

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **048210**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2024.11.07**

(21) Номер заявки  
**202490400**

(22) Дата подачи заявки  
**2024.03.05**

(51) Int. Cl. **B65G 43/00** (2006.01)  
**B65G 45/02** (2006.01)  
**G06F 17/00** (2019.01)  
**G01L 3/22** (2006.01)

---

(54) **СПОСОБ И СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ПОВРЕЖДЕНИЙ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ НА ОСНОВАНИИ ИЗМЕРЕНИЯ  
НАГРУЗКИ НА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ ПРИВОДА ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА**

---

(43) **2024.10.30**

(96) **2024000043 (RU) 2024.03.05**

(71)(72)(73) Заявитель, изобретатель и  
патентовладелец:

**ПРИДОРЖНЫЙ АЛЕКСЕЙ  
ГЕННАДЬЕВИЧ (RU)**

(56) EA-A1-201600174  
RU-C1-2606163  
RU-C1-2766476  
SU-A1-1493568  
UA-U-81128  
CN-A-117566379

(74) Представитель:  
**Черняев М.А. (RU)**

---

(57) Изобретение относится к области компьютерных технологий, в частности к способу и системе автоматизированного определения повреждений конвейерной ленты, в частности продольного пореза, с помощью анализа измерений нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера. Техническим результатом является повышение точности и скорости выявления повреждения конвейерной ленты с помощью анализа нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера. В предпочтительном варианте осуществления изобретения предложен способ автоматизированного определения продольного пореза конвейерной ленты, выполняемый с помощью вычислительного устройства, связанного с по меньшей мере одним устройством измерения нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера, при этом способ содержит этапы, на которых: а) получают данные измерения нагрузки на по меньшей мере один электродвигатель привода ленточного конвейера с по меньшей мере одного устройства измерения нагрузки; б) выполняют с помощью вычислительного устройства обработку измерений, полученных на этапе а), в ходе которой выполняют их сравнение с по меньшей мере одним эталонным значением нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера и/или с по меньшей мере одним эталонным паттерном нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера; в) определяют наличие повреждения конвейерной ленты в случае, если на этапе б) выявляется превышение данных измерений нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера над по меньшей мере одним эталонным значением нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера и/или соответствие по меньшей мере одному эталонному паттерну нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера, свидетельствующему о наличии повреждения конвейерной ленты и/или отклонения от по меньшей мере одного эталонного паттерна нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера, соответствующего безаварийной работе конвейера; г) фиксируют в памяти вычислительного устройства данные о выявленном повреждении конвейерной ленты и/или передают их на внешнее устройство.

---

**B1**

**048210**

**048210**

**B1**

### Область техники

Настоящее изобретение относится к области компьютерных технологий, в частности, к способу и системе автоматизированного определения повреждений конвейерной ленты с помощью анализа изменений нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера.

### Уровень техники

Во многих отраслях промышленности, например, таких как горнодобывающая, перерабатывающая, энергетическая, химическая, в сфере перевалки грузов и др. используется конвейерный транспорт для транспортировки сыпучих грузов. Сыпучий груз, будь то отвальная порода, руда, уголь, кокс, шихта, концентрат, агломерат, окатыш, химические вещества или иное транспортируется непосредственно на конвейерной (транспортной) ленте от места загрузки, как правило в районе хвостового барабана, до места разгрузки, как правило в районе головного/приводного барабана. В ходе эксплуатации конвейера могут возникать аварийные ситуации, связанные с повреждением конвейерной ленты и, в том числе, с наиболее тяжелым повреждением - продольный порыв (порез) ленты, который ведет к частичной или полной потере ленты и незапланированным простоям конвейерного транспорта в связи с ремонтом или заменой конвейерной ленты.

Продольные порывы конвейерной ленты могут быть вызваны рядом причин:

попаданием в транспортируемый материал инородных рудозасоряющих материалов, например зуб экскаватора, лом, арматура, стальной лист и т.д., такие предметы в месте загрузки могут пробить конвейерную ленту, заклинить и стать причиной ее продольного порыва;

тяжелые, крупные и остроконечные куски руды, которые также могут пробить ленту, заклинить и продольно ее порвать;

острые элементы, вышедших из строя роликов, очистительных скребков, става или иных частей конвейера, могут пробить и продольно порезать ленту.

Чем быстрее будет осуществлена локализация и обнаружение аварийной ситуации на конвейере для его остановки, тем меньшее количество транспортной ленты будет потеряно в результате ее повреждения.

Наибольшее распространение получили системы защиты конвейерной ленты от продольного порыва, которые работают на принципе повреждения элементов, ввulkanизированных в ленту (индуктивные петли, вставки, антенны и т.п.). Примером такого решения является система CONTI RipProtect производимая компанией Continental® (<https://www.continental-industry.com/en/solutions/conveyor-belt-systems/conveyor-services/belt-monitoring/products/conti-protect/conti-ripprotect>). Индуктивные петли ввulkanизируются в ленту с определенным шагом по усмотрению заказчика (обычно 50-150 пог.м.), так что при повреждении какой-либо из индуктивных петель при порыве ленты конвейер останавливается, в этом случае количество поврежденной ленты ограничивается шагом установки индуктивных петель в конвейерной ленте, при условии, что система установлена в месте непосредственной близости от места возникновения пореза. Недостатки такого рода решения заключаются в том, что такие системы не могут быть использованы для любых лент, поскольку необходима лента с индуктивными петлями, при этом индуктивные петли часто выходят из строя, давая ложные сигналы. Известны лазерные системы, например, CONTI SurfaceProtect (<https://www.continental-industry.com/en/solutions/conveyor-belt-systems/conveyor-services/belt-monitoring/products/conti-protect/conti-surfaceprotect>), которые используют лазерное сканирование поверхности ленты на предмет наличия ее повреждений и, в том числе, продольного порыва ленты.

Основные недостатки таких систем заключаются в том, что они очень чувствительны к условиям окружающей среды, позиционирования и состоянию поверхности ленты (проблемы возникают, когда поверхность ленты влажная или имеет место налипание транспортируемого материала, который заполняет поврежденные области), что приводит к очень жестким требованиям условий эксплуатации данных систем и большому количеству ложных срабатываний.

Известны системы, контролирующие ширину ленты (<http://www.beltscan.com/products/belt-guard-5k-fabric-belt-rip-detector.htm>) или определяющие ее целостность по передаче вибрации поперек ленты (<http://www.beltscan.com/products/belt-guard-10k-rip-detector-for-steel-cord-belts.html>). Принцип работы систем, основанных на контроле ширины ленты, состоит в том, что в результате продольного пореза лента может разойтись или наоборот сузиться из-за напользания порезанных частей друг на друга, в результате чего меняется ее ширина.

Для определения ширины ленты устанавливаются ультразвуковые или радарные датчики контроля расположения бортов ленты.

Принцип работы систем, основанных на передаче вибрации поперек ленты, состоит в том, что при продольном порезе ленты нарушается ее целостность и вибрация не передается поперек ленты.

Основные недостатки систем, контролирующих ширину ленты, заключаются в том, что если в случае пореза не происходит расхождение или сужение ленты, то порез не обнаруживается, так как ширина ленты не меняется.

