f_{ROT} в реальном времени и соответственно устанавливается мгновенное компенсационное значение D .

15

f_{ROT} - это значение, отображающее измеренную скорость вращения контролируемого вращающегося корпуса мельницы.

20

На этапе S2060 начинается фактическое измерение, и можно определить желаемую общую продолжительность измерения. Общая продолжительность измерения может определяться в зависимости от желаемого числа оборотов X контролируемого корпуса мельницы.

25

Когда начинается измерение, цифровой сигнал S_{MD} подается на вход 480 компенсационного дециматора. Далее сигнал S_{MD} рассматривается как сигнал, имеющий выборочные значения $S(j)$, где j - целое число.

30

На этапе S2070 значения данных $S(j)$ записывают в запоминающее устройство 604 и связывают каждое значение данных вибрации $S(j)$ со значением скорости вращения $f_{ROT}(j)$.

35

На последующем этапе S2080, анализируют записанные значения скорости вращения и разделяют записанные значения данных $S(j)$ на блоки данных, зависящие от значений скорости вращения. Таким образом, можно сформировать ряд блоков значений данных $S(j)$, причем каждый блок значений данных $S(j)$ связан со значением скорости вращения. Значение скорости вращения указывает на скорость вращения контролируемого корпуса мельницы в момент записи значений данных $S(j)$ этого конкретного блока. Отдельные блоки данных могут иметь взаимно различный размер, т.е. отдельные блоки могут содержать взаимно разное количество значений данных $S(j)$.

40

Если, например, контролируемый корпус вращающейся мельницы сначала вращался с первой скоростью f_{ROT1} в течение первого периода времени, а затем изменил скорость, чтобы вращаться со второй скоростью f_{ROT2} в течение второго, более короткого периода времени, записанные значения данных $S(j)$ могут быть разделены на два блока данных, первый блок значений данных связан с первым значением скорости f_{ROT1} , а второй блок значений данных связан со вторым значением скорости f_{ROT2} . В этом случае второй блок данных содержал бы меньше значений данных, чем первый блок данных, поскольку второй период времени был короче.

Согласно варианту осуществления, когда все записанные значения данных $S(j)$ разделены на блоки, и все блоки связаны со значением скорости вращения, тогда в способе переходят к выполнению этапа S2090.

На этапе S2090 выбирают первый блок значений данных $S(j)$ и определяют значение компенсационного прореживания D , соответствующее соотнесенному значению скорости вращения f_{ROT} . Это значение компенсационного прореживания D сопоставляют с первым блоком значений данных $S(j)$. Согласно варианту осуществления, когда все блоки сопоставлены с соответствующим значением D компенсационного прореживания, тогда в способе переходят к выполнению этапа S2100. Итак, значение компенсационного прореживания D корректируется в зависимости от скорости f_{ROT} .

На этапе S2100 выбирают блок значений данных $S(j)$ и соответствующее значение компенсационного прореживания D , как описано на этапе S2090 выше.

На этапе S2110 формируют блок выходных значений R в ответ на выбранный блок входных значений S и соответствующее значение компенсационного прореживания D . Это можно выполнить, как описано со ссылкой на Фиг. 22.

На этапе S2120 проверяют, есть ли какие-либо оставшиеся значения входных данных, подлежащие обработке. Если требуется обработать другой блок значений входных данных, то следует повторить этап S2100. При отсутствии блока значений входных данных, подлежащих обработке, сеанс измерения завершается.

На **фигурах 22А, 22В и 22С** показана блок-схема варианта осуществления способа управления компенсационным дециматором 470В, представленного на Фиг. 20.

На этапе S2200 принимают блок значений входных данных $S(j)$ и надлежащее конкретное значение компенсационного прореживания D . Согласно варианту осуществления, полученные данные соответствуют данным, описанным выше на этапе

S2100, Фиг. 21. Все значения входных данных $S(j)$ в принятом блоке значений входных данных S связаны с конкретным значением компенсационного прореживания D .

На этапах S2210-S2390 КИХ-фильтр 608 (см. Фиг. 20) подгоняют под конкретное значение D компенсационного прореживания, полученное на этапе S2200, и формируют набор соответствующих значений выходного сигнала $R(q)$. Более подробно это описано ниже.

На этапе S2210 выбирают настройки фильтра, подходящие для конкретного значения компенсационного прореживания D . Как упоминалось выше в связи с Фиг. 20, КИХ-фильтр 608 представляет собой КИХ-фильтр нижних частот, имеющий определенную частоту среза нижних частот, приспособленный для прореживания с коэффициентом D_{MAX} . Коэффициент D_{MAX} можно установить в подходящем значении, например, 20.

Значение коэффициента фильтрации F_R устанавливается в значении, зависящем от коэффициента D_{MAX} и конкретного значения компенсационного прореживания D , полученного на этапе S2200. Этап S2210 может выполняться генератором параметров фильтра 610 (Фиг. 20).

На этапе S2220 выбирают значение начальной позиции x в принятом блоке входных данных $s(j)$. Следует отметить, что значение начальной позиции x не обязательно должно быть целым числом. КИХ-фильтр 608 имеет длину F_{LENGTH} , и значение начальной позиции x выбирается в зависимости от длины фильтра F_{LENGTH} и значения коэффициента фильтрации F_R . Значение коэффициента фильтрации F_R соответствует значению, заданному на этапе S2210. Согласно варианту осуществления, значение начальной позиции x может быть установлено равным $x := F_{LENGTH} / F_R$.

На этапе S2230 подготавливается значение суммы фильтра SUM и устанавливается в начальное значение, такое как, например, $SUM := 0,0$

На этапе S2240 выбирается положение j в принятых входных данных, смежное и предшествующее положению x . Положение j может выбираться как целочисленная часть x .

На этапе S2250 выбирают положение F_{pos} в КИХ фильтре, которое соответствует выбранному положению j в принятых входных данных. Положение F_{pos} может быть компенсационным числом. Положение фильтра F_{pos} по отношению к среднему положению фильтра можно определить как

$$F_{pos} = [(x-j) * F_R]$$

где F_R - значение коэффициента фильтрации.

На этапе S2260 проверяют, находится ли установленное значение положения фильтра Fpos за пределами допустимых предельных значений, т.е. указывает на положение вне фильтра. Если это случается, то выполняют этап S2300, описанный ниже. В противном случае выполняется этап S2270.

5

На этапе S2270 значение фильтра вычисляется посредством интерполяции. Следует отметить, что смежные значения коэффициента фильтрации в КИХ-фильтре нижних частот обычно имеют аналогичные числовые значения. Таким образом, значение интерполяции будет предпочтительно точным. Сначала вычисляется целочисленное значение положения IFpos:

$$IFpos := \text{Целая часть } Fpos$$

Значение фильтра Fval для положения Fpos будет равно:

$$Fval = A(IFpos) + [A(IFpos+1) - A(IFpos)] * [Fpos - IFpos]$$

15 где A(IFpos) и A(IFpos+1) - значения в эталонном фильтре, а положение фильтра Fpos - это положение между этими значениями.

На этапе S2280 рассчитывают корректировку значения суммы фильтра SUM в ответ на положение сигнала j:

20 $SUM := SUM + Fval * S(j)$

На этапе S2290 переходят к другому положению сигнала:

$$\text{Устанавливают } j := j-1$$

Затем переходят к этапу S2250.

25

На этапе 2300 выбирается положение j в принятых входных данных, смежное и последующее за положением x. Это положение j может выбираться как целочисленная часть x. плюс 1 (единица), т.е. $j := 1 + \text{Целая часть } x$

30 На этапе S2310 выбирают положение в КИХ фильтре, которое соответствует выбранному положению j в принятых входных данных. Положение Fpos может быть компенсационным числом. Положение фильтра Fpos по отношению к среднему положению фильтра может определяться как

$$Fpos = [(j-x) * F_R]$$

35 где F_R значение коэффициента фильтрации.

На этапе S2320 проверяют, находится ли установленное значение положения фильтра Fpos за пределами допустимых предельных значений, т.е. указывает на положение вне фильтра. Если это случается, то выполняют этап S2360, описанный ниже. В противном случае выполняется этап S2330.

40

На этапе S2330 значение фильтра вычисляется посредством интерполяции. Следует отметить, что смежные значения коэффициента фильтрации в КИХ-фильтре нижних частот обычно имеют аналогичные числовые значения. Таким образом, значение интерполяции будет предпочтительно точным. Сначала вычисляется целочисленное значение положения:

$$IFpos := \text{Целая часть } Fpos$$

Значение фильтра Fval для положения Fpos будет равно:

$$Fval(Fpos) = A(IFpos) + [A(IFpos+1) - A(IFpos)] * [Fpos - IFpos]$$

где $A(IFpos)$ и $A(IFpos+1)$ - значения в эталонном фильтре, а положение фильтра Fpos - это положение между этими значениями.

На этапе S2340 рассчитывают корректировку значения суммы фильтра SUM в ответ на положение сигнала j:

$$SUM := SUM + Fval * S(j)$$

На этапе S2350 переходят к другому положению сигнала:

$$\text{Устанавливают } j := j+1$$

Затем переходят к этапу S2310.

На этапе S2360 выдается значение выходных данных R(j). Значение выходных данных R(j) может передаваться в запоминающее устройство таким образом, чтобы последовательные значения выходных данных сохранялись в последовательных ячейках запоминающего устройства. Числовая величина значения выходных данных R(j) равна:

$$R(j) := SUM$$

На этапе S2370 корректируется значение положения x:

$$x := x + D$$

На этапе S2380 корректируется значение положения j

$$j := j+1$$

На этапе S2390 проверяют, создано ли желаемое количество значений выходных данных. Если желаемое количество значений выходных данных не создано, переходят к этапу S2230. Если создано желаемое количество значений выходных данных, то приступают к этапу S2120 в способе, описанном по Фиг. 21.

По сути, этап S2390 предназначен для обеспечения формирования блока значений выходного сигнала R(q), соответствующего блоку значений входных данных S,

полученных на этапе S2200, и, когда значения выходного сигнала R, соответствующие значениям входных данных S, сформированы, тогда должен выполняться этап S2120 на Фиг. 21.

- 5 Способ, описанный со ссылкой на Фиг. 22, может выполняться как подпрограмма компьютерной программы, а этапы S2100 и S2110 могут выполняться как основная программа.

10 На **фигуре 23** показан другой пример поперечного сечения средней части 98 вращающегося корпуса 20 мельницы в процессе эксплуатации. Такой вид можно получить, например, вдоль линии А-А на Фиг. 1. Согласно примеру на Фиг. 23, корпус 20 барабанной мельницы имеет шесть выступов 310, выполненных с возможностью зацепления с загруженным материалом 30 при вращении корпуса вокруг оси 60, т.е. число $L=6$. Для наглядности выступы в примере на фиг. 23 были специально
15 обозначены как 310₁, 310₂, 310₃, 310₄, 310₅ и 310₆.

Датчик 170 положения предусмотрен для формирования сигнала положения E_p , зависящего от положения вращения корпуса 20. Как упоминалось выше, корпус 20 может вращаться вокруг оси вращения 60, и, таким образом, датчик положения 170, установленный неподвижно, может создавать сигнал положения E_p , имеющий
20 последовательность значений сигнала положения корпуса P_s для отображения мгновенных положений при вращении корпуса 20. Как показано на Фиг. 23, на внешней поверхности корпуса 20 может быть предусмотрено несколько меток 180 положения, так что, когда корпус 20 вращается вокруг оси вращения 60, несколько меток положения 180 проходят мимо датчика положения 170 за один оборот, таким
25 образом, каждая метка 180 заставляет датчик положения 170 создавать значение сигнала метки оборота P_s . Согласно варианту осуществления, на корпусе 20 предусмотрено L меток положения 180, таким образом, что, когда корпус 20 вращается вокруг оси вращения 60, метки положения 180₁...180_L последовательно проходят мимо датчика положения 170, тем самым заставляя датчик положения 170 генерировать L значений сигнала метки оборота P_s за один оборот корпуса 20. Согласно варианту
30 осуществления, представленному на Фиг. 23, имеется шесть выступов 310, т.е. $L=6$, и имеется шесть меток положения 180₁, 180₂, 180₃, 180₄, 180₅ и 180₆.

Считается важным, что размещение меток положения 180, по угловым положениям, отражает размещение, по угловым положениям, выступов 310 на внутренней
35 поверхности 22 корпуса 20.

В варианте осуществления на Фиг. 23, L меток положения 180 расположено взаимно равноудаленным образом по периметру корпуса 20, тем самым заставляя датчик положения 170 генерировать сигнал метки P_s каждые $360/L$ градусов за один оборот корпуса 20. В этом контексте следует отметить, что в варианте осуществления,
40 представленном на фиг. 23, L выступов 310₁, 310₂, 310₃, 310₄, 310₅ и 310_L

расположено взаимно равноудаленным образом на внутренней поверхности 22 корпуса 20. Считается, что взаимно равноудаленные положения выступов 310 и взаимно равноудаленные местоположения меток положения 180 имеют важное значение для некоторых вариантов осуществления данного изобретения. Считается, что это важно для некоторых вариантов осуществления данного изобретения, поскольку метки положения 180 вызывают формирование значений опорного сигнала положения, а выступы 310 при зацеплении загруженного материала вращающейся мельницы приводят к появлению события сигнала, такого как, например, максимальное значение амплитуды, в сигнале вибрации (см. ссылки S_{EA} , S_{MD} , $Se(i)$, $S(j)$, $S(q)$ на Фиг. 1 и 15). Более того, промежуток времени между появлением значения опорного сигнала положения и возникновением события сигнала в сигнале вибрации, вызванного выступом 310, зацепляющим загруженный материал в корпусе вращающейся мельницы, может определять внутреннее состояние работающей мельницы, как рассмотрено в другом месте настоящего изобретения. Например, промежуток времени между появлением значения опорного сигнала положения и возникновением события сигнала в сигнале вибрации, вызванного выступом 310, зацепляющим загруженный материал в корпусе вращающейся мельницы, может определять внутреннее состояние, такое как, например, положение нижней части 205.

Однако предполагается, что фактическое размещение меток положения 180 по отношению к размещению выступов 310 имеет меньшее значение. Таким образом, в то время как на Фиг. 23 показаны метки положения 180, размещенные в тех же угловых положениях, что и выступы 310, следует отметить, что метки положения 180 вполне могут быть смещены относительно угловых положений. Однако, если метки положения 180 смещены относительно угловых положений, считается существенным, чтобы все метки положения 180 были одинаково смещены для обеспечения взаимно равноудаленного расположения меток положения 180. Более конкретно, считается необходимым, чтобы размещение, с точки зрения угловых положений, меток положения 180 отражало размещение, с точки зрения угловых положений, выступов 310 на внутренней поверхности 22 корпуса 20.

Как отмечено выше в соответствии с Фиг. 19А и 19В, было замечено, что при запуске барабанной мельницы из порожнего состояния начальный объект индикатора внутреннего состояния появляется под начальным полярным углом $\Phi(1)$, который представляет самое первое установленное положение нижней части 205 материала мельницы. На основании экспериментальных измерений представляется, что начальный полярный угол $\Phi(1)$ можно использовать в качестве контрольного значения положения нижней части. Таким образом, начальный полярный угол $\Phi(1)$ можно назвать исходным значением положения нижней части Φ_{TR} . Для конкретной барабанной мельницы, внутреннее состояние которой отображено на экране 210S, представленном на Фиг. 19А и 19В, исходное положение нижней части соответствует угловой величине Φ_{TR} , равной примерно 47 градусам, как видно на Фиг. 19А и 19В. Со

ссылкой на Фиг. 2 и 14 предполагается, что в случае физического перемещения метки положения 180 в другое место относительно углового положения, угловая величина исходного значения положения нижней части Φ_{TR} изменилась бы на численно отличающуюся угловую величину.

5

Установка корпуса 20 вращающейся мельницы, как показано на Фиг. 23, может быть использована в комплексе с экстракторами параметров состояния 450, как показано в настоящем изобретении. Согласно Фиг. 15, установка корпуса 20 вращающейся мельницы, как показано на Фиг. 23, может использоваться для формирования сигнала метки $P(i)$, который подается на генератор значений скорости корпуса 500. Таким образом, генератор значений скорости корпуса 500 будет принимать сигнал метки $P(i)$, имеющий значение сигнала индикатора положения каждые $360/L$ градусов за оборот корпуса 20. Таким образом, быстрый преобразователь Фурье 510 будет получать значение сигнала метки $P(j)=1$ от генератора значений скорости 500 каждые $360/L$ градусов за оборот корпуса 20, когда скорость вращения f_{ROT} постоянна. В другом варианте, быстрый преобразователь Фурье 510 будет принимать значение сигнала метки $P(q)=1$ от дециматора 470, 470В каждые $360/L$ градусов за оборот корпуса 20, когда скорость вращения f_{ROT} изменяется.

10

15

20

Более того, генератор значений скорости 500 сможет вырабатывать еще более точные значения скорости $f_{ROT}(j)$, когда принимает сигнал метки $P(i)$, имеющий значение сигнала индикатора положения, например $P(i)=1$, каждые $360/L$ градусов за оборот корпуса 20.

25

Что касается соответствующих настроек БПФ 510, когда он принимает значение сигнала метки $P(j)=1$ каждые $360/L$ градусов за оборот корпуса 20, это означает, что основной частотой будет частота повторения f_R .

30

Как отмечено выше при рассмотрении Фиг. 2, сигнал вибрации S_{EA} , S_{MD} , $S(j)$, $S(q)$ будет отображать сигнатуру сигнала S_{FIMP} , подтверждающую столкновение выступа с нижней частью 205, и **если** имеется L выступов 310 в корпусе 20 (см. Фиг. 23 вместе с приведенным ниже уравнением 2), **то** эта сигнатура сигнала S_{FIMP} будет повторяться L раз за оборот корпуса 20.

35

Опять же, делается ссылка на ряд Фурье (см. Уравнение 2 ниже):

$$F(t) = \sum_{n=0}^{n=\infty} C_n \sin(n\omega t + \Phi_n) \quad (\text{Уравнение 2})$$

где

$n=0$ среднее значение сигнала за период времени (может быть равно нулю, но не обязательно должно быть нулевым)

$n=1$ соответствует основной частоте сигнала $F(t)$.

$n=2$ соответствует первой гармонической составляющей сигнала $F(t)$.

5 $\omega =$ представляющая интерес угловая частота, т.е. $(2*\pi*f_R)$

$f_R =$ представляющая интерес частота, выраженная в периодах в секунду

$t =$ время

$\Phi_n =$ фазовый угол для n -й составляющей

$C_n =$ амплитуда для n -й составляющей

10

В этом варианте осуществления отмечается, что основная частота будет равна единице на выступ 310, когда БПФ 510 принимает значение сигнала метки $P(j)=1$ каждые $360/L$ градусов за оборот корпуса 20.

15 Как отмечалось выше, настройки БПФ 510 должны выполняться с учетом опорного сигнала. Как отмечалось выше, сигнал положения $P(j)$, $P(q)$ (см. Фиг. 15) может использоваться в качестве опорного сигнала для цифрового сигнала измерения $S(j)$, $S(q)$.

20 Согласно некоторым вариантам осуществления, **когда** анализатор БПФ выполнен с возможностью приема опорного сигнала, т.е. сигнала положения $P(j)$, $P(q)$, один раз каждые $360/L$ градусов за оборот корпуса 20, а L - количество выступов 310 в корпусе 20, **тогда** настройка анализатора БПФ должна удовлетворять следующим критериям:

25 Целочисленное значение O_i устанавливается равным единице, т.е. равным 1, и настраиваемые переменные Y и Z выбираются таким образом, чтобы математическое выражение $O_i * Z/Y$ стало положительным целым числом. Иными словами: когда целочисленное значение O_i установлено равным 1, настраиваемым переменным Y и Z следует присвоить целочисленные значения, чтобы сделать переменную X положительным целым числом,

$$\text{где } X = O_i * Z/Y$$

30 При вышеуказанной настройке, когда целочисленное значение O_i равно единице, и согласно Фиг. 15 и приведенному выше уравнению 2, БПФ 510 может выдать значение амплитуды C_n для $n=1$, т.е. $C_1 = Sp(r)$. БПФ 510 может также определять фазовый угол для основной частоты ($n=1$), т.е. $\Phi_1 = FI(r)$.

35 Согласно Фиг. 15 совместно с Фиг. 1 и приведенным выше Уравнением 2, значения состояния $Sp(r) = C_1$ и $FI(r) = \Phi_1$ могут передаваться в интерфейс «человек-компьютер» (ИЧК) 210 для представления визуальной индикации результатов анализа. Как упомянуто выше, отображаемый результат анализа может включать в себя информацию, характеризующую внутреннее состояние процесса в барабанной мельнице, позволяющую оператору 230 управлять барабанной мельницей.

В соответствии с Фиг. 16, 17, 18, 19А и 19В, примеры иллюстраций визуальных индикаций результатов анализа применимы для установки корпуса 20 вращающейся мельницы, представленной на Фиг. 23, в результате чего БПФ 510 будет принимать сигнал метки $P(i)$, $P(j)$, $P(q)$, имеющий значение сигнала индикатора положения каждые $360/L$ градусов, где L - количество выступов 310 в корпусе 20.

Поскольку приведенное выше рассмотрение настроек БПФ 510 относится к рядам Фурье и уравнениям 1 и 2, для интуитивного понимания основных настроек преобразователя БПФ 510, следует отметить, что использование цифровой обработки сигналов может включать дискретное преобразование Фурье (см. приведенное ниже Уравнение 3):

Уравнение 3:

$$F(n) = \sum_{k=0}^{N-1} f(k) e^{-j2\pi nk/N} \quad (n = 0 \dots 1 : N - 1)$$

Таким образом, согласно вариантам осуществления этого изобретения, вышеупомянутое дискретное преобразование Фурье (ДПФ) может входить в обработку сигналов для формирования данных, определяющих внутреннее состояние барабанной мельницы, подобных тем, которые рассматривались в вариантах осуществления экстрактора параметров состояния 450. В этой связи делается ссылка, например, на Фиг. 3, 4, 5, 15 и/или 24. Ввиду приведенного выше рассмотрения БПФ и рядов Фурье, дискретное преобразование Фурье не будет рассматриваться слишком подробно, поскольку опытный специалист, читающий это изобретение, хорошо знаком с ним.

