



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G06Q 50/04 (2022.02); G05B 13/04 (2022.02); G05B 17/02 (2022.02)

(21)(22) Заявка: 2021122488, 23.01.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.01.2020Дата регистрации:
12.08.2022

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
25.01.2019 US 62/797,076

(45) Опубликовано: 12.08.2022 Бюл. № 23

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 28.07.2021(86) Заявка РСТ:
US 2020/014713 (23.01.2020)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2020/154461 (30.07.2020)

Адрес для переписки:

105082, Москва, Спартаковский пер., 2, стр. 1,
секция 1, этаж 3, "ЕВРОМАРКПАТ"

(72) Автор(ы):

ГАТТУ, Джагадиш (US),
ОХАД, Нимрод (US)

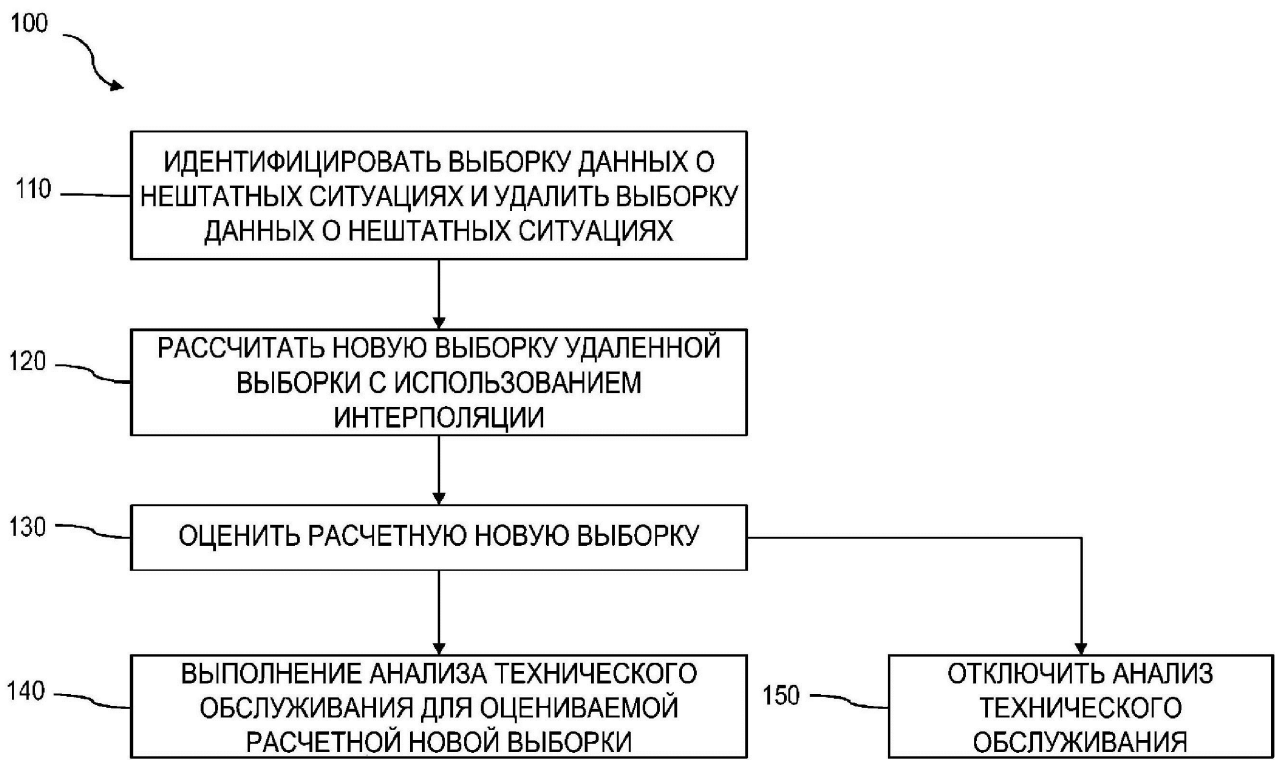
(73) Патентообладатель(и):

ДЖЕ ИНСПЕКШН ТЕКНОЛОДЖИС, ЛП
(US)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 2007/0010900 A1, 11.01.2007. US
2016/0305848 A1, 20.10.2016. US 2004/0078171
A1, 22.04.2004. RU 2386992 C2, 20.04.2010.(54) ОБНАРУЖЕНИЕ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ ДЛЯ ПРОГНОЗНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЕЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВАНИИ КАЧЕСТВА ДАННЫХ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области мониторинга рабочего состояния датчика. Технический результат – мониторинг рабочего состояния датчика для предотвращения некорректной диагностики состояния оборудования. Способ включает в себя проверку качества данных и блокировку генерации предупреждений с использованием методик машинного обучения, что позволяет определить, связаны ли две нештатные ситуации, сгенерированные системой мониторинга оборудования. Способ может включать в себя прием данных, характеризующих данные

измерений, полученные датчиком, соединенным с производственным оборудованием. Выборка данных о нештатных ситуациях в полученных данных может быть идентифицирована и удалена из выборки данных о нештатных ситуациях. Новую выборку удаленной выборки данных можно рассчитать с использованием интерполяции, причем новую выборку можно оценить. Анализ технического обслуживания может быть выполнен на основании оцениваемой расчетной новой выборки. 3 н. и 11 з.п. ф-лы, 2 ил.



ФИГ. 1

RU 2777950 C1

RU 2777950 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G06Q 50/04 (2012.01)
G05B 13/04 (2006.01)
G05B 17/02 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G06Q 50/04 (2022.02); G05B 13/04 (2022.02); G05B 17/02 (2022.02)

(21)(22) Application: **2021122488, 23.01.2020**

(24) Effective date for property rights:
23.01.2020

Registration date:
12.08.2022

Priority:

(30) Convention priority:
25.01.2019 US 62/797,076

(45) Date of publication: **12.08.2022 Bull. № 23**

(85) Commencement of national phase: **28.07.2021**

(86) PCT application:
US 2020/014713 (23.01.2020)

(87) PCT publication:
WO 2020/154461 (30.07.2020)

Mail address:
**105082, Moskva, Spartakovskij per., 2, str. 1,
sektsiya 1, etazh 3, "EVROMARKPAT"**

(72) Inventor(s):
**GATTU, Dzhagadish (US),
OKHAD, Nimrod (US)**

(73) Proprietor(s):
**DzhE INSPEKSHN TEKNOLODZHIS, LP
(US)**

(54) **DETECTION OF EMERGENCY SITUATIONS FOR PREDICTIVE MAINTENANCE AND DETERMINATION OF END RESULTS AND TECHNOLOGICAL PROCESSES BASED ON THE DATA QUALITY**

(57) Abstract:

FIELD: controlling.