Системы, основанные на передаче вибрации поперек ленты, очень чувствительны к типу каркаса ленты и резинового компаунда и не применимы для всех типов лент, кроме того, при продольном порезе

сигнал может эффективно распространяться в обход конвейерной ленты через транспортируемый материал, тем самым, не фиксируя продольный порыв.

Так же недостатком всех вышеуказанных систем является то, что для минимизации размера продольного пореза системы устанавливаются в непосредственной близости от предполагаемого места возникновения порыва, а если порез возник на конвейере в месте, удаленном от места установки системы, то его протяженность сильно возрастает, порой сводя на нет целесообразность использования такой системы.

Для преодоления вышеуказанных недостатков предлагается использовать новый принцип анализа показаний технического состояния конвейера, а именно анализировать нагрузку на электродвигатель конвейера, в части появления аномальных значений, свидетельствующих о повреждении ленты в виде продольного пореза.

### Сущность изобретения

Заявленное изобретение направлено на преодоление технической проблемы, заключающейся в получении оперативного мониторинга повреждения конвейерной ленты с помощью измерения нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера.

Техническим результатом является повышение точности и скорости выявления повреждения конвейерной ленты с помощью анализа нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера.

Другим техническим результатом является возможность фиксации повреждения конвейерной ленты в любой части конвейера.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения предложен способ автоматизированного определения повреждения конвейерной ленты, выполняемый с помощью вычислительного устройства, связанного с по меньшей мере одним устройством измерения нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера, при этом способ содержит этапы, на которых:

а) получают данные измерения нагрузки на по меньшей мере один электродвигатель привода ленточного конвейера с по меньшей мере одного устройства измерения нагрузки;

б) выполняют с помощью вычислительного устройства обработку измерений, полученных на этапе а), в ходе которой выполняют их сравнение с по меньшей мере одним эталонным значением нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера и/или с по меньшей мере одним эталонным паттерном нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера;

в) определяют наличие повреждения конвейерной ленты в случае, если на этапе б) выявляется превышение данных измерений нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера над по меньшей мере одним эталонным значением нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера и/или соответствие по меньшей мере одному эталонному паттерну нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера, свидетельствующему о наличии повреждения конвейерной ленты, и/или отклонения от по меньшей мере одного эталонного паттерна нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера, соответствующего безаварийной работе конвейера;

г) фиксируют в памяти вычислительного устройства данные о выявленном повреждении конвейерной ленты и/или передают их на внешнее устройство.

В одном из частных примеров реализации устройство измерения нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера выполнено с возможностью измерения одного или нескольких параметров нагрузки, выбираемых из группы: сила тока (I), напряжение (U), угол сдвига фаз ( $\varphi$ ), коэффициента мощности ( $\cos \varphi$ ), коэффициент гармонических искажений (THD), активная мощность, полная мощность, средняя мощность, потребляемая мощность (P), крутящий момент, тяговое усилие, скорость вращения или их сочетания.

В другом частном примере реализации на этапе в) повреждение конвейерной ленты характеризует по меньшей мере одним из: продольный порез, потертость, протертость, задиры конвейерной ленты.

В другом частном примере реализации на этапе а) измеряется нагрузка на каждом из электродвигателей или отдельно взятых электродвигателях привода ленточного конвейера.

В другом частном примере реализации на этапе б) анализируется суммарная нагрузка, полученная суммированием нагрузок с каждого электродвигателя или отдельно взятых электродвигателей привода ленточного конвейера.

В другом частном примере реализации на этапе б) суммарная нагрузка получается путем суммирования нагрузок отдельных электродвигателей привода ленточного конвейера с использованием весовых коэффициентов.

В другом частном примере реализации на этапе б) полученные измерения проходят предварительную обработку, с помощью сглаживания посредством усредняющих фильтров или вычисления линии тренда измеренных значений параметров нагрузки на электродвигатель.

В другом частном примере реализации на этапе б) эталонное значение задается исходя из по меньшей мере одного из: номинальное значение нагрузки на электродвигатель, среднее значение нагрузки на электродвигатель, экстремальные значения нагрузки на электродвигатель, или значения, характеризую-

щие вариабельность нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера, полученные во временном диапазоне, предшествующем моменту измерения.

В другом частном примере реализации на этапе b) эталонное значение в виде среднего значения нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера задается исходя из скользящей средней, построенной на основе усредняющих функций по  $N$  измерениям нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера, где  $N \geq 1$ .

В другом частном примере реализации окно, на котором вычисляется скользящая средняя, смещено назад относительно момента измерения текущего значения нагрузки на электродвигателе привода ленточного конвейера на заданный промежуток времени или заданное количество измерений нагрузки на электродвигателе привода ленточного конвейера.

В другом частном примере реализации превышение над заданным эталонным значением представляет собой факт превышения эталонного значения или превышение над эталонным значением более, чем на заданную величину, или более чем на заданную процентную долю от эталонного значения.

В другом частном примере реализации на этапе c) определяют наличие повреждения конвейерной ленты, если превышение над эталонным значением нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера будет зафиксировано заданное и/или более количество раз в течение заданного промежутка времени или заданное и/или более количество раз подряд.

В другом частном примере реализации на этапе b) обработка полученных значений с устройства измерения нагрузки на электродвигателе привода ленточного конвейера происходит во временном или частотном представлении.

В другом частном примере реализации на этапе b) вычислительное устройство выполнено с возможностью распознавания эталонных паттернов повреждения конвейерной ленты и/или отклонения от эталонных паттернов безаварийной работы конвейера при анализе временного и/или частотного представления нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера и/или анализе характеристической функции (ХФ) нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера с помощью технологии искусственного интеллекта (ИИ).

В другом частном примере реализации на этапе b) для получения частотного представления нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера используется преобразование Фурье или разложение в ряд Фурье.

В другом частном примере реализации на этапе b) для частотного представления нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера анализируется амплитудный спектр нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера на предмет выявления аномальных гармоник и/или участков спектра, соответствующих эталонному паттерну, свидетельствующему о наличии повреждения конвейерной ленты или расхождение с эталонным паттерном, соответствующим безаварийной работе конвейера.

В другом частном примере реализации амплитудный спектр нагрузки анализируется с помощью технологии ИИ.

В другом частном примере реализации внешнее устройство подключено к вычислительному устройству посредством проводного или беспроводного канала передачи данных.

В другом частном примере реализации внешнее устройство является по меньшей мере одним из: монитор, интерактивный экран, компьютер, ноутбук, планшет, смартфон, умное носимое устройство, съемный носитель данных, контроллер управления ленточным конвейером, или удаленную систему управления ленточным конвейером.

В другом частном примере реализации вычислительное устройство подключено к системе управления ленточным конвейером одним из следующих способов: через релейные выходы, по протоколу Modbus или сетям Profibus или Profinet.

В другом частном примере реализации на этапе d) вычислительное устройство формирует сигнал для остановки ленточного конвейера, передаваемый в систему управления ленточным конвейером, при определении наличия повреждения конвейерной ленты.

В другом частном примере реализации GUI реализован на внешнем устройстве и/или на вычислительном устройстве.

В другом частном примере реализации вычислительное устройство дополнительно выполнено с возможностью его настройки и/или отслеживания результата анализа состояния конвейерной ленты, с помощью внешнего устройства.

В другом частном примере реализации дополнительно формируется видеопоток с изображением поверхности конвейерной ленты, получаемый с видеокамеры.