Поскольку Фиг. 23 поясняет, что на внешней поверхности корпуса 20 может быть предусмотрено несколько меток положения 180, каждая из которых заставляет датчик положения 170 генерировать значение сигнала метки оборотов P_s , следует отметить, что в другом варианте осуществления такой сигнал метки может формироваться шифратором 170, который механически соединен с вращающимся корпусом 20 мельницы. Датчик положения 170 может быть выполнен в виде шифратора 170, который механически соединен с вращающимся корпусом 20 мельницы таким образом, что шифратор формирует, например, один сигнал метки P_s на выступ 310 во вращающемся корпусе 20 при вращении корпуса 20 мельницы.

Говоря обобщенно, что касается соответствующих настроек БПФ 510 и приведенных выше уравнений 1 и 2, следует отметить, что фазовый угол для n -й составляющей, т.е. Φ_n , может указывать на относительное положение нижней части 205. В частности, фазовый угол для n -й составляющей, т.е. Φ_n , может указывать на положение нижней части 205, выраженное как часть расстояния между двумя соседними выступами 310 во

вращающемся корпусе 20. Согласно представленной выше таблице 6 и Фиг. 14, общее расстояние между двумя соседними выступами может рассматриваться как 360 градусов, и значение фазового угла для n-й составляющей, т.е. Φ_n , разделенное на 360, может указывать на процентное отношение общего расстояния между двумя соседними

5 выступами. Это можно увидеть, например, сравнив столбец №2 в таблице 5 и таблице 6 выше. Как упоминалось выше, Φ_n = фазовый угол для n-й составляющей, а C_n = амплитуда для n-й составляющей. Как рассматривалось выше, принимая во внимание число L выступов во вращающемся корпусе 20 и число генерируемых опорных сигналов и, как следствие этого, порядок O_i интересующего сигнала, БПФ 510 можно

10 настроить таким образом, чтобы обеспечивать фазовый угол для n-й составляющей, Φ_n , и амплитуду для n-й составляющей, C_n , так что фазовый угол для n-й составляющей, т.е. Φ_n , может определять относительное положение нижней части 205. Более того, как отмечалось выше, БПФ 510 можно настроить таким образом, чтобы сделать переменную X положительным целым числом, где

$$X = O_i * Z/Y$$

и где

O_i - устанавливается на целочисленное значение,

Y - устанавливается на целочисленное значение,

Z - устанавливается на целочисленное значение.

20 На **фигуре 24** показан несколько схематичный вид сверху другой системы 700, включающей барабанную мельницу 10. К примеру, барабанная мельница 10 может быть автогенной (АГ). В другом варианте осуществления, барабанная мельница 10 может быть полуавтогенной (ПАГ). Другим примером барабанной мельницы 10

25 является шаровая мельница 10. Барабанная мельница 10 содержит корпус 20, имеющий внутреннюю поверхность 22, которая образует камеру 25 для измельчения материала. Система 700 барабанной мельницы на Фиг. 24 может быть выполнена так, как описано в любом другом варианте осуществления, описанном в настоящем изобретении, например, согласно Фиг. 1-23 выше. Однако, в то время как система барабанной

30 мельницы на Фиг. 1 была описана как содержащая датчик вибрации 70 на входной стороне мельницы, следует отметить, что система 700 барабанной мельницы на Фиг. 24 может быть выполнена так, чтобы содержать

первый датчик вибрации 70_{IN} для получения первого сигнала измерения S_{EAIN} , а также

35 второй датчик вибрации 70_{OUT} для получения второго сигнала измерения S_{EAOUT} . Обработка первого сигнала измерения S_{EAIN} , формируемого первым датчиком вибрации 70_{IN} , может быть такой, как описано в отношении сигнала S_{EA} в любом другом варианте осуществления, описанном в настоящем изобретении, например, согласно Фиг. 1-23 выше. Аналогично, обработка второго сигнала измерения S_{EAOUT} , генерируемого

40 вторым датчиком вибрации 70_{OUT} может быть такой, как описано в отношении сигнала

S_{EA} в любом другом варианте осуществления, представленном в настоящем изобретении, например, согласно Фиг. 1-23 выше. Таким образом, по сравнению с вышеописанными вариантами осуществления, отличие состоит в том, что в системе 700 будут предоставлены данные, характеризующие внутреннее состояние входной стороны барабанной мельницы, на основе первого сигнала измерения S_{EAIN} , а также данные, характеризующие внутреннее состояние выходной стороны барабанной мельницы, на основе второго сигнала измерения S_{EAOUT} . Соответственно, система 700 барабанной мельницы, показанная на Фиг. 24, может быть выполнена так, как описано в любом из вышеописанных вариантов осуществления настоящего изобретения в отношении выдачи сигнала положения или опорного сигнала.

Анализатор 150, показанный на Фиг.24, может содержать первый экстрактор параметров состояния 450_1 , а также второй экстрактор параметров состояния 450_2 . Экстракторы параметров состояния 450_1 и 450_2 могут функционировать, как описано в любом из вышеописанных вариантов осуществления, например, со ссылкой на Фиг. 5 и или 15. Таким образом, первый экстрактор параметров состояния 450_1 может быть выполнен с возможностью получения параметров $S_{P1}(r)$, $R_{T1}(r)$, $f_{ROT}(r)$, $dS_{P1}(r)$, и $dR_{T1}(r)$. Аналогично, второй экстрактор параметров состояния 450_2 может быть выполнен с возможностью получения параметров $S_{P2}(r)$, $R_{T2}(r)$, $f_{ROT}(r)$, $dS_{P2}(r)$, и $dR_{T2}(r)$. Однако скорость вращения $f_{ROT}(r)$ корпуса, конечно же, будет одинаковой, и, следовательно, может быть достаточно, если значение скорости вращения $f_{ROT}(r)$ выдает один из экстракторов параметров состояния.

На Фиг. 24 приведена декартова система координат, имеющая три взаимно перпендикулярные оси X, Y и Z. Следует понимать, что во время работы мельницы материал 30 перемещается в положительном направлении оси X от входной стороны мельницы к выходной стороне.

Система 700 барабанной мельницы на Фиг. 24, преимущественно предоставляет параметры, определяющие внутреннее состояние входной стороны барабанной мельницы: $S_{P1}(r)$, $R_{T1}(r)$, $dS_{P1}(r)$, и $dR_{T1}(r)$, а также параметры, определяющие внутреннее состояние выходной стороны барабанной мельницы: $S_{P2}(r)$, $R_{T2}(r)$, $dS_{P2}(r)$, и $dR_{T2}(r)$.

Сравнение параметра входной стороны с соответствующим параметром выходной стороны может выгодно добавить еще одно значение к пониманию внутреннего состояния мельницы. Например, соотношение между $R_{T2}(r)$ и $R_{T1}(r)$ указывает, является ли

- положение нижней части одинаково на входной и выходной сторонах, или
- положение нижней части выше на входной стороне, определяемое когда $R_{T1}(r) > R_{T2}(r)$; или

- положение нижней части выше на выходной стороне, определяемое когда $R_{T2}(r) > R_{T1}(r)$.

Если положение нижней части выше на выходной стороне, это может указывать на начальное нарушение нормальной работы. Например, когда отток выходящего материала 95 уменьшается, возможно, из-за закупорки, в то время как твердый материал 110 продолжает поступать с неизменной скоростью, возникает повышенный риск перегрузки, что может привести к снижению эффективности процесса измельчения в барабанной мельнице. Соответственно, система 700 барабанной мельницы, показанная на Фиг. 24, может эффективно обеспечивать раннюю индикацию начинающегося нарушения нормальной работы. Таким образом, на основе сравнения параметра входной стороны с соответствующим параметром выходной стороны система 700 барабанной мельницы может обеспечивать возможность регулировки параметров управления, чтобы избежать, нарушения нормальной работы, например, такого, как перегрузка мельницы.

Со ссылкой на Фиг. 24 отмечается, что датчик вибрации 70_{OUT} прикреплен к невращающейся части корпуса конструкции мельницы 10, и датчик вибрации 70_{OUT} расположен таким образом, чтобы в первую очередь обнаруживать вибрации в горизонтальном направлении Y (см. декартовую систему координат, имеющую три взаимно перпендикулярные оси X, Y и Z, где Y - горизонтальное направление). Аналогично, датчик вибрации 70_{IN} прикреплен к невращающейся части конструкции мельницы 10, и датчик вибрации 70_{IN} расположен таким образом, чтобы в первую очередь обнаруживать вибрации в горизонтальном направлении Y. Экспериментальные измерения, судя по всему, указывают на то, что качество сигнала вибрации повышается, когда датчик вибрации выполнен с возможностью первичного обнаружения вибраций в горизонтальном направлении Y, по сравнению с качеством сигнала вибрации, полученным, когда датчик вибрации выполнен с возможностью первичного обнаружения вибраций в вертикальном направлении Z. Как отмечено выше, например, в связи с Фиг. 2, взаимодействие выступа 310 с нижней частью 205 загруженного материала, приводящее к ускорению загруженного материала в направлении движения выступа 310, вызывает механическую вибрацию V_{IMP} , что показано на Фиг. 2. Удар выступа 310С о массу материала в нижней части 205 вызывает ускорение массы материала нижней части в направлении A_{ACC} перемещения выступа 310С, это ускорение создает силу F_{IMP} , прикладываемую к поверхности передней кромки выступа 310С. Поскольку масса загруженного твердого материала 30 в мельнице составляет метрические тонны, эта ударная сила F_{IMP} составляет значительную величину. Однако, поскольку конструкция мельницы обычно опирается на очень твердую поверхность пола, которая имеет тенденцию ослаблять вибрации в

вертикальном направлении, создается впечатление, что в горизонтальном направлении Y вибрации регистрируются с более высоким качеством сигнала.

На **фигуре 25** показан несколько схематичный вид сверху еще одного варианта осуществления системы 720, включающей барабанную мельницу 10.

Система 720 барабанной мельницы на Фиг. 25 может быть выполнена так, как описано применительно к Фиг. 24. Однако, в то время как система 700 барабанной мельницы на Фиг. 24 была описана, как содержащая датчик вибрации 70_{OUT} , прикрепленный к невращающейся части конструкции мельницы 10, и датчик вибрации 70_{IN} , прикрепленный к другой невращающейся части конструкции мельницы 10, система 720 барабанной мельницы на Фиг. 25 отличается тем, что в ней предусмотрен датчик вибрации 70_{20} , который прикреплен к вращающемуся корпусу 20 конструкции мельницы 10. Размещение датчика вибрации 70_{20} непосредственно на вращающемся корпусе 20 обеспечит высокие амплитуды вибрации, в частности, когда датчик вибрации 70_{20} расположен снаружи корпуса на стороне стенки корпуса непосредственно противоположной выступу 310, как показано на Фиг. 25.

Система 720 барабанной мельницы на Фиг. 25 может дополнительно содержать первый датчик вибрации 70_{20IN} для получения первого сигнала измерения S_{EAIN} , а также второй датчик вибрации 70_{20OUT} для получения второго сигнала измерения S_{EAOUT} .

Как показано на Фиг. 25, первый датчик вибрации 70_{20IN} может быть прочно прикреплен к внешней поверхности корпуса 20 в положении, которое ближе к входной стороне 80, чем к выходной стороне 90. Кроме того, второй датчик вибрации 70_{20OUT} может быть прочно прикреплен к внешней поверхности корпуса 20 в положении, которое ближе к выходной стороне 90, чем к входной стороне 80.

Первый датчик вибрации 70_{20IN} и второй датчик вибрации 70_{20OUT} могут оснащаться для беспроводной связи с анализатором 150, например, через приемопередающие устройства 740 и 750, соответственно. Датчик 70_{20} , 70_{20IN} , 70_{20OUT} на внешней поверхности корпуса 20 может питаться от батареи или, в другом варианте осуществления, от индуктивного прибора (не показан), прикрепленного к внешней поверхности вращающегося корпуса 20, который работает как генератор за счет взаимодействия с одним или несколькими постоянными магнитами, которые являются неподвижными. Таким образом, когда корпус 20 вращается, он многократно заставляет индуктивный прибор проходить через магнитные поля неподвижного одного или нескольких постоянных магнитов, тем самым создавая электрический ток, который может использоваться в качестве источника питания для датчика 70_{20} , 70_{20IN} , 70_{20OUT} .

Система 720 барабанной мельницы на Фиг. 25 может также эффективно предоставлять параметры, определяющие внутреннее состояние входной стороны барабанной мельницы $S_{P1}(r)$, $R_{T1}(r)$, $dS_{P1}(r)$, и $dR_{T1}(r)$, а также параметры, определяющие внутреннее состояние выходной стороны барабанной мельницы: $S_{P2}(r)$, $R_{T2}(r)$, $dS_{P2}(r)$, и $dR_{T2}(r)$.

5 Следовательно, опытный специалист, читающий данное изобретение, прямо и недвусмысленно делает вывод, что система 720 барабанной мельницы на Фиг. 25 может эффективно обеспечить раннюю индикацию начинающегося нарушения нормальной работы способом, по существу аналогичным способу системы 700 барабанной мельницы на Фиг. 24. В частности, система 720 барабанной мельницы на
10 Фиг. 25 может эффективно выполнять сравнение параметра входной стороны с соответствующим параметром выходной стороны способом, описанным выше в отношении системы 700 барабанной мельницы. Таким образом, система 720 барабанной мельницы, показанная на Фиг. 25, также может эффективно выполнять регулировку параметров управления, чтобы избежать нарушений нормальной работы,
15 таких как перегрузка мельницы.

На **фигуре 26** показан несколько схематичный вид сверху еще одного варианта осуществления системы 730 включающей барабанную мельницу 10. К примеру, барабанная мельница 10 может быть автогенной (АГ). В другом варианте
20 осуществления, барабанная мельница 10 может быть полуавтогенной (ПАГ). Другим примером барабанной мельницы 10 является шаровая мельница 10. Барабанная мельница 10 содержит корпус 20, имеющий внутреннюю поверхность 22, которая образует камеру 25 для измельчения материала. Система 730 барабанной мельницы на Фиг. 26 может содержать составляющие части и быть выполнена так, как описано в
25 любом другом варианте осуществления, описанном в настоящем изобретении, например, согласно Фиг. 1-25 выше. В частности, анализатор 150, представленный на Фиг. 26 может быть выполнен так, как описано в любом другом варианте осуществления, описанном в настоящем изобретении, например, согласно Фиг. 1-25 выше.

30 Однако, в варианте осуществления системы 730, представленной на Фиг. 26, анализатор 150 содержит модуль контроля 150А, а также модуль управления 150В. Хотя на чертеже анализатор 150 изображен в виде двух блоков, следует понимать, что анализатор 150 вполне может быть выполнен как единое целое 150, включающее в себя модуль контроля 150А, а также модуль управления 150В, как указано объединяющей
35 ссылкой 150.

Система 730 выполнена с возможностью управления внутренним состоянием барабанной мельницы 10, имеющей корпус 20, который вращается вокруг оси 60 со скоростью вращения f_{ROT} , для измельчения загруженного материала 30 путем
40 перемешивания материала во вращающемся корпусе.

Указанный корпус 20 имеет внутреннюю поверхность 22, включающую первое количество L выступов 310, выполненных с возможностью зацепления с материалом при вращении корпуса 20 вокруг оси 60. Система 730 может содержать устройство 170, 180 для формирования сигнала положения. Устройство 170, 180 может включать датчик положения 170 и метку положения 180, как описано выше в настоящем изобретении. Сигналом положения является E_p , $P(i)$, $P(j)$, $P(q)$, определяющий положение при вращении указанного вращающегося корпуса 20, указанный сигнал положения включает в себя временную последовательность выборочных значений сигнала положения $P(i)$, $P(j)$, $P(q)$.

Предусмотрен датчик 70, 70_{IN} , 70_{OUT} , 330, выполненный с возможностью формирования сигнала вибрации S_{EA} , S_{MD} , $Se(i)$, $S(j)$, $S(q)$, зависящего от механических вибраций V_{IMP} , возникающих при вращении указанного корпуса. Сигнал вибрации S_{EA} , $Se(i)$, $S(j)$, $S(q)$ может включать временную последовательность выборочных значений сигнала вибрации $Se(i)$, $S(j)$, $S(q)$.

Анализатор 150 системы 730 может включать модуль контроля 150A и модуль управления 150B. Модуль контроля 150A содержит экстрактор параметров состояния 450, 450_1 , 450_2 , выполненный с возможностью обнаружения первого появления первого опорного значения сигнала положения в указанной временной последовательности выборочных значений сигнала положения $P(i)$, $P(j)$, $P(q)$ (см. табл. 2, 3 и 4, приведенные выше, в которых столбец №2 отображает сигнал положения, имеющий значения 1; 1C). Экстрактор параметров состояния 450 может быть выполнен с возможностью обнаружения второго появления второго опорного значения сигнала положения 1; 1C; 100% в указанной временной последовательности выборочных значений сигнала положения $P(i)$, $P(j)$, $P(q)$. Экстрактор параметров состояния 450 также может быть выполнен с возможностью обнаружения появления сигнатуры события $S_p(r)$; S_p в упомянутой временной последовательности выборочных значений сигнала вибрации $Se(i)$, $S(j)$, $S(q)$. Событием может быть удар выступа 310 в нижнюю часть загруженного материала, вызывающий ударную вибрацию, которая может создавать сигнатуру сигнала вибрации, как рассматривается в другом месте в настоящем изобретении. Экстрактор параметров состояния 450 может быть выполнен с возможностью формирования данных, определяющих первое временное отношение $R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$ между

появлением сигнатуры события, и
первым и вторым появлениями.

Как упоминалось выше, система 730 содержит модуль управления 150B, выполненный с возможностью приема данных, определяющих внутреннее состояние мельницы 10 от модуля контроля мельницы 150, 150A. Данные, определяющие внутреннее состояние,

могут включать в себя любую информацию, сформированную или доставленную экстрактором параметров состояния 450, как описано в соответствии с любой из Фиг. 1-25 в настоящем изобретении. Согласно Фиг. 26, модуль управления 150В включает регулятор 740 для управления угловым положением нижней части $FI(r)$, A_{TOE} (см. Фиг. 26 вместе с Фиг. 2) на основе

опорного значения положения нижней части $FI_{REF}(r)$ (см. Фиг. 26), указанного первого временного отношения $R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$ (см. Фиг. 3-26), и значения ошибки положения нижней части $FI_{ERR}(r)$ (см. Фиг. 26).

Значение ошибки положения нижней части ($FI_{ERR}(r)$) зависит от упомянутого опорного значения положения нижней части $FI_{REF}(r)$, и упомянутого первого временного отношения $R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$ (см. Фиг. 3 -26). Опорное значение положения нижней части $FI_{REF}(r)$ можно создать при ручном вводе (не показано на Фиг. 26, но может выполняться так, как рассматривалось, например, по отношению к Фиг. 1 выше).

Как показано на Фиг. 26, указанное значение ошибки положения нижней части ($FI_{ERR}(r)$) может зависеть от разницы между указанным опорным значением положения нижней части $FI_{REF}(r)$ и первым временным отношением $R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$.

Регулятор 740 может быть выполнен с возможностью управления заданным значением скорости подачи твердого материала R_{SSP} в зависимости опорного значения положения нижней части $FI_{REF}(r)$. Скорость подачи твердого материала R_S , рассмотренная в связи с Фиг. 1, зависит от заданного значения скорости подачи твердого материала R_{SSP} (см. Фиг. 26). Как отмечено в связи с Фиг. 1, скорость подачи твердого материала R_S представляет собой количество твердого материала, которое подается на вход 100 указанной барабанной мельницы 10 в единицу времени.

Регулятор также может быть выполнен с возможностью управления заданным значением скорости подачи жидкости R_{LSP} в зависимости от указанного опорного значения положения нижней части $FI_{REF}(r)$. Скорость подачи жидкости R_L может зависеть от указанного заданного значения скорости подачи жидкости R_{LSP} . Как отмечено в связи с Фиг. 1, скорость подачи жидкости R_L может представлять собой количество жидкости, которое подается на вход 130 барабанной мельницы 10 в единицу времени. Первое временное отношение $R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$ указывает на долю расстояния между двумя смежными указанными выступами 310 в корпусе мельницы. Первое временное отношение $R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$ определяет положение нижней части 205, $A_{TOE}(r)$ (см. Фиг. 2 вместе с Фиг. 26).

Сигнатура события может определять ударную силу F_{IMP} , создаваемую, когда выступ 310 на внутренней поверхности 22 вращающегося корпуса 20 взаимодействует с нижней частью 205 загруженного материала 30.

Экстрактор параметров состояния 450 может быть выполнен с возможностью создания упомянутого первого временного отношения $R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$ в виде фазового угла ($FI(r)$).

- 5 Экстрактор параметров состояния 450 может быть выполнен с возможностью создания упомянутой сигнатуры события как значения амплитуды $S_P(r)$; S_P ; $C_L(r)$; $C_L(r)$.

10 Экстрактор параметров состояния 450 может содержать преобразователь Фурье 510 (см Фиг. 15), выполненный с возможностью формирования указанного первого временного отношения $R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$.

15 Как рассматривалось в связи с таблицей 5, экстрактор параметров состояния 450 может быть выполнен с возможностью подсчета общего количества выборок N_B от первого появления до второго появления. Более того, экстрактор параметров состояния 450 может быть выполнен с возможностью подсчета другого количества выборок N_P от первого появления до появления события, и указанный экстрактор параметров состояния 450 может быть выполнен с возможностью создания указанного первого временного отношения $R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$, основанного на указанном другом количестве и указанном общем количестве.

20 Экстрактор параметров состояния 450 может быть выполнен с возможностью подсчета общего количества выборок N_B от первого появления до второго появления, и экстрактор параметров состояния 450 может быть выполнен с возможностью подсчета другого количества выборок N_P от первого появления до появления события. Более того, экстрактор параметров состояния 450 может быть выполнен с возможностью создания указанного первого временного отношения $R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$, основанного на отношении между указанным другим количеством и указанным общим количеством, причем указанное отношение между указанным другим количеством и указанным общим количеством может показывать положение нижней части 205.