SUBSTANCE: invention relates to the field of monitoring the working condition of a sensor. Method includes the steps of inspecting the data quality and blocking the generation of alerts using machine learning methods, providing the possibility of determining whether the two emergency situations generated by the equipment monitoring system are connected. The method may include the step of receiving data characterising the measurement data received by the sensor connected with process equipment. The

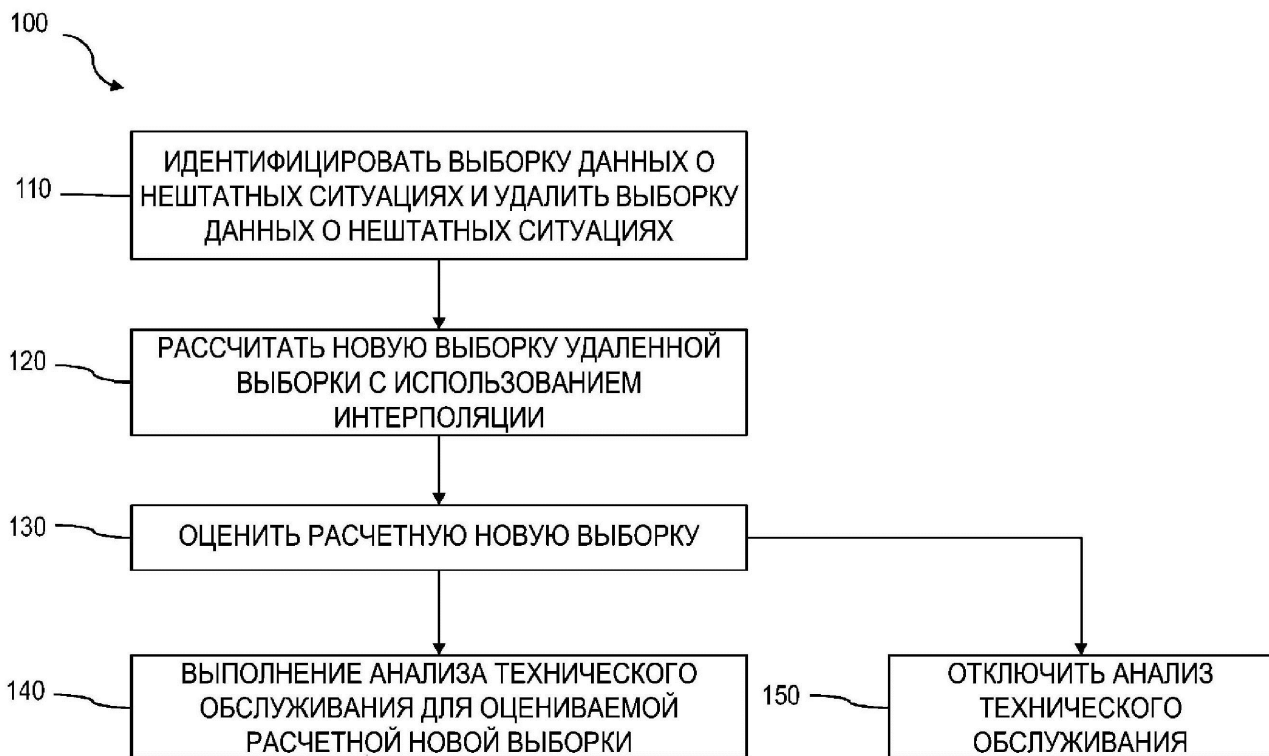
emergency data sample in the received data may be identified and deleted from the emergency data sample. A new sample of the deleted data sample may be calculated using interpolation, wherein the new sample may be estimated. Maintenance may be analysed on the basis of the estimated new calculated sample.

EFFECT: monitoring of the working condition of a sensor for the purpose of preventing incorrect diagnostics of the condition of the equipment.

14 cl, 2 dwg

RU 2 777 950 C1

RU 2 777 950 C1



ФИГ. 1

RU 2777950 C1

RU 2777950 C1

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0001] Производственное оборудование может быть весьма сложным и может быть подвержено различным типам сложных режимов отказа. Оборудование может включать в себя множество датчиков, которые можно использовать для мониторинга эксплуатации оборудования. Один способ применения данных от датчиков включает в себя разработку схем обнаружения на основании правил, которые можно применять для мониторинга функционирования оборудования. На основании правил, реализованных в рамках схем обнаружения, датчики или предназначенный для мониторинга датчиков контроллер могут определять, работает ли оборудование в рамках допустимых параметров.

ИЗЛОЖЕНИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0002] В одном аспекте предложены системы для мониторинга рабочего состояния датчика. Приведено описание систем, которые позволяют осуществлять мониторинг рабочего состояния датчика посредством проверки качества данных и блокировки подачи предупреждений с применением методик машинного обучения. Это позволит определить, связаны ли две нештатные ситуации, сгенерированные системой мониторинга оборудования. Также описаны связанное устройство, системы, методики и изделия.

[0003] В другом аспекте предлагается способ мониторинга рабочего состояния датчика, который включает в себя: получение данных, характеризующих значения данных измерений, полученных датчиком, соединенным с компрессором; идентификацию первой выборки данных в полученных данных, включающую по меньшей мере одно значение данных измерений, относящееся к типу данных о нештатных ситуациях, причем идентификация первой выборки данных включает применение по меньшей мере одного правила проверки данных в отношении полученных данных, которое обеспечивает возможность проверки скорости изменения среднего значения данных измерений и генерацию предупреждения в ответ на несоответствие первой выборки данных правилу проверки данных; удаление первой выборки данных; расчет, с использованием по меньшей мере одной методики оценки данных, второй выборки данных для замены первой выборки данных, причем указанная по меньшей мере одна методика оценки данных включает выполнение градиентного бустинга в отношении удаленной первой выборки данных; оценку расчетной второй выборки данных посредством оценки соответствия расчетной второй выборки данных с учетом набора данных известных значений данных измерений, причем соответствие определяют на основании применения f-теста ко второй выборки данных и к данным известных значений данных измерений, и если расчетная вторая выборка данных не проходит f-тест, генерируется предупреждение, включающее в себя по меньшей мере один тег, идентифицирующий неудачное испытание; выполнение анализа технического обслуживания для оцениваемой расчетной второй выборки данных на основании по меньшей мере одного тега; и предоставление предупреждения и результата анализа технического обслуживания на дисплее, причем предупреждение отображается на одном теге временного ряда на первой оси с первой меткой времени, а результат анализа технического обслуживания отображается со второй меткой времени на второй оси, отдельной от первой оси, и при этом первая и вторая метки времени идентичны.

[0004] Также описаны нетранзиторные компьютерные программные продукты (т.е. физически реализованные компьютерные программные продукты), содержащие инструкции, которые при их исполнении одним или более процессорами обработки данных одной или более компьютерных систем приводят к тому, что по меньшей мере один процессор обработки данных выполняет описанные в настоящем документе

операции. Аналогичным образом также описаны компьютерные системы, которые могут включать в себя один или более процессоров обработки данных и память, соединенную с данным одним или более процессорами обработки данных. В памяти могут временно или постоянно храниться инструкции, которые приводят к выполнению по меньшей мере одним процессором обработки данных одной или более из описанных в настоящем документе операций. Кроме того, способы могут быть реализованы одним или более процессорами обработки данных либо в рамках одной компьютерной системы, либо путем распределения между двумя или более компьютерными системами. Такие компьютерные системы могут быть соединены и могут обмениваться данными и/или командами или другими инструкциями и т.п. посредством одного или более соединений, включая соединение по сети (например, сети Интернет, беспроводной глобальной сети, локальной сети, глобальной сети, проводной сети и т.п.), посредством прямого соединения между одной или более из множества компьютерных систем и т.д.