В другом частном примере реализации вычислительное устройство дополнительно формирует аварийный сигнал для уведомления оператора ленточного конвейера о наличии повреждения конвейерной ленты, передаваемый на внешнее устройство и/или устройство звукового и/или светового оповещения.

В другом предпочтительном варианте осуществления заявлена система автоматизированного определения повреждения конвейерной ленты, содержащая вычислительное устройство, подключенное к по меньшей мере одному устройству измерения нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе при-

вода ленточного конвейера, в которой вычислительное устройство выполнено с возможностью:

получения данных измерения нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера от по меньшей мере одного устройства измерения нагрузки;

обработки полученных измерений, в ходе которой выполняют их сравнение с по меньшей мере одним эталонным значением нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера и/или с по меньшей мере одним эталонным паттерном нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера;

определения наличия повреждения конвейерной ленты в случае, если выявляется превышение данных измерений нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера над по меньшей мере одним эталонным значением нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера и/или соответствие по меньшей мере одному эталонному паттерну нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера, свидетельствующему о наличии повреждения конвейерной ленты и/или отклонения от эталонного паттерна нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера, соответствующего безаварийной работе конвейера;

фиксации в памяти данных о выявленном повреждении конвейерной ленты и/или их передачи на внешнее устройство.

В еще одном предпочтительном варианте осуществления заявлен способ автоматизированного определения повреждения конвейерной ленты, выполняемый с помощью вычислительного устройства, связанного с устройствами измерения нагрузки на электродвигателях привода ленточного конвейера, при этом конвейер содержит  $M$  электродвигателей, где  $M$  - натуральное число и  $M \geq 2$ , при этом способ содержит этапы, на которых:

а) получают данные измерения нагрузки от устройств измерения нагрузки на электродвигателях ленточного конвейера;

б) выполняют с помощью вычислительного устройства обработку измерений, полученных на этапе а), в ходе которой выполняют их сравнение с по меньшей мере одним эталонным значением нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера и/или с по меньшей мере одним эталонным паттерном нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера;

в) определяют наличие повреждения конвейерной ленты в случае, если на этапе б) выявляется превышение данных измерений нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера над по меньшей мере одним эталонным значением нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера и/или соответствие по меньшей мере одному эталонному паттерну нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера, свидетельствующему о наличии повреждения конвейерной ленты, и/или отклонения от эталонного паттерна нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера, соответствующего безаварийной работе конвейера;

г) фиксируют в памяти вычислительного устройства данные о выявленном повреждении конвейерной ленты и/или передают их на внешнее устройство.

В одном из частных примеров реализации нагрузка измеряется на каждом из электродвигателей привода или отдельно взятых электродвигателях привода ленточного конвейера.

В другом частном примере реализации анализ нагрузки осуществляется на каждом или отдельно взятых электродвигателях привода ленточного конвейера отдельно и/или анализируется сумма нагрузок на всех или отдельно взятых электродвигателях привода ленточного конвейера.

#### **Краткое описание чертежей**

Фиг. 1 иллюстрирует общую схему реализации заявленного решения.

Фиг. 2 иллюстрирует блок-схему выполнения заявленного способа мониторинга состояния конвейерной ленты.

Фиг. 3А-3Б иллюстрируют примеры обработки сигналов, получаемых с устройства измерения нагрузки на электродвигатель.

Фиг. 4А-4В иллюстрируют пример обработки сигналов в части анализа гармоник.

Фиг. 5 иллюстрирует пример разложения линейной функции в ряд Фурье.

Фиг. 6 иллюстрирует общий вид компьютерного устройства.

#### **Осуществление изобретения**

Как представлено на фиг. 1, решение заключается в создании автоматизированного метода мониторинга состояния конвейерной ленты (101) при транспортировке материала (105), в частности, руды, пород и иного типа материала, подаваемого на ленту (101) через загрузочный бункер (104). Движение конвейерной ленты (101) осуществляется при вращении головного (приводного) (102) и хвостового (103) барабанов, приводных барабанов может быть несколько, они приводятся в движение электродвигателями, которые в свою очередь запускаются с помощью управляющего контроллера (не показан).

Основными показателями состояния конвейерной ленты в рамках заявленного решения являются параметры нагрузки на один или несколько электродвигателей (111) привода конвейера (100), который приводит в движение ленту (101). Показатели нагрузки считываются с помощью одного или нескольких устройств измерения нагрузки (106), которое размещается на элементах ленточного конвейера и/или на соединенных с ним элементах, например, ставе конвейера (110).

В качестве устройства измерения нагрузки (106) может использоваться, например, монитор нагрузки фирмы Emotron (например, Emotron M20 и M10), многофункционального измерителя мощности РМ (например, РМ 210 или РМ 710) или бесконтактный датчик тока Seneca (например, Seneca T201).

Данные нагрузки на электродвигатель (111), регистрируемые устройством (106), передаются по каналу передачи данных в вычислительное устройство (107) для их последующей обработки. В качестве вычислительного устройства (107) может применяться, например, компьютер, вычислительный блок, одноплатный компьютер, система на чипе (SoC) и т.п.

В качестве канала передачи данных может использоваться проводная и/или беспроводная связь, например, подключение с помощью физической связи (USB, Lan, RS-232 и т.п.), или с помощью беспроводного типа связи (Bluetooth, BLE, WLAN и другие). Вычислительное устройство (107) может выполняться в едином корпусе с устройством измерения нагрузки (106), при этом, как для случая размещения одного устройства (106), так и для нескольких устройств (106), закрепленных с заданным шагом на элементах конвейера (110) и/или на соединенных с ним элементах.

Вычислительное устройство (107) соединяется с внешним устройством (108), представляющим собой, как правило, компьютер, сервер или пульт управления, обеспечивающий хранение данных о состоянии ленты конвейера и последующую передачу информации о состоянии ленты конечным пользователям (109), например, оператору конвейера или обслуживающему персоналу. В одном из примеров реализации в качестве внешнего устройства (108) может выступать контроллер управления ленточным конвейером или удаленная система управления ленточным конвейером, Внешнее устройство (108) подключено к вычислительному устройству (107) посредством проводного или беспроводного канала передачи данных, аналогичных указанным ранее. При этом внешнее устройство (108) может представлять собой, например, монитор, интерактивный экран, компьютер, ноутбук, планшет, смартфон, умное носимое устройство, съемный носитель данных, контроллер управления ленточным конвейером, или удаленную систему управления ленточным конвейером.

При варианте подключения вычислительного устройства (107) к системе управления ленточным конвейером, в случае распознавания повреждения ленты (101), например, продольного пореза, потертости ленты, образование задигов и т.п., вычислительное устройство (107) формирует аварийный сигнал для уведомления оператора (109) ленточного конвейера о наличии повреждения конвейерной ленты (101), передаваемый на внешнее устройство (108) и/или устройство звукового и/или светового оповещения (системы сигнализации). Также, данный сигнал может принудительно останавливать конвейер для оперативного ремонта поврежденного участка ленты (101) и предотвращения распространения дальнейшего повреждения ленты (101). Внешнее устройство (108) и вычислительное устройство (107) могут содержать графический интерфейс пользователя (GUI) для отображения результатов выявления продольного пореза конвейерной ленты (101), либо отображения различного рода информации.

Вычислительное устройство (107) дополнительно выполнено с возможностью его настройки и/или отслеживания результата анализа состояния конвейерной ленты (101), с помощью внешнего устройства (108).