30 Ниже приведены различные примеры.

Пример 1 относится к системе 5 для измельчения материала, системе, содержащей:

35 барабанную мельницу, имеющую корпус, который вращается вокруг оси (60) со скоростью вращения (f_{ROT}) для измельчения загруженного материала путем перемешивания материала во вращающемся корпусе; причем упомянутый корпус имеет внутреннюю поверхность, упомянутая внутренняя поверхность корпуса включает, по меньшей мере, один выступ, выполненный с возможностью зацепления с материалом внутри корпуса;

датчик вибрации, выполненный с возможностью формирования аналогового сигнала измерения (S_{EA}), зависящего от механических вибраций (V_{IMP}), возникающих при вращении упомянутого корпуса;

датчик положения, выполненный с возможностью генерирования сигнала положения, определяющего положение при вращении упомянутого вращающегося корпуса;

регистратор сигналов, приспособленный для записи

- временной последовательности выборочных значений измерения ($Se(i)$, $S(j)$) указанного цифрового сигнала данных измерения (S_{MD} , S_{ENV} , S_{MD}), и

- временной последовательности указанных значений сигнала положения ($P(i)$), и

- данных о времени (i , dt , j),

таких что

отдельное значение данных измерения ($S(j)$) связано с данными, указывающими на время появления отдельного значения данных измерения ($S(j)$), таким образом, что

отдельное значение сигнала положения ($P(i)$) связано с данными, указывающими на время появления отдельного значения сигнала положения ($P(i)$);

процессор сигналов, предназначенный для обнаружения появления максимального значения амплитуды в указанной зарегистрированной временной последовательности выборочных значений измерения ($Se(i)$, $S(j)$);

указанный процессор сигналов выполнен с возможностью формирования данных, указывающий на промежуток времени между возникновением указанного значения сигнала положения и возникновением указанного максимального значения амплитуды.

2. Система согласно примеру 1, отличающаяся тем, что

указанный процессор сигналов выполнен с возможностью формирования набора данных о материале, загруженном в корпус, при этом указанный набор данных о материале, загруженном в корпус, указывает на внутреннее состояние материала в упомянутом корпусе; указанный набор данных о материале, загруженном в корпус, содержит указанное максимальное значение амплитуды и указанный промежуток времени.

3. Система согласно любому из предшествующих примеров, отличающаяся тем, что

указанный набор данных о материале, загруженном в корпус, указывает на скорость вращения упомянутого корпуса мельницы.

4. Система согласно любому из предыдущих примеров, отличающаяся тем, что

вращающийся корпус выполнен с возможностью загрузки материала, превышающего 500 кг, при работе барабанной мельницы.

5. Электронная система контроля барабанной мельницы для формирования и отображения информации, относящейся к внутреннему состоянию процесса измельчения в барабанной мельнице (10), имеющей корпус, который вращается вокруг оси (60) со скоростью вращения (f_{ROT}) для измельчения загруженного материала (30) посредством перемешивания загруженного материала во вращающемся корпусе, система контроля барабанной мельницы, содержащая:

экстрактор параметров состояния (450) для формирования первой структуры данных индикатора внутреннего состояния ($550, S_{P1}, T_{D1}$), отображающей указанное внутреннее состояние указанного процесса измельчения; указанная первая структура данных индикатора внутреннего состояния ($550, S_{P1}, T_{D1}$), включающая первое значение индикатора ударной силы (S_{P1}) и первое значение индикатора времени (T_{D1});

указанное первое значение индикатора ударной силы (S_{P1}), отображает ударную силу (F_{IMP}), возникающую, когда выступ на внутренней поверхности вращающегося корпуса взаимодействует с нижней частью загруженного материала, и

указанное первое значение индикатора времени (T_{D1}) указывает на промежуток времени (T_{D1}) между возникновением упомянутой ударной силы (F_{IMP}) и возникновением исходного положения при вращении упомянутого вращающегося корпуса.

6. Система контроля барабанной мельницы согласно примеру 5, отличающаяся тем, что указанный экстрактор параметров состояния (450) дополнительно формирует

вторую структуру данных индикатора внутреннего состояния (S_{P2}, T_{D2}), отображающую указанное внутреннее состояние указанного процесса измельчения; указанная вторая структура данных индикатора внутреннего состояния ($550, S_{P1}, T_{D1}$), включающая второе значение индикатора ударной силы (S_{P2}) и второе значение индикатора времени (T_{D2})

указанное второе значение индикатора ударной силы (S_{P2}) отображает ударную силу (F_{IMP}), возникающую, когда выступ на внутренней поверхности вращающегося корпуса взаимодействует с нижней частью загруженного материала, и

указанное второе значение индикатора времени (T_{D2}), указывает на промежуток времени (T_{D1}) между возникновением упомянутой ударной силы (F_{IMP}) и возникновением исходного положения при вращении упомянутого вращающегося корпуса; причем

указанная первая структура данных индикатора внутреннего состояния (S_{P1} , T_{D1}) отражает указанное внутреннее состояние указанного процесса измельчения в первый момент времени, и

указанная вторая структура данных индикатора внутреннего состояния (S_{P2} , T_{D2}) отражает указанное внутреннее состояние указанного процесса измельчения во второй момент времени.

7. Система контроля барабанной мельницы согласно примеру 6, отличающаяся тем, что указанная первая структура данных индикатора внутреннего состояния (S_{P1} , T_{D1}) в сочетании с указанной второй структурой данных индикатора внутреннего состояния (S_{P2} , T_{D2}) показывает временную прогрессию указанного внутреннего состояния указанного процесса измельчения.

8. Система контроля барабанной мельницы согласно любому из предшествующих примеров, отличающаяся тем, что

указанный экстрактор параметров состояния (450) включает детектор скорости корпуса (500), выполненный с возможностью генерирования значения, показывающего скорость вращения корпуса барабанной мельницы ($f_{ROT}(j)$), на основе цифрового сигнала положения ($P(i)$), при этом указанный детектор скорости корпуса (500) выполнен с возможностью сопоставления указанного значения, показывающего скорость вращения корпуса барабанной мельницы ($f_{ROT}(i)$), с моментом времени (i).

9. Система контроля барабанной мельницы согласно любому из предшествующих примеров, отличающаяся тем, что

указанный детектор скорости корпуса (500) выполнен с возможностью сопоставления указанного первого значения индикатора ударной силы (S_{P1} ; $S(i)$) с указанным значением, показывающим скорость вращения корпуса барабанной мельницы ($f_{ROT}(j)$).

10. Система контроля барабанной мельницы согласно любому из предшествующих примеров, отличающаяся тем, что

указанный экстрактор параметров состояния (450) выполнен с возможностью сохранения синхронизированного временного отношения между

указанным первым значением индикатора ударной силы (S_{P1} ; $S(i)$; $S(j)$) и указанным значением, показывающим скорость вращения корпуса барабанной мельницы ($f_{ROT}(i)$; $f_{ROT}(j)$).

11. В электронной системе контроля барабанной мельницы для формирования и отображения информации, относящейся к процессу измельчения в барабанной

мельнице, имеющей корпус, который вращается вокруг оси (60) со скоростью вращения (F_{ROT}) для измельчения загруженного материала (30) посредством перемешивания загруженного материала во вращающемся корпусе; причем упомянутый корпус имеет внутреннюю поверхность, упомянутая внутренняя поверхность корпуса включает в себя, по меньшей мере, один выступ, выполненный с возможностью зацепления с материалом при вращении корпуса вокруг оси (60),

выполняемый компьютером способ представления на экране внутреннего состояния указанного процесса измельчения в указанной барабанной мельнице, способ, включающий:

отображение на указанном экране

полярной системы координат, указанная полярная система координат включает

точку отсчета (O), и

направление отсчета (0,360); и

первый объект индикатора внутреннего состояния (S_{P1} , T_{D1}), отражающий указанное внутреннее состояние указанного процесса измельчения, на первом радиусе (S_{P1}) от указанной точки отсчета (O) и под первым полярным углом (T_{D1}) по отношению к указанному направлению отсчета (0,360),

указанный первый радиус (S_{P1}) характеризует ударную силу (F_{IMP}), создаваемую, когда выступ на внутренней поверхности вращающегося корпуса взаимодействует с загруженным материалом, и

указанный первый полярный угол (T_{D1}) характеризует промежуток времени (T_{D1}) между возникновением упомянутой ударной силы (F_{IMP}) и возникновением исходного положения при вращении упомянутого вращающегося корпуса.

12. Способ согласно примеру 11, отличающийся тем, что способ дополнительно содержит

отображение на указанном экране

второй объект индикатора внутреннего состояния (S_{P2} , T_{D2}) на втором радиусе (S_{P2}) от указанной точки отсчета (O) и под вторым полярным углом (T_{D1}) по отношению к указанному направлению отсчета (0,360),

указанный второй радиус (S_{P2}) характеризует ударную силу (S_P ; F_{IMP}), создаваемую, когда выступ на внутренней поверхности вращающегося корпуса взаимодействует с загруженным материалом, и

указанный второй полярный угол (T_{D1}) характеризует промежуток времени (T_{D1}) между возникновением упомянутой ударной силы (F_{IMP}) и возникновением исходного положения при вращении упомянутого вращающегося корпуса; причем

указанный первый объект индикатора внутреннего состояния (S_{PI} , T_{DI}) показывает указанное внутреннее состояние указанного процесса измельчения в первый момент времени, и

указанный второй объект индикатора внутреннего состояния (S_{PI} , T_{DI}) показывает указанное внутреннее состояние указанного процесса измельчения во второй момент времени.

13. Способ согласно примеру 12, в котором одновременное отображение на указанном экране указанной первой точки внутреннего состояния (S_{PI} , T_{DI}) и указанной второй точки внутреннего состояния (S_{PI} , T_{DI}) представляет временную прогрессию указанного внутреннего состояния указанного процесса измельчения.

14. Электронная система контроля барабанной мельницы для формирования и отображения информации, относящейся к внутреннему состоянию процесса измельчения в барабанной мельнице (10), имеющей корпус, который вращается вокруг оси (60) со скоростью вращения (f_{ROT}) для измельчения загруженного материала (30) посредством перемешивания загруженного материала во вращающемся корпусе, система контроля барабанной мельницы, содержащая:

экстрактор параметров состояния (450) для формирования

первой структуры данных индикатора внутреннего состояния (550, S_{PI} , T_{DI}), отображающей указанное внутреннее состояние указанного процесса измельчения; указанная первая структура данных индикатора внутреннего состояния (550, S_{PI} , T_{DI}), включающая первое значение индикатора ударной силы (S_{PI}) и первое значение индикатора времени (P ; T_{DI});

указанное первое значение индикатора силы удара (S_{PI}) отображает ударную силу (F_{IMP}), возникающую, когда выступ на внутренней поверхности вращающегося корпуса взаимодействует с нижней частью загруженного материала, и

указанное первое значение индикатора времени (T_{DI}) указывает на промежуток времени (T_{DI}) между возникновением упомянутой ударной силы (F_{IMP}) и возникновением исходного положения при вращении упомянутого вращающегося корпуса; причем

указанный экстрактор параметров состояния (450) включает

детектор скорости корпуса (500), выполненный с возможностью генерирования значения, показывающего скорость вращения корпуса барабанной мельницы ($f_{ROT}(j)$) на основе цифрового сигнала положения ($P(i)$), при этом указанный детектор скорости корпуса (500) выполнен с возможностью сопоставления указанного значения, показывающего скорость вращения корпуса барабанной мельницы ($f_{ROT}(i)$) с моментом времени (i).

15. Система контроля барабанной мельницы согласно любому из предшествующих примеров, отличающаяся тем, что

указанный детектор скорости корпуса (500) выполнен с возможностью сопоставления указанного первого значения индикатора силы удара (S_{PI} ; $S(j)$) с указанным значением, показывающим скорость вращения корпуса барабанной мельницы ($f_{ROT}(j)$) так, что указанное значение скорости вращения ($f_{ROT}(j)$) указывает на указанную скорость вращения корпуса барабанной мельницы ($f_{ROT}(j)$) в момент времени (j) возникновения указанной ударной силы (F_{IMP}).

16. Система контроля барабанной мельницы согласно любому из предшествующих примеров, отличающаяся тем, что

указанный экстрактор параметров состояния (450) выполнен с возможностью формирования

временной прогрессии значений сигнала вибрации ($S(i)$) и временной прогрессии сигналов исходного положения при вращении;

указанный экстрактор параметров состояния (450) дополнительно содержит

компенсационный дециматор изменения скорости (470); дециматор (470) предназначен для прореживания временной прогрессии значений сигнала вибрации ($S(i)$; S_{MD}) на основе значения скорости ($f_{ROT}(j)$), чтобы генерировать прореженный сигнал вибрации (S_{MDR}), содержащий прореженную временную последовательность значений сигнала вибрации ($R(q)$; $Sp(r)$).

17. Система контроля барабанной мельницы согласно любому из предшествующих примеров, отличающаяся тем, что указанный экстрактор параметров состояния (450) дополнительно содержит

быстродействующий преобразователь Фурье (510) выполнен с возможностью формирования указанного первого значения индикатора ударной силы (S_{PI}) и указанного первого значения индикатора времени (T_{DI}) на основе указанного прореженного сигнала вибрации (S_{MDR}).

18. Система согласно любому из предшествующих примеров, отличающаяся тем, что

указанный материал включает в себя куски указанного материала, причем указанные куски материала содержат минерал.

19. Система согласно любому из предшествующих примеров, отличающаяся тем, что указанная барабанная мельница (10) предназначена для сухого измельчения.

20. Система согласно любому из предшествующих примеров, отличающаяся тем, что упомянутая барабанная мельница (10) предназначена для сухого измельчения частиц твердого вещества в порошок, включающий цемент.

21. Способ получения информации о внутреннем состоянии барабанной мельницы (10), имеющей корпус (20), который вращается вокруг оси (60) со скоростью вращения (f_{ROT}) для измельчения загруженного материала (30) путем перемешивания материала во вращающемся корпусе; упомянутый корпус (20), имеющий внутреннюю поверхность (22), включающую первое количество (L) выступов (310), выполненных с возможностью захвата материала при вращении корпуса (20) вокруг оси (60), способ, включающий

формирование сигнала положения ($E, P, P(i), P(j), P(q)$), показывающего положение при вращении упомянутого вращающегося корпуса (20), указанный сигнал положения включает **временную последовательность выборочных значений сигнала положения ($P(i), P(j), P(q)$)**;

обнаружение первого появления **первого опорного значения сигнала положения ($1; 1C, 0\%$)** в указанной временной последовательности выборочных значений сигнала положения ($P(i), P(j), P(q)$);

обнаружение второго появления **второго опорного значения сигнала положения ($1; 1C; 100\%$)** в указанной временной последовательности выборочных значений сигнала положения ($P(i), P(j), P(q)$);

формирование сигнала вибрации ($S_{EA}, Se(i), S(j), S(q)$), зависящего от механических вибраций (V_{IMP}), возникающих при вращении указанного корпуса, указанный сигнал вибрации ($S_{EA}, Se(i), S(j), S(q)$) включает **временную последовательность выборочных значений вибрации ($Se(i), S(j), S(q)$)**;

обнаружение третьего появления **сигнатуры события ($S_p(r); Sp$)** в указанной временной последовательности выборочных значений сигнала вибрации ($Se(i), S(j), S(q)$);

формирование данных, указывающих на **первое временное отношение ($R_T(r); T_D; FI(r)$)** между

указанным третьим появлением, т.е. появлением указанной сигнатуры события, и

указанными первым и вторым появлениями.

22. Способ согласно любому из предшествующих примеров, **отличающийся тем, что:** указанное первое временное отношение ($R_T(r); T_D; FI(r)$) указывает на долю расстояния между двумя смежными указанными выступами (310).

23. Способ согласно любому из предшествующих примеров, **отличающийся тем, что:** **указанное первое** временное отношение ($R_T(r); T_D; FI(r)$) указывает на относительное положение нижней части (205).

24. Способ согласно любому из предшествующих примеров, **отличающийся тем, что:**

указанная сигнатура события указывает на ударную силу (F_{IMP}), возникающую, когда выступ (310) на внутренней поверхности (22) вращающегося корпуса (20) взаимодействует с нижней частью (205) загруженного материала (30).

- 5 25. Способ согласно любому из предшествующих примеров, дополнительно включающий:

формирование указанного первого временного отношения ($R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$) в виде фазового угла ($FI(r)$).

- 10 26. Способ согласно любому из предшествующих примеров, дополнительно включающий:

формирование указанной сигнатуры события в виде значения амплитуды ($S_p(r)$; S_p ; $C_1(r)$; $C_1(r)$).

- 15 27. Способ согласно любому из предшествующих примеров, **отличающийся тем, что:**
указанное первое временное отношение ($R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$) генерируется преобразованием Фурье.

- 20 28. Способ согласно любому из предшествующих примеров, дополнительно включающий:

подсчет общего количества выборок (N_B) от первого появления до второго появления, и

подсчет другого количества выборок (N_P) от первого появления до третьего появления, и

- 25 составление упомянутого первого временного отношения ($R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$) на основе указанного другого количества и указанного общего количества.

29. Способ согласно любому из предшествующих примеров, дополнительно включающий:

- 30 подсчет общего количества выборок (N_B) от первого появления до второго появления, и
подсчет другого количества выборок (N_P) от первого появления до третьего появления, и

- составление упомянутого первого временного отношения ($R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$) на основе соотношения между указанным другим количеством и указанным общим количеством.
- 35

30. Способ согласно примеру 29, **отличающийся тем, что:**

указанное соотношение между указанным другим количеством и указанным общим количеством показывает относительное положение нижней части (205).

40

31. Способ согласно примеру 29 или 30, **отличающийся тем, что:**

указанное соотношение между указанным другим количеством и указанным общим количеством показывает положение нижней части (205) указанного загруженного материала (30), выраженное как часть расстояния между двумя из указанных выступов (310), причем указанные два выступа (310А, 310В) являются взаимно смежными на указанной внутренней поверхности корпуса (22).

32. Способ согласно любому из предшествующих примеров, дополнительно включающий:

формирование указанного **опорного значения сигнала положения** (1; 1С, 0%), по меньшей мере один, раз за оборот указанного вращающегося корпуса (20).

33. Способ согласно примеру 32, дополнительно включающий:

формирование указанного **опорного значения сигнала положения** (1; 1С, 0%) второе число раз за оборот указанного вращающегося корпуса (20); указанное второе число равно указанному первому числу (L).

34. Способ согласно примеру 32, дополнительно включающий:

формирование указанного **опорного значения сигнала положения** (1; 1С, 0%) второе число раз за оборот указанного вращающегося корпуса (20); указанное второе число меньше указанного первого числа (L).

35. Способ согласно любому из предшествующих примеров, дополнительно включающий:

формирование указанного **опорного значения сигнала положения** (PS; 1; 1С, 0%) на основе обнаружения метки положения (180) при вращении, причем вращение указанной метки положения (180) указывает на вращение указанного вращающегося корпуса (20).

36. Способ согласно примеру 32, отличающийся тем, что

указанное **опорное значение сигнала положения** (1; 1С, 0%), генерируемое, по меньшей мере, один раз за оборот указанного вращающегося корпуса (20), основано на обнаружении метки положения (180) при вращении, причем вращение указанной метки положения (180) означает вращение упомянутого вращающегося корпуса. (20).

37. Способ согласно примеру 36, отличающийся тем, что

по меньшей мере, один из

указанного **первого опорного значения сигнала положения** (1; 1С, 0%)

и

указанного второго опорного значения сигнала положения (1; 1С; 100%) создается путем вычисления на основе указанного первого числа (L).

38. Способ согласно примеру 36, отличающийся тем, что

по меньшей мере, один из

указанного первого опорного значения сигнала положения (1; 1С, 0%)

и

указанного второго опорного значения сигнала положения (1; 1С;

100%) создается в угловом положении; причем полный оборот указанного

корпуса виртуально или математически разделен на третье число взаимно равных частей.

39. Способ согласно примеру 38, отличающийся тем, что

указанное третье число равно указанному первому числу; причем указанные взаимно равные части соответствуют первому числу равных расстояний между указанными выступами (310).

40. Способ согласно любому из предшествующих примеров, **отличающийся тем, что:**

указанные выступы по существу равноудалены друг от друга.

41. Способ согласно любому из предшествующих примеров, дополнительно включающий:

запись указанной временной последовательности выборочных значений вибрации ($S_e(i)$, $S(j)$, $S(q)$);

обнаружение появления **указанной сигнатуры события** в указанной записанной временной последовательности выборочных значений вибрации ($S_e(i)$, $S(j)$, $S(q)$).

42. Способ согласно любому из предшествующих примеров, отличающийся тем, что:

указанная сигнатура события является максимальным значением амплитуды.

43. Способ согласно любому из предшествующих примеров, дополнительно включающий:

сопоставление отдельного выборочного значения вибрации ($S_e(i)$, $S(j)$, $S(q)$) с отдельным выборочным значением сигнала положения ($P(i)$, $P(j)$, $P(q)$).

44. Способ согласно любому из предшествующих примеров, дополнительно включающий:

формирование данных, представляющих мгновенное значение скорости вращения на основе второго временного отношения ($R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$) между

указанное первое появление указанного первого опорного значения сигнала положения (1; 1C, 0%) и указанное второе появление указанного второго опорного значения сигнала положения (1; 1C; 100%);
указанное мгновенное значение скорости вращения (f_{ROT}) показывающее
указанную скорость вращения (f_{ROT}).

45. Способ согласно любому из предшествующих примеров, дополнительно включающий:

регистрацию в запоминающем устройстве указанной временной последовательности выборочных значений сигнала положения ($P(i)$, $P(j)$, $P(q)$); и
регистрацию в упомянутом запоминающем устройстве указанной временной последовательности выборочных значений сигнала вибрации ($Se(i)$, $S(j)$, $S(q)$); причем
указанный этап **обнаружения** появления **опорного значения сигнала положения** (1; 1C) включает в себя

обнаружение появления **указанного опорного значения сигнала положения** (1; 1C) в **указанной зарегистрированной временной последовательности** выборочных значений сигнала положения ($P(i)$, $P(j)$, $P(q)$).