[0005] Подробности одного или более вариантов объекта изобретения, описанного в настоящем документе, изложены на прилагаемых рисунках и в приведенном ниже описании. Прочие признаки и преимущества объекта изобретения, описанного в настоящем документе, будут понятны из описания, рисунков и формулы изобретения.

ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

[0006] На ФИГ. 1 представлена блок-схема процесса, иллюстрирующая пример реализации способа для получения результата; и

[0007] на ФИГ. 2 представлена схема системы, иллюстрирующая систему мониторинга рабочего состояния датчика.

[0008] Одинаковые позиции на разных рисунках указывают на одинаковые элементы.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

[0009] На предприятиях нефтегазового сектора могут применять системы мониторинга и диагностики оборудования, предназначенные для мониторинга условий эксплуатации одного или более, а в некоторых случаях тысяч единиц оборудования. В системах мониторинга и диагностики оборудования, включая датчики, может быть целесообразным выявление нештатных ситуаций в измерениях датчиков. Мониторинг эксплуатации оборудования может включать в себя эффективное управление предупреждениями, генерируемыми в ответ на обнаружение нештатной ситуации. Общая производительность системы может быть определена по рабочему состоянию датчиков. В некоторых случаях диагностировать рабочее состояние оборудования до момента возникновения неисправностей можно на основании рабочего состояния датчика и/или инструмента посредством анализа прогнозного технического обслуживания и/или аналитических решений.

[0010] Однако при использовании прогнозного метода диагностики для диагностики рабочего состояния оборудования присутствует вероятность некорректной диагностики оборудования. Кроме того, анализ прогнозного технического обслуживания и/или аналитические решения, не учитывающие рабочее состояние датчика, могут привести к некорректной диагностике оборудования, которое на самом деле работает надлежащим образом. В некоторых случаях может выполняться диагностика с дублированием, каждая из которых может запускать предупреждение. В любом случае может быть сгенерировано предупреждение с уведомлением пользователей систем мониторинга и диагностики оборудования о потенциальной нештатной ситуации при эксплуатации оборудования, однако в анализ прогнозного технического обслуживания может быть включена неопределенность, генерирующая предупреждение о потенциальной неисправности в будущем. Кроме того, дублирующиеся предупреждения

могут перегрузить ширину пользовательской полосы и сделать систему мониторинга оборудования непригодной для использования.

[0011] Может быть целесообразно осуществлять мониторинг рабочего состояния датчика для предотвращения некорректной диагностики состояния оборудования. Также может быть целесообразно блокировать дублирующиеся предупреждения, возникающие в результате диагностики взаимосвязанных неисправностей. Некоторые аспекты настоящего объекта изобретения могут облегчить мониторинг рабочего состояния датчика путем проверки качества данных и/или блокировки подачи дублирующихся предупреждений с применением машинного обучения. Это позволит определить, связаны ли нештатные ситуации, сгенерированные системой мониторинга оборудования, например две нештатные ситуации.

[0012] На ФИГ. 1 представлена блок-схема процесса, иллюстрирующая пример процесса 100 для получения результатов для прогнозной аналитики. Использование правил качества данных может облегчить мониторинг рабочего состояния датчика путем проверки качества данных и/или генерации предупреждения, когда качество данных может быть определено как низкое. Посредством проверки качества данных и блокировки подачи дублирующихся предупреждений с применением машинного обучения можно определить, связаны ли две или более нештатные ситуации, сгенерированные системой мониторинга оборудования.

[0013] На этапе 110 могут быть идентифицированы и удалены выборки данных о нештатных ситуациях. Выборки данных могут быть обработаны на предмет наличия выборок данных о нештатных ситуациях с помощью подсистемы анализа качества данных. В подсистеме анализа качества данных могут использоваться правила качества данных или проверки данных для идентификации выборок данных о нештатных ситуациях. При нарушении правила качества данных (например, данные включают в себя низкое качество данных и, таким образом, приводят к нарушению правила качества данных) сгенерированное предупреждение позволяет идентифицировать начало и конец проблемы с качеством данных. Сгенерированное предупреждение позволяет идентифицировать отдельные точки данных, в которых было нарушено правило качества данных. Например, правило проверки данных позволяет проверять, соответствует ли тип данных сигнала или измерения, полученного от датчика, типу данных заданного тега данных, содержит ли сигнал или измерение, полученные от датчика, НЕОПРЕДЕЛЕННЫЕ и/или пустые значения и/или отсутствуют ли сигнал или измерение, полученные от датчика, для более чем трех выборок.

[0014] Например, правило среднего отклонения позволяет проверять скорость изменения сигнала и наличие изменений среднего значения, а также отклонение скорости изменения. Если изменение среднего значения и отклонение существенно, превышает порог и/или выходит за пределы заданного диапазона, правило среднего отклонения может быть нарушено. Например, правило выхода за диапазон позволяет проверять, находятся ли сигнальные значения в пределах допустимого рабочего диапазона. Например, правило согласованной линии передачи позволяет принимать номер согласованной линии передачи и определять, сколько повторяющихся сигналов может быть подано до того, как сигнал можно будет считать согласованным. Правило согласованной линии передачи может принимать точный диапазон согласованной линии передачи, а значения в точном диапазоне согласованной линии передачи могут рассматриваться как повторяющиеся сигнальные значения. Выборки данных, нарушающие правила качества данных, могут быть идентифицированы как нештатные или проблемные, и идентифицированные выборки данных могут быть удалены. В

некоторых вариантах осуществления метаданные, идентифицирующие неисправность, связанную с данными о нештатных ситуациях, могут храниться вместе с данными временного ряда таким образом, чтобы поддерживать размер данных временного ряда (например, без существенного увеличения пространства, необходимого для хранения данных временного ряда).

[0015] На этапе 120 удаленные выборки данных можно оценить с помощью методик оценки недостающих данных. При удалении выборки данных может быть целесообразно оценить недостающие данные для продолжения оценки эксплуатации оборудования. Оценка недостающих выборок данных может позволять осуществлять мониторинг оборудования, даже когда данные могут быть скудными и/или периодически теряться. Оценка недостающих данных может быть выполнена с применением методик оценки недостающих данных, таких как интерполяция и/или экстраполяция. Интерполяция позволяет создавать новые выборки данных в диапазоне дискретного набора существующих данных. Экстраполяция позволяет создавать новые выборки данных за пределами диапазона дискретного набора существующих данных. Пользователь может выбрать конкретный метод оценки данных, например линейный, кубический, сплайн и т.п. Другие методы оценки данных могут включать в себя метод множественного восстановления, метод k-ближайших соседей, градиентный бустинг (например, XGBoost), ансамбль решающих деревьев и т.п.