Дополнительно на конвейер может устанавливаться одна или несколько камер, формирующих видеопоток с изображением поверхности конвейерной ленты (101), получаемый с видеокамеры.

На фиг. 2 представлено описание выполнения способа (200) контроля состояния ленты (101) в рамках реализации заявленного решения. На этапе (201) вычислительное устройство (107) получает данные измерения нагрузки на электродвигатель (111) привода конвейера от устройства измерения (106). При этом, в одном из примеров реализации электродвигателей (111) может быть несколько и анализ данных нагрузки может происходить выборочно на каждом электродвигателе, выборочно на двух и более электродвигателях, либо суммарно со всех электродвигателей или отдельно выбранных электродвигателей.

Устройство (106) способно регистрировать одно или несколько следующих параметров нагрузки на электродвигатель: сила тока (I), напряжение (U), угол сдвига фаз ( $\varphi$ ), коэффициента мощности ( $\cos \varphi$ ), коэффициент гармонических искажений (THD), активная мощность, полная мощность, средняя мощность, потребляемая мощность (P), крутящий момент, тяговое усилие, скорость вращения или их сочетания. Далее на этапе (202) полученные данные проходят обработку с помощью программной логики вычислительного устройства (107), в ходе которой полученные значения показателей нагрузки на электродвигатель (111) привода конвейера сравниваются с одним или несколькими установленными эталонными значениями параметров работы электродвигателя (111), на основании которых происходит определение наличия аномалии в работе конвейера (100), которая свидетельствует о повреждении конвейерной ленты (101).

Также, получаемые данные от устройства (106) могут анализироваться в рамках соответствия паттерна работы того или иного электродвигателя (111) эталонному паттерну, который будет указывать на то, что произошло повреждение ленты (101). Например, скачки мощности на электродвигателе (111). Также, эталонный паттерн нагрузки на электродвигатель привода конвейера может представлять собой паттерн работы, соответствующий безаварийной работе конвейера (100), что свидетельствует о нормальном состоянии конвейерной ленты (101). Это позволяет выявлять отклонения (расхождения) с такого рода паттерном, что также свидетельствует о возникновении повреждения ленты (101).

Эталонное значение задается исходя из по меньшей мере одного из: номинальное значение нагрузки на электродвигатель, среднее значение нагрузки на электродвигатель, экстремальные значения нагрузки на электродвигатель, или значения, характеризующие вариабельность нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера, полученные во временном диапазоне, предшествующем моменту измерения. Данные, получаемые во временном периоде, как правило, собираются при нормальной работе конвейера (100) в отсутствие повреждений ленты (101), что позволяет установить зависимости от типа данных и паттерны, свидетельствующие о повреждении ленты (101), а также паттерны нормальной работы конвейера (100).

На шаге (203) по итогам сравнения параметров нагрузки на электродвигатель (111) привода конвейера (100) вычислительным устройством (107) принимается решение о наличии или отсутствии повреждений конвейерной ленты (101). Если обнаруживается повреждение ленты (101), то на этапе (204) происходит фиксация повреждения и передача на этапе (205) этой информации на внешнее устройство (108) для ее хранения и/или последующего использования.

На фиг. 3А-3Б показан пример анализа нагрузки на электродвигатель (111) в части их сравнения с эталонным значением (30) и/или, например, эталонным паттерном (304) показаний нагрузки на электродвигатель, свидетельствующим о наличии повреждения конвейерной ленты (101). Так же в качестве эталонного паттерна может рассматриваться характерный паттерн скачка нагрузки (например, типа "ступенька") при возникновении порыва, создающий превышение (302) или, наоборот, рассматриваться характерный паттерн, соответствующий безаварийной работе (301) конвейера (100). Получаемый сигнал (300) с устройства (106), характеризующий тот или иной параметр нагрузки на электродвигатель привода конвейера, например, потребляемая мощность (кВт) или сила тока (I), анализируется на предмет его отклонения от установленного эталонного значения (30), в частности, при возникновении превышения (302) эталонного значения (30) фиксируется факт повреждения конвейерной ленты (101).

Факт фиксации превышения (302) нагрузки на электродвигатель (111) свидетельствует о возникновении повреждения ленты (101). Эффект скачка нагрузки на электродвигатель (111) привода ленточного конвейера и последующее превышение эталонного значения нагрузки вызвано тем, что при возникновении повреждения ленты (101), например в случае продольного пореза, кусок руды или инородный (рудозасоряющий) предмет пробивает транспортерную ленту (101) и заклинивает в месте пореза тормозя транспортерную ленту (101), чем создает дополнительное сосредоточенное сопротивление движению ленты (101), в результате чего электродвигателю (111) привода ленточного конвейера приходится прилагать дополнительное тяговое усилие для преодоления этого сопротивления, что ведет к скачку нагрузки на электродвигатель (111).

Паттерн возникающей нагрузки (303) на электродвигатель сравнивается с эталонным паттерном (304) нагрузки, который имеет характерные колебания в части скачков параметров нагрузки (например, силы тока или потребляемой мощности) на электродвигателе, что свидетельствует о том, что происходит (развивается) повреждение конвейерной ленты (101). В случае пореза ленты (101) ее движение идет характерными рывками, что связано с неравномерным (не плавным) процессом нарушения целостности ленточного полотна в ходе порыва, и паттерн этих рывков соответствует эталонному паттерну нагрузки (304) на электродвигатель (111) или параметров нагрузки, например, таких как ток (I), свидетельствующем о продольном порезе ленты (101), или, наоборот, может отличаться от эталонного паттерна нагрузки или параметров нагрузки на электродвигатель, соответствующего безаварийной работе (301) конвейера (100), что свидетельствует о появлении продольного пореза ленты (или иного типа повреждения). Также паттерн скачка нагрузки (например, типа "ступенька") при возникновении порыва, отличается от эталонного паттерна, соответствующего безаварийной работе (301) конвейера (100) и тоже свидетельствует о возникновении порыва ленты (101). Эталонное значение (30) может быть статическим или динамическим, поскольку может быть выбрано исходя, как из заданного номинального значения показателей нагрузки на электродвигатель (111), так и исходя из усредненного значения показателей нагрузки на электродвигатель привода конвейера (100) за определенный промежуток времени до момента сравнения, например, скользящая средняя (30) на фиг. 3Б. Нагрузка на электродвигатели привода конвейера может зависеть от протяженности конвейера, массы и грузопотока транспортируемого материала, а также режима работы конвейера. Превышение над заданным эталонным значением (30) представляет собой либо сам факт превышения, либо превышение показаний нагрузки на электродвигатель над эталонным значением на заданную величину (например, на 5, 10, 100 или более кВт), или более чем на заданную процентную долю от эталонного значения (например, 5-10%). Эталонное значение в виде среднего значения нагрузки на электродвигатель (111) привода ленточного конвейера может задаваться исходя из скользящей средней (30), как показано на фиг. 3Б, построенной на основе усредняющих функций по N измерениям нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера, где  $N \geq 1$ . При этом окно, на котором вычисляется скользящая средняя, может быть смещено назад относительно момента измерения текущего значения нагрузки на электродвигателе привода ленточного конвейера на заданный промежуток времени или заданное количество измерений нагрузки на электродвигателе привода ленточного конвейера.