46. Способ согласно любому из предшествующих примеров, **отличающийся тем, что:**

указанное первое временное отношение ($R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$) указывает на первое внутреннее состояние указанной барабанной мельницы.

47. Способ согласно любому из предшествующих примеров, **отличающийся тем, что:**

указанное первое временное отношение ($R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$) определяет первое внутреннее состояние указанной барабанной мельницы.

48. Способ согласно любому из предшествующих примеров или согласно примеру 39, **дополнительно включающий:**

формирование данных, указывающих на абсолютное значение положения нижней части, на основе указанного значения относительно положения нижней части.

49. Способ согласно любому из предшествующих примеров, **отличающийся тем, что:**

указанная сигнатура события является максимальным значением амплитуды.

50. Способ согласно любому из предшествующих примеров, **отличающийся тем, что:**

указанная скорость вращения (f_{ROT}) является переменной скоростью вращения (f_{ROT}).

51. Система для измельчения материала, система, содержащая:

барабанную мельницу, имеющую корпус, который вращается вокруг оси (60) со скоростью вращения (f_{ROT}) для измельчения материала посредством перемешивания загруженного материала во вращающемся корпусе; причем упомянутый корпус имеет внутреннюю поверхность, указанная внутренняя поверхность корпуса включает **первое количество выступов**, выполненных с возможностью зацепления с материалом внутри корпуса, указанные выступы расположены на равных расстояниях друг от друга на указанной внутренней поверхности корпуса; указанное первое количество равно как минимум двум;

датчик вибрации, выполненный с возможностью формирования аналогового сигнала измерения (S_{EA}), зависящего от механических вибраций (V_{IMP}), возникающих при вращении указанного корпуса;

датчик положения, выполненный с возможностью формирования сигнала положения, указывающего на положение при вращении вышеуказанного вращающегося корпуса;

регистратор сигналов, приспособленный для записи

- временной последовательности выборочных значений измерения ($S_{\text{e}}(i)$, $S(j)$) указанного цифрового сигнала данных измерения (S_{MD} , S_{ENV} , S_{MD}), и
- временной последовательности указанных значений сигнала положения ($P(i)$), и
- данных о времени (i , dt , j)

таких что

отдельное значение данных измерения ($S(j)$) связано с данными, указывающими на время появления отдельного значения данных измерения ($S(j)$), и таким образом, что

отдельное значение сигнала положения ($P(i)$) связано с данными, указывающими время появления отдельного значения сигнала положения ($P(i)$);

процессор сигналов, предназначенный для обнаружения появления максимального значения амплитуды в указанной зарегистрированной временной последовательности выборочных значений измерения ($S_{\text{e}}(i)$, $S(j)$);

указанный процессор сигналов выполнен с возможностью формирования второго числа опорных сигналов положения за оборот указанного корпуса, указанное второе число опорных сигналов положения формируется на равных угловых расстояниях на основе указанного сигнала положения; указанное второе число равно указанному первому числу; и

данных, указывающих на промежуток времени между возникновением указанного опорного значения сигнала положения и возникновением указанного максимального значения амплитуды.

Формула изобретения

1. Система контроля внутреннего состояния барабанной мельницы (10), имеющей корпус (20), который вращается вокруг оси (60) со скоростью вращения (f_{ROT}) для
5 измельчения загруженного материала (30) путем перемешивания материала во вращающемся корпусе; упомянутый корпус (20), имеющий внутреннюю поверхность (22), включающую первое количество (L) выступов (310), выполненных с возможностью захвата материала при вращении корпуса (20) вокруг оси (60), система, содержащая

10 устройство (170, 180) для формирования сигнала положения (E_p , $P(i)$, $P(j)$, $P(q)$), указывающего на положение при вращении указанного вращающегося корпуса (20), указанный сигнал положения, включающий временную последовательность выборочных значений сигнала положения ($P(i)$, $P(j)$, $P(q)$);

15 датчик (70, 70_{IN} , 70_{OUT} , 330), выполненный с возможностью формирования сигнала вибрации (S_{EA} , S_{MD} , $Se(i)$, $S(j)$, $S(q)$), зависящего от механических вибраций (V_{IMP}), возникающих при вращении указанного корпуса, указанный сигнал вибрации (S_{EA} , $Se(i)$, $S(j)$, $S(q)$), включающий временную последовательность выборочных значений сигнала вибрации ($Se(i)$, $S(j)$, $S(q)$);

20 экстрактор параметров состояния (450), выполненный с возможностью обнаружения первого появления первого опорного значения сигнала положения (1; 1С, 0%) в указанной временной последовательности выборочных значений сигнала положения ($P(i)$, $P(j)$, $P(q)$);

25 указанный экстрактор параметров состояния (450) выполнен с возможностью обнаружения второго появления второго опорного значения сигнала положения (1; 1С; 100%) в указанной временной последовательности выборочных значений сигнала положения ($P(i)$, $P(j)$, $P(q)$);

указанный экстрактор параметров состояния (450) выполнен с возможностью обнаружения третьего появления сигнатуры события ($S_p(r)$; S_p) в указанной временной последовательности выборочных значений сигнала вибрации ($Se(i)$, $S(j)$, $S(q)$);

30 указанный экстрактор параметров состояния (450) выполнен с возможностью формирования данных, показывающих первое временное отношение ($R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$) между

указанным третьим появлением, т.е. появлением указанной сигнатуры события, и

35 указанными первым и вторым появлениями; и

регулятор для управления угловым положением нижней части ($FI(r)$, A_{TOE}) на основе

исходного значения положения нижней части ($FI_{\text{REF}}(r)$),

указанного первого временного отношения ($R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$), и

40 значения ошибки положения нижней части ($FI_{\text{ERR}}(r)$), причем

указанное значение ошибки положения нижней части ($FI_{ERR}(r)$) зависит от
указанного исходного значения положения нижней части ($FI_{REF}(r)$), и
указанного первого временного отношения ($R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$).

- 5 2. Система по п. 1, отличающаяся тем, что
указанное значение ошибки положения нижней части ($FI_{ERR}(r)$) зависит от
разницы между
указанным исходным значением положения нижней части ($FI_{REF}(r)$), и
указанным первым временным отношением ($R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$).

10

3. Система по п. 1 или 2, отличающаяся тем, что
указанный регулятор предназначен для управления заданным значением
скорости подачи твердого материала (R_{SSP}) в зависимости от указанного исходного
значения положения нижней части ($FI_{REF}(r)$), причем
15 скорость подачи твердого материала (R_S) зависит от заданного значения
скорости подачи твердого материала (R_{SSP}), указанная скорость подачи твердого
материала (R_S) представляет собой количество твердого материала, которое подается на
вход (100) указанной барабанной мельницы (10) в единицу времени.

20

4. Система по п. 1 или 2, отличающаяся тем, что
указанный регулятор выполнен с возможностью управления заданным
значением скорости подачи жидкости (R_{LSP}) в зависимости от указанного исходного
значения положения нижней части ($FI_{REF}(r)$), и причем
скорость подачи жидкости (R_L) зависит от указанного заданного значения
25 скорости подачи жидкости (R_{LSP}), указанная скорость подачи жидкости (R_L)
представляет собой количество жидкости, которое подается на вход (130) указанной
барабанной мельницы (10) в единицу времени.

30

5. Система по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что
указанное первое временное отношение ($R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$) указывает на долю
расстояния между двумя смежными указанными выступами (310).

35

6. Система по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что
указанное первое временное отношение ($R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$) указывает на положение
нижней части (205, $A_{TOE}(r)$).

40

7. Система по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что
указанная сигнатура события указывает на ударную силу (F_{IMP}), возникающую,
когда выступ (310) на внутренней поверхности (22) вращающегося корпуса (20)
взаимодействует с нижней частью (205) загруженного материала (30).

8. Система по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что
указанный экстрактор параметров состояния (450) выполнен с возможностью
формирования указанного первого временного отношения ($R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$) в виде
5 фазового угла ($FI(r)$).

9. Система по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что
указанный экстрактор параметров состояния (450) выполнен с возможностью
формирования указанной сигнатуры события в виде значения амплитуды ($S_P(r)$; S_P ;
10 $C_L(r)$; $C_L(r)$).

10. Система по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что
указанный экстрактор параметров состояния (450) содержит преобразователь
Фурье, выполненный с возможностью формирования указанного первого временного
15 отношения ($R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$).

11. Система по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что
указанный экстрактор параметров состояния (450) выполнен с возможностью
подсчета общего количества выборок (N_B) от первого появления до второго появления,
20 и

указанный экстрактор параметров состояния (450) выполнен с возможностью
подсчета другого количества выборок (N_P) от первого появления до третьего
появления, и

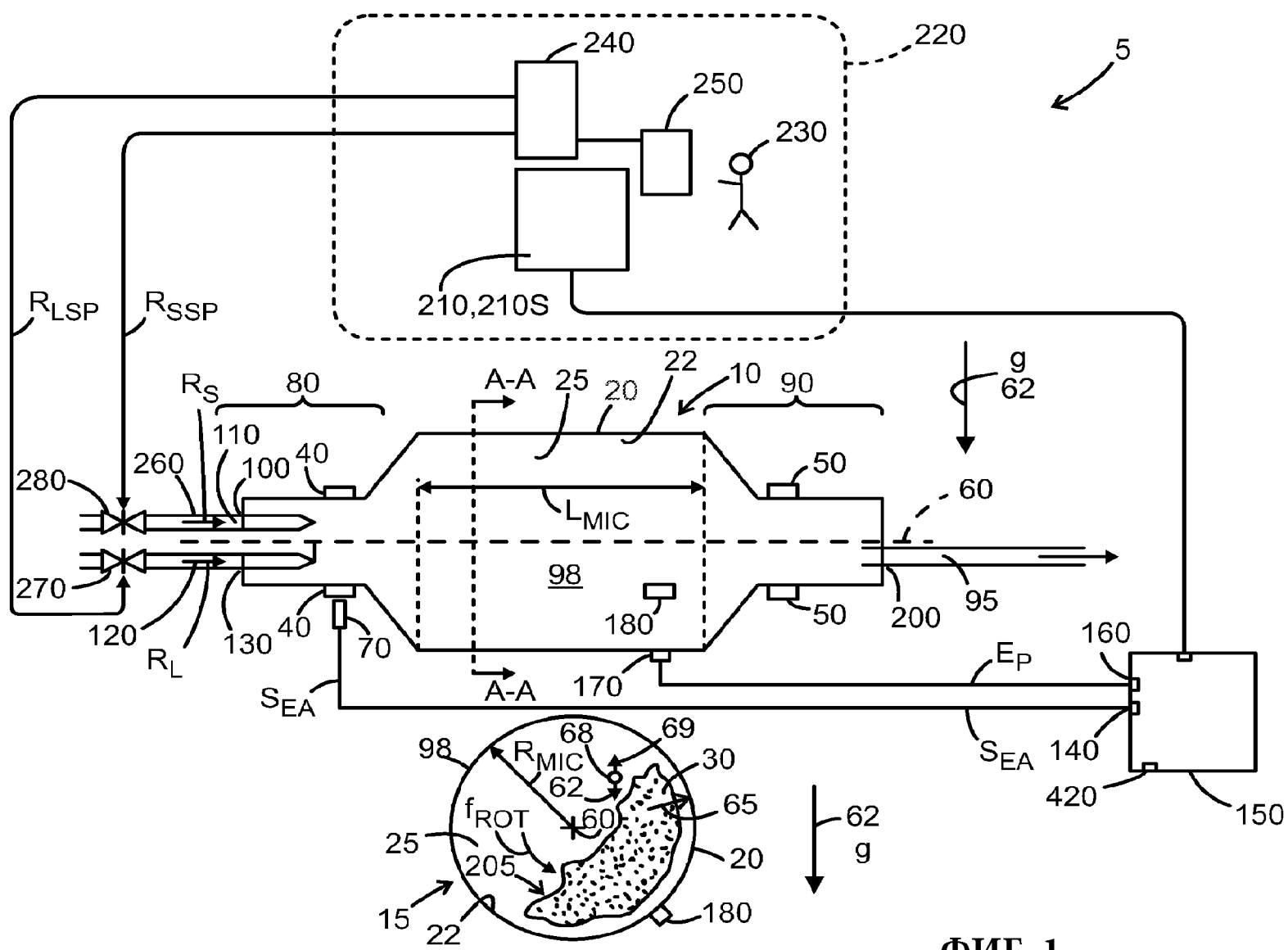
указанный экстрактор параметров состояния (450) выполнен с возможностью
25 формирования указанного первого временного отношения ($R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$),
основанного на указанном другом количестве и указанном общем количестве.

12. Система по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что
указанный экстрактор параметров состояния (450) выполнен с возможностью
30 подсчета общего количества выборок (N_B) от первого появления до второго появления,
и

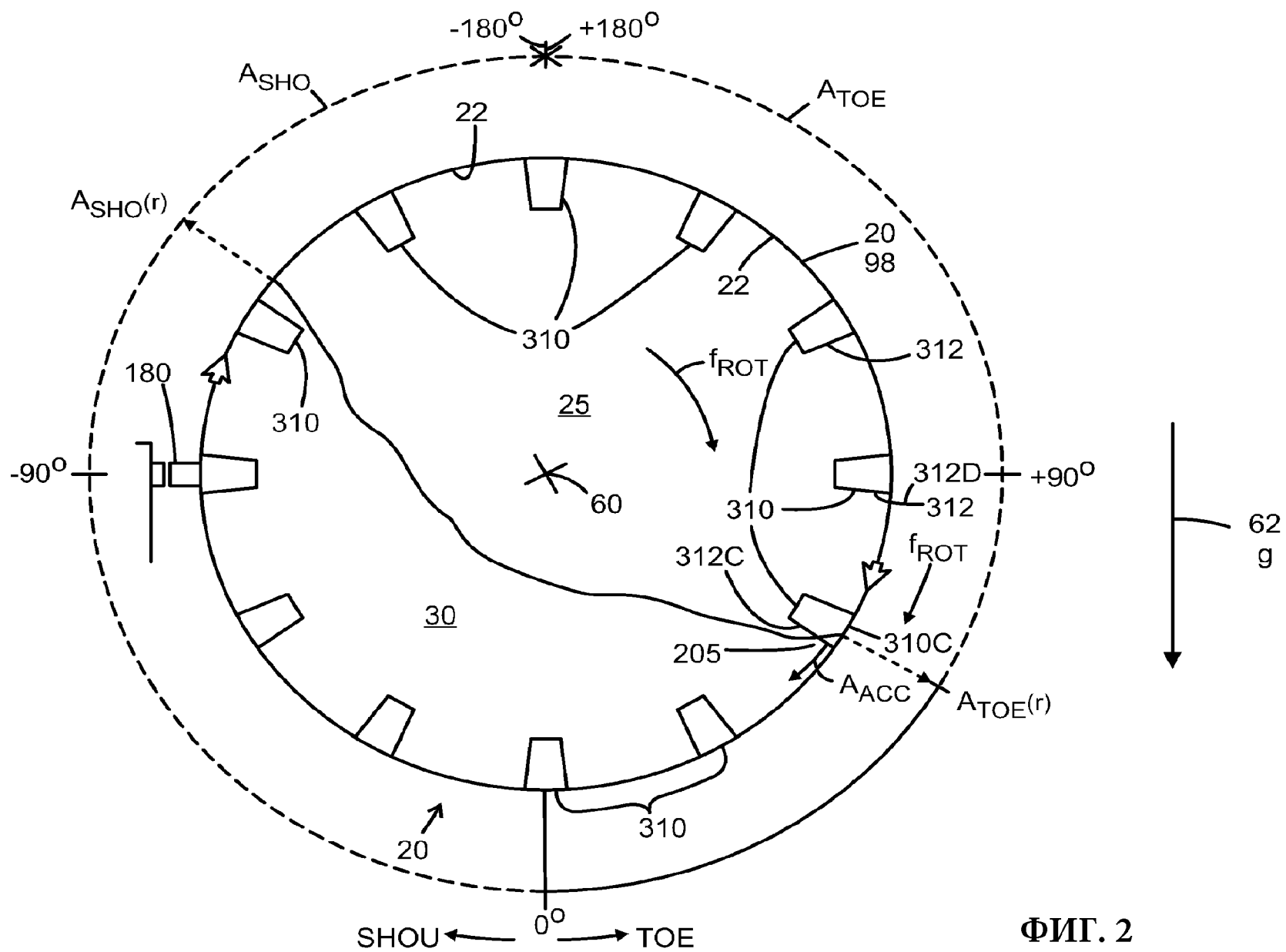
указанный экстрактор параметров состояния (450) выполнен с возможностью
подсчета другого количества выборок (N_P) от первого появления до третьего
появления, и

указанный экстрактор параметров состояния (450) выполнен с возможностью
35 формирования указанного первого временного отношения ($R_T(r)$; T_D ; $FI(r)$),
основанного на соотношении между указанным другим количеством и указанным
общим количеством, причем:

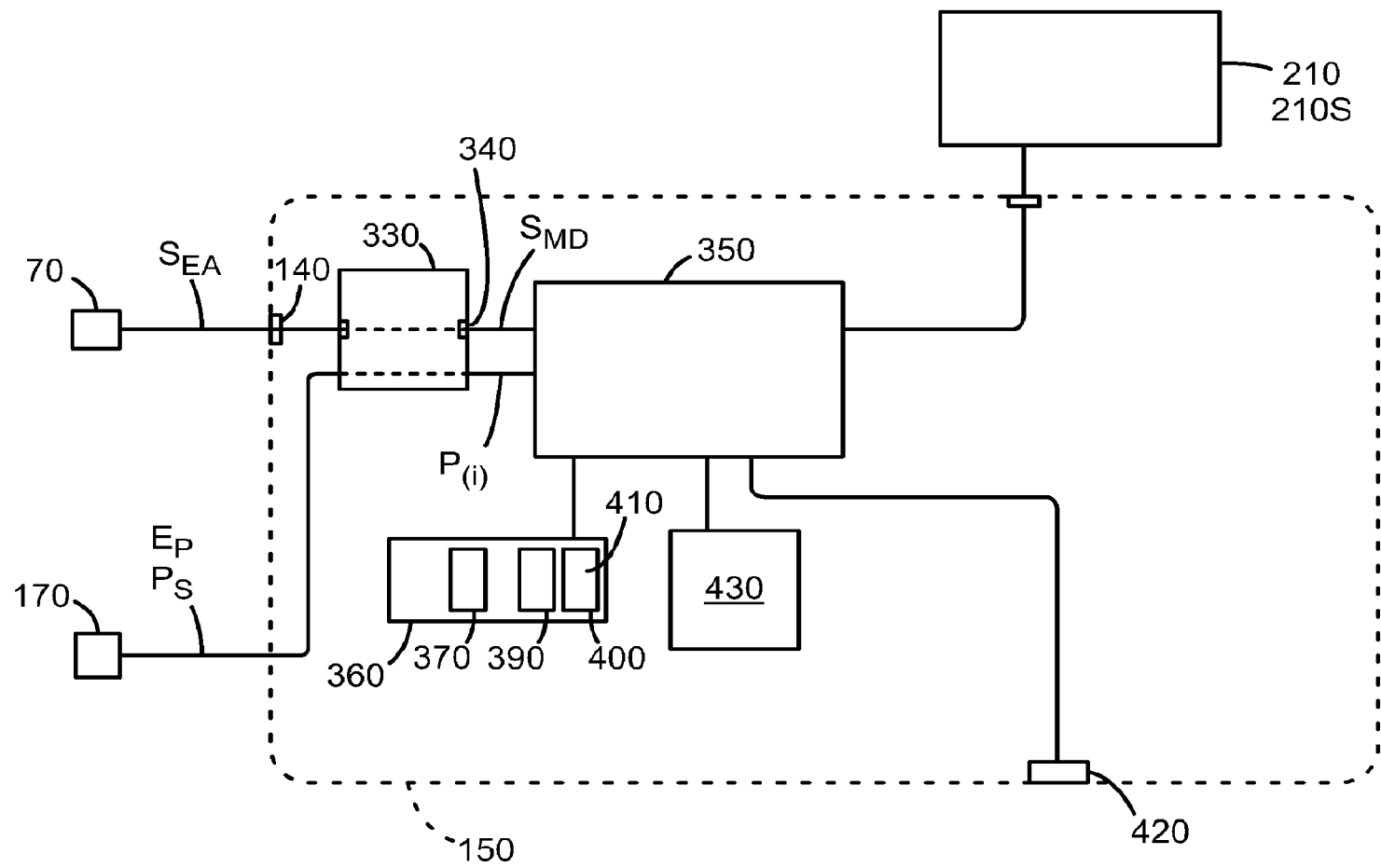
указанное соотношение между указанным другим количеством и указанным
40 общим количеством показывает положение нижней части (205).