[0016] На этапе 130 может быть выполнена оценка удаленных данных. Например, расчетные данные можно оценить путем разделения известного набора данных на тренировочную и/или валидационную выборки и оценки соответствия расчетных данных известному набору данных с помощью f-теста, z-теста, t-теста, доверительных интервалов (например, доверительных полос), их комбинаций и т.п. Соответствие расчетных данных позволяет предотвратить перегрузку ширины пользовательской полосы и дать представление об основной причине предупреждения, когда неисправность может присутствовать в данных.

[0017] Если расчетные данные можно оценить как точный подбор, например когда показатель качества оценки превышает заданное пороговое значение или показатель ошибки ниже заданного порогового значения, на этапе 140 может быть выполнен анализ технического обслуживания выборок данных, включая расчетные данные. Если наблюдается сбой теста с выходом за пределы диапазона и/или отсутствием ошибки (не является числом), в итоге правила, использующие эти теги, могут сгенерировать предупреждение для нарушений качества данных, но могут использовать расчетные данные для выполнения правил технического обслуживания, зависящих от этих тегов. Например, на этих тегах могут основываться правила пороговых значений, обнаружение нештатной ситуации и т.п. Выполнение аналитической обработки данных с использованием значений расчетных данных позволяет улучшить эффективность аналитической обработки данных. Кроме того, определение качества данных и расчет недостающих данных могут помочь в обнаружении конкретных режимов отказа оборудования, поскольку для обнаружения конкретных режимов отказа может потребоваться способность оценивать тенденции данных отдельных датчиков.

[0018] Если расчетные данные могут быть оценены как неправильные данные, анализ технического обслуживания для выборок данных на этапе 150 может быть приостановлен. Если наблюдается сбой теста с выходом за пределы диапазона и/или значение не является числом (NaN), правила в итоге могут сгенерировать предупреждение о нарушениях качества данных, а правила технического обслуживания, которые могут зависеть от этих тегов, могут быть приостановлены. Например, на этих

тегах могут основываться правила пороговых значений, обнаружение нештатной ситуации и т.п. Приостановка аналитической обработки данных технического обслуживания для значений неправильно оцененных данных позволяет исключить сценарии, в которых аналитическая обработка данных может привести к плохому

5 результату.

[0019] В некоторых вариантах осуществления при непрерывном нарушении порогового значения может выполняться обнаружение многократного нарушения одного и того же правила и может быть реализована функция исключения непрерывной генерации множества предупреждений. Но в случае анализа прогнозного технического

10 обслуживания, основанного на моделях машинного обучения, нарушение может быть сгенерировано шаблонами в нескольких сигналах. В таком случае не может быть точного правила, позволяющего обнаружить, что два различных шаблона, каждый из которых генерирует отдельное предупреждение, могут соответствовать одной и той же неисправности. Методики машинного обучения можно использовать для определения

15 того, являются ли два технических состояния, основанные на двух разных шаблонах, одним и тем же техническим состоянием. На основании этого определения генерация новых предупреждений может быть заблокирована таким образом, чтобы предупреждение подавалось пользователю один, а не несколько раз (в некоторых случаях сотни раз) для конкретной неисправности.

[0020] В некоторых вариантах осуществления генерация предупреждения может сочетать нечеткую логику и машинное обучение для определения того, являются ли две нештатные ситуации, сгенерированные моделью обнаружения нештатных ситуаций, одинаковыми. Можно проанализировать сигналы, присутствующие при первой нештатной ситуации, и сравнить шаблон этих сигналов с шаблоном сигналов,

25 присутствующих при второй нештатной ситуации. Если шаблоны совпадают (с использованием комбинации нечеткой логики и машинного обучения), то вторая нештатная ситуация не сможет генерировать новое предупреждение. Вместо этого информация о второй нештатной ситуации может быть добавлена к предупреждению, относящемуся к первой нештатной ситуации. Таким образом, одно предупреждение

30 может быть сгенерировано для двух разных нештатных ситуаций, идентифицированных на двух отдельных метках времени.

[0021] В некоторых вариантах осуществления при использовании прогнозной диагностики для диагностирования рабочего состояния оборудования специфика прогнозной диагностики может включать в себя вероятность неправильной диагностики рабочего состояния оборудования. В результате для оценки достоверности диагностики может потребоваться привлечение инженера. Чтобы оценить достоверность, инженер может проверить общее рабочее состояние оборудования. Однако эта информация может быть распределена между несколькими разными системами, такими как

35 Компьютеризированная система управления техническим обслуживанием (CMMS) или Система управления основными фондами предприятия (EAM), системы контроля вибрации, анализа смазочного масла, информации о калибровке и т.п. Это может создать трудоемкий и длительный процесс оценки диагностированной неисправности. Может быть целесообразно, чтобы данная контекстная информация, необходимая для оценки неисправности, была представлена в одном месте, например на консоли управления.

40 Однако для снижения трудозатрат пользователя и сокращения времени, необходимого для устранения диагностированной неисправности, может потребоваться представление контекстной информации применительно к текущей неисправности.

[0022] В некоторых вариантах осуществления многоуровневый подход позволяет

представить соответствующую информацию о рабочем состоянии оборудования на единой консоли с аналитическими данными. Такой подход позволяет пользователю просматривать информацию об анализе технического обслуживания, изменяя данные предыдущих предупреждений и/или предыдущих отказов на одном экране. Например, предупреждения о качестве данных могут быть выделены на одном теге временного ряда. Запись анализа технического обслуживания может отображаться на отдельной оси с общей меткой времени. А при наличии записи калибровки она может отображаться как соответствующая одному тегу. Однако нештатные ситуации и режимы отказов могут отображаться в виде полос в тегах временного ряда и могут выделять только участвующие теги. Объем информации, представленной пользователю, можно сократить путем фильтрации тегов для отображения только участвующих тегов. Кроме того, записи анализа технического обслуживания, которые могут применяться ко всему оборудованию, могут отображаться на отдельном оборудовании в пределах одного временного окна, предоставляющего пользователю общую контекстную информацию.

[0023] В некоторых вариантах осуществления, где анализ прогнозного технического обслуживания может генерировать предупреждение о потенциальном отказе производственного оборудования нефтегазовой отрасли в будущем, в процесс диагностики может быть включена неопределенность. Целесообразными могут быть точные данные и записи анализа технического обслуживания, поскольку, например, затраты на останов компрессора могут составить много миллионов долларов. В результате может быть целесообразно свести к минимуму неопределенность при диагностике. Но для понимания наличия неисправности может потребоваться несколько месяцев. Даже несмотря на наличие соответствующей информации, масштабный анализ может быть трудоемким. Например, могут присутствовать тысячи записей о техническом обслуживании, отчетов об анализе первопричин, руководств и/или т.п. Может быть целесообразно использовать эти данные, чтобы помочь инженеру найти соответствующую информацию, которая может ускорить процесс анализа. Оценка достоверности анализа прогнозного технического обслуживания может быть трудоемкой. А поиск среди миллиардов структурированных и неструктурированных точек данных временного ряда может быть затруднительным. Однако может быть целесообразно использовать эти данные для поиска соответствующей информации, которая может ускорить проведение анализа.