Дополнительно наличие повреждения ленты (101) может фиксироваться, если превышение эталонного значения (30) параметров нагрузки на электродвигатель (111) будет зафиксировано заданное и/или

более количество раз в течение заданного промежутка времени (например, 100 мс, 1 с и т.п.) или заданное и/или более количество раз подряд.

Полученные от устройства измерения (106) данные могут обрабатываться для их представления во временном или частотном представлении. Вычислительное устройство (107) позволяет с помощью заложенного алгоритма распознавать характерные паттерны работы электродвигателя при наличии повреждения конвейерной ленты (101) в ходе анализа получаемых данных от устройства (106), представленных во временном и/или частотном представлении. Частотное представление данных нагрузки на электродвигатель (111) может получаться с помощью выполнения преобразования Фурье или разложения в ряд Фурье временного представления параметров нагрузки на электродвигатель, получаемых от устройства измерения нагрузки (106). Преобразование Фурье или разложение в ряд Фурье временного представления параметров нагрузки на электродвигатель производится на временном интервале или окне, которое перемещается вперед по времени (окна 305, 306, 307).

Для частотного представления показаний параметров нагрузки на электродвигатель (111) может выполняться анализ амплитудного спектра нагрузки на электродвигатель (111) на предмет выявления аномальных гармоник и/или участков спектра, соответствующих эталонному паттерну, свидетельствующему о наличии повреждения конвейерной ленты (101), либо сравнении с эталонным паттерном, отображающим нормальную работу конвейера (100), при котором целостность ленты (101) не нарушена, что свидетельствует о его нормальной работе и отсутствии аварийной ситуации или аварийного режима работы.

Вычислительное устройство (107) выполнено с возможностью распознавания характерных паттернов продольного пореза конвейерной ленты при анализе временного и/или частотного представления нагрузки на электродвигатель (111) привода ленточного конвейера и/или анализе характеристической функции (ХФ) нагрузки на электродвигатель (111) привода ленточного конвейера с помощью технологии искусственного интеллекта (ИИ), включая аналитические методы, искусственные нейронные сети и т.п. Для частотного представления нагрузки на электродвигатель (111) привода ленточного конвейера анализируется амплитудный спектр нагрузки на электродвигатель (111) привода ленточного конвейера на предмет выявления аномальных гармоник и/или участков спектра, соответствующих эталонному паттерну, свидетельствующему о наличии продольного пореза конвейерной ленты. Аномальные гармоники нагрузки электродвигателя (111) при движении конвейерной ленты (101) в частотном представлении могут определяться исходя из пиковых и/или средних значений спектра нагрузки электродвигателя (111) в режиме безаварийной работы конвейера.

Условный упрощенный пример выявления аномальных гармоник и участков в амплитудном спектре нагрузки на электродвигатель при порыве показан на фиг. 4А-4В, где упрощенно скачек и последующее колебание нагрузки изображено кусочно-ломанной линией (горизонтальная линия (311) - безаварийная работа конвейера (100), восходящая линия (312) - это скачек нагрузки в момент возникновения продольного пореза, пилообразная линия (313) - это развивающийся порез ленты). Горизонтальная линия (311) отображает условно постоянную нагрузку на электродвигатель до повреждения ленты (стабильная работа электродвигателя), ее разложение на временном окне (305) в ряд Фурье не дает никаких гармоник (амплитудный спектр нулевой - это крайне утрированный случай, только в качестве примера). В то время как, если сделать разложение в ряд Фурье на временном окне (306), где происходит скачек нагрузки (312), то появится целый набор гармоник.

В качестве примера можно разложить в ряд Фурье линейную функцию  $y(x)=x$ , на пример, на участке  $[-3;3]$  с порядком разложения 25 (первые 25 гармоник), фиг. 5. Аналитически разложение запишется по формуле (1):

$$y(x) = \sum_{n=1}^{25} -\frac{6 \cdot (-1)^n}{n \cdot \pi} \cdot \sin\left(\frac{n \cdot \pi \cdot x}{3}\right) \quad (1)$$

где можно видеть набор составляющих гармоник. А амплитудный спектр частот задается следующим набором амплитуд  $b_n$ , убывающих обратно пропорционально от порядкового номера гармоники  $n$  по формуле (2):

$$b_n = \frac{1}{3} \cdot \int_{-3}^3 x \cdot \sin\left(\frac{n \cdot \pi \cdot x}{3}\right) dx = -\frac{6 \cdot (-1)^n}{n \cdot \pi} \quad (2).$$

Аналогично, у условно пилообразной нагрузки (304) в результате рывков двигателя при разрывании ленточного полотна в частотном представлении при разложении во временном окне (307) имеются свои гармоники и участки спектра, отличные по частоте и/или амплитуде от гармоник и спектра безаварийной работы конвейерной ленты (в примере на фиг. 4В в режиме безаварийной работы амплитудный спектр нулевой), такие гармоники и участки спектра также считаются аномальными и их выявление свидетельствует о наличии продольного пореза ленты. Таким образом, если, например, периодически проводить спектральный анализ нагрузки на электродвигатель в заданном временном окне, постоянно смещая его по времени вперед (окна 305, 306, 307), то можно обнаружить аномальные гармоники и/или участки

спектра, свидетельствующие о повреждении ленты (101), например, о продольном порезе ленты.

Обработка получаемых данных от устройства измерения нагрузки (106) вычислительным устройством (107) может выполняться с помощью технологии искусственного интеллекта (ИИ), включая аналитические методы или искусственные нейронные сети.

Дополнительно вычислительное устройство (107) может быть подключено к системе управления ленточным конвейером одним из следующих способов: через релейные выходы, по протоколу Modbus или сетям Profibus или Profnet. При таком принципе подключения вычислительное устройство (107) формирует сигнал для остановки ленточного конвейера, передаваемый в систему управления ленточным конвейером, при определении наличия продольного пореза конвейерной ленты (101) на основании обработки данных с устройства измерения нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера конвейерной ленты (106).

На фиг. 6 представлен общий пример вычислительного устройства (400), например, вычислительный блок (вычислительный модуль), компьютер, сервер, ноутбук, смартфон, SoC (System-on-a-Chip/Система на кристалле) и т.п., которое может применяться для полной или частичной реализации заявленного решения, в частности, для реализации устройств (107, 108). В общем случае устройство (400) содержит такие компоненты, как: один или более процессоров (401), по меньшей мере одну оперативную память (402), средство постоянного хранения данных (403), интерфейсы ввода/вывода (404) включая релейные выходы для соединения с контроллерами управления движения ленточного конвейера, средство В/В (405), средства сетевого взаимодействия (406). Процессор (401) устройства выполняет основные вычислительные операции, необходимые для функционирования устройства (400) или функционала одного или более его компонентов. Процессор (401) исполняет необходимые машиночитаемые команды, содержащиеся в оперативной памяти (402).

Память (402), как правило, выполнена в виде ОЗУ и содержит необходимую программную логику, обеспечивающую требуемый функционал. Средство хранения данных (403) может выполняться в виде HDD, SSD дисков, рейд массива, сетевого хранилища, флэш-памяти, оптических накопителей информации (CD, DVD, MD, Blue-Ray дисков) и т.п. Средство (403) позволяет выполнять долгосрочное хранение различного вида информации, например, истории обработки запросов (логов), идентификаторов пользователей, данные камер, изображения и т.п.

