

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202192620** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2022.03.03

(51) Int. Cl. **G06T 19/00** (2011.01)

(22) Дата подачи заявки
2020.03.24

(54) ДИНАМИЧЕСКИЕ ВИРТУАЛЬНЫЕ КОПИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

(31) **62/827,633**

(32) **2019.04.01**

(33) **US**

(86) **PCT/US2020/024373**

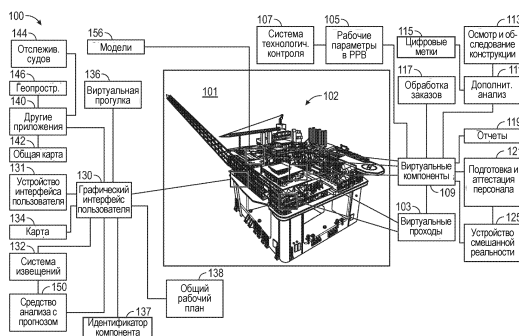
(87) **WO 2020/205324 2020.10.08**

(71) Заявитель:
**БП КОРПОРЕЙШН НОРТ
АМЕРИКА ИНК. (US)**

(72) Изобретатель:
**Нгуен Кхоа, Дейли Кори, Гази Эван,
Цайгле Сьюзан (US)**

(74) Представитель:
**Веселицкий М.Б., Веселицкая И.А.,
Кузенкова Н.В., Каксис Р.А., Белоусов
Ю.В., Куликов А.В., Кузнецова Е.В.,
Соколов Р.А., Кузнецова Т.В. (RU)**

(57) В заявке описан способ, включающий получение вычислительной системой данных от множества единиц оборудования производственного объекта; отображение на дисплее вычислительной системы динамической виртуальной копии производственного объекта, причем вызов виртуальной копии одной из множества единиц оборудования посредством динамической виртуальной копии обеспечивает отображение данных по одной из множества единиц оборудования производственного объекта; анализ данных для одной из множества единиц оборудования и формирование отчета о техническом состоянии одной из множества единиц оборудования на основе этого анализа.



A1

202192620

202192620

A1

ДИНАМИЧЕСКИЕ ВИРТУАЛЬНЫЕ КОПИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

5

Перекрестная ссылка на родственные заявки

В настоящей заявке заявляется конвенционный приоритет по временной заявке US № 62/827,633, поданной 1 апреля 2019 г. с названием "Динамическая виртуальная копия морских производственных объектов", полное содержание которой вводится здесь ссылкой.

10

Область техники

Для соблюдения требований к оборудованию и к безопасности производства, а также других нормативных требований производители нефти и газа обычно обязаны инспектировать и поддерживать в исправном состоянии производственные объекты и используемое на них оборудование на протяжении всего жизненного цикла выполняемых операций. Если техническое обслуживание и планы поддержания работоспособности недостаточны, то характеристики работы оборудования могут ухудшаться, и может повышаться риск производственных травм. Увеличивающееся время простоя оборудования часто снижает производительность, приводит к штрафам, и в некоторых случаях может быть чревато потерей лицензии на эксплуатацию. В качестве части стратегии управления оборудованием или производственными объектами собственники осуществляют техническое обслуживание и планы поддержания работоспособности, а также связанные с ними операции для повышения коэффициента использования объектов с одновременным улучшением эффективности, точности и качества работы оборудования.

15

20

25

Раскрытие изобретения

Ниже раскрыты варианты осуществления в отношении способа получения динамических виртуальных копий/цифровых моделей (также известных, как цифровая реплика – от англ. digital replica) производственных объектов. В соответствии с по меньшей мере одним примером осуществления, способ включает: получение вычислительной системой данных от множества единиц (комплекса) оборудования производственного объекта; отображение на дисплее

30

вычислительной системы динамической виртуальной копии производственного объекта, причем вызов виртуальной копии одной из множества единиц оборудования посредством динамической виртуальной копии обеспечивает отображение данных по одной из множества единиц оборудования

5 производственного объекта; анализ данных для одной из множества единиц оборудования; и формирование отчета о техническом состоянии одной из множества единиц оборудования на основе этого анализа.

Ниже также раскрыты варианты осуществления в отношении систем для получения динамических виртуальных копий производственных объектов. В соответствии с примером осуществления, система содержит: дисплей;
10 устройство хранения информации, содержащее машиночитаемые команды; и процессор, соединенный с дисплеем и с устройством хранения информации. Исполнение машиночитаемых команд приводит к тому, что процессор: обеспечивает отображение на дисплее динамической виртуальной копии
15 производственного объекта, содержащего множество единиц оборудования; получает данные по множеству единиц оборудования из множества источников данных; анализирует информацию; и обеспечивает извещение, когда на основе анализа определяется проблема с одной из множества единиц оборудования.

Ниже также раскрыты варианты осуществления в отношении машиночитаемых носителей (среды) для динамических виртуальных копий производственных объектов. В соответствии с вариантом осуществления предлагается машиночитаемый носитель, на котором записан исполняемый код, исполнение которого процессором приводит к тому, что процессор:
20 обеспечивает отображение на дисплее, присоединенном к процессору, динамической виртуальной копии производственного объекта, содержащего множество единиц оборудования. Динамическую виртуальную копию конфигурируют для: объединения множества источников данных, обеспечивающих множество подробностей, относящихся к оборудованию; анализа множества источников данных; и обеспечения извещения, когда на
25 основе анализа обнаруживается проблема с одной из множества единиц оборудования.
30

Варианты осуществления, описанные в настоящей заявке, содержат комбинацию признаков и характеристик, предназначенных для решения

различных проблем, связанных с некоторыми известными устройствами, системами и способами. Выше были указаны в самых общих чертах признаки и технические характеристики раскрытых вариантов осуществления изобретения, чтобы можно было лучше понять нижеприведенное подробное описание

- 5 Различные вышеописанные характеристики и признаки, а также и прочие, будут полностью очевидны специалистам в данной области техники после ознакомления с нижеприведенным подробным описанием со ссылками на прилагаемые чертежи. Следует понимать, что идея и конкретные раскрытые варианты осуществления изобретения могут быть легко использованы в качестве
- 10 основы для модификации и разработки других конструкций для достижения тех же самых целей настоящего изобретения. Следует также понимать, что такие эквивалентные конструкции не выходят за пределы сущности и объема принципиальных идей, раскрытых в настоящей заявке.

Краткое описание чертежей

- 15 Для подробного описания различных примеров ниже будут даны ссылки на прилагаемые чертежи, на которых показано:

на фиг. 1 - схема вычислительной системы для показа на экране изображения части динамической виртуальной копии морского производственного объекта, в соответствии с описанными в заявке вариантами

20 осуществления изобретения;

на фиг. 2 - вид графического интерфейса пользователя (ГИП), на котором показан морской производственный объект, в соответствии с описанными в заявке вариантами осуществления изобретения;

на фиг. 3 - вид графического интерфейса пользователя (ГИП), на котором

25 приведен другой вид морского производственного объекта, в соответствии с описанными в заявке вариантами осуществления изобретения;

на фиг. 4 - пример блок-схемы вычислительной системы, в соответствии с описанными в заявке вариантами осуществления изобретения;

на фиг. 5 - блок-схема способа, который может использоваться для

30 формирования виртуальной динамической копии, в соответствии с описанными в заявке вариантами осуществления изобретения.

Подробное описание изобретения

Ниже приводится описание различных иллюстративных вариантов осуществления изобретения. Однако специалисту будет понятно, что примеры, описанные в заявке, имеют широкое применение, и что описание любого
5 варианта представляет лишь пример, и не должно рассматриваться как ограничение этим вариантом объема изобретения, включая его формулу.