[0024] В некоторых вариантах осуществления для управления неструктурированными записями и/или руководствами можно использовать поиск на естественном языке. Это позволяет облегчить пользователю поиск соответствующей информации при поиске миллионов записей данных. Машинное обучение можно использовать для выявления прошлых тестов или пороговых значений, которые оказались неудовлетворительными и были определены как соответствующие текущей неисправности. Кроме того, машинное обучение можно использовать для выявления аналогичных предшествующих неисправностей, включая любые тесты или пороговые значения, которые были неудовлетворительными и рекомендовать выявленные предшествующие неисправности в качестве приоритетных рекомендаций для текущей неисправности. Для эффективного управления предупреждениями можно использовать решения предыдущих неисправностей, соответствующие текущей неисправности. Машинное обучение может быть использовано для обработки сигналов прошлого временного ряда, по которым можно выполнять поиск для выявления шаблонов, которые могут быть определены как соответствующие текущим тестам или пороговым значениям, которые оказались неудовлетворительными. Предыдущие действия по анализу технического обслуживания

можно сопоставить с текущими данными и получить четкое представление о предыдущих отказах, которые произошли при выявлении схожих неисправностей.

[0025] В некоторых вариантах осуществления решения для анализа прогнозного технического обслуживания могут включать использование моделей на основании физических или статистических данных и/или правил для прогнозирования рабочего состояния оборудования. Обновление моделей из-за изменений процесса и/или ложноположительной диагностики может быть довольно затратным и обременительным для пользователя. Может быть целесообразно обслуживать модели на основании режима технологического процесса и/или в случае неправильной диагностики.

[0026] В некоторых вариантах осуществления неконтролируемое обучение способно обновлять прогнозные модели по мере изменения режима технологического процесса. Смарт-рекомендации помогут узнать, была ли диагностика правильной или нет. Эта информация может быть использована для обновления модели. Например, при следующей диагностике неисправности результаты диагностики могут быть более точными. Для обновлений, связанных с технологическим процессом, данные могут непрерывно вводиться в модель. Если данные не соответствуют доверительным полосам модели, модель может запустить повторную калибровку. Это может привести к автоматическому обновлению модели. Когда пользователь проанализирует проблему и определит, что результат диагностики ложноположительный, эта информация может быть переадресована модели. Аналогичным образом для устранения этой проблемы инструкция, обусловленная синхронизацией с рабочим заданием, может рассматриваться истинным результатом диагностики. Инструкция может направлять эту информацию обратно модели машинного обучения и может использовать эту информацию для усиленного обучения модели. В результате модель способна автоматически обновляться.

[0027] В некоторых вариантах осуществления при проведении диагностики может быть изменена работа машины, подвергающейся анализу. Например, в случае диагностики аномальных вибраций турбины, скорость вращения турбины может быть изменена для коррекции или устранения нештатного режима. Например, работа турбины может быть прекращена для проведения технического обслуживания. Возможны также другие изменения.

[0028] На ФИГ. 2 представлена схема, изображающая систему 200 мониторинга рабочего состояния датчика. Система 200 включает в себя предприятие 205, такое как предприятие нефтегазового сектора. Предприятие 205 включает в себя множество единиц производственного оборудования, показанных как производственное оборудование 210А, 210В и 210С, которые в совокупности могут называться производственным оборудованием 210. Производственное оборудование может включать в себя разнообразное оборудование или механизмы, используемые в конкретной отрасли промышленности. Например, производственное оборудование 210 может включать в себя компрессоры, насосы, двигатели насосов, теплообменники, турбины, турбомашинное оборудование и т.п. Предприятие 205 также включает в себя датчики, соединенные со множеством единиц производственного оборудования 210. Датчики, показанные как датчики 215А, 215В и 215С, в совокупности могут называться датчиками 215. Датчики 215 могут включать в себя датчики, выполненные с возможностью генерации сигналов данных или измерений, связанных с вибрацией, вращением, ускорением, выбросом и т.п. производственного оборудования 210.

[0029] Как показано на ФИГ. 2, система 200 также включает в себя вычислительное устройство 220. Вычислительное устройство 220 может быть соединено с возможностью связи с производственным оборудованием 210 и с датчиками 215. В некоторых вариантах

осуществления любое из вычислительных устройств 220, производственного оборудования 210 и/или датчиков 215 может быть соединено с помощью средств проводной связи. В некоторых вариантах осуществления вычислительное устройство 220 может быть соединено с любым из вычислительных устройств 220, производственного оборудования 210 и/или датчиков 215 с помощью средств беспроводной связи. В некоторых вариантах осуществления вычислительное устройство 220 может быть соединено с любым из вычислительных устройств 220, производственного оборудования 210 и/или датчиков 215 с помощью сети, такой как виртуальная частная сеть, выполненная с возможностью обмена данными на предприятии 205.

[0030] Вычислительное устройство 220 включает в себя процессор обработки данных 225, систему 230 прогнозной аналитики, запоминающее устройство 245 и дисплей 250. Система прогнозной аналитики 230 может включать в себя машиночитаемые команды, правила и прогнозные модели, которые при выполнении процессором 225 обработки данных позволяют контролировать рабочее состояние датчика путем выполнения процесса 100, описанного со ссылкой на ФИГ. 1. Система 230 прогнозной аналитики включает в себя подсистему 235 анализа качества данных и контроллер 240. Подсистема 235 анализа качества данных соединена с датчиками 215 и может принимать данные измерений от датчиков для использования при мониторинге работы и рабочего состояния датчиков 215 и оборудования 210. Подсистема 235 анализа качества данных может включать в себя одно или более правил, используемых для оценки и проверки сигналов или данных измерений, полученных от датчиков 215.

[0031] Система 230 прогнозной аналитики может также включать в себя контроллер 240. Контроллер 240 соединен с каждой из единиц производственного оборудования 210 и может быть выполнен с возможностью управления работой производственного оборудования 210 на основе анализа технического обслуживания, выполняемого подсистемой 235 анализа качества данных в операции 140, показанной на ФИГ. 1. Контроллер 240 может быть выполнен с возможностью изменения таких операций, как включение или выключение питания производственного оборудования 210, регулирование ступени скорости производственного оборудования 210, изменение рабочей частоты производственного оборудования 210 и т.п.

[0032] Вычислительное устройство 220 также включает в себя запоминающее устройство 245. Запоминающее устройство 245 может включать в себя базу данных или другую подобную структуру данных, которую можно использовать для хранения машиночитаемых команд, правил качества данных или проверки данных, прогнозных моделей, а также данных, полученных от датчиков 215, и данных конфигурации, связанных с управлением работой производственного оборудования 210 при помощи контроллера 240.