Интерфейсы (404) представляют собой стандартные средства для подключения и работы с вычислительными устройствами. Интерфейсы (404) могут представлять, например, релейные соединения, USB, RS232/422/485 или другие, RJ45, LPT, UART, COM, HDMI, PS/2, Lightning, FireWire и т.п. для работы, в том числе, по протоколам Modbus и сетям Profibus. Выбор интерфейсов (404) зависит от конкретного исполнения устройства (400), которое может представлять собой, вычислительный блок (вычислительный модуль), например на базе ЦПУ (одного или нескольких процессоров), микроконтроллера и т.п., персональный компьютер, мейнфрейм, серверный кластер, тонкий клиент, смартфон, ноутбук и т.п., а также подключаемых сторонних устройств.

В качестве средств В/В данных (405) может использоваться: клавиатура, джойстик, дисплей (сенсорный дисплей), проектор, тачпад, манипулятор мышь, трекбол, световое перо, динамики, микрофон и т.п.

Средства сетевого взаимодействия (406) выбираются из устройства, обеспечивающего сетевой прием и передачу данных, например, Ethernet карту, WLAN/Wi-Fi модуль, Bluetooth модуль, BLE модуль, NFC модуль, IrDa, RFID модуль, GSM модем и т.п. С помощью средства (406) обеспечивается организация обмена данными по проводному или беспроводному каналу передачи данных, например, WAN, PAN, ЛВС (LAN), Интранет, Интернет, WLAN, WMAN или GSM, квантовый канал передачи данных, спутниковая связь и т.п. Компоненты устройства (400), как правило, сопряжены посредством общей шины передачи данных.

В настоящих материалах заявки было представлено предпочтительное раскрытие осуществления заявленного технического решения, которое не должно использоваться как ограничивающее иные, частные воплощения его реализации, которые не выходят за рамки испрашиваемого объема правовой охраны и являются очевидными для специалистов в соответствующей области техники.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ автоматизированного определения повреждения конвейерной ленты, выполняемый с помощью вычислительного устройства, связанного с по меньшей мере одним устройством измерения нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера, при этом способ содержит этапы, на которых:

- а) получают данные измерения нагрузки на по меньшей мере один электродвигатель привода ленточного конвейера с по меньшей мере одного устройства измерения нагрузки;
- б) выполняют с помощью вычислительного устройства обработку измерений, полученных на этапе а), в ходе которой выполняют их сравнение с по меньшей мере одним эталонным значением нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера и/или с по меньшей мере одним эталонным паттерном

нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера;

с) определяют наличие повреждения конвейерной ленты в случае, если на этапе б) выявляется превышение данных измерений нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера над по меньшей мере одним эталонным значением нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера и/или соответствие по меньшей мере одному эталонному паттерну нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера, свидетельствующему о наличии повреждения конвейерной ленты, и/или отклонения от по меньшей мере одного эталонного паттерна нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера, соответствующего безаварийной работе конвейера;

д) фиксируют в памяти вычислительного устройства данные о выявленном повреждении конвейерной ленты и/или передают их на внешнее устройство.

2. Способ по п.1, характеризующийся тем, что устройство измерения нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера выполнено с возможностью измерения одного или нескольких параметров нагрузки, выбираемых из группы: сила тока (I), напряжение (U), угол сдвига фаз ( $\varphi$ ), коэффициента мощности ( $\cos \varphi$ ), коэффициент гармонических искажений (THD), активная мощность, полная мощность, средняя мощность, потребляемая мощность (P), крутящий момент, тяговое усилие, скорость вращения или их сочетания.

3. Способ по п.1, характеризующийся тем, что на этапе с) повреждение конвейерной ленты характеризует по меньшей мере одним из: продольный порез, потертость, протертость, задир конвейерной ленты.

4. Способ по п.1, характеризующийся тем, что на этапе а) измеряется нагрузка на каждом из электродвигателей или отдельно взятых электродвигателях привода ленточного конвейера.

5. Способ по п.4, характеризующийся тем, что на этапе б) анализируется суммарная нагрузка, полученная суммированием нагрузок с каждого электродвигателя или отдельно взятых электродвигателей привода ленточного конвейера.

6. Способ по п.5, характеризующийся тем, что на этапе б) суммарная нагрузка получается путем суммирования нагрузок отдельных электродвигателей привода ленточного конвейера с использованием весовых коэффициентов.

7. Способ по п.1, характеризующийся тем, что на этапе б) полученные измерения проходят предварительную обработку, с помощью сглаживания посредством усредняющих фильтров или вычисления линии тренда измеренных значений параметров нагрузки на электродвигатель.

8. Способ по п.1, характеризующийся тем, что на этапе б) эталонное значение задается исходя из по меньшей мере одного из: номинальное значение нагрузки на электродвигатель, среднее значение нагрузки на электродвигатель, экстремальные значения нагрузки на электродвигатель, или значения, характеризующие вариабельность нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера, полученные во временном диапазоне, предшествующем моменту измерения.

9. Способ по п.8, характеризующийся тем, что на этапе б) эталонное значение в виде среднего значения нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера задается исходя из скользящей средней, построенной на основе усредняющих функций по N измерениям нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера, где  $N > 1$ .

10. Способ по п.9, характеризующийся тем, что окно, на котором вычисляется скользящая средняя, смещено назад относительно момента измерения текущего значения нагрузки на электродвигателе привода ленточного конвейера на заданный промежуток времени или заданное количество измерений нагрузки на электродвигателе привода ленточного конвейера.

11. Способ по п.1, характеризующийся тем, что превышение над заданным эталонным значением представляет собой факт превышения эталонного значения или превышение над эталонным значением более, чем на заданную величину, или более чем на заданную процентную долю от эталонного значения.

12. Способ по п.1, характеризующийся тем, что на этапе с) определяют наличие повреждения конвейерной ленты, если превышение над эталонным значением нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера будет зафиксировано заданное и/или более количество раз в течение заданного промежутка времени или заданное и/или более количество раз подряд.

13. Способ по п.1, характеризующийся тем, что на этапе б) обработка полученных значений с устройства измерения нагрузки на электродвигателе привода ленточного конвейера происходит во временном или частотном представлении.

14. Способ по п.13, характеризующийся тем, что на этапе б) вычислительное устройство выполнено с возможностью распознавания эталонных паттернов повреждения конвейерной ленты и/или отклонения от эталонных паттернов безаварийной работы конвейера при анализе временного и/или частотного представления нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера и/или анализе характеристической функции (ХФ) нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера с помощью технологии искусственного интеллекта (ИИ).

15. Способ по п.13, характеризующийся тем, что на этапе б) для получения частотного представле-

ния нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера используется преобразование Фурье или разложение в ряд Фурье.

16. Способ по п.13, характеризуется тем, что на этапе б) для частотного представления нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера анализируется амплитудный спектр нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера на предмет выявления аномальных гармоник и/или участков спектра, соответствующих эталонному паттерну, свидетельствующему о наличии повреждения конвейерной ленты или расхождение с эталонным паттерном соответствующим безаварийной работе конвейера.

17. Способ по п.16, характеризующийся тем, что амплитудный спектр нагрузки анализируется с помощью технологии ИИ.

18. Способ по п.1, характеризующийся тем, что внешнее устройство подключено к вычислительному устройству посредством проводного или беспроводного канала передачи данных.