Определенные термины используются в нижеприведенном описании и в формуле для указания определенных признаков или компонентов. Как это
10 понятно специалистам, разные люди могут указывать одни и те же признаки или компоненты, используя разные наименования. В настоящем документе не делается различий между компонентами или признаками, которые различаются
наименованиями, но выполняют одинаковые функции. Фигуры чертежей необязательно выполнены с соблюдением масштаба. Некоторые признаки и
компоненты могут быть показаны на фигурах увеличенными, с нарушением
15 масштаба, или в некоторой схематической форме, и некоторые детали хорошо известных элементов могут быть не показаны из соображений ясности и краткости изложения.

Если контекст не предполагает иное, все диапазоны, указанные в тексте, должны пониматься как включающие их предельные значения, и
20 неограниченные диапазоны должны пониматься, как включающие только значения, подходящие с коммерческой точки зрения. Аналогично, все перечни значений должны пониматься как включающие промежуточные значения, если контекст не предполагается иное.

В нижеприведенном описании и в формуле термины "включающий" и
25 "содержащий" используются в неограничивающем смысле и, таким образом, должны пониматься как "включающий, среди прочего...". Кроме того, указание "соединять" или "соединяет" означает любое непосредственное или опосредованное соединение. То есть, если первое устройство подсоединено ко
второму устройству, то это соединение может быть непосредственным или
30 опосредованным, через другие устройства или соединения. Аналогично, устройство, подсоединенное между первым компонентом или объектом и вторым компонентом или объектом, может быть подсоединено с использованием
непосредственного соединения или опосредованного соединения, через другие

устройства или соединения. Элемент или признак, который "сконфигурирован для" выполнения задачи или функции, может быть сконфигурирован (например, запрограммирован или выполнен конструктивно) при изготовлении производителем для выполнения функции и/или может быть сконфигурирован (или переконфигурирован) пользователем после изготовления для выполнения функции и/или других дополнительных или альтернативных функций. Процесс конфигурации может быть осуществлен посредством программирования прошивки и/или программного обеспечения устройства, посредством конструкции и/или расположения компонентов аппаратных средств и внутренних соединений устройства, или их комбинации. Кроме того, использование указания "заземление" или аналогичных ему указаний в предшествующем описании включает заземление шасси, грунтовое заземление, не прямое заземление, потенциально заземленную точку, заземление цифрового тракта, общее заземление и/или любую иную форму заземляющего соединения, применимую или подходящую для использования в настоящем изобретении. Если не указано иное, то указания "примерно", "приблизительно" или "по существу" перед значением величины означает ± 10 процентов этого значения.

Некоторые морские производственные объекты называют плавучими городами, поскольку даже на самых небольших морских платформах живут и работают десятки людей. На более крупных производственных объектах, которые могут быть заякорены на морском дне, могут работать 200 человек и более для обеспечения эффективной эксплуатации оборудования. Техническое обслуживание производственного оборудования, которое перекачивает тысячи баррелей нефти в день из подземного месторождения, расположенного под морским дном, осуществляется основным рабочим персоналом, выполняющим различные работы, включая, без ограничения, операторов, техников по обслуживанию и ремонту, сварщиков, водолазов, инженеров, поваров, сотрудников службы техники безопасности и медицинский персонал. Кроме этого основного персонала на платформу регулярно прибывают вспомогательные специалисты для проверок и технического обслуживания оборудования. По меньшей мере некоторые из этих работ по регулярному техническому обслуживанию представляют собой профилактические мероприятия и поэтому выполняются путем визуального осмотра.

В дополнение к регулярным работам по техническому обслуживанию обычно на объект направляется группа специалистов по обследованию оборудования, когда выполняются работы по модификации морского производственного объекта, например при замене важной части оборудования, такой как насос. Эти различные уровни проверок увеличивают общие затраты, потери времени и зачастую дублируют друг друга. Кроме того, морские производственные объекты по своему существу сложны и могут быть опасными, и постоянная смена работников может быть связана с дополнительными рисками. Таким образом, в принципе желательно уменьшить количество людей, находящихся на морском производственном объекте в любой заданный момент времени.

Для повышения качества и эффективности работ по обследованию и техническому обслуживанию операторы оборудования, инженеры, бригады по техническому обслуживанию и надзору используют автоматизированные системы сбора и обработки информации, которые помогают им в принятии решений. В некоторых случаях на морских производственных объектах могут использоваться следующие типы программных средств для обеспечения технического обслуживания: программное обеспечение интеграции и управления данными, программное обеспечение планирования операций и выпуска отчетных документов, программное обеспечение анализа и информационной достаточности, программное обеспечение решений в режиме реального времени, программное обеспечение мониторинга состояния оборудования и т.п.

Приведенный перечень программных средств не является исчерпывающим.

Каждое из вышеуказанных программных средств выполняет самые разные функции и генерирует много избыточной распределенной информации для соответствующих операторов. Использование большого количества программных средств иногда экономически невыгодно, и при этом генерируется распределенная информация, которая может дублироваться и снижать общую эффективность обследования или технического обслуживания оборудования.

Таким образом, существует потребность в системах и способах смягчения вышеуказанных проблем. В частности, существует потребность в объединении всей распределенной информации, чтобы сократить дублирование и в полной мере использовать сгенерированную информацию. Такие системы и способы

могут повысить качество технического обслуживания оборудования, уменьшить количество людей на платформе в любой заданный момент времени и улучшить использование всех средств автоматизации.

Соответственно, в настоящей заявке раскрываются системы и способы для объединения всей распределенной информации для ослабления вышеуказанных проблем. В заявке раскрывается средство визуализации, которое может объединять огромное количество информации, собранной различными программными инструментами, обеспечивающими проведение обследования и технического обслуживания, которые используются на производственных объектах. Объединение этой распределенной информации в одном средстве визуализации делает технологический процесс рационально организованным и согласованным. Как указывается ниже, такое средство визуализации может улучшить качество работ по обследованию и техническому обслуживанию оборудования и также может приводить к сокращению количества людей на платформе в любой заданный момент времени. По меньшей мере в некоторых примерах средство визуализации представляет собой цифровую (виртуальную) копию (или "двойник") производственного объекта, причем виртуальная копия обеспечивает визуализацию физического объекта на протяжении срока его эксплуатации (жизненного цикла). Поэтому виртуальная копия в силу своего характера может быть указана или описана как "динамическая". В одном из примеров динамический характер виртуальной копии обеспечивается вызовом данных по работе производственного объекта за прошедшие периоды. В другом примере динамический характер виртуальной копии обеспечивается данными в режиме реального времени, получаемыми от датчиков, расположенных на производственном объекте. Еще в одном примере динамический характер помогает прогнозировать техническое состояние всего оборудования, что может также обеспечивать предсказуемость с точки зрения проведения работ по обследованию и техническому обслуживанию.

Помимо того, что виртуальная копия является цифровым дубликатом оборудования, в некоторых примерах ее конфигурируют для замены используемых программных средств путем объединения функций этих средств в виртуальной копии, так что она действует в качестве единого динамического хранилища визуальной информации и единого средства визуализации и

программного обеспечения, которое может обеспечивать операторам и инженерам доступ к техническому состоянию морского производственного объекта в режиме реального времени. К виртуальной копии может также иметь доступ бригада инженеров и операторов, находящихся на берегу. Эта
5 возможность удаленного доступа облегчает обследование и техническое обслуживание оборудования, и сокращает общее количество людей, находящихся на платформе в любой заданный момент времени.

Единое динамическое хранилище визуальной информации обеспечивает возможность операторам и инженерам быстро, легко и удобно выполнять анализ
10 четырехмерных данных, используя возможность преобразования информации из многих систем программного обеспечения в массив визуальных данных, которые обеспечивают поддержку принятия решений для многих процессов, необходимых для поддержания в работоспособном состоянии и эксплуатации сложной системы, такой как морской производственный объект.