[0033] Вычислительное устройство 220 также включает в себя дисплей 250. Дисплей 250 может включать в себя графический интерфейс пользователя (не показан). На дисплее 250 пользователю или оператору системы 230 прогнозной аналитики могут быть представлены результаты анализа технического обслуживания, любые предупреждения, генерируемые системой 230 прогнозной аналитики, и эксплуатационные данные, связанные с работой производственного оборудования 210 и/или датчика 215.

[0034] Объект изобретения, описанный в настоящем документе, может обеспечивать множество технических преимуществ. Например, он может облегчить мониторинг рабочего состояния датчика путем проверки качества данных и блокировки дублирующихся предупреждений с применением машинного обучения. Это позволяет

определить, связаны ли две нештатные ситуации, сгенерированные системой мониторинга оборудования.

[0035] Один или более аспектов или признаков объекта изобретения, описанного в настоящем документе, могут быть реализованы в виде цифровой электронной схемы, интегральной схемы, специализированной интегральной схемы (ASIC), программируемой пользователем вентильной матрицы (FPGA), аппаратного обеспечения, микропрограммного обеспечения, программного обеспечения и/или их комбинаций. Данные различные аспекты или признаки могут включать в себя реализацию в одной или более компьютерных программах, которые являются исполняемыми и/или интерпретируемыми в программируемой системе, включающей в себя по меньшей мере один программируемый процессор, который может быть специализированным или общего назначения и который соединен с системой хранения для приема от нее данных и команд и передачи в нее данных и команд, по меньшей мере одно устройство ввода и по меньшей мере одно устройство вывода. Программируемая система или компьютерная система может включать в себя клиентов и серверы. Клиент и сервер по существу удалены друг от друга и, как правило, взаимодействуют через сеть связи. Функциональная зависимость клиента и сервера возникает благодаря компьютерным программам, выполняемым на соответствующих компьютерах и имеющим функциональную зависимость клиент-сервер друг от друга.

[0036] Эти компьютерные программы, которые также могут называться программами, программным обеспечением, программными приложениями, приложениями, компонентами или кодом, включают в себя машинные команды для программируемого процессора и могут быть реализованы на процедурном языке высокого уровня, объектно-ориентированном языке программирования, функциональном языке программирования, логическом языке программирования и/или на ассемблерном/машинном языке. Используемый в настоящем документе термин «машиночитаемый носитель» относится к любому компьютерному программному продукту, аппарату и/или устройству, такому как, например, магнитные диски, оптические диски, запоминающее устройство и программируемые логические устройства (ПЛУ), используемые для передачи машинных команд и/или данных на программируемый процессор, включая машиночитаемый носитель, который принимает машинные команды в качестве машиночитаемого сигнала. Термин «машиночитаемый сигнал» относится к любому сигналу, который используется для передачи машинных команд и/или данных на программируемый процессор. Машиночитаемый носитель может хранить такие машинные команды нетранзитивно, например в виде нетранзитивной твердотельной памяти, или магнитного жесткого диска, или любой эквивалентной среды хранения данных. Машиночитаемый носитель может в альтернативном или дополнительном варианте осуществления хранить такие машинные команды в транзитивном режиме, таком как, например, обеспечиваемый кеш-памятью процессор или другое оперативное запоминающее устройство, связанное с одним или более физическими ядрами процессора.

[0037] Для обеспечения взаимодействия с пользователем один или более аспектов или признаков объекта изобретения, описанного в настоящем документе, могут быть реализованы на компьютере, имеющем устройство отображения, такое как, например, электронно-лучевая трубка (ЭЛТ), или жидкокристаллический дисплей (ЖКД), или монитор на светоизлучающих диодах (СИД) для отображения информации пользователю, а также клавиатуру и указывающее устройство, такое как, например, мышь или трекбол, с помощью которых пользователь может вводить данные в

компьютер. Для обеспечения взаимодействия с пользователем также могут использоваться и другие типы устройств. Например, обратная связь, предоставляемая пользователю, может представлять собой любую форму сенсорной обратной связи, такую как, например, визуальная обратная связь, акустическая обратная связь или тактильная обратная связь, а ввод от пользователя может быть принят в любой форме, включая акустический, речевой или тактильный ввод. К другим возможным устройствам ввода относятся сенсорные экраны или другие сенсорные устройства, такие как одно- или многоточечные резистивные или емкостные сенсорные панели, аппаратное и программное обеспечение распознавания речи, оптические сканеры, оптические указатели, цифровые устройства захвата изображений и соответствующее программное обеспечение для интерпретации и т.п.

[0038] В описаниях выше и в формуле изобретения могут встречаться фразы, такие как «по меньшей мере один из» или «один или более из», за которыми следует связующий список элементов или признаков. Термин «и/или» также может встречаться в списке из двух или более элементов или признаков. Если иное явно или неявно не противоречит контексту, в котором они используются, подразумевается, что такая фраза означает любой из перечисленных элементов или признаков в отдельности или любой из указанных элементов или признаков в комбинации с любыми другими указанными элементами или признаками. Например, фразы «по меньшей мере один из А и В»; «один или более из А и В»; и «А и/или В» означают «только А, только В или А и В вместе». Аналогичное толкование также предназначено для списков, включающих три или более пунктов. Например, фразы «по меньшей мере один из А, В и С», «один или более из А, В и С» и «А, В и/или С» означают «только А, только В, только С, А и В вместе, А и С вместе, В и С вместе или А, и В, и С вместе». Кроме того, использование термина «на основании», приведенного выше и в формуле изобретения, означает «основано по меньшей мере частично на», так что неупомянутый признак или элемент также допустимы.

[0039] Объект изобретения, описанный в настоящем документе, может быть осуществлен в виде систем, устройств, способов и/или изделий в зависимости от желаемой конфигурации. Варианты осуществления, изложенные в приведенном выше описании, не представляют собой все варианты осуществления, согласующиеся с объектом изобретения, описанным в настоящем документе. Напротив, они являются лишь некоторыми примерами, согласующимися с аспектами, относящимися к описанному объекту изобретения. Несмотря на то что несколько вариантов были подробно описаны выше, возможны и другие изменения или добавления. В частности, дополнительные признаки и/или вариации могут быть предусмотрены в дополнение к тем, которые изложены в настоящем документе. Например, описанные выше варианты реализации могут относиться к различным комбинациям и подкомбинациям описанных признаков и/или комбинаций и подкомбинаций нескольких дополнительных признаков, описанных выше. Кроме того, логические потоки, изображенные на сопроводительных фигурах и/или описанные в настоящем документе, не обязательно требуют показанного определенного или последовательного порядка для достижения желаемых результатов. Нижеследующая формула изобретения охватывает другие варианты осуществления.