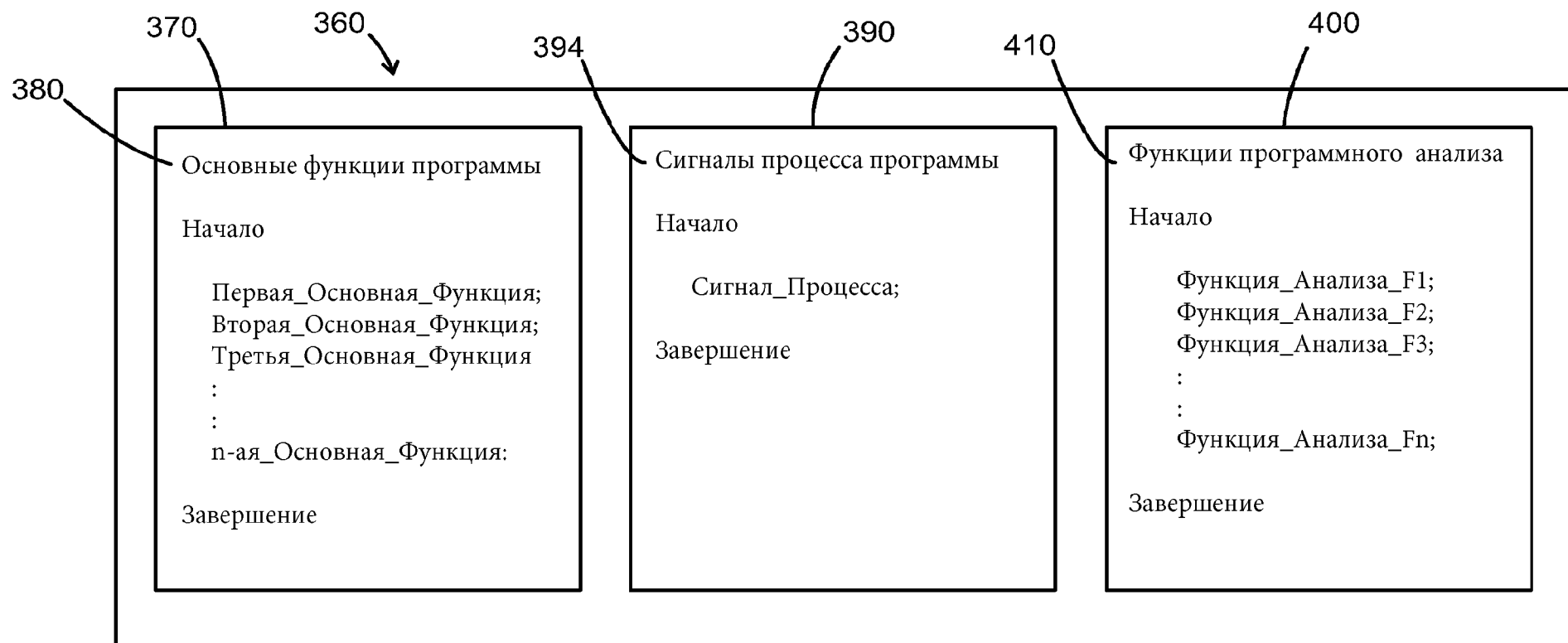
ФИГ. 1



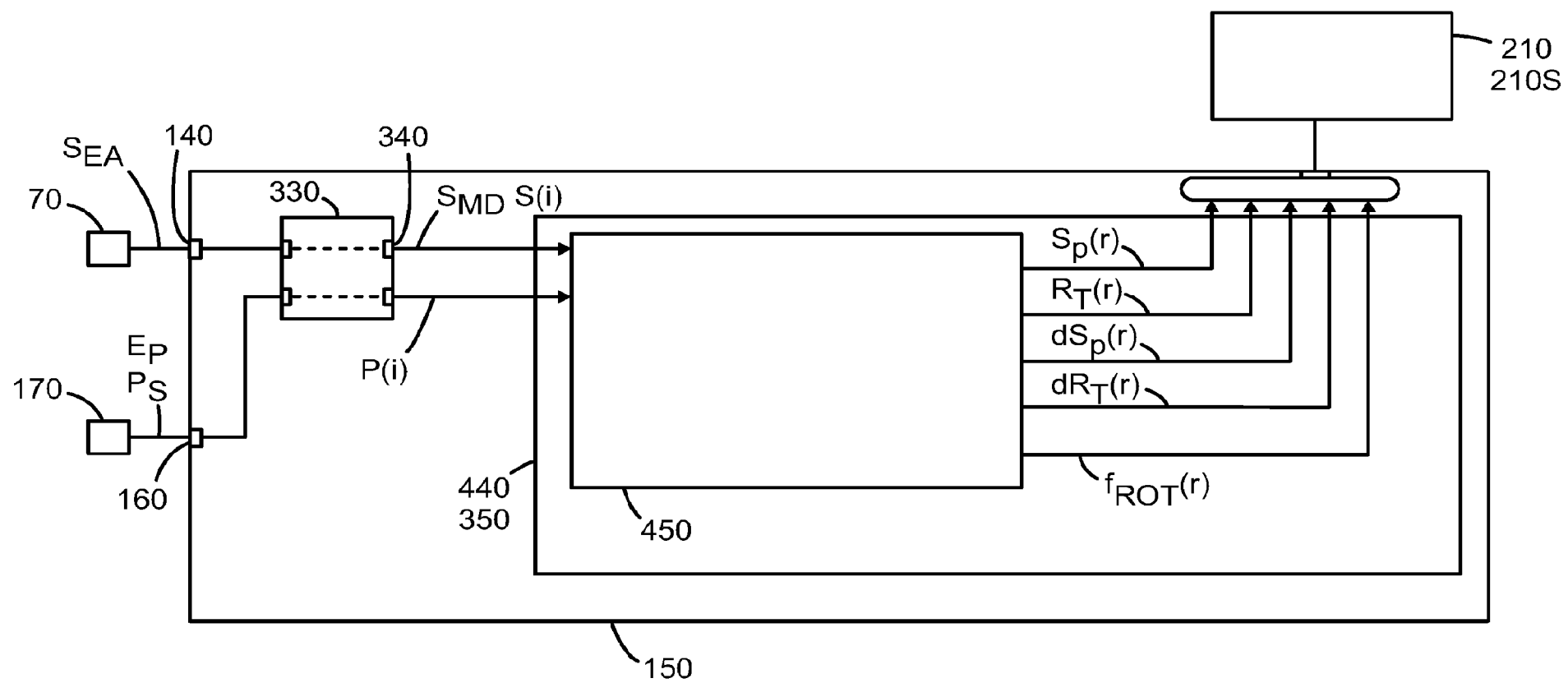
ФИГ. 2



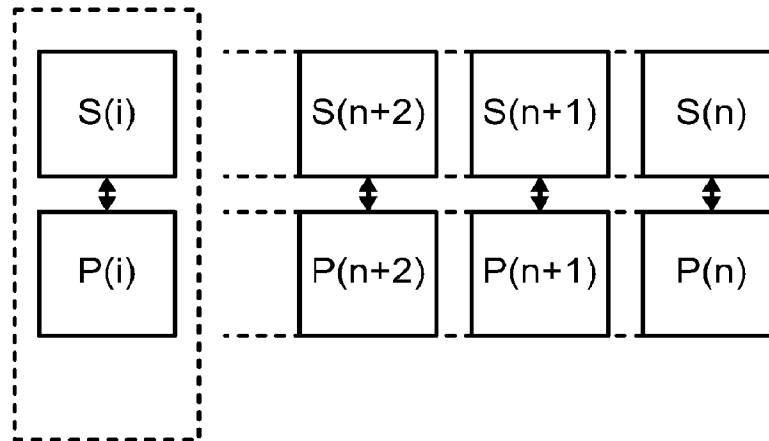
ФИГ. 3



ФИГ. 4

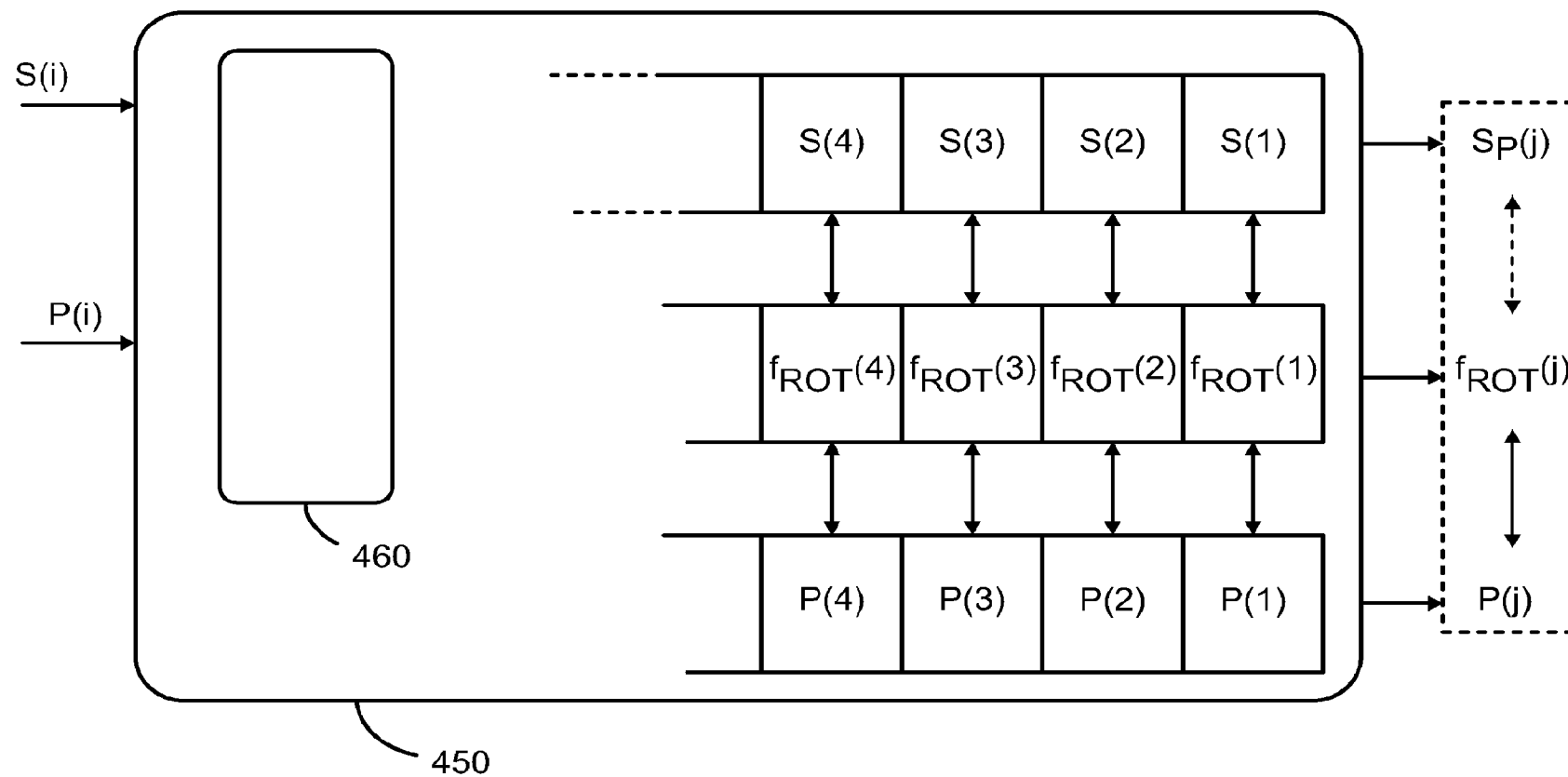


ФИГ. 5

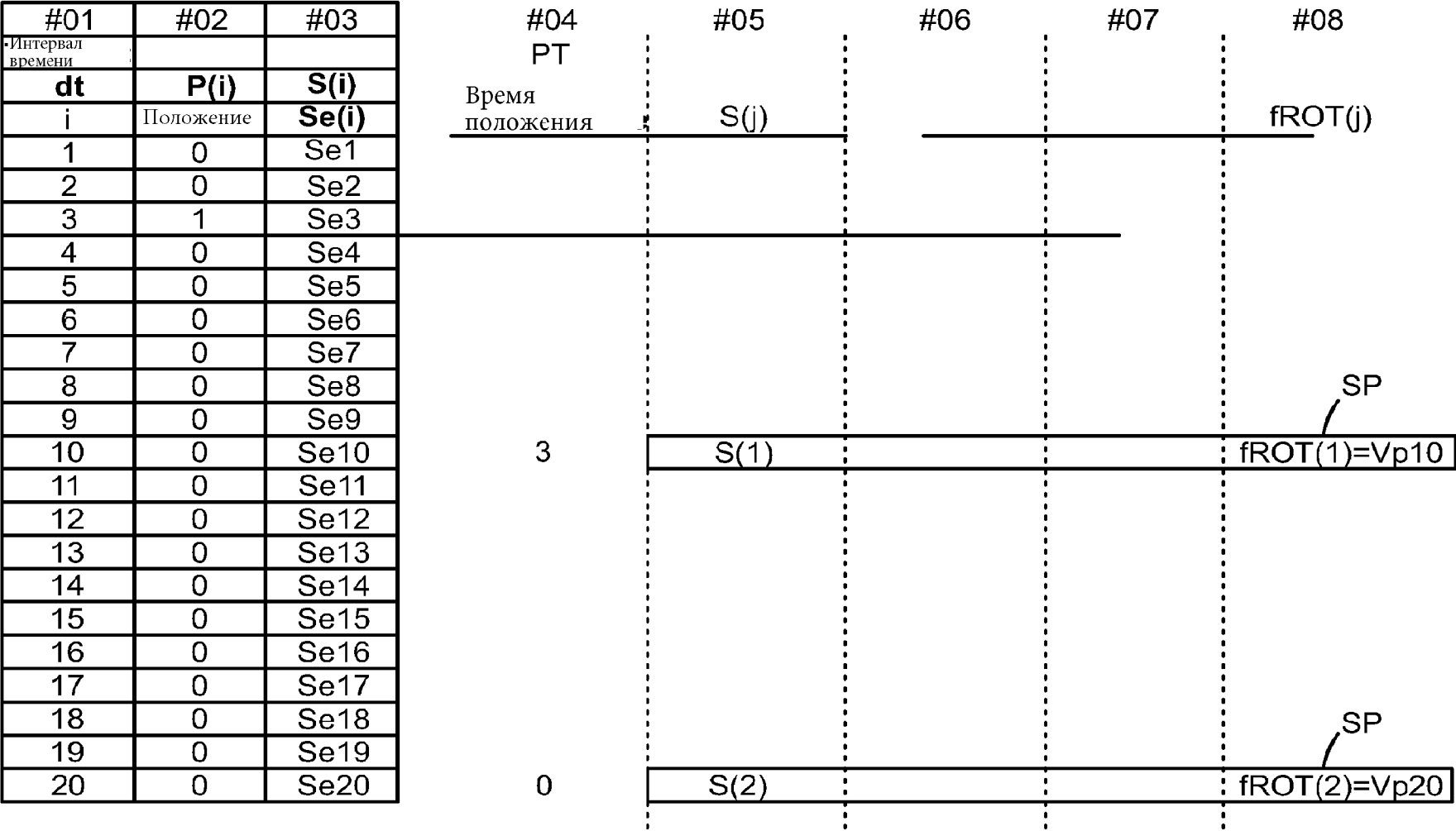


ФИГ. 6А

ФИГ. 6В

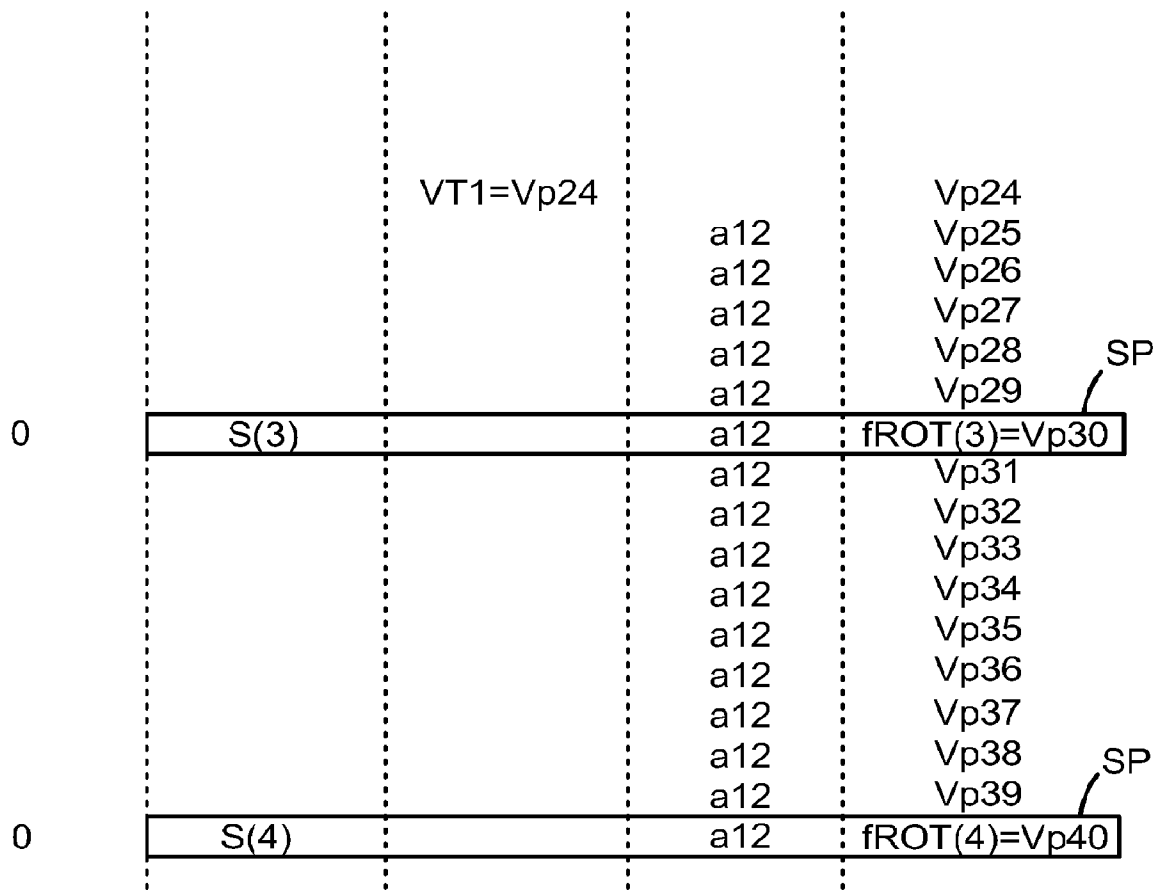


ФИГ. 7

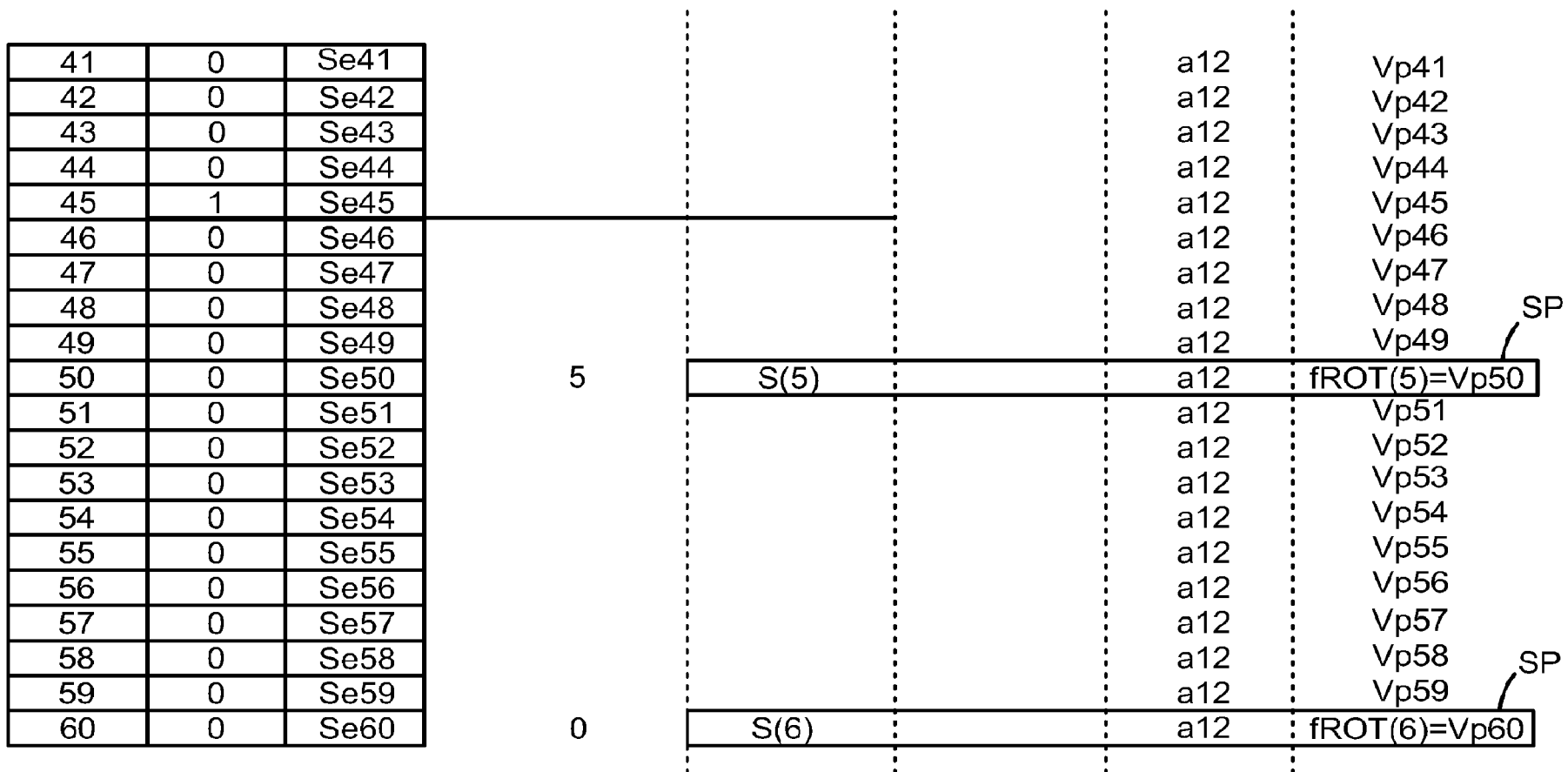


ФИГ. 8 Часть 1

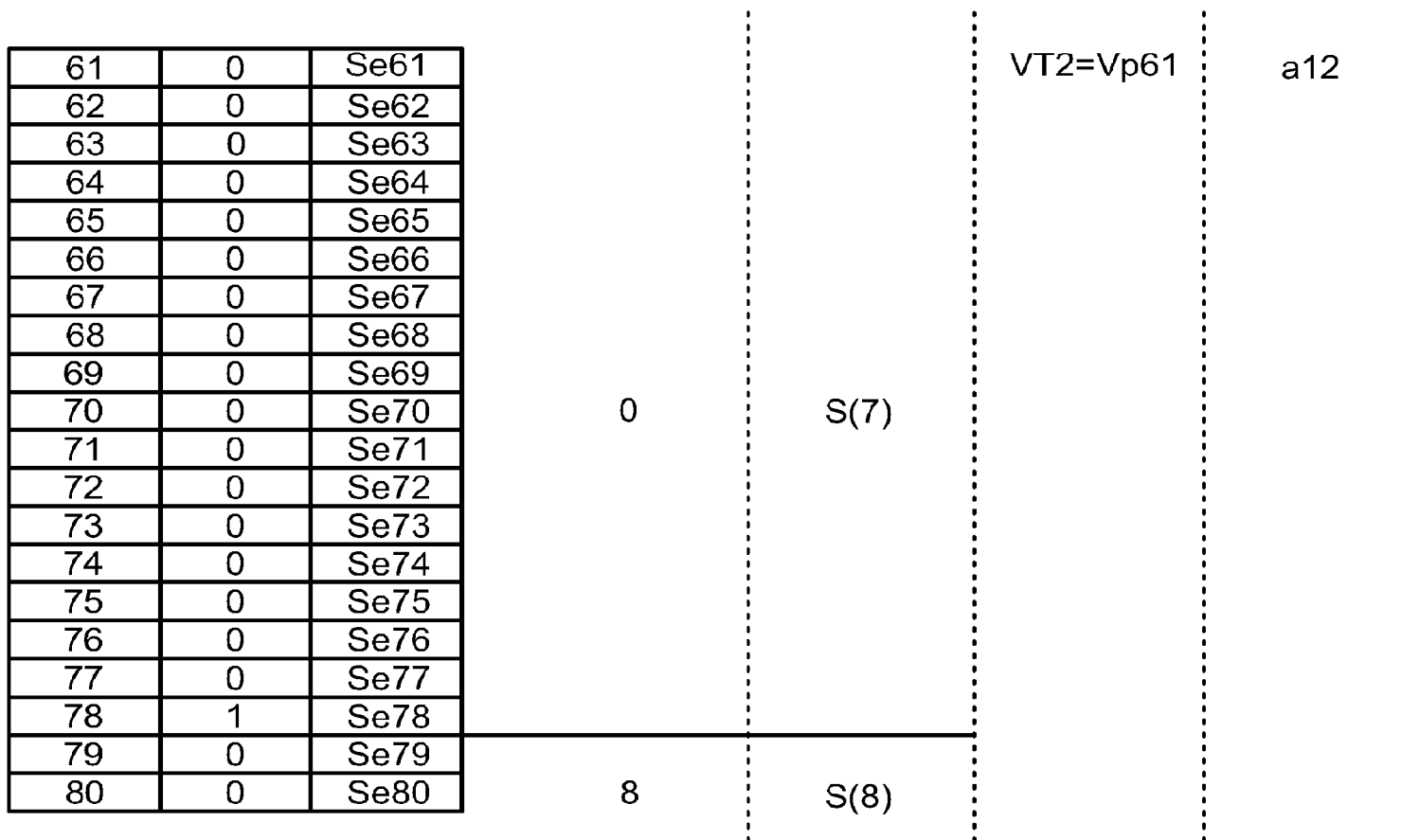
21	0	Se21
22	0	Se22
23	0	Se23
24	0	Se24
25	0	Se25
26	0	Se26
27	0	Se27
28	0	Se28