На фиг. 1 приведена схема вычислительной системы 100 для представления на экране изображения 101, на котором показана часть динамической виртуальной копии 102 морского производственного объекта. Вычислительная система может быть, например, вычислительной системой, описанной ниже со ссылками на фиг. 4. Изображение 101 фиг. 1 относится к части морского
20 производственного объекта, расположенного над поверхностью моря. На изображении 101 показана платформа морского производственного объекта, установленная на бетонных или стальных опорах, прикрепленных непосредственно к морскому дну. На фиг. 1 не показано дополнительное оборудование, установленное на морском дне, такое, например, как фонтанная арматура, трубная обвязка, оконечное устройство подводного трубопровода,
25 райзер, буровая штанга, сборный трубопровод и т.п. Однако следует понимать, что настоящее описание относится к динамической виртуальной копии всего морского производственного объекта, а не только к части динамической виртуальной копии 102, показанной на экране в форме изображения 101.

Динамическая виртуальная копия 102 является сгенерированной компьютером визуализацией всего морского производственного объекта, так что динамическая виртуальная копия 102 представляет собой информационный банк данных по всем четырем измерениям, времени и пространства. В частности,

динамическая виртуальная копия 102 обеспечивает преобразование распределенного массива данных, генерируемых внедренными системами программного обеспечения, в хранилище четырехмерных данных (трехмерное пространство плюс время), которые можно просматривать и анализировать.

- 5 Изменения параметров во времени может обеспечиваться датчиками, установленными на производственном объекте. Например, датчики могут быть расположены на всем оборудовании, используемом на морском производственном объекте, причем они отслеживают техническое состояние оборудования и обеспечивают отчеты по динамическому отслеживанию. К этим
- 10 отчетам может иметь доступ оператор, и они также могут использоваться для визуального указания технического состояния оборудования.

На фиг. 1 также отображены различные атрибуты динамической виртуальной копии 102, причем некоторые из них обеспечивают возможность динамической виртуальной копии 102 действовать в качестве интерактивного

15 представления морского производственного объекта. Следует понимать, что перечень атрибутов, показанных на фиг. 1, не является исчерпывающим. Атрибуты показаны для иллюстрации некоторых возможностей динамической виртуальной копии 102. Поскольку на морском производственном объекте может быть установлено самое разное оборудование и могут возникать самые

20 разные условия и ситуации, в настоящем описании невозможно представить все возможные атрибуты, необходимые для всех возможных сценариев. Таким образом, только некоторые примеры таких сценариев будут представлены в настоящем описании.

Ниже будут описаны примеры атрибутов динамической виртуальной копии

25 102. Одним из основных атрибутов динамической виртуальной копии 102 является графический интерфейс пользователя (ГИП) 130, доступ к которому может быть осуществлен с помощью двухмерной матрицы пикселей устройства отображения, например монитора компьютера или экранов дисплеев других электронных устройств, таких как мобильные телефоны, планшеты или

30 проекционные устройства, подсоединенные к компьютерам, или их комбинации. ГИП 130 обеспечивает отображение в интерактивном режиме четырехмерного вида морского производственного объекта на двухмерной матрице пикселей экранов дисплеев. ГИП 130 может быть компонентом, расположенным,

например, на производственном объекте. ГИП 130 предоставляет оператору набор интерфейсных элементов, таких как кнопки, движки, окна выбора и списков, которые обеспечивают возможность формирования запросов, включающих переход от одного типа точки обзора к другому. К ГИП 130 может
5 быть доступ с помощью веб-браузера, обеспечивающего оператору доступ к самой последней версии ГИП 130, независимо от комбинации используемых аппаратных средств и операционной системы и независимо от расположения аппаратных средств и операционной системы. Например, динамическую виртуальную копию 102 можно просматривать в месте, удаленном от морского
10 производственного объекта, например, из регионального сервисного центра или из центра управления операциями.

На фиг. 2 приведен вид типичного ГИП 200. ГИП 200 может быть, например, ГИП 130 (фиг. 1). ГИП 200 включает динамическую виртуальную копию всего морского производственного объекта, которая включает вид
15 динамической виртуальной копии 102, как показано на фиг. 1, и других компонентов 208, которые могут формировать морской производственный объект. Компоненты 208 показаны находящимися на морском дне. ГИП 200 также отображает карту 205, на которой показан полностью морской производственный объект. ГИП 200 также отображает набор интерфейсных
20 элементов 212, расположенных сверху и сбоку ГИП 200. В одном из примеров интерфейсные элементы 212 в верхней части ГИП 200 могут включать меню просмотра структуры и меню изменения ракурса, и интерфейсные элементы 212 в боковой части ГИП 200 могут включать меню фильтрации, меню единиц измерения, меню добавления текста, меню изменения цвета и т.п.

Представим себе, что ГИП 200 при первом включении отображает
25 полноразмерный вид виртуальной копии (как это показано на фиг. 2), представляющий собой общий рабочий план 138 (фиг. 1), который включает карту 210 погоды в режиме реального времени и схему расположения судов 214, наложенные на вид всех других компонентов, связанных с морским
30 производственным объектом, в системе координат, общей с системой координат карты 210 погоды в режиме реального времени и схемы расположения судов 214. Схема расположения судов 214 может генерироваться с использованием системы автоматического опознавания (CAO). CAO обеспечивает в режиме

реального времени местонахождение судов, используя расположенные на них приемопередатчики, через систему 144 отслеживания судов (фиг. 1). Теперь оператор может выбрать соответствующие интерфейсные элементы для доступа к нужной динамической виртуальной копии, например, морского

5 производственного объекта, как это показано на изображении динамической виртуальной копии 102. После выбора морского производственного объекта, как это представлено изображением динамической виртуальной копии 102 в ГИП 200, оператор может просматривать вид, как это показано, например, на изображении 101 фиг. 1.

10 Возвращаясь снова к фиг. 1, как это уже было указано, динамическая виртуальная копия 102 морского производственного объекта является интерактивной в том смысле, что оператор может изменять пространственное положение и ориентацию объекта для просмотра с использованием устройства 131 интерфейса пользователя, такого как мышь, джойстик, шаровой указатель
15 или сенсорный экран, для создания эффекта реального перемещения в визуальной 4D-картине, создаваемой компьютером. Это перемещение указывается в настоящем описании как виртуальное прохождение/обзор (digital walkthrough) 136. В процессе этого цифрового прохождения 136 оператор может задать идентификатор 137 компонента путем выбора, выделения, идентификации
20 и вызова различных виртуальных эквивалентов оборудования. Это создает ощущение нахождения на объекте, даже если оператор находится далеко от него. Для осуществления цифрового прохождения 136 оператор может, например, увеличивать и выбирать просмотр одного из виртуальных проходов 103 на объекте. При нахождении в одном из виртуальных проходов 103 оператор может
25 виртуально перемещаться по платформе и, используя устройство 131 интерфейса 131, выбирать компонент оборудования на текущем изображении. Например, оператор может выбрать виртуальный эквивалент компонента оборудования, устройства механизированной подвески и развинчивания труб, присутствующего на текущем изображении одного из виртуальных проходов 103. В других
30 примерах оператор может использовать идентификатор 137 компонента для просмотра компонента без предварительного выбора одного из виртуальных проходов 103.