19. Способ по п.1, характеризующийся тем, что внешнее устройство является по меньшей мере одним из: монитор, интерактивный экран, компьютер, ноутбук, планшет, смартфон, умное носимое устройство, съемный носитель данных, контроллер управления ленточным конвейером, или удаленную систему управления ленточным конвейером.

20. Способ по п.1, характеризующийся тем, что вычислительное устройство подключено к системе управления ленточным конвейером одним из следующих способов: через релейные выходы, по протоколу Modbus или сетям Profibus или Profnet.

21. Способ по п.19, характеризующийся тем, что на этапе d) вычислительное устройство формирует сигнал для остановки ленточного конвейера, передаваемый в систему управления ленточным конвейером, при определении наличия повреждения конвейерной ленты.

22. Способ по п.1, характеризующийся тем, что GUI реализован на внешнем устройстве и/или на вычислительном устройстве.

23. Способ по п.1, характеризующийся тем, что вычислительное устройство дополнительно выполнено с возможностью его настройки и/или отслеживания результата анализа состояния конвейерной ленты, с помощью внешнего устройства.

24. Способ по п.1, характеризующийся тем, что дополнительно формируется видеопоток с изображением поверхности конвейерной ленты, получаемый с видеокамеры.

25. Способ по п.1 характеризующийся тем, что вычислительное устройство дополнительно формирует аварийный сигнал для уведомления оператора ленточного конвейера о наличии повреждения конвейерной ленты, передаваемый на внешнее устройство и/или устройство звукового и/или светового оповещения.

26. Система автоматизированного определения повреждения конвейерной ленты, содержащая вычислительное устройство, подключенное к по меньшей мере одному устройству измерения нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера, в которой вычислительное устройство выполнено с возможностью:

получения данных измерения нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера от по меньшей мере одного устройства измерения нагрузки;

обработки полученных измерений, в ходе которой выполняют их сравнение с по меньшей мере одним эталонным значением нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера и/или с по меньшей мере одним эталонным паттерном нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера;

определения наличия повреждения конвейерной ленты в случае, если выявляется превышение данных измерений нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера над по меньшей мере одним эталонным значением нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера и/или соответствие по меньшей мере одному эталонному паттерну нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера, свидетельствующему о наличии повреждения конвейерной ленты, и/или отклонения от по меньшей мере одного эталонного паттерна нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера, соответствующего безаварийной работе конвейера;

фиксации в памяти вычислительного устройства данных о выявленном повреждении конвейерной ленты и/или их передачи на внешнее устройство.

27. Способ автоматизированного определения повреждения конвейерной ленты, выполняемый с помощью вычислительного устройства, связанного с устройствами измерения нагрузки на электродвигателях привода ленточного конвейера, при этом конвейер содержит М электродвигателей, где М - натуральное число и  $M \geq 2$ , при этом способ содержит этапы, на которых:

а) получают данные измерения нагрузки от устройств измерения нагрузки на электродвигателях ленточного конвейера;

б) выполняют с помощью вычислительного устройства обработку измерений, полученных на этапе а), в ходе которой выполняют их сравнение с по меньшей мере одним эталонным значением нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера и/или с по меньшей мере одним эталонным паттерном

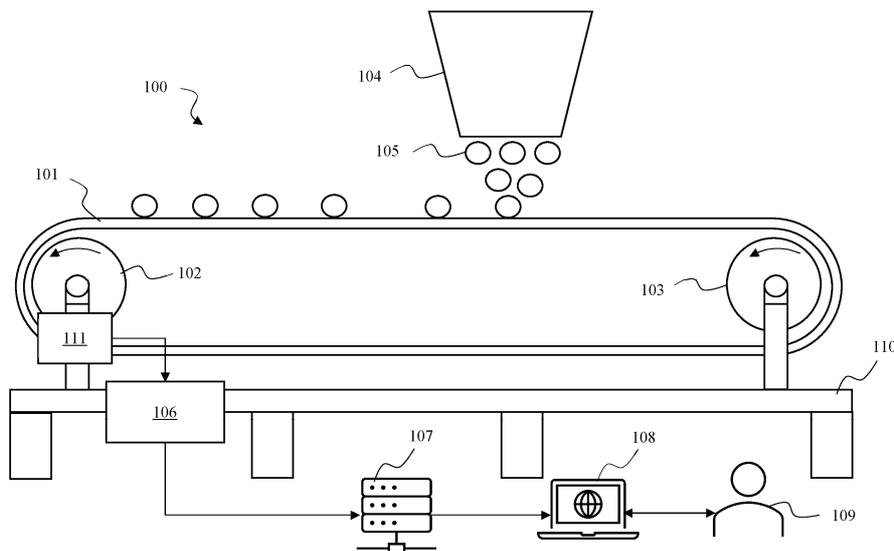
нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера;

с) определяют наличие повреждения конвейерной ленты в случае, если на этапе b) выявляется превышение данных измерений нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера над по меньшей мере одним эталонным значением нагрузки на электродвигатель привода ленточного конвейера и/или соответствие по меньшей мере одному эталонному паттерну нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера, свидетельствующему о наличии повреждения конвейерной ленты, и/или отклонения от по меньшей мере эталонного паттерна нагрузки на по меньшей мере одном электродвигателе привода ленточного конвейера, соответствующего безаварийной работе конвейера;

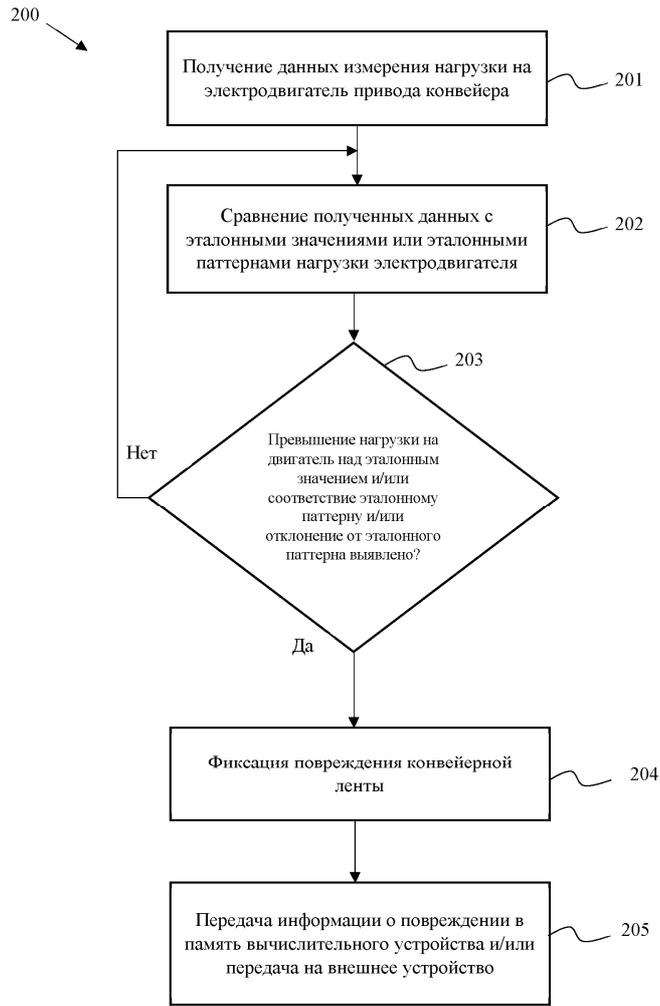
d) фиксируют в памяти вычислительного устройства данные о выявленном повреждении конвейерной ленты и/или передают их на внешнее устройство.