29	0	Se29
30	0	Se30
31	0	Se31
32	0	Se32
33	0	Se33
34	0	Se34
35	0	Se35
36	0	Se36
37	0	Se37
38	0	Se38
39	0	Se39
40	0	Se40



ФИГ. 8 Часть 2

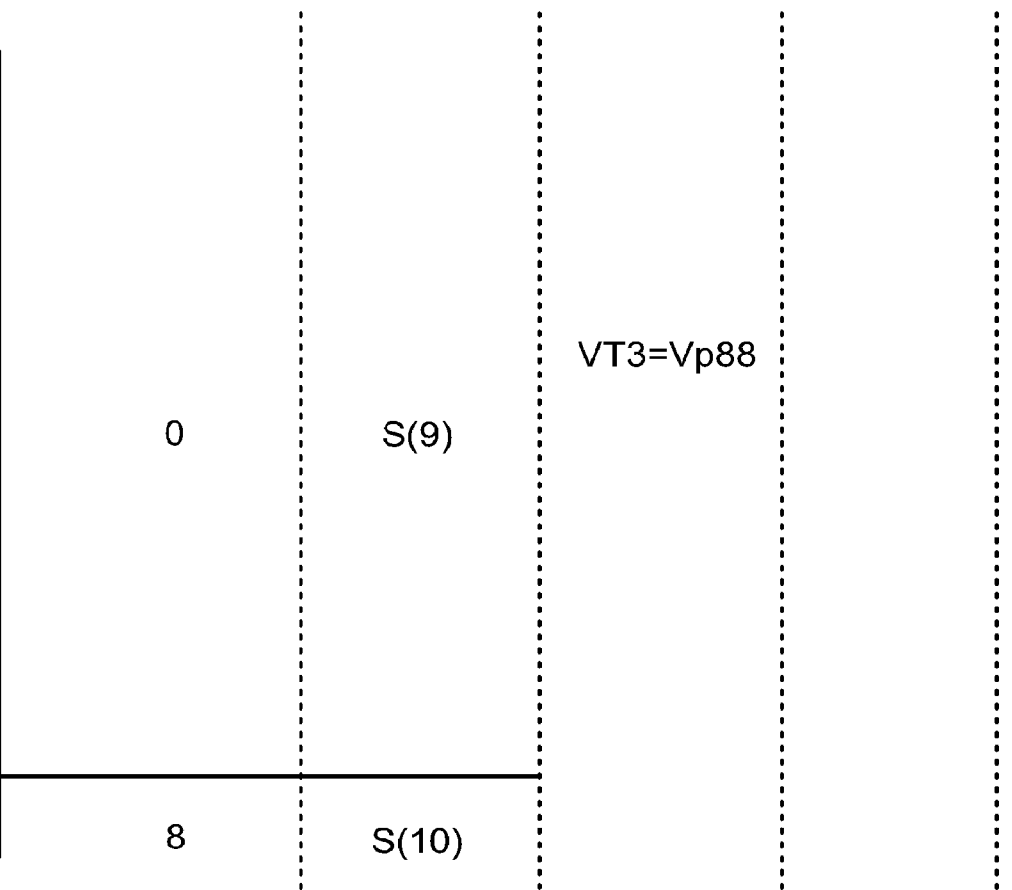


ФИГ. 8 Часть 3

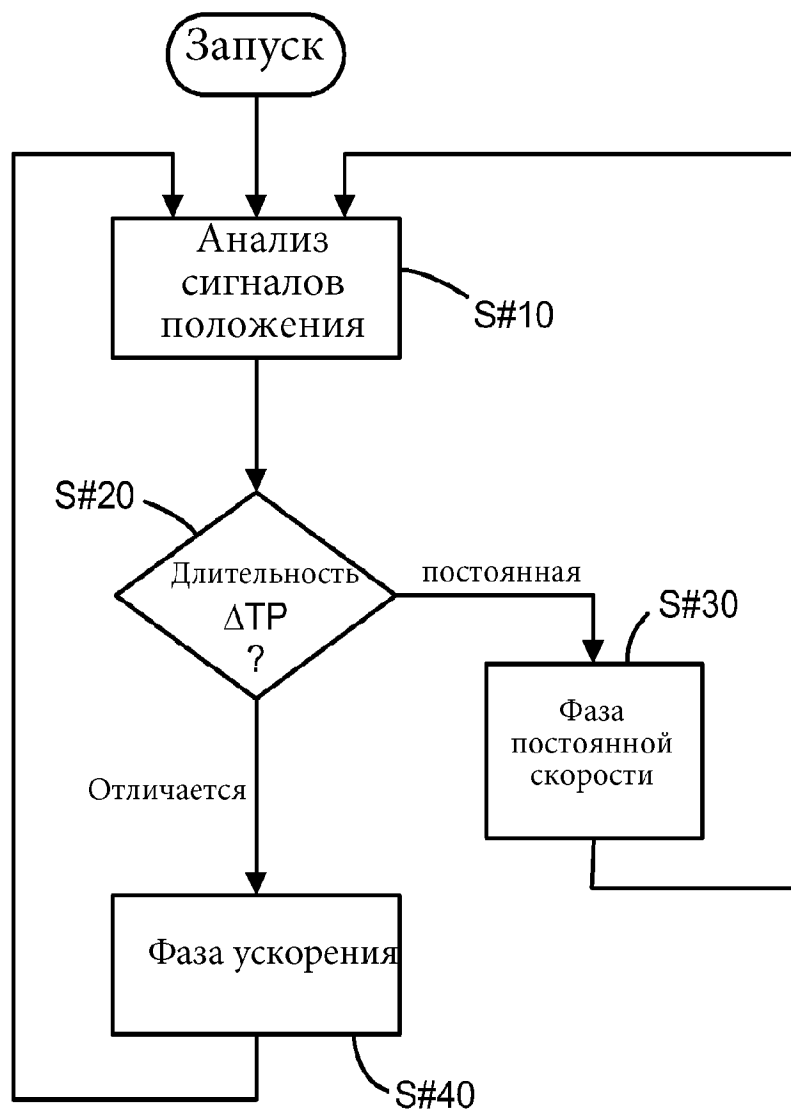


ФИГ. 8 Часть 4

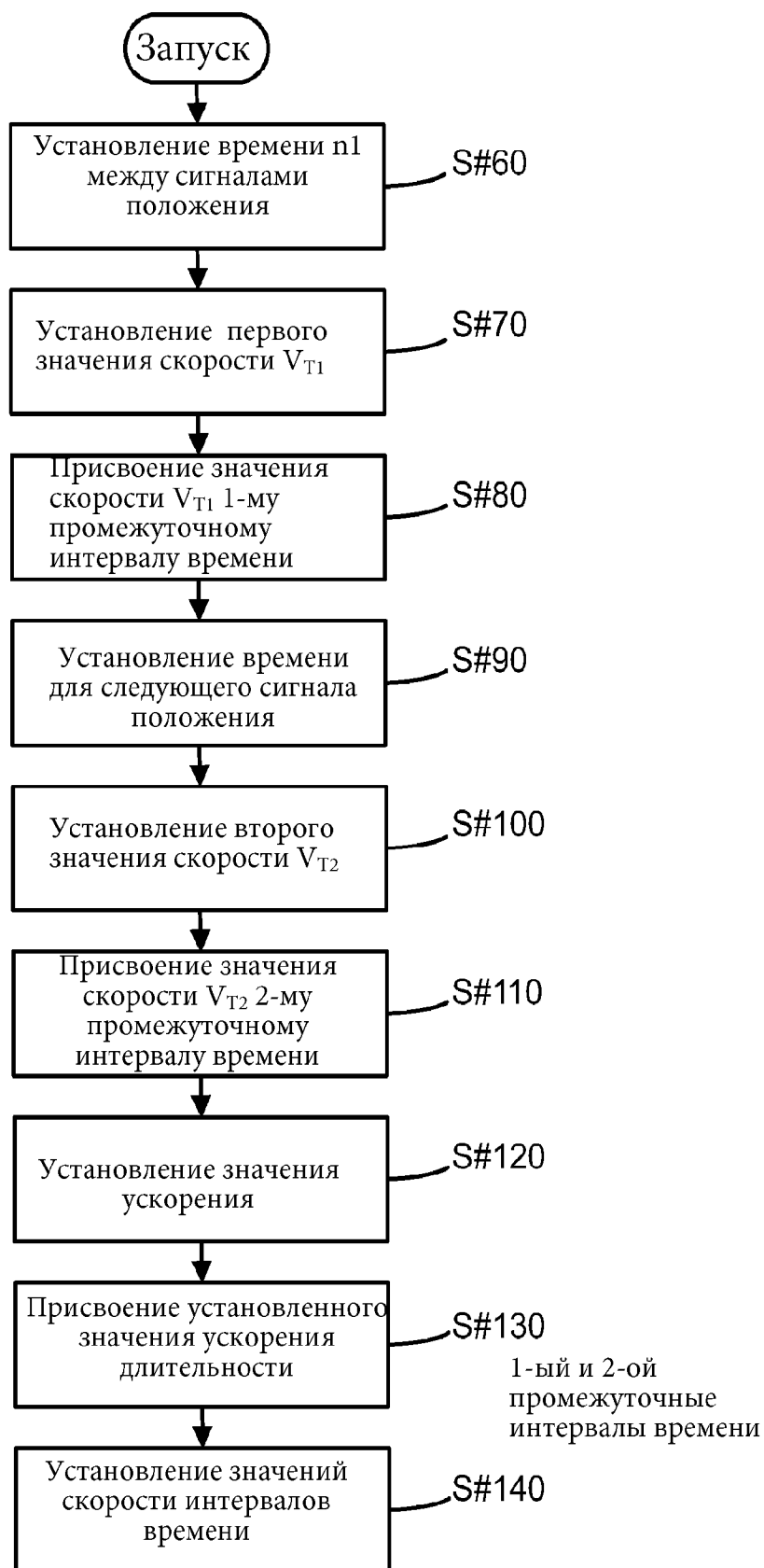
81	0	Se81
82	0	Se82
83	0	Se83
84	0	Se84
85	0	Se85
86	0	Se86
87	0	Se87
88	0	Se88
89	0	Se89
90	0	Se90
91	0	Se91
92	0	Se92
93	0	Se93
94	0	Se94
95	0	Se95
96	0	Se96
97	0	Se97
98	1	Se98
99	0	Se99
100	0	Se100