Как можно видеть на фиг. 1, некоторые атрибуты показаны соединенными с другими атрибутами. Однако такое соединение между атрибутами не означает взаимоотношения между ними, такого как зависимость или причинно-следственная связь. Соединения просто показаны для обеспечения примеров того, как один или более атрибутов могут действовать вместе. Могут быть атрибуты, соединение между которыми отсутствует, но они могут действовать вместе. Например, оператор, использующий интерфейс 130 пользователя, может осуществить виртуальное прохождение 136 и может указать идентификатор 137 компонента в процессе этого виртуального прохождения 136. В некоторых примерах оборудование может быть идентифицировано цифровыми метками 115, которыми могут маркироваться компоненты оборудования, встречающиеся при виртуальном прохождении 136. В других примерах оператору может быть необходимо использовать устройство 131 интерфейса пользователя для указания цифрового эквивалента оборудования, чтобы увидеть цифровые метки 115.

В дополнение к идентификации компонентов динамическая виртуальная копия 102 сконфигурирована для обеспечения более подробной информации по идентифицированному компоненту. Для иллюстрации предположим, что оператор идентифицирует виртуальный компонент 109 как насос в процессе виртуального прохождения по одному из виртуальных проходов 103 динамической виртуальной копии 102. Оператор может вызвать в режиме реального времени рабочие характеристики 105 идентифицированного виртуального компонента 109. Например, оператор может получить текущие данные об оборудовании и процессе, такие как, например, вибрация, число оборотов вала, расход, давление и температура и т.п. насоса. В дополнение к рабочим характеристикам 105 в режиме реального времени оператор может также вызвать отчеты 119 по идентифицированному виртуальному компоненту 109. Например, оператор может вызвать отчеты по характеристикам, принципиальные схемы, отчеты по надежности, историю проведения технического обслуживания, базу данных целостности, технические данные, характеристику "давление-расход", оценку технического состояния и т.п. насоса. После вызова этих отчетов оператор может осмотреть и обследовать конструкцию идентифицированного виртуального компонента 109, используя атрибут 113 осмотра и обследования конструкции.

В дополнение к обеспечению возможности проверки рабочих параметров 105 в режиме реального времени динамическая виртуальная копия 102 сконфигурирована для выполнения дополнительного анализа 111 текущей визуальной картины или любого выбранного компонента или части

5 оборудования. Например, предположим, что ГИП 130 отображает морскую добывающую платформу, показанную изображением 101 на экране. Оператор, используя подходящие интерфейсные элементы на ГИП, может просмотреть модель схемы антикоррозийной защиты всей морской добывающей платформы.

10 Моделирование схемы антикоррозийной защиты осуществляется как часть рискоориентированного анализа. Моделирование схемы антикоррозийной защиты объединяет тип текучей среды и трубные материалы или химический состав в системах или подсистемах, которые могут быть сгруппированы в механизмы коррозии или эрозии. Эти механизмы контролируются на

протяжении всего срока эксплуатации объекта в соответствии с системой

15 управления операциями (OMS, от англ. Operating Management System), которая определяет системный и единый подход к управлению рабочими операциями. OMS может быть реализована как OMS-приложение атрибута 140 других

приложений, доступных через ГИП 130. За счет использования OMS динамическая виртуальная копия 102 обеспечивает возможность визуализации и

20 объединения различных данных для улучшения показателей работы, повышая заинтересованность в обеспечении безопасности и надежности выполняемых операций в соответствии с OMS. Этот контроль используется также в плане управления целостностью, которое в некоторых примерах может формировать часть системы управления целостностью всего объекта. Кроме просмотра схемы

управления целостностью, которое в некоторых примерах может формировать часть системы управления целостностью всего объекта. Кроме просмотра схемы

25 антикоррозийной защиты морской добывающей платформы оператор может выделить определенную часть этой схемы и отчеты по рискоориентированному анализу этой части схемы. Кроме того, оператор может также вызвать планы трубопроводов и контрольно-измерительной аппаратуры выделенной части схемы.

30 Дополнительный анализ не ограничивается схемами антикоррозийной защиты. В других примерах дополнительный анализ 111 может также включать сравнение теоретических проектных расчетов и реальных рабочих условий: например, сравнение фактических данных эрозии с соответствующими данными

моделирования, фактических термодинамических характеристик турбины с характеристиками, полученными в результате моделирования и т.п. Эти сравнения контролируются на протяжении срока эксплуатации объекта в соответствии с OMS. В некоторых примерах динамическая виртуальная копия

5 может обеспечивать возможность просмотра прогнозируемого изнашивания части оборудования, системы или производственного объекта в целом.

Прогнозируемое изнашивание может определяться на основе одной из множества имеющихся моделей. Например, динамическая виртуальная копия 102 может обеспечивать просмотр коррозии внутри производственного объекта в течение шести месяцев от текущей даты с использованием расчетов,

10 фактических условий работы, прошлых данных или модели, учитывающей комбинацию указанных факторов, для прогнозирования и отображения изнашивания части оборудования, системы или производственного объекта в целом. Эта способность обеспечивает возможность оператору планировать техническое обслуживание, а также прогнозировать возможные перерывы в

15 выполнении операций для дальнейшего анализа.

ГИП 130 может давать возможность вызова карты 134, которая обеспечивает оператору вид с другой точки обзора на текущее местонахождение оператора на/в динамической виртуальной копии 102. Например, используя

20 устройство 131 интерфейса пользователя, оператор может осуществлять виртуальное прохождение к некоторому месту на динамической виртуальной копии 102, где расположен насос. В этом месте оператор может видеть на экране дисплея свое текущее положение внутри динамической виртуальной копии 102. Текущее положение на карте 134 в некоторых примерах может быть отмечено

25 цветной точкой.

Динамическая виртуальная копия 102 также включает систему 107 технологического контроля, которая обеспечивает технологические данные для выбранных частей оборудования или систем морского производственного объекта. На фиг. 3 приведен вид ГИП 300, представляющий иллюстративное

30 изображение оборудования 310, расположенного на морском дне. ГИП 300 может быть, например, ГИП 130 (фиг. 1). Оборудование 310 может быть, например, подсистемой или системой, показанной путем выбора одного, или более чем одного, компонентов 208 общего рабочего плана 138 ГИП 200. ГИП

300 содержит интерфейсные элементы 212, поле 315 общего вида, детальную схему 320 и текущие технологические данные оборудования 310. Оборудование 310 включает двигатели и трубы, по которым проходит нефть, откачиваемая из месторождения под морским дном. Текущие технологические данные включают
5 направление потока, расход, давление и температуру. Текущие технологические данные также обеспечивают возможность оператору совершать манипуляции с подсистемой или субкомпонентом оборудования 310 и анализировать влияние, которое при этом оказывается на всю систему. Например, оператор, используя устройство интерфейса пользователя, может выключить трубопроводную
10 запорную арматуру и проверить влияние этого действия на работу оборудования 310. Эта возможность особенно полезна в примерах, в которых необходима замена части оборудования, и оператор хочет проверить, какое влияние окажет выключение на другие системы. В другом примере оператор может использовать выключенную трубопроводную запорную арматуру в качестве входного
15 параметра приложения OMS для определения влияния выключения на другие системы.

Динамическая виртуальная копия 102 также включает инструмент 150 анализа с прогнозированием, который определяет возможную причину ухудшения характеристик или отказа компонента или системы, и оценивает
20 время простоя для ремонта неисправного компонента или системы, и в результате помощи оператору в диагностике и ответных действиях на проблемы в режиме реального времени (РРВ) повышается надежность оборудования и снижается общее время простоя. Например, динамическая виртуальная копия 102 может указывать засорение теплообменника и определять насос, который не
25 обеспечивает требуемых характеристик. Насос может быть отремонтирован или заменен, не дожидаясь его отказа, в результате чего снижается возможность дополнительного повреждения системы и время простоя для выполнения ремонта.