(57) Формула изобретения

1. Способ мониторинга рабочего состояния датчика, включающий:
получение данных, характеризующих значения данных измерений, полученных датчиком, соединенным с компрессором;

идентификацию первой выборки данных в полученных данных, включающую по меньшей мере одно значение данных измерений, относящееся к типу данных о нештатных ситуациях, причем идентификация первой выборки данных включает применение по меньшей мере одного правила проверки данных в отношении полученных данных, которое обеспечивает возможность проверки скорости изменения среднего значения данных измерений и генерацию предупреждения в ответ на несоответствие первой выборки данных правилу проверки данных;

удаление первой выборки данных;

расчет, с использованием по меньшей мере одной методики оценки данных второй выборки данных для замены первой выборки данных, причем указанная по меньшей мере одна методика оценки данных включает выполнение градиентного бустинга в отношении удаленной первой выборки данных;

оценку расчетной второй выборки данных посредством оценки соответствия расчетной второй выборки данных с учетом набора данных известных значений данных измерений, причем соответствие определяют на основании применения f-теста ко второй выборке данных и к данным известных значений данных измерений, и если расчетная вторая выборка данных не проходит f-тест, генерируется предупреждение, включающее в себя по меньшей мере один тег, идентифицирующий неудачное испытание;

выполнение анализа технического обслуживания для оцениваемой расчетной второй выборки данных на основании по меньшей мере одного тега; и

предоставление предупреждения и результата анализа технического обслуживания на дисплее, причем предупреждение отображается на одном теге временного ряда на первой оси с первой меткой времени, а результат анализа технического обслуживания отображается со второй меткой времени на второй оси, отдельной от первой оси, и при этом первая и вторая метки времени идентичны.

2. Способ по п. 1, в котором датчик прикреплен к компрессору, расположенному на предприятии нефтегазового сектора, причем данные дополнительно характеризуют рабочее состояние компрессора.

3. Способ по п. 2, в котором датчик включен в систему мониторинга рабочего состояния датчика, связанную с предприятием нефтегазового сектора, причем данные дополнительно характеризуют рабочее состояние датчика.

4. Способ по п. 1, в котором по меньшей мере одно правило проверки данных относится к группе правил проверки данных, позволяющих проверить тип одних или более данных, относящихся к типу данных о нештатных ситуациях, в значениях данных измерений, пустое значение данных в пределах значений данных измерений, наличие повторяющихся значений данных измерений или отсутствие трех или более значений данных измерений.

5. Способ по п. 1, в котором указанную по меньшей мере одну методику оценки данных выбирают из группы методик оценки данных, включающей линейный, кубический, сплайновый метод, метод множественного восстановления, метод k-ближайших соседей или оценку данных ансамбля решающих деревьев.

6. Способ по п. 1, в котором генерация предупреждений блокируется на основании оценки предупреждения и соответствия с применением одной или более моделей машинного обучения, обученных в процессе машинного обучения с использованием значений статистических данных измерений, относящихся к компрессору, как данных обучения для одной или более моделей машинного обучения.

7. Способ по п. 6, в котором одна или более моделей машинного обучения дополнительно выполнены с возможностью генерации общего предупреждения в ответ

на определение несоответствия двух или более расчетных новых выборок, не прошедших один или более тестов или пороговых значений, определенных как неудачные ранее, причем две или более расчетные вторые выборки данных не прошли один или более аналогичных тестов или пороговых значений, включая идентичные схемы отказов.

5 8. Способ по п. 6, в котором одна или более моделей машинного обучения могут быть перенастроены и обновлены на основании соответствия двух или более расчетных вторых выборок данных, не прошедших одного или более тестов или пороговых значений, причем обучающие данные могут включать в себя ложно положительные результаты анализа технического обслуживания.

10 9. Способ по п. 1, дополнительно включающий изменение работы компрессора на основании выполнения анализа технического обслуживания оцениваемой расчетной второй выборки.

10. Система мониторинга рабочего состояния датчика, содержащая:

15 процессор обработки данных, дисплей, контроллер и запоминающее устройство, в котором хранятся нетранзиторные машиночитаемые команды, которые при исполнении задействуют процессор обработки данных для выполнения операций, включая получение данных, характеризующих значения данных измерений, полученных с помощью датчика, соединенного с возможностью связи с компрессором, причем датчик выполнен с возможностью генерации значений данных измерений,

20 идентификацию первой выборки данных в полученных данных, включающую по меньшей мере одно значение данных измерений, относящееся к типу данных о нештатных ситуациях, причем идентификация первой выборки данных включает применение по меньшей мере одного правила проверки данных в отношении полученных данных, которое обеспечивает возможность проверки скорости изменения среднего значения данных измерений и генерацию предупреждения в ответ на несоответствие первой выборки данных правилу проверки данных,

удаление первой выборки данных,

30 расчет с использованием по меньшей мере одной методики оценки данных, второй выборки данных для замены первой выборки данных, причем указанная по меньшей мере одна методика оценки данных включает выполнение градиентного бустинга в отношении удаленной первой выборки данных,

оценку расчетной первой выборки данных посредством оценки соответствия расчетной второй выборки данных с учетом набора данных известных значений данных измерений, причем соответствие определяют на основании применения f -теста ко второй выборке данных и к данным известных значений данных измерений, и если расчетная вторая выборка данных не проходит f -тест, генерируется предупреждение, включающее в себя по меньшей мере один тег, идентифицирующий неудачное испытание;

выполнение анализа технического обслуживания для оцениваемой расчетной второй выборки данных на основании по меньшей мере одного тега; и

40 предоставление предупреждения и результата анализа технического обслуживания на дисплее, причем предупреждение отображается на одном теге временного ряда на первой оси с первой меткой времени, а результат анализа технического обслуживания отображается со второй меткой времени на второй оси, отдельной от первой оси, и при этом первая и вторая метки времени идентичны.

45 11. Система по п. 10, в которой датчик прикреплен к компрессору, расположенному на предприятии нефтегазового сектора, причем данные дополнительно характеризуют рабочее состояние компрессора.

12. Система по п. 11, в которой датчик включен в систему мониторинга рабочего

состояния датчика, связанную с предприятием нефтегазового сектора, причем данные дополнительно характеризуют рабочее состояние датчика.

13. Система по п. 10, в которой по меньшей мере одно правило проверки данных относится к группе правил проверки данных, позволяющих проверить тип одних или более данных, относящихся к типу данных о нештатных ситуациях, в значениях данных измерений, пустое значение данных в пределах значений данных измерений, наличие повторяющихся значений данных измерений и/или отсутствие трех или более значений данных измерений.