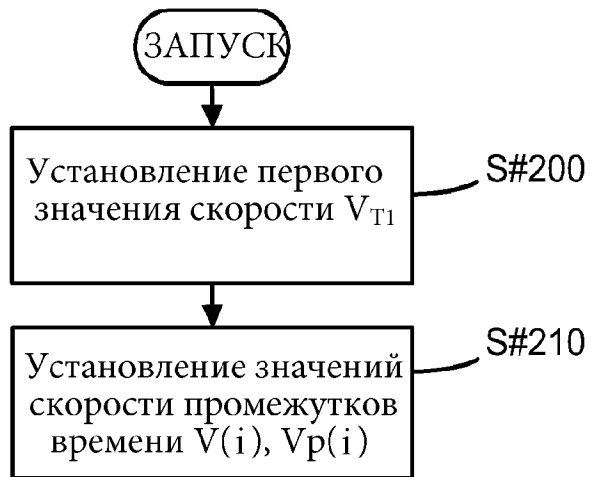
ФИГ. 8 Часть 5



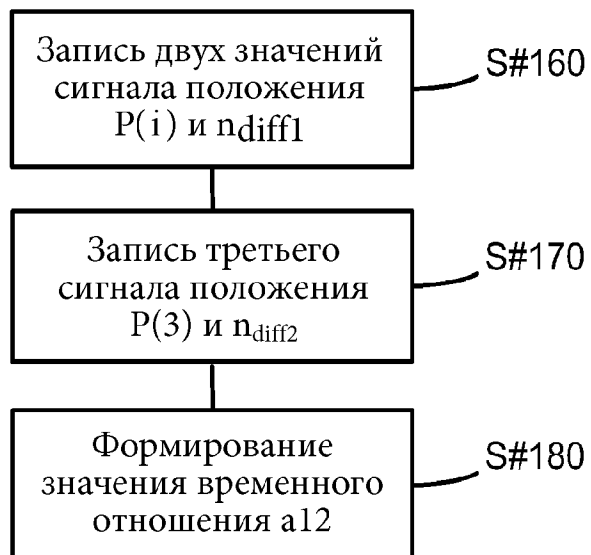
ФИГ. 9



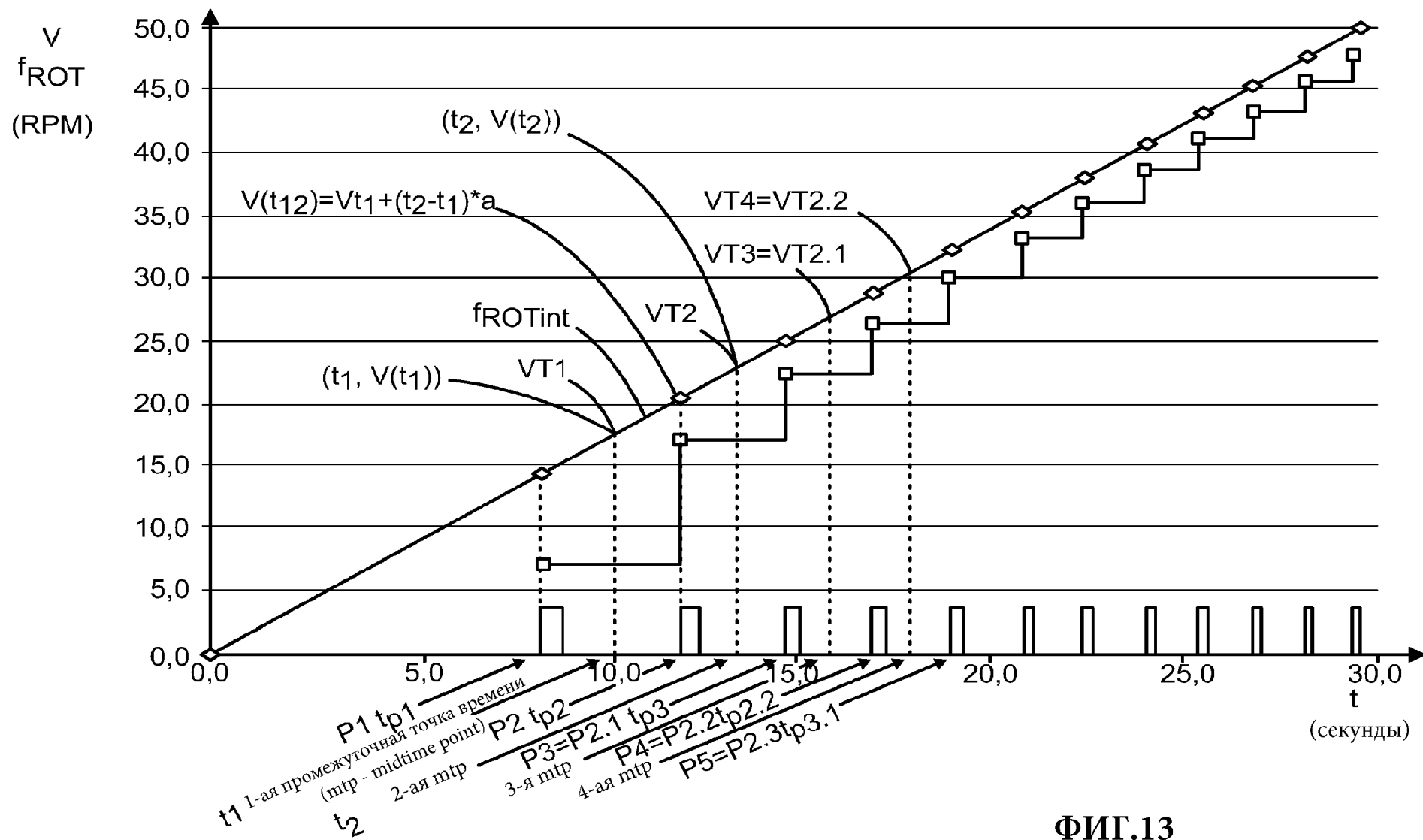
ФИГ. 10



Фиг. 12



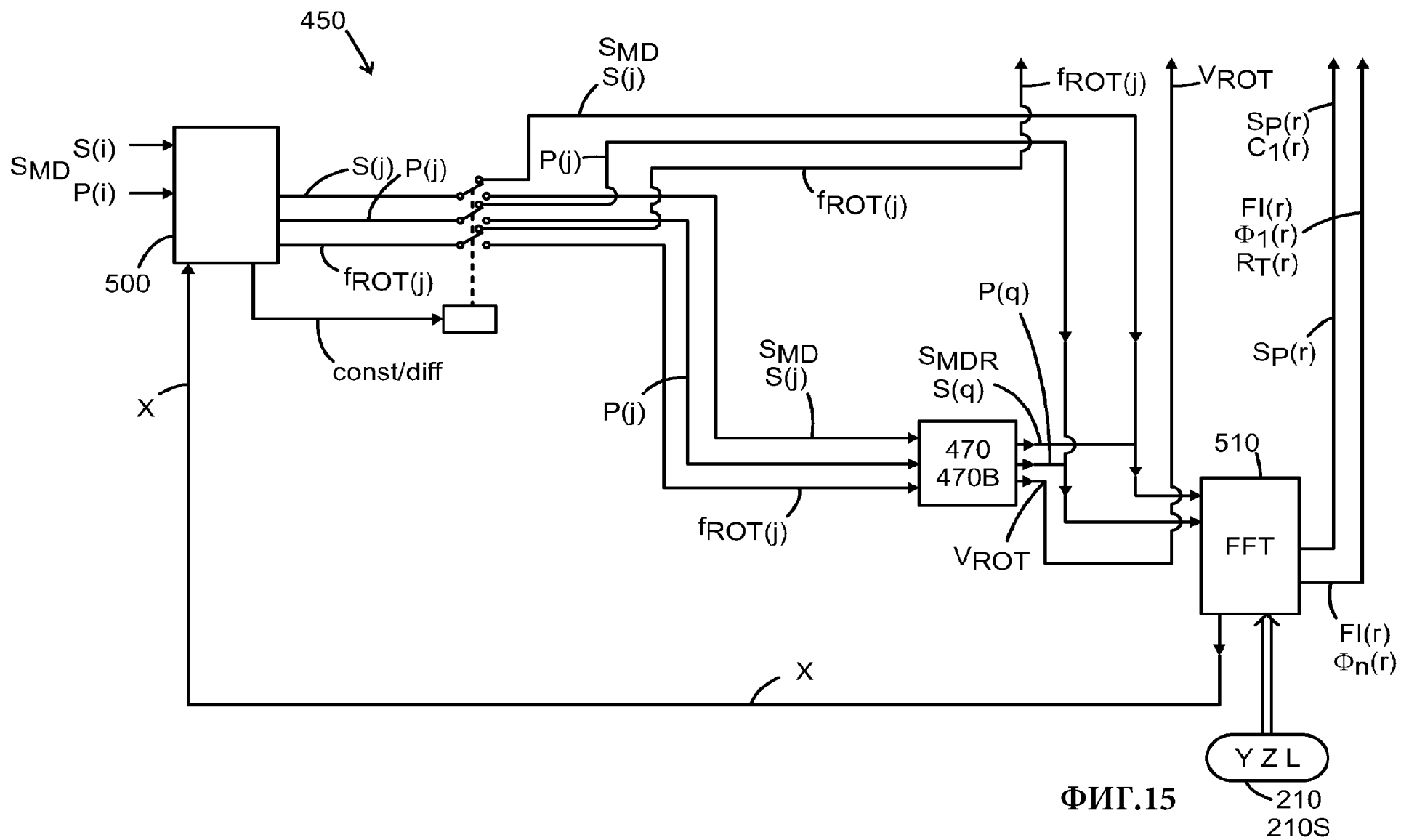
ФИГ. 11

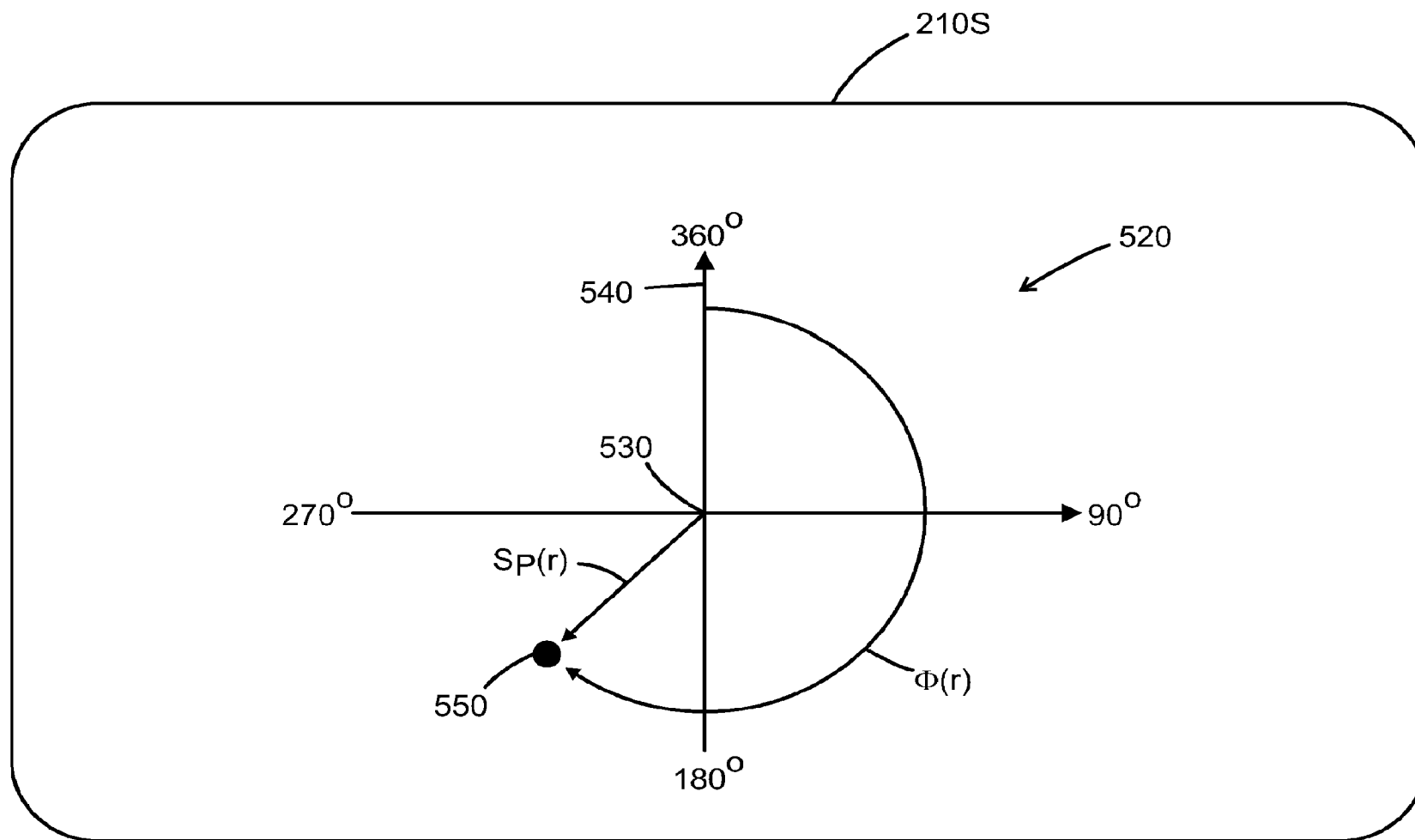


ФИГ.13

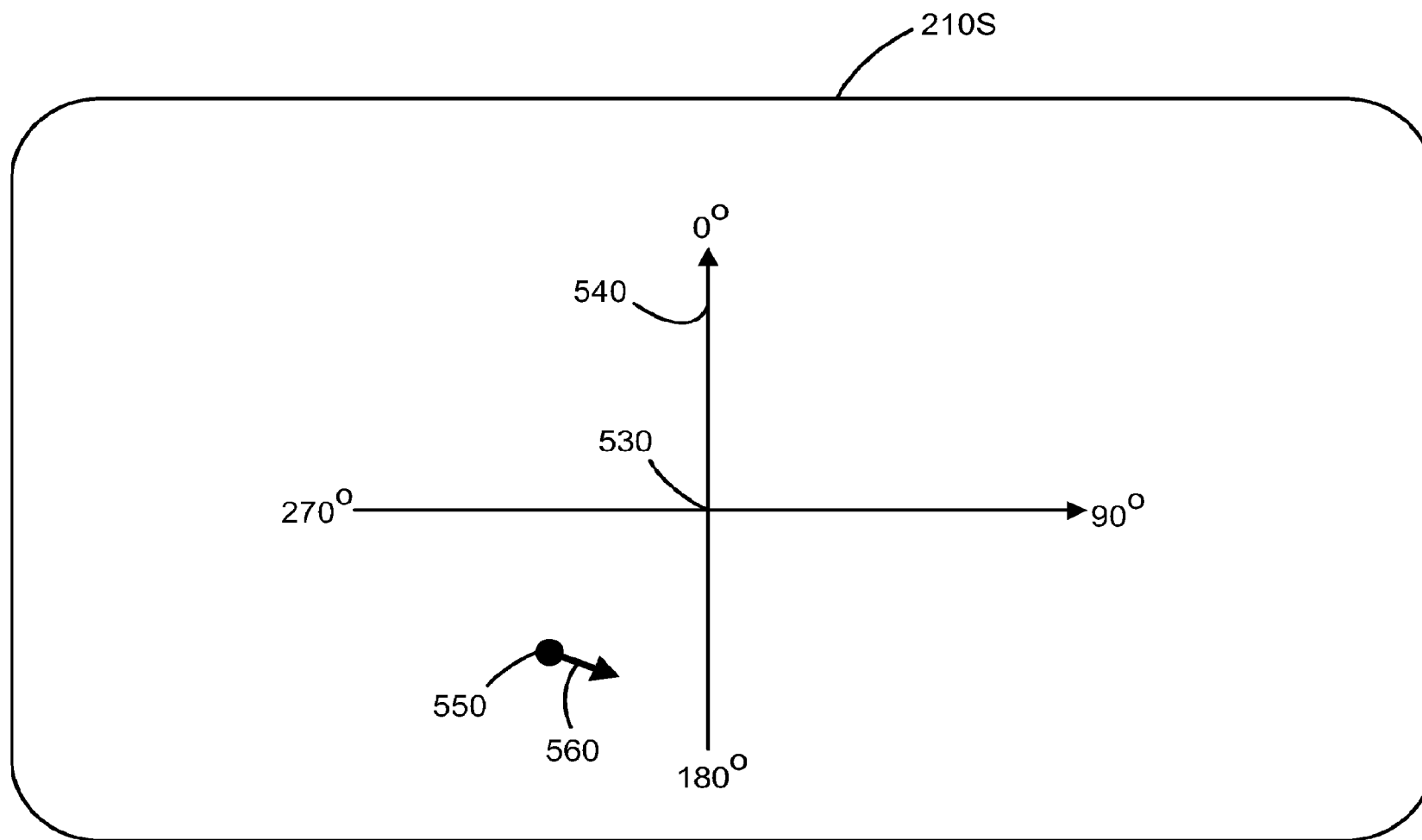


ФИГ. 14

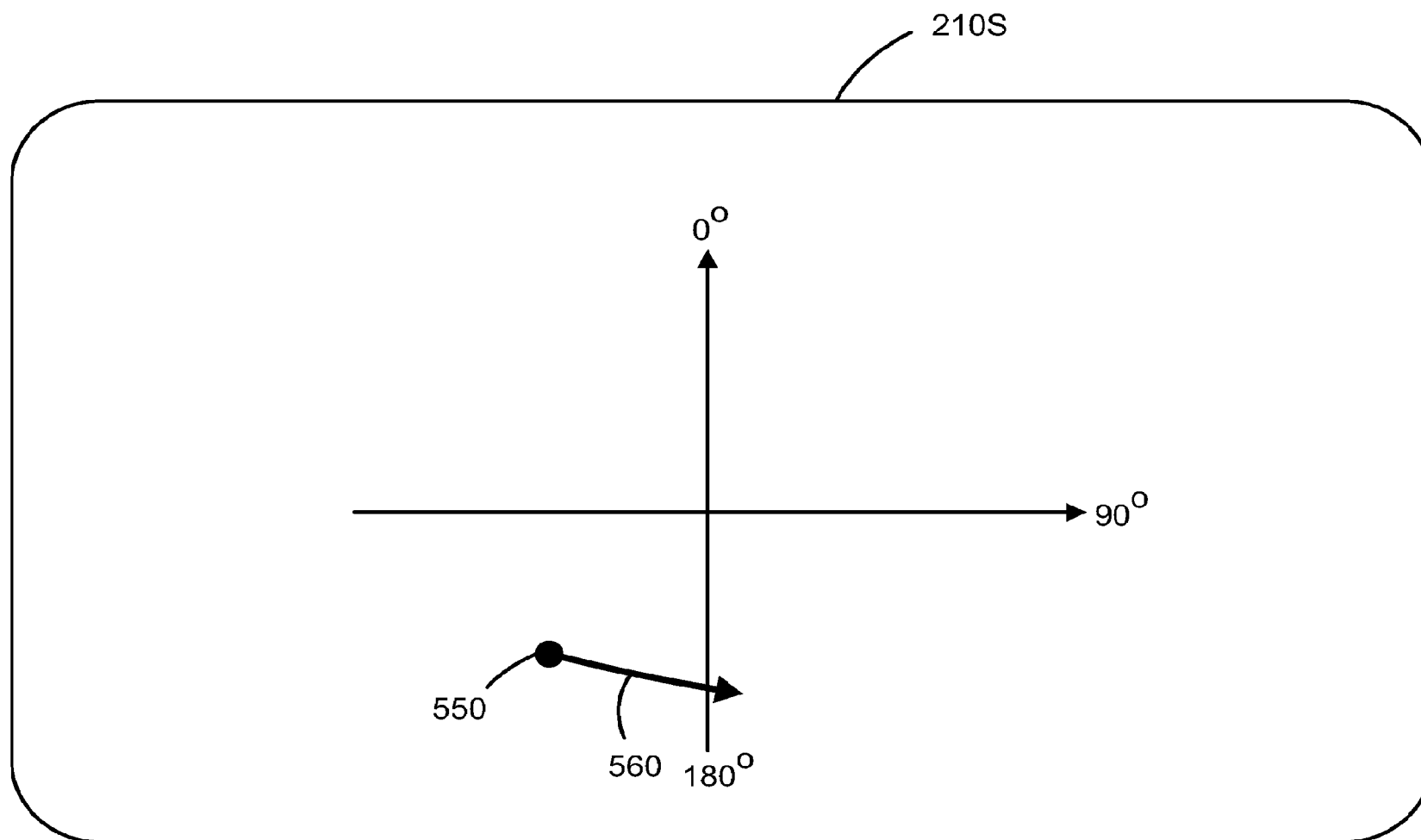




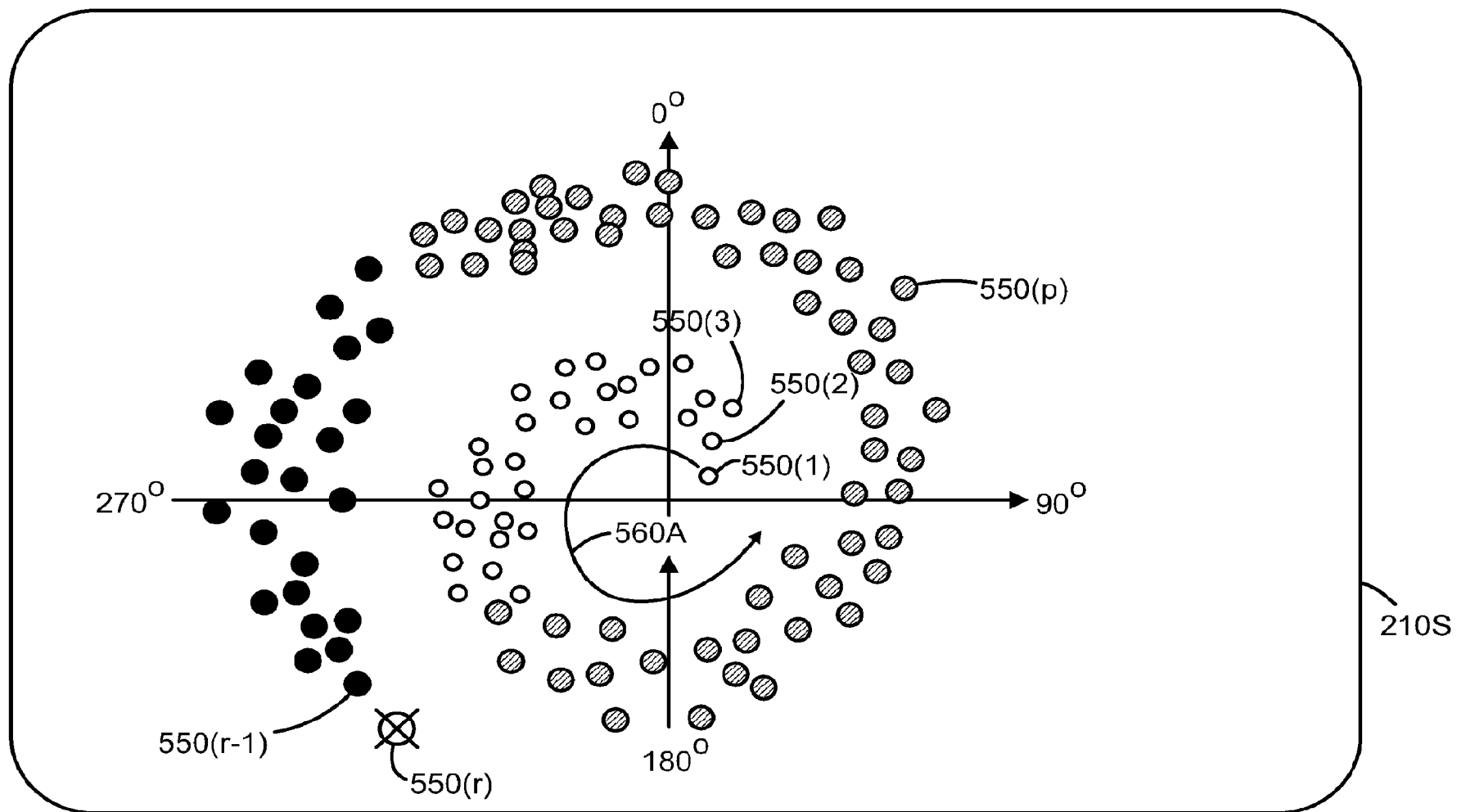
ФИГ. 16