В следующем примере описывается сценарий, в котором инструмент
30 анализа с прогнозированием облегчает техническое обслуживание и, соответственно, предотвращает простой. Предположим, что инструмент 150 анализа с прогнозированием определяет, что запорный клапан в ближайшем будущем не будет обеспечивать требуемое время закрытия. В некоторых

примерах инструмент 150 анализа с прогнозированием может извещать соответствующую оперативную бригаду с использованием системы 132 извещений. Система 132 извещений может быть системой предупреждений, которая может входить, например, в состав ГИП 130. Тогда оператор из

5 соответствующей оперативной бригады может проанализировать извещение и найти запорный клапан в динамической виртуальной копии 102 для выполнения дальнейшего анализа. Этот анализ может включать рассмотрение последствий в случае, если клапан будет выведен из системы при его замене. В одном из

10 примеров оператор может использовать приложение OMS для оценки последствий в случае, если клапан будет выведен из системы при его замене. После выполнения соответствующего анализа оператор может составить отчет с оценкой операционных рисков при управлении рабочей системой и обеспечить решение проблемы. В другом примере оператор может использовать приложение OMS, например, для составления плана оценки операционных рисков. Если

15 решение не может быть найдено сразу, оператор может продолжить анализ, пока проблема не будет решена. Еще в одном примере окончательное решение проблемы может использоваться как входная информация для приложения OMS для улучшения качества работы этого приложения.

В процессе диагностики проблемы оператор может использовать различные

20 атрибуты динамической виртуальной копии 102. Например, оператор может вызвать историю работ на клапане из системы 117 обработки заказов для рассмотрения всех работ по профилактическому и корректирующему техническому обслуживанию, выполненных на этом клапане за последний год. Кроме того, оператор может также вызвать в режиме реального времени рабочие

25 показатели 105 оборудования, в котором установлен этот клапан. Оператор может также просмотреть схему пневматического контура в отчетах 119. Если после диагностики принимается решение о необходимости замены клапана, то оператор может вызвать перечень запасных частей и убедиться, что на складе имеется заменяющая часть.

30 Таким образом, динамическая виртуальная копия 102 облегчает и упрощает работы по техническому обслуживанию путем объединения всех соответствующих данных в одном хранилище визуальной информации (в динамической виртуальной копии 102), из которого оператор может вызвать

данные, имеющие отношение к делу, более эффективно и без дублирования информации.

В одном из примеров в динамической виртуальной копии 102 используется алгоритм цифровых меток, который облегчает вызов подробной информации, имеющей отношение к делу, на основе цифровых меток 115. Цифровые метки 115 могут использоваться для идентификации частей оборудования и относящихся к ним операций или документов. Алгоритм цифровых меток осуществляет поиск и формирование перекрестных ссылок по всем системам и данным для генерации релевантной выходной информации на основе цифровых меток 115 идентифицированного оборудования. Это обеспечивает пользователям возможность навигации по огромному массиву информации в наглядной форме, с использованием динамической виртуальной копии 102. Кроме того, использование алгоритма цифровых меток обеспечивает возможность обнаружения несоответствия между источниками данных, и эти несоответствия могут быть исправлены непосредственно в источниках, что повышает качество и точность. Реализация алгоритма цифровых меток в соответствии с OMS позволяет обеспечить системный и единый подход для управления данными.

В некоторых примерах интерфейс 130 пользователя может также обеспечивать доступ к другим приложениям 140. Другие приложения 140 представляют собой машиночитаемые команды, которые обеспечивают выполнение процессором заданных действий или обеспечивают выполнение действий другим компонентом вычислительной системы. Вычислительная система может быть, например, вычислительной системой 100. Другие приложения 140 включают, например, общую карту 142, управление 146 геопространственными данными и отслеживание 144 местонахождения судов. Общая карта 142 сконфигурирована для обеспечения на большой карте отображения судов, объекта, структуры морского дна и данных по разработке месторождения. Интеграция общей карты 142 с динамической виртуальной копией 102 обеспечивает отслеживание 144 местонахождения судов. Управление 146 геопространственными данными обеспечивает детали, относящиеся к морскому производственному объекту, включая координаты оборудования, судов, производственного оборудования и т.п., и обеспечивает получение вида, на основе координат, общего рабочего плана 138.

В некоторых примерах динамическая виртуальная копия 102 сконфигурирована для обеспечения подготовки и аттестации основного персонала для работы с оборудованием. В некоторых примерах динамическая виртуальная копия 102 может быть сконфигурирована для выполнения имитации (моделирования) 156. Имитация 156 может быть, например, имитацией перемещения материалов. В одном из примеров имитация 156 может быть вызвана выбором виртуального прохода. В другом примере имитация 156 может быть вызвана выбором виртуального компонента или виртуальной системы. Еще в одном примере имитация 156 может быть вызвана с помощью ГИП 130. В некоторых примерах ГИП 130 может быть устройством 125 смешанной реальности. Устройство 125 смешанной реальности также может быть, например, компонентом производственного объекта. ГИП 130 может отображаться на экране дисплея устройства 125 смешанной реальности. Функции, которые оператор может выполнять с помощью ГИП 130, применяются к устройству 125 смешанной реальности, однако вместо использования устройства 131 интерфейса пользователя оператор может использовать устройство интерфейса пользователя головной гарнитуры устройства смешанной реальности. Устройство интерфейса пользователя устройства 125 смешанной реальности может быть, например, датчиком для обнаружения движения рук.

На фиг. 4 приведена иллюстративная блок-схема вычислительной системы 400, сконфигурированной для реализации атрибутов динамической виртуальной копии 102. Вычислительная система 400 может быть, например, вычислительной системой 100 (фиг. 1). В некоторых примерах вычислительная система 400 содержит процессор 410, запоминающее устройство (ЗУ) 415, коммуникационный модуль 425 и интерфейс 420 датчиков. Вычислительная система 400 может быть стационарной вычислительной системой или носимым устройством, таким как смартфон. В некоторых примерах вычислительная система 400 является автономным устройством, но в других примерах, вычислительная система 400 связана с другими ЭВМ, причем связь вычислительной системы 400 с другими ЭВМ осуществляется по сети. В такой сети вычислительная система 400 работает в качестве сервера или клиента в среде сервер-клиент, или как равноправная ЭВМ в среде равноправных ЭВМ.

Иначе говоря, в некоторых примерах вычислительная система 400 включает сервер, клиент, персональный компьютер, планшет, ноутбук, нетбук, мобильное устройства или иную ЭВМ, способную выполнять, последовательно или иным образом, машиночитаемые команды, записанные в запоминающем устройстве 415. Машиночитаемые команды задают действия, которые должны быть выполнены процессором 410.

В некоторых примерах процессор 410 может также включать один или более микропроцессоров или процессоров цифровых сигналов. В некоторых примерах в дополнение к микропроцессорам или процессорам цифровых сигналов, или вместо них, процессор 410 может включать одну или более специализированных интегральных схем или программируемых пользователем вентильных матриц. Процессор 410 сконфигурирован для формирования трехмерных интерактивных визуальных картин для отображения на экране дисплея с помощью плат графических 3D-ускорителей или специализированных графических ЭВМ, таких как рабочие станции Silicon Graphics(R). В некоторых примерах запоминающее устройство может включать оперативное запоминающее устройство, постоянное запоминающее устройство, запоминающее устройство на съемном диске, флэш-карту или комбинацию указанных типов запоминающих устройств. Запоминающее устройство 415 может использоваться, по меньшей мере частично, в качестве кэш-памяти (или буфера) и обычно содержит операционную систему, которая может быть одной из операционных систем, которые имеются на рынке или могут появиться в будущем, такие как LINUX®, операционная система реального времени и т.п. Интерфейс 420 датчиков сконфигурирован для получения информации от датчиков, установленных на производственном объекте. Процессор 410 сконфигурирован для отражения динамических изменений в виртуальной копии на основе полученной информации, то есть, процессор 410 модифицирует виртуальную копию на протяжении срока эксплуатации производственного объекта, по меньшей мере частично, на основе информации датчиков.