14. Нетранзиторный машиночитаемый носитель данных, где хранятся программные команды, которые при их исполнении по меньшей мере одним процессором обработки данных приводят к выполнению по меньшей мере одним процессором обработки данных операций, включая:

получение данных, характеризующих значения данных измерений, полученных с помощью датчика, соединенного с возможностью связи с компрессором, идентификацию первой выборки данных, включающую по меньшей мере одно значение данных измерений, относящееся к типу данных о нештатных ситуациях, причем идентификация первой выборки данных включает применение по меньшей мере одного правила проверки данных в отношении полученных данных, которое обеспечивает возможность проверки скорости изменения среднего значения данных измерений и генерацию предупреждения в ответ на несоответствие первой выборки данных правилу проверки данных,

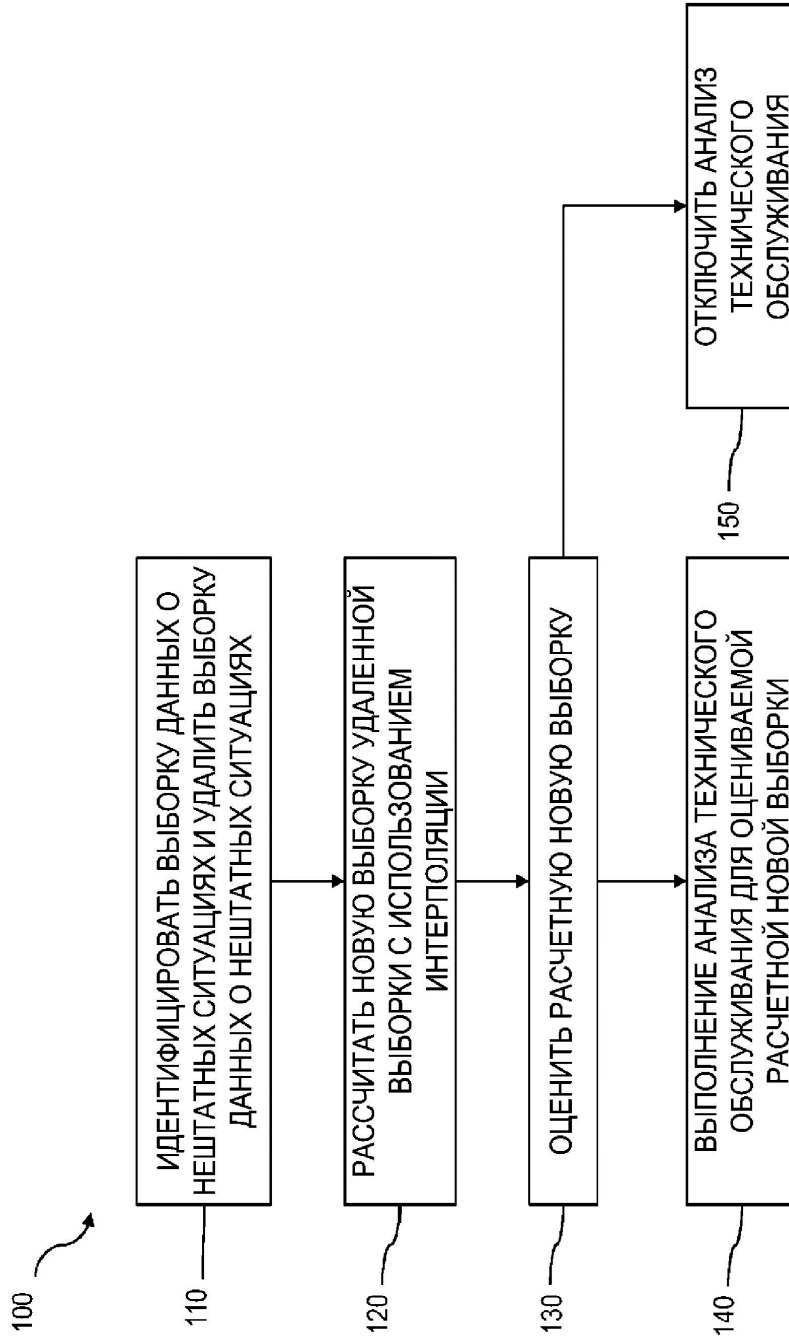
удаление первой выборки данных, расчет с использованием по меньшей мере одной методики оценки данных, второй выборки данных для замены первой выборки данных, причем указанная по меньшей мере одна методика оценки данных включает выполнение градиентного бустинга в отношении удаленной первой выборки данных,

оценку расчетной первой выборки данных посредством оценки соответствия расчетной второй выборки данных с учетом набора данных известных значений данных измерений, причем соответствие определяют на основании применения f-теста ко второй выборке данных и к данным известных значений данных измерений, и если расчетная вторая выборка данных не проходит f-тест, генерируется предупреждение, включающее в себя по меньшей мере один тег, идентифицирующий неудачное испытание,

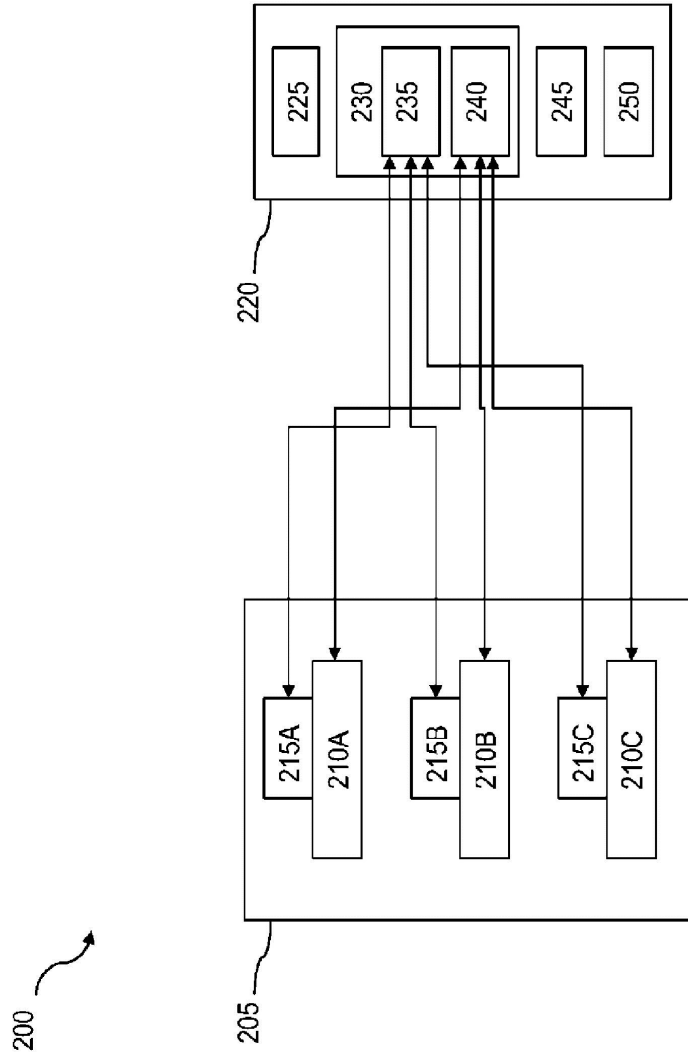
выполнение анализа технического обслуживания для оцениваемой расчетной первой выборки данных на основании по меньшей мере одного тега,

предоставление предупреждения и результата анализа технического обслуживания посредством дисплея, причем предупреждение отображается на одном теге временного ряда на первой оси с первой меткой времени, а результат анализа технического обслуживания отображается со второй меткой времени на второй оси, отдельной от первой оси, и при этом первая и вторая метки времени идентичны, и

управление работой компрессора посредством контроллера, соединенного с по меньшей мере одним процессором обработки данных и датчиком, на основании результата анализа технического обслуживания.



ФИГ. 1



ФИГ. 2