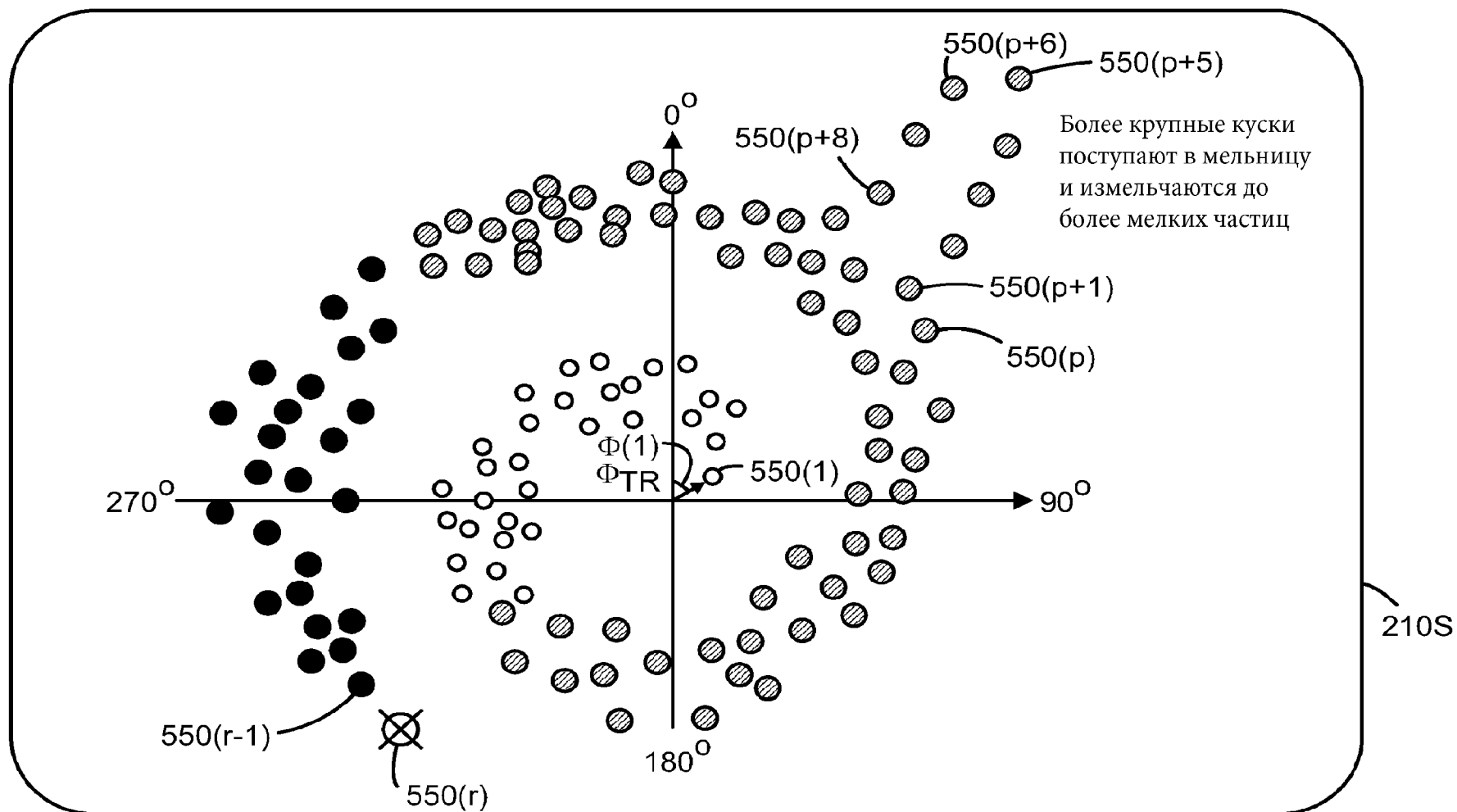
ФИГ. 17



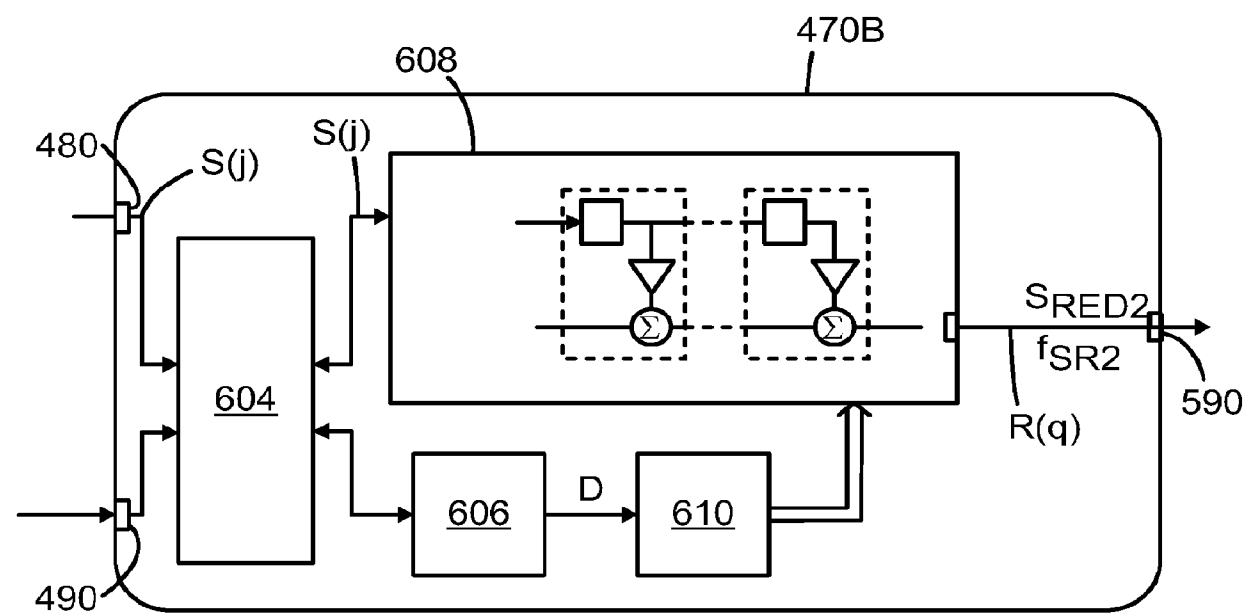
ФИГ. 18



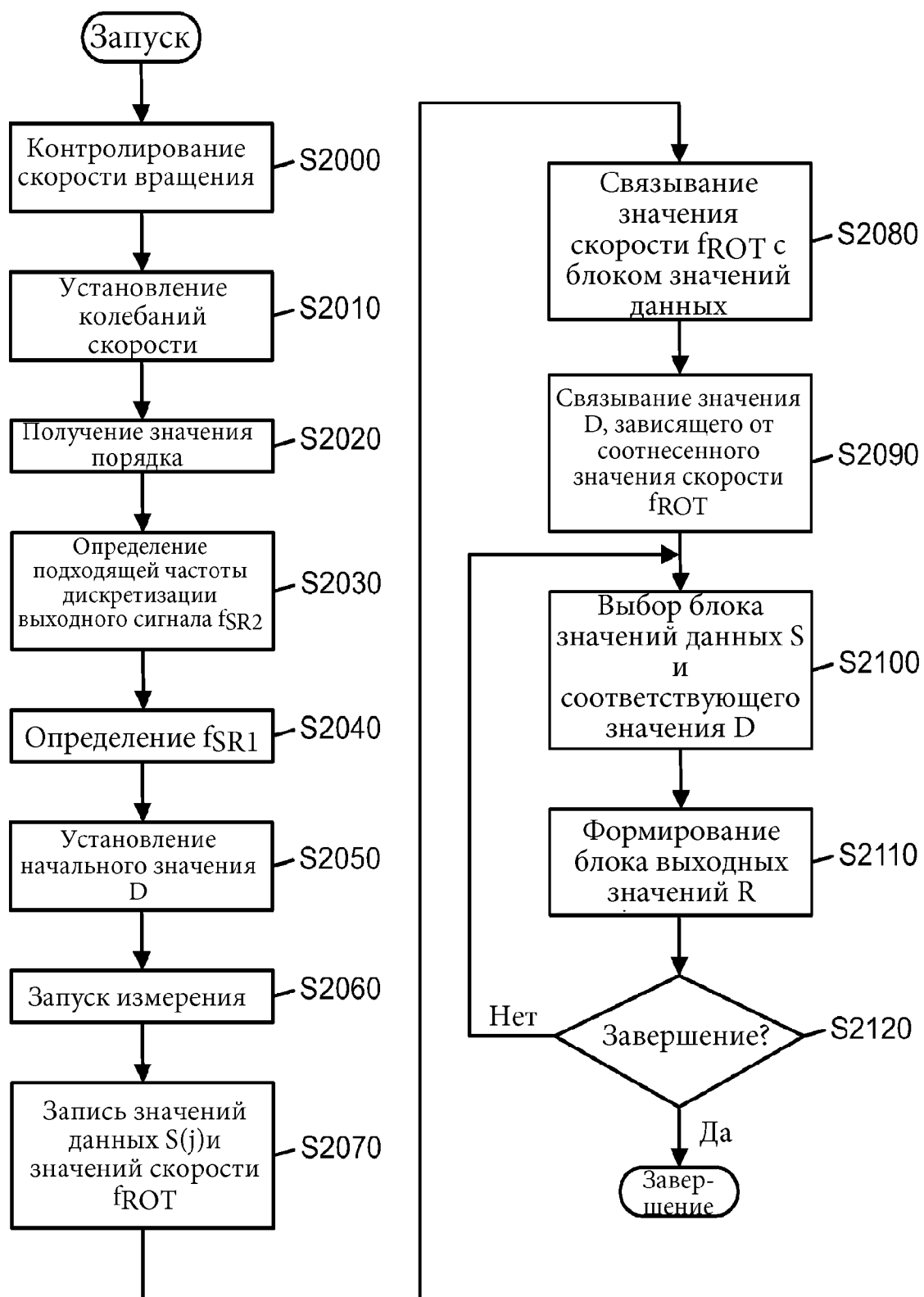
ФИГ. 19А



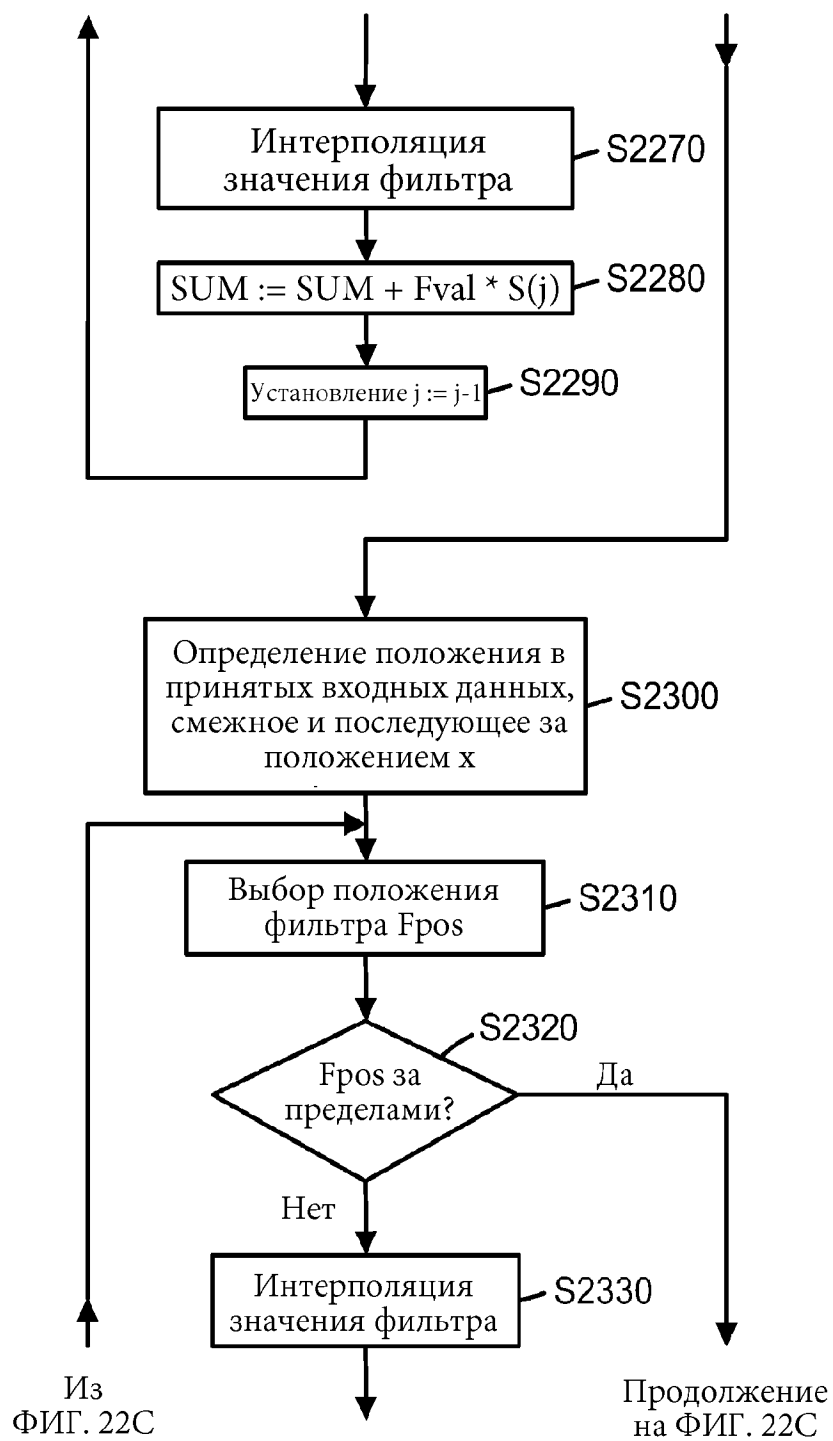
ФИГ. 19В



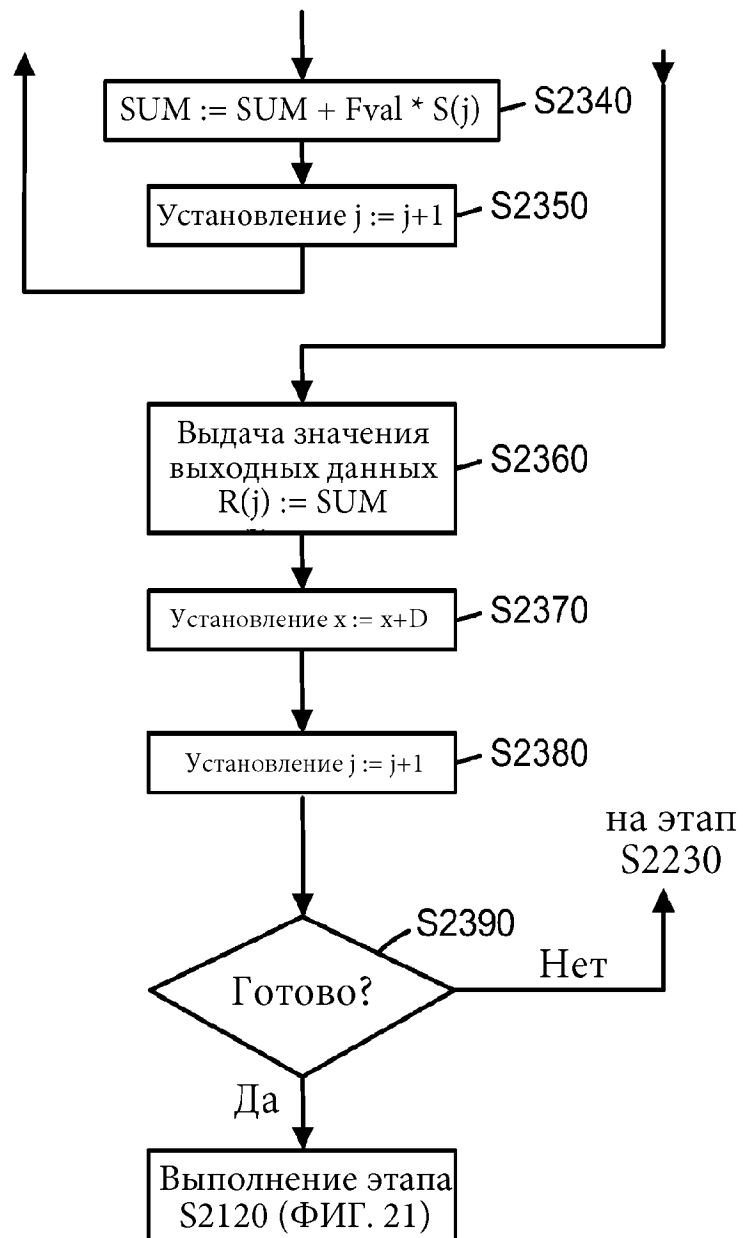
ФИГ. 20



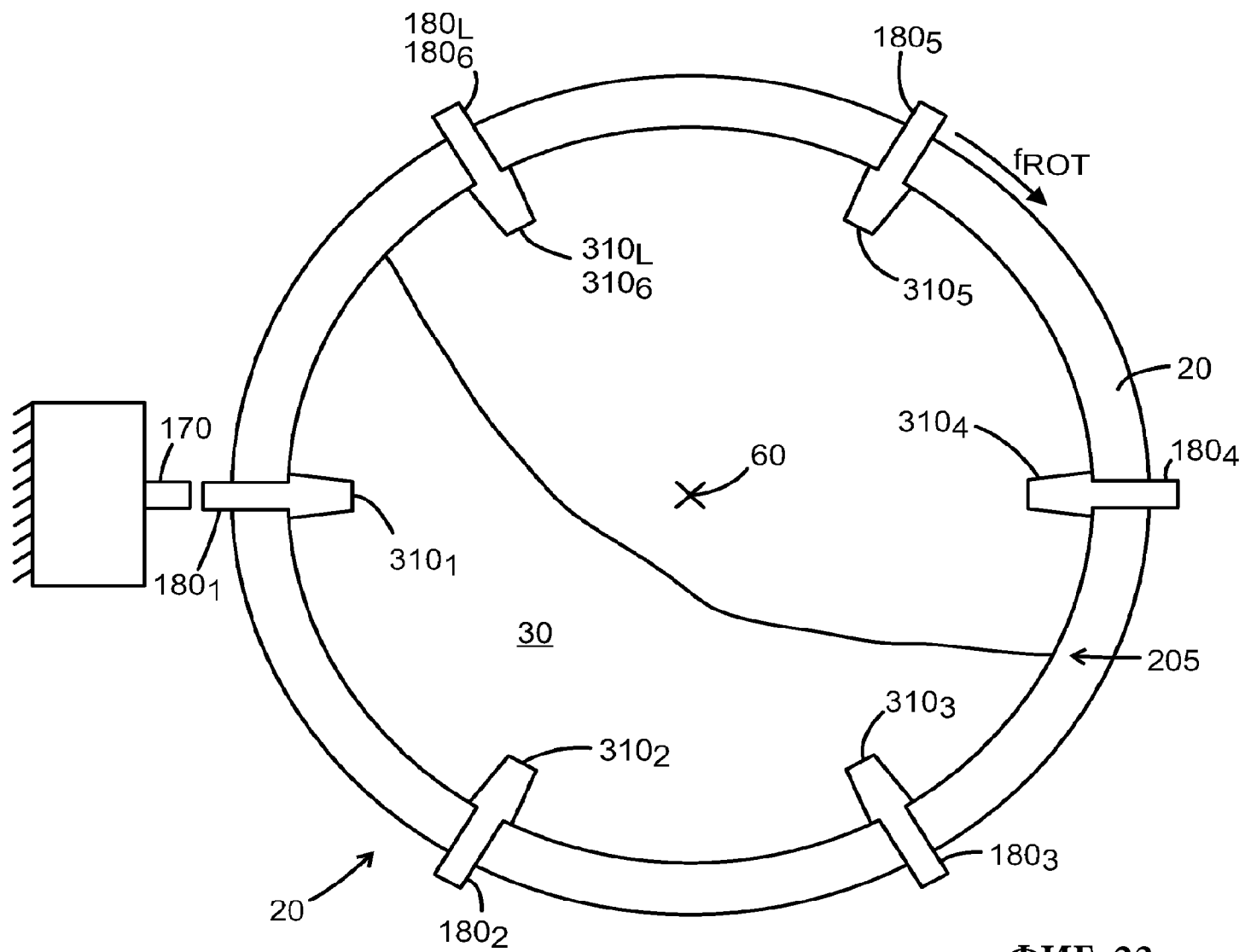
ФИГ. 21



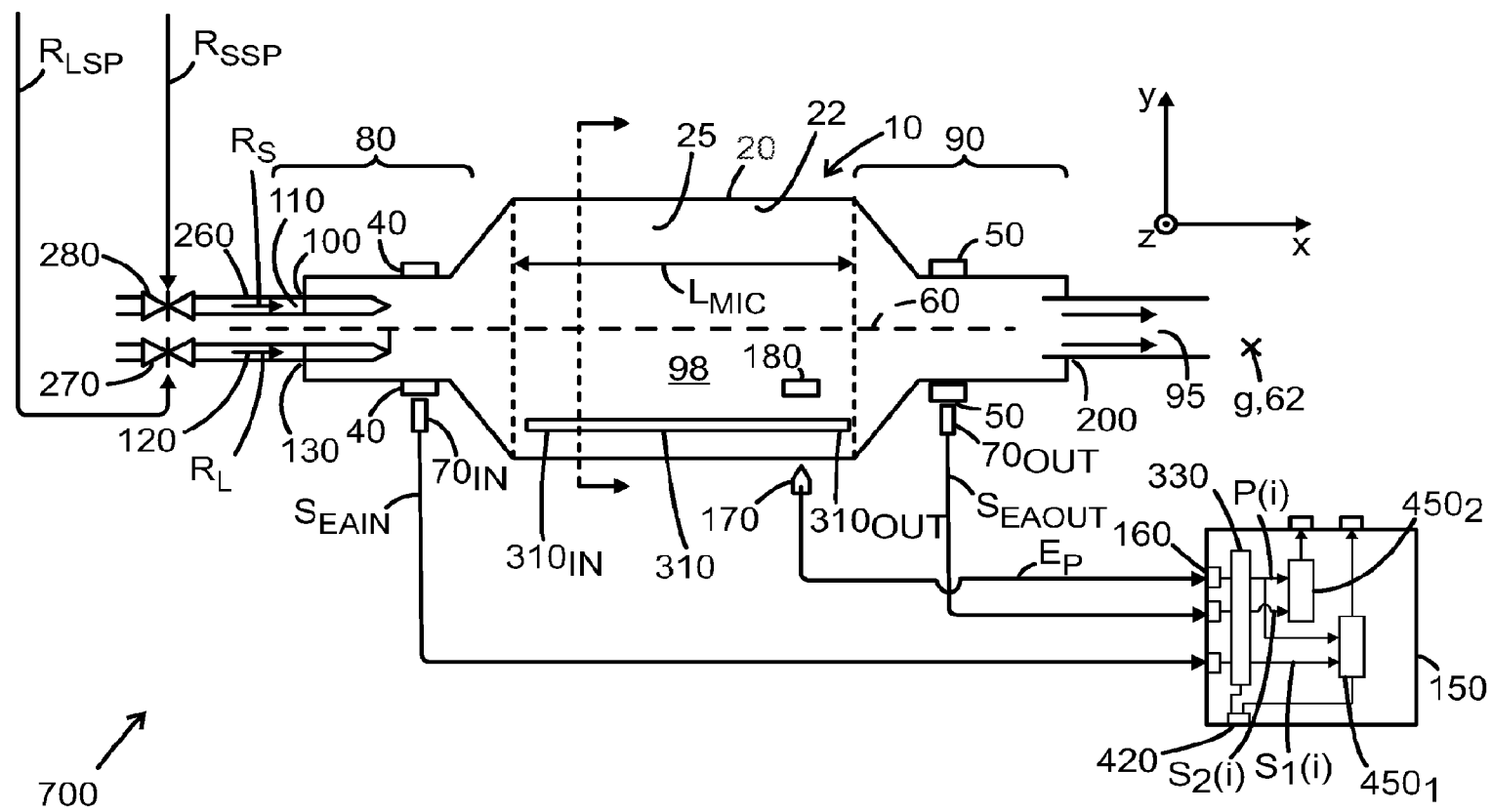
ФИГ. 22В



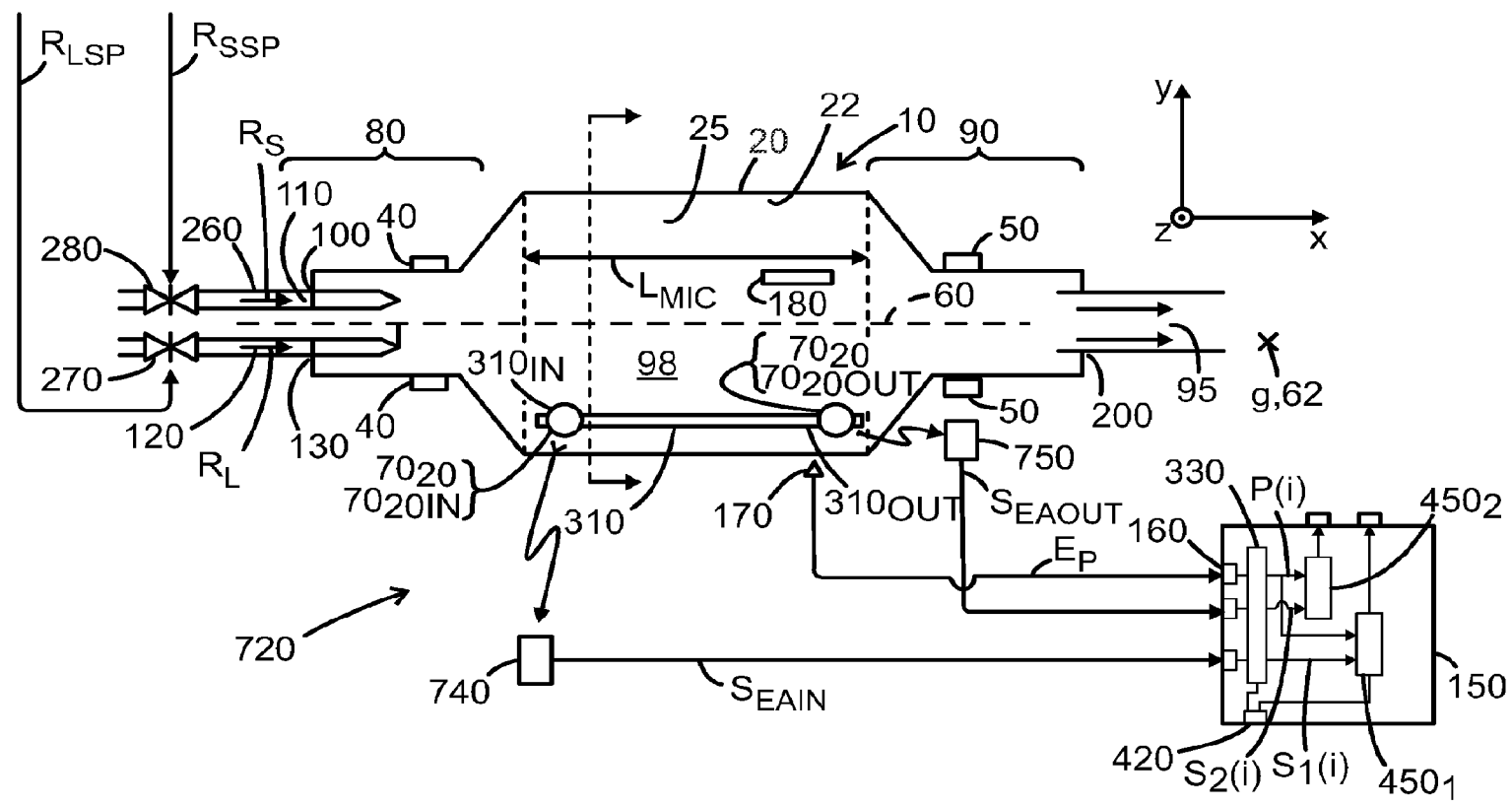
ФИГ. 22С



ФИГ. 23



ФИГ. 24



ФИГ. 25