В некоторых примерах динамическая виртуальная копия 102 и ее атрибуты могут быть, по меньшей мере частично, реализованы с помощью процессора. Выполнение некоторых операций может быть распределено между одним или более процессорами, не только имеющимися в одной ЭВМ, но и размещенными

в разных ЭВМ. Один или более процессоров могут также работать для поддержки выполнения соответствующих операций в вычислительной системе с распределенным программным обеспечением, такой как, например, облачная вычислительная среда, предлагающая программное обеспечение в качестве услуги (SaaS, от англ. Software as a Service). В некоторых примерах по меньшей мере некоторые операции могут быть выполнены группой компьютеров (ЭВМ, включающих процессоры), причем эти операции могут быть инициализированы по сети (например, Интернет, Интранет) и через один или более подходящих интерфейсов (например, интерфейсы прикладных программ, графические интерфейсы пользователя). Использование SaaS обеспечивает возможность инженерам и другим членам бригады иметь доступ к динамической виртуальной копии 102 с любого устройства, снабженного дисплеем, включая, например, вычислительную систему, смартфон, планшет или устройство смешанной реальности.

На фиг. 5 приведена схема способа 500, который может использоваться для генерации цифровой виртуальной копии 102. Способ 500 может быть выполнен вычислительной системой 400 (фиг. 4). Способ 500 может начинаться с получения 3D-моделей (блок 510). 3D-модели могут быть моделями различных компонентов производственного объекта и могут быть предоставлены, например, изготовителями этих компонентов. Как это хорошо известно, производственный объект содержит различные компоненты (или оборудование), и они поставляются разными производителями. Например, одна компания может быть уполномочена собственником объекта поставлять оборудование, включающее придонные противовыбросовые превенторы и системы управления, системы манифольдов дросселирования и глушения скважины, а также системы глубоководных эксплуатационных райзеров и натяжных механизмов, а другая компания может быть уполномочена поставлять другое оборудование, включающее насосы для бурового раствора. Таким образом в блоке 510 получают 3D-модели компонентов, поставляемых производителями. В одном из примеров 3D-модели могут включать 3D-модели производственного объекта, генераторов, блока дозирования реагентов, турбины, подогревателей, сепараторов, манифольдов, фонтанных елок, буровых штанг, райзеров, блока подсоединений на платформе и т.п.

В одном из примеров после получения 3D-моделей в способе 500 выполняется переход к блоку 520, включающий импорт 3D-моделей в систему 3D-визуализации. Система 3D-визуализации может быть сформирована с использованием языка компьютерной графики, например OpenGL™ или другого языка, близкого к языку компьютерной графики, который может генерировать интерактивные визуальные 3D-картины с помощью плат графических 3D-ускорителей или специализированных графических ЭВМ. Динамическая виртуальная копия создается на системе 3D-визуализации. В ГИП, показанных на фиг. 2 и 3, используются языки 3D-графики, такие как язык моделирования виртуальной реальности (Virtual Reality Modeling Language) и Java3D™, которые отображают 3D-изображения, независимые от платформы, в любом веб-браузере и в любом устройстве, имеющем возможность подсоединения к Интернету. Как уже указывалось, в блоке 520 в соответствии со способом 500 осуществляется импорт 3D-моделей в систему 3D-визуализации, причем импорт включает распознавание и декодирование форматов файлов полученных 3D-моделей. Например, форматы файлов 3D-моделей и системы 3D-визуализации могут быть различными. Чтобы они были совместимы, форматы их файлов должны быть одинаковыми. Поэтому выполнение шага, указанного в блоке 520, обеспечивает совместимость различных форматов файлов, полученных от производителей, с системой 3D-визуализации.

После блока 520 способа 500 осуществляется переход в блок 530, который включает соединение и сопряжение первого источника данных с системой 3D-визуализации. Например, подсоединение первого источника данных определяет цифровую метку (или ссылку), так что оборудование, которое видно в системе 3D-визуализации, может быть идентифицировано его цифровой меткой. Эта цифровая метка может использоваться для вызова другой подробной информации, относящейся к оборудованию, такой как чертежи, технические данные и руководства, которые также связаны с цифровой меткой в блоке 530. Затем в способе 500 осуществляется переход к блоку 540, который включает соединение и сопряжение системы 3D-визуализации со вторым источником данных, который включает систему 117 обработки заказов (фиг. 1), другое средство интеграции (например, общая карта 142 фиг. 1), общий рабочий план 138 (фиг. 2), рабочие параметры 105 в режиме реального времени (фиг. 1) и т.п.

В обоих блоках 530 и 540 используется один или более подходящих интерфейсов (например, интерфейсы прикладных программ) для просмотра в ГИП соответствующей информации. После сопряжения с подсоединенными источниками данных формирование динамической виртуальной копии (блок 550) включает обеспечение совокупности всех распределенных данных в одном средстве визуализации.

В то время как в настоящем описании описаны предпочтительные варианты осуществления изобретения, специалист в данной области техники может осуществить их модификации без отклонения от сущности и объема

изобретения. Варианты, описанные в настоящей заявке, являются лишь иллюстративными примерами и не должны рассматриваться как ограничения. Возможны различные изменения и модификации систем, устройств и способов, описанных в заявке, которые охватываются объемом изобретения. Например, могут варьироваться относительные размеры различных частей, материалы, из которых изготовлены различные части, а также другие параметры.

Соответственно, объем охраны не ограничивается вариантами, описанными в заявке, а ограничивается только нижеприведенной формулой, причем объем охраны включает все эквиваленты объекта изобретения. Если в явной форме не указано иное, шаги способа, заявленного в формуле, могут выполняться в любом порядке. Указание в формуле идентификаторов, таких как а), б), в) или 1), 2), 3) перед шагами способа не должно пониматься как указание определенного порядка шагов, а используется для упрощения последующих ссылок на такие шаги.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ, включающий:

5 получение посредством вычислительной системы данных от множества единиц оборудования производственного объекта;

отображение на дисплее вычислительной системы динамической виртуальной копии производственного объекта, причем вызов виртуальной копии одной из множества единиц оборудования посредством динамической виртуальной копии обеспечивает отображение данных для одной из множества

10 единиц оборудования производственного объекта;

анализ данных для одной из множества единиц оборудования; и

формирование отчета о техническом состоянии одной из множества единиц оборудования на основе указанного анализа.

15 2. Способ по п. 1, включающий отображение на дисплее вычислительной системы карты погоды в режиме реального времени и схемы местонахождения судов в режиме реального времени, которые наложены на динамическую виртуальную копию производственного объекта.

20 3. Способ по п. 1, включающий осуществление виртуального прохождения по производственному объекту путем вызова виртуальной копии одной из множества единиц оборудования посредством динамической виртуальной копии.

25 4. Способ по п. 3, включающий отображение на дисплее динамической виртуальной копии виртуального прохождения.

5. Способ по п. 1, включающий анализ данных для одной из множества единиц оборудования путем виртуальных манипуляций с одной из множества единиц оборудования и анализа влияния этих манипуляций на

30 производственный объект.

6. Способ по п. 5, включающий прогнозирование, на основе указанного анализа, отказа одной из множества единиц оборудования и формирование извещения.

5 7. Способ по п. 1, включающий прогнозирование, на основе указанного анализа, отказа одной из множества единиц оборудования и формирование извещения.