28. Способ по п.27, характеризующийся тем, что нагрузка измеряется на каждом из электродвигателей привода или отдельно взятых электродвигателях привода ленточного конвейера.

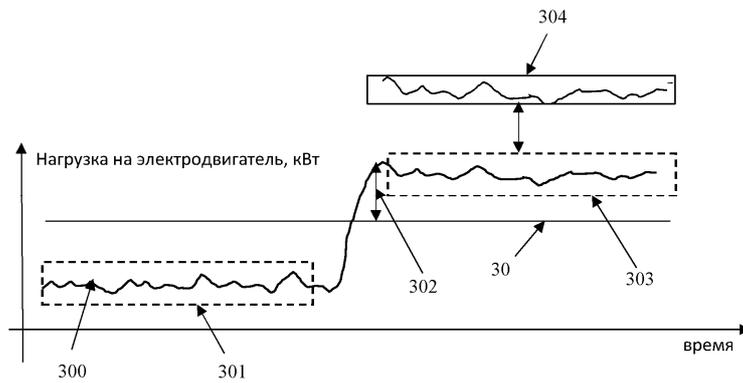
29. Способ по п.28, характеризующийся тем, что анализ нагрузки осуществляется на каждом или отдельно взятых электродвигателях привода ленточного конвейера отдельно и/или анализируется сумма нагрузок на всех или отдельно взятых электродвигателях привода ленточного конвейера.



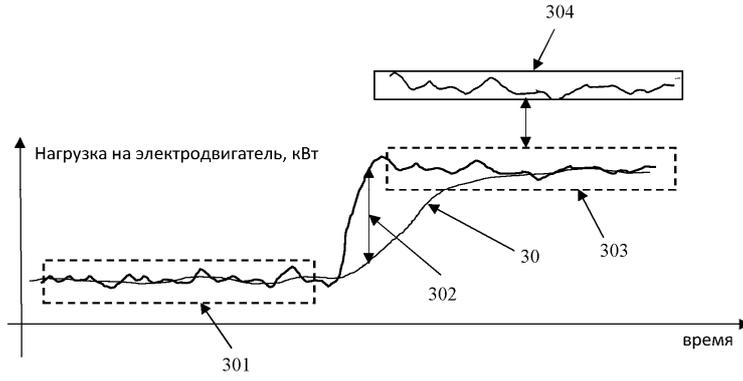
Фиг. 1



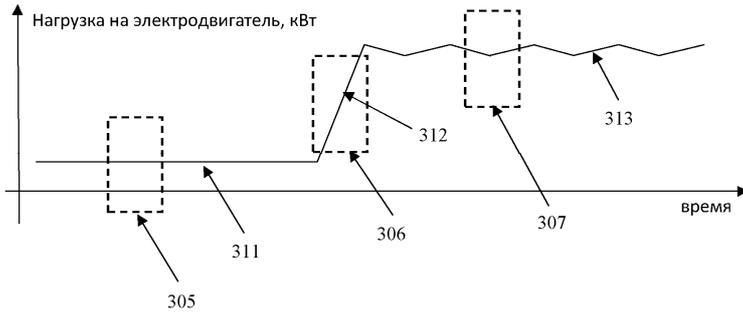
Фиг. 2



Фиг. 3А

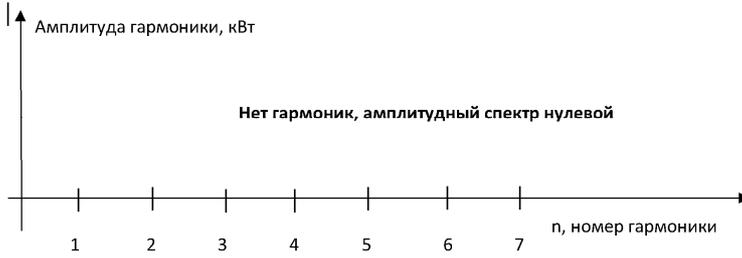


Фиг. 3Б



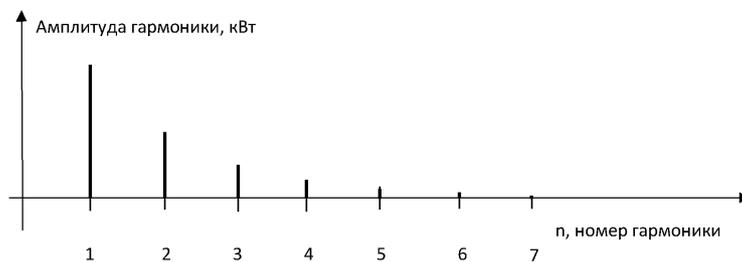
Фиг. 4А

Амплитудный спектр в окне 305

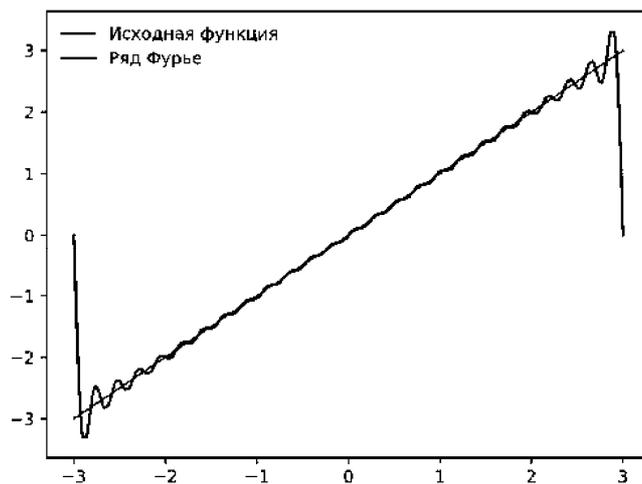


Фиг. 4Б

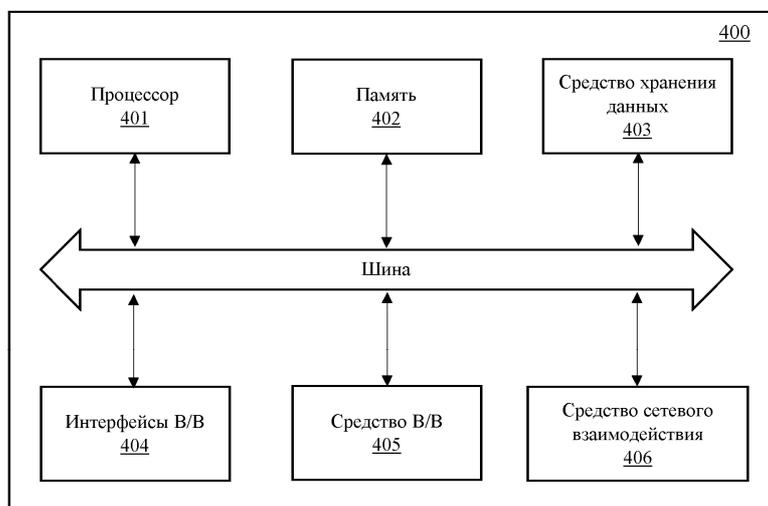
Амплитудный спектр в окне 306



Фиг. 4В



Фиг. 5



Фиг. 6