10 8. Система, содержащая:
дисплей;
устройство хранения информации, содержащее машиночитаемые команды;
и
процессор, соединенный с дисплеем и с устройством хранения информации и выполненный с возможностью, при исполнении машиночитаемых команд:
15 отображения на дисплее динамической виртуальной копии
производственного объекта, содержащего множество единиц оборудования;
получения данных по множеству единиц оборудования из множества источников данных;
анализа данных; и
20 извещения, когда на основе анализа определяется проблема с одной из множества единиц оборудования.

25 9. Система по п. 8, в которой множество источников данных включают датчики на множестве единиц оборудования.

10. Система по п. 8, в которой множество единиц оборудования содержат цифровые метки.

30 11. Система по п. 10, в которой исполнение машиночитаемых команд приводит к тому, что процессор объединяет данные, используя цифровые метки.

12. Система по п. 11, в которой исполнение машиночитаемых команд приводит к тому, что процессор определяет несоответствия в информации, используя цифровые метки.

5 13. Машиночитаемый носитель, на котором записан выполняемый код, при исполнении которого процессором, обеспечивается:

 отображение на дисплее, подсоединенном к процессору, динамической виртуальной копии производственного объекта, содержащего множество единиц оборудования, причем динамическая виртуальная копия сконфигурирована для
10 объединения множества источников данных, обеспечивающих множество подробностей, относящихся к оборудованию;

 анализ множества источников данных; и

 извещение, когда на основе анализа определяется проблема с одной из множества единиц оборудования.

15 14. Машиночитаемый носитель по п. 13, исполнение команд которого процессором приводит к тому, что процессор модифицирует динамическую виртуальную копию на протяжении срока эксплуатации производственного объекта.

20 15. Машиночитаемый носитель по п. 13, в котором динамическая виртуальная копия сконфигурирована для отображения рабочих параметров оборудования в режиме реального времени.

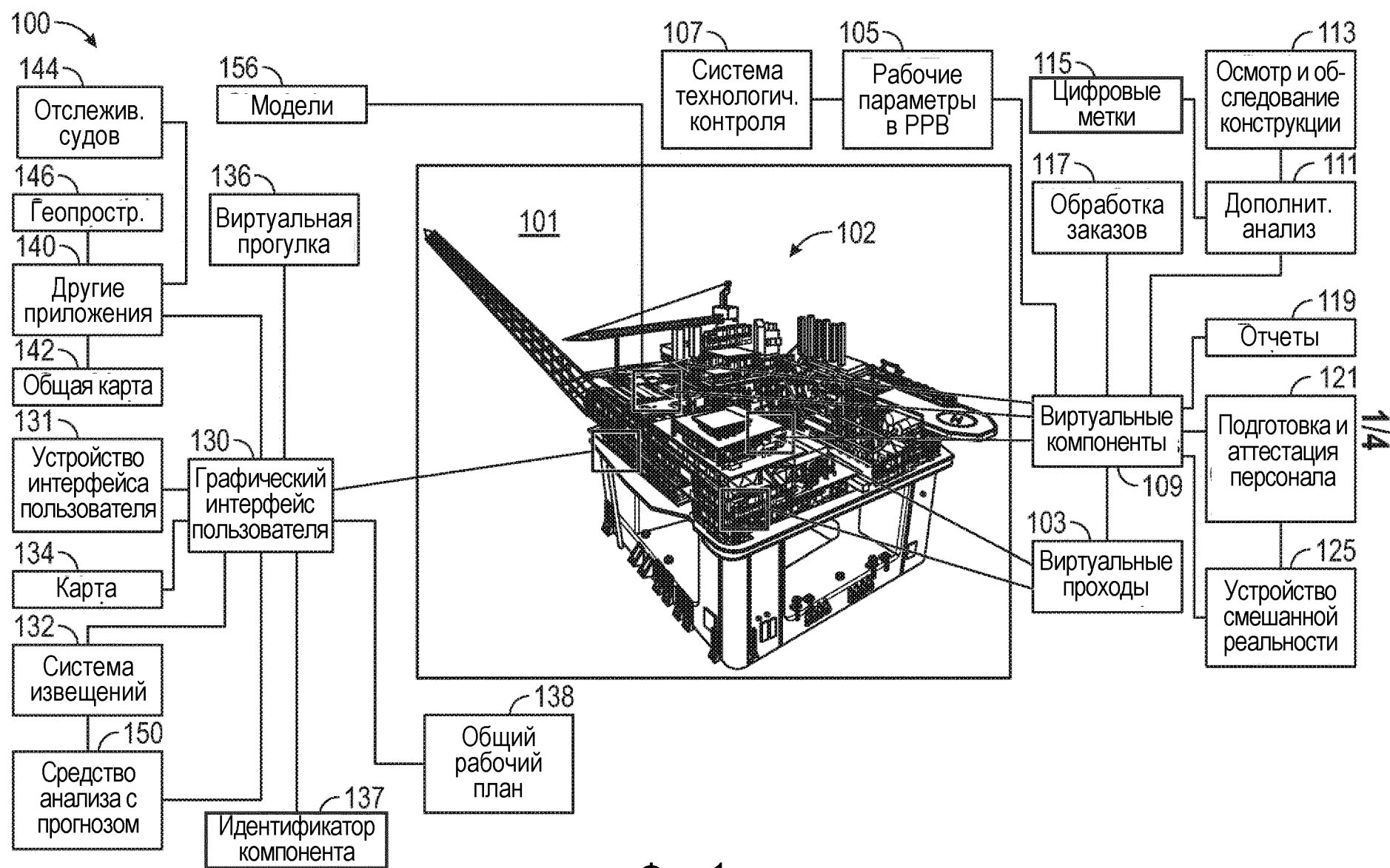
25 16. Машиночитаемый носитель по п. 13, в котором динамическая виртуальная копия сконфигурирована для выделения компонента одной из множества единиц оборудования и вызова соответствующей информации, относящейся к компоненту, через один или более из множества источников данных.

30 17. Машиночитаемый носитель по п. 13, в котором динамическая виртуальная копия сконфигурирована для ее просмотра под разными ракурсами.

18. Машиночитаемый носитель по п. 13, в котором динамическая виртуальная копия сконфигурирована для обеспечения текущей технологической информации по оборудованию.

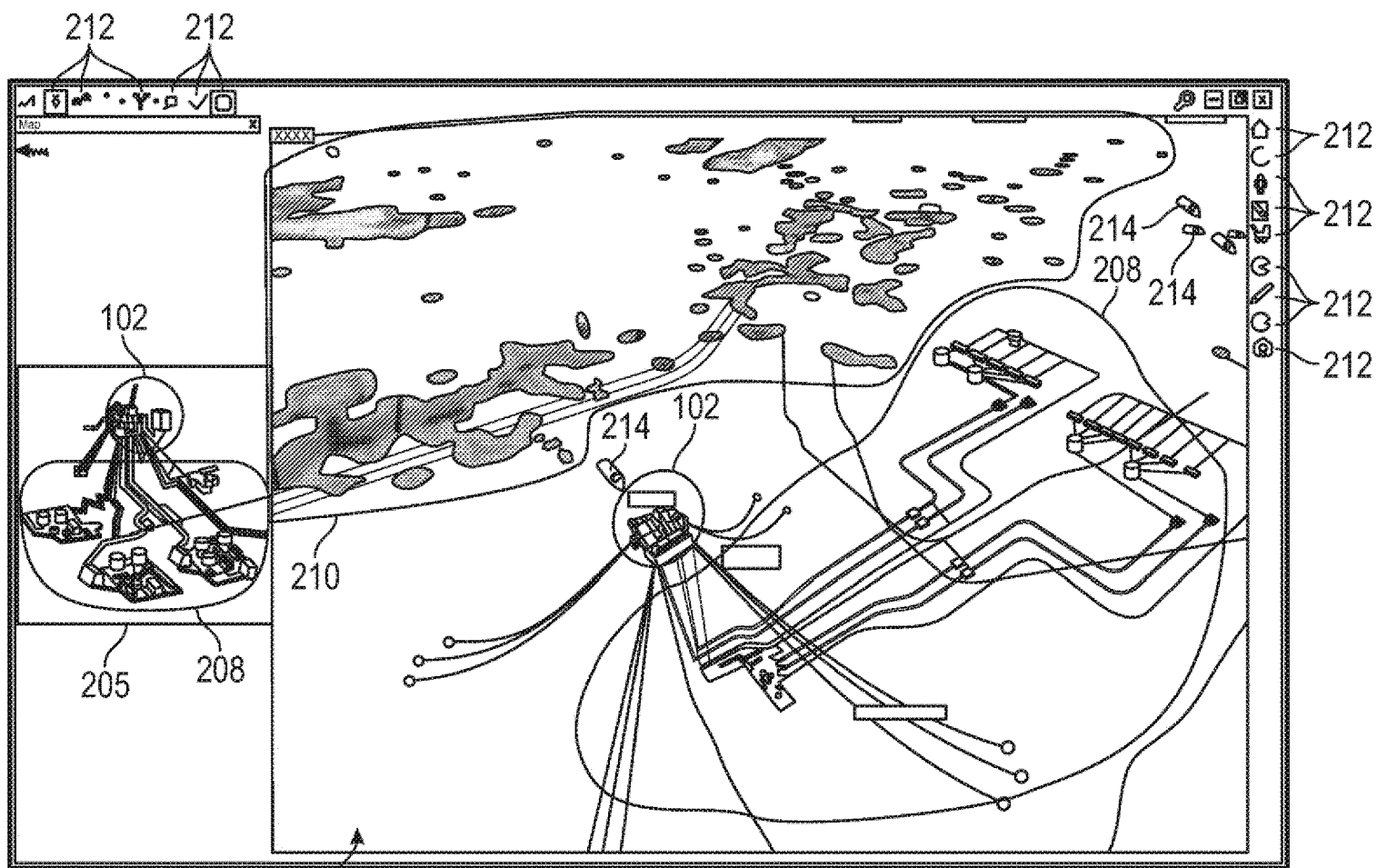
5 19. Машиночитаемый носитель по п. 13, в котором динамическая виртуальная копия сконфигурирована для ее просмотра с использованием головной гарнитуры смешанной реальности.

10 20. Машиночитаемый носитель по п. 13, в котором динамическая виртуальная копия сконфигурирована для ее просмотра в качестве структуры, приближенной к реальности, имеющей жизненный цикл, включающий виды виртуальной копии в прошлом, в настоящем, в будущем или комбинации этих видов.



Фиг. 1

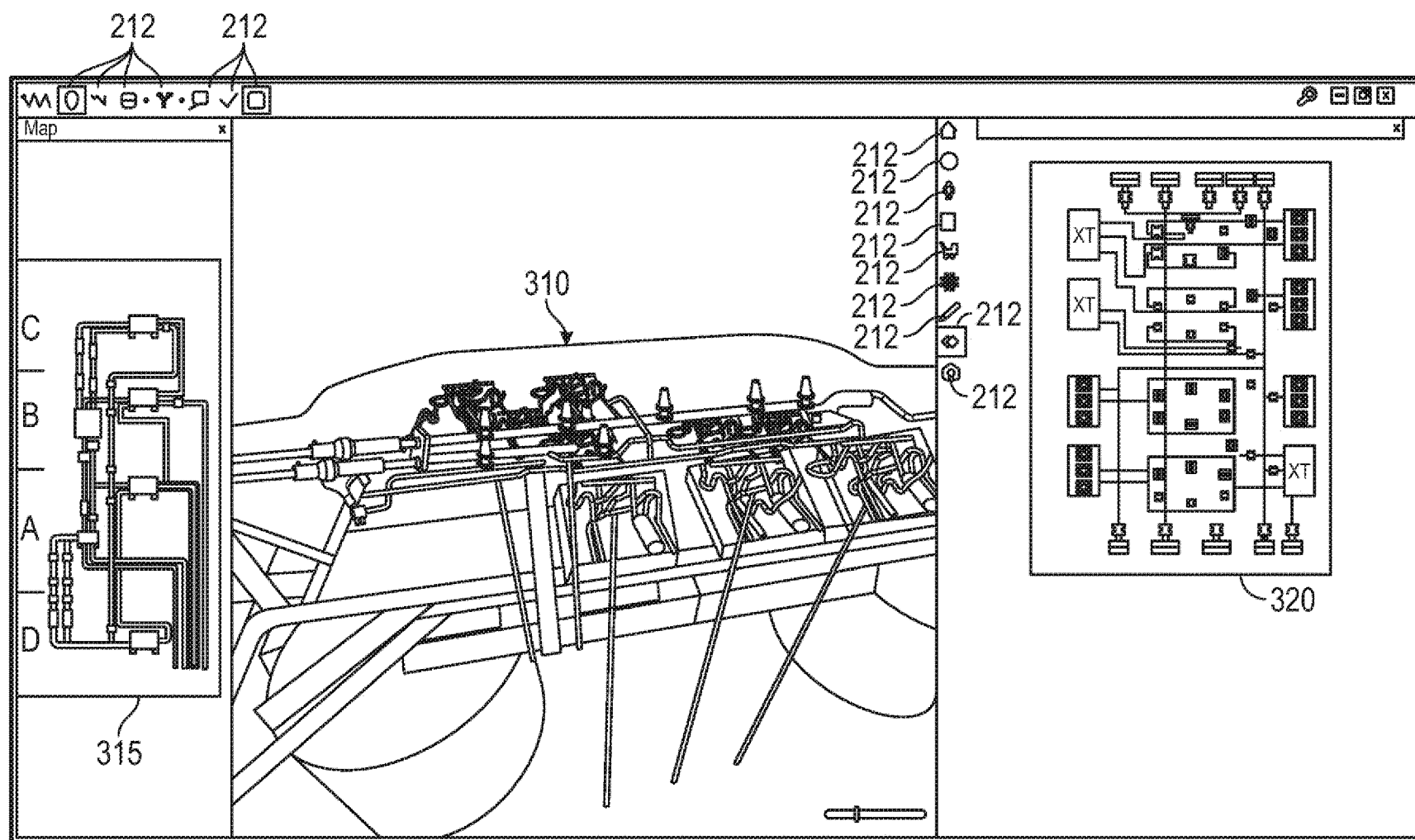
200



138

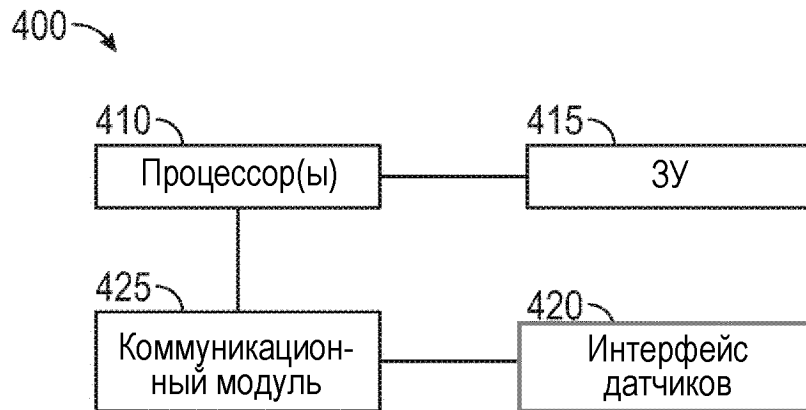
Фиг. 2

300



3/4

Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